

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE AGRIETAMIENTO POR EL MÉTODO MEPDG EN PAVIMENTOS RÍGIDOS EN LA CIUDAD DE AYACUCHO

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

Berlly Tovar Bergara

ASESOR:

Msc. Ing. Ángel H. Vilchez Peña

AYACUCHO - PERÚ

2019

Resumen

La presente investigación se basa en la determinación de los niveles de agrietamiento de fallas permisibles en pavimentos rígidos, evaluados como muestra a los pavimentos del Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales de la ciudad de Ayacucho, con el objetivo es conocer la evolución del agrietamiento que se representa mediante gráficos de curvas tipo exponencial generados por daño de fatiga de losa causadas por cargas de tráfico y temperatura, se busca como respuesta el desempeño estructural del pavimento rígido construido. El proceso de desarrollo se basó en la aplicación de la metodología guía de diseño de pavimentos mecánica empírica (MEPDG) o llamado también AASHTO 2008; este método de diseño busca reducir los daños estructurales y aumentar el tiempo de vida útil del pavimento rígido con fines de lograr un buen servicio al usuario. Para el desarrollo de la metodología de análisis y diseño se realizó la modelación de cargas de vehículos y gradiente térmico en la herramienta computacional de software EVERFE que nos ayuda con la obtención de los esfuerzos y deformaciones del pavimento para el cálculo de daño por fatiga. Así mismo utilizar los esfuerzos resultados en la ecuación de MEPDG para calcular las curvas de nivel de agrietamiento para los dos vías en estudio.

Palabras claves : Curvas de agrietamiento, modelos de predicción, análisis de esfuerzos, deformaciones de pavimentos y daño en pavimento.

Abstract

The present investigation is based on the determination of the levels of cracking of permissible faults in rigid pavements, evaluated as shown to the pavements of Av. January 26 and Jr. Los Rosales of the city of Ayacucho, with the objective is to know the evolution of the cracking that is represented by graphs of exponential type curves generated by slab fatigue damage caused by traffic and temperature loads, the structural performance of the constructed rigid pavement is sought in response. The development process was based on the application of the empirical mechanistic pavement design methodology (MEPDG) or also called AASHTO 2008; This design method seeks to reduce structural damage and increase the lifetime of the rigid pavement with fines to achieve good service to the user. For the development of the analysis and design methodology, the modeling of vehicle loads and thermal gradient was performed in the EVERFE software computational tool that helps us to obtain the stresses and deformations of the pavement for the calculation of fatigue damage. Also use the results efforts in the MEPDG equation to calculate the cracking level curves for the two paths under study.

keywords : Cracking curves, prediction models, stress analysis, pavement deformations and pavement damage.

Introducción

Los pavimentos de concreto hidráulico son estructuras importantes que requieren diseños mecánicos y empíricos con estudios de cargas de tráfico, efectos medio ambientales y materiales adecuados para su construcción, además de las dimensiones geométricas de losa a fin de dar buen desempeño estructural al pavimento durante su vida útil; en el presente investigación se enfoca en obtener las respuestas de predicción de falla tipo agrietamiento en pavimento rígido. Para tal objetivo se recurrió a investigaciones, libros, artículos y conferencias de ámbito nacional e internacional acerca del análisis de deterioro de pavimentos por el método MEPDG, en tal sentido se realizó inicialmente la consulta bibliográfica para la planificación del desarrollo de la tesis.

La presente investigación se desarrolló en cinco capítulos iniciándose con el planteamiento general y el marco teórico que se considera el capítulo I y II, en el capítulo III abarca la metodología sobre el proceso de investigación, el desarrollo de la tesis como son los cálculos del ESAL, determinación del espesor de losa y los cálculos del gradiente térmico además se tiene un capítulo IV sobre la aplicación de una herramienta computacional llamado EverFE que nos facilitará el cálculo de esfuerzos y deformaciones de pavimentos tipo rígido con el fin de utilizar como dato en las ecuaciones del MEPDG y determinar las curvas de niveles de agrietamiento del pavimento rígido para los Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales con juntas reforzadas de pasadores y con juntas aisladas simple respectivamente, y en el capítulo V se obtiene los resultados para cada objetivo proyectado sobre problemas planteadas y la Contrastación de respuestas de agrietamiento. Esta investigación fue realizada con el propósito de aplicar métodos actuales y eficientes para nuestros diseños y construcciones de pavimentos rígidos, con el fin de fomentar y desarrollar más futuras investigaciones con respecto al tema y aportar conocimientos que mejoren a los métodos de diseño.

A mi Dios gracias por todo su bendición, a mi padre Leoncio y a mi madre en el cielo Teofila, quienes fueron mi guía y mi camino para poder cumplir con mis metas, a ellos quienes siempre apostaron en la educación y en mi formación personal para enfrentar las adversidades con dignidad y respeto.

A mi princesa hija Leonela, a quien es mi motor y mi motivo para ser un profesional con dignidad y seguir superándome en la vida.

Agradecimientos

Al Msc. Msc. Ing. Ángel H. Vilchez Peña, asesor de la presente tesis, por sus sugerencias, recomendaciones, apreciaciones y por brindarme la información necesaria para la formulación del presente trabajo de investigación.

A mis jurados el Msc. Ing. Hemerson Lizarbe Alarcón y Mg. Ing. Moisés Nico Barbarán Oriundo, por todo el apoyo y consejos brindados durante la revisión de este trabajo.

Agradezco también al Ing. Ever Canchari Ramos, por su apoyo técnico informativo y al profesor Bill Davids de la Universidad de Maine - EE.UU. por su apoyo del programa EVERFE.

A los docentes y administrativos de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por su contribución durante mi desarrollo académico y profesional.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la comunidad de \LaTeX , y todos las personas que contribuyeron en el desarrollo de este trabajo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

AYACUCHO, DICIEMBRE DE 2019

BERLLY TOVAR BERGARA

Índice general

Resumen	ii
Introducción	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice general	vii
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xiv
Glosarios	xvi
Lista de acrónimos	xvii
Símbolos	xviii

Capítulo I

Planteamiento del problema	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Delimitación del problema.	2
1.2.1. Espacial.	2
1.2.2. Temporal.	2
1.2.3. Temática y unidad de análisis.	2
1.3. Formulación del problema.	2
1.3.1. Problema general.	2
1.3.2. Problemas específicos.	2
1.4. Justificación e importancia.	3
1.5. Limitaciones de la investigación.	3
1.6. Objetivos	4
1.6.1. Objetivo general.	4
1.6.2. Objetivos específicos.	4

Capítulo II

Marco teórico.	5
2.1. Antecedentes.	5
2.1.1. Investigaciones internacionales	6
2.1.2. Investigaciones nacionales.	7
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Teoría del modelo de Westergaard.	9

2.2.2. Teoría del alabeo de losa por Bradbury	12
2.2.3. Ley de Miner Law	14
2.3. Marco conceptual.	15
2.3.1. Pavimentos rígidos.	15
2.3.2. Fallas de pavimentos rígidos	16
2.3.3. Fatiga en pavimentos rígidos	20
2.3.4. Transferencia de carga en pavimentos rígido.	20
2.3.5. Factores para el diseño de pavimento	22
2.3.5.1. Parámetros máximos admisibles de diseño	22
2.3.5.2. Estudio del tráfico:	25
2.3.5.3. Estudio de clima:	28
2.3.5.4. Estudio de mecánica de suelo:	32
2.3.5.5. Estudio de las propiedades de materiales:	36
2.3.6. Diseño en los pavimentos rígidos por el método MEPDG	39
2.3.6.1. Prediseño de pavimento rígido con el método AASHTO 93.	39
2.3.6.2. Análisis de esfuerzos y deformaciones (σ, ϵ) en pavimento rígido . .	41
2.3.6.3. Evaluación de desempeño de pavimento rígido.	43
Capítulo III	
Método de la investigación	46
3.1. Enfoque	46
3.2. Alcance	46
3.3. Diseño de investigación.	46
3.4. Población y muestra	47
3.4.1. Población.	47
3.4.2. Muestra del estudio	47
3.5. Hipótesis	48
3.5.1. Hipótesis general	48
3.5.2. Hipótesis específicas	48
3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	48
3.7. Técnicas e instrumentos	50
3.7.1. Técnicas	50
3.7.2. Instrumentos.	50
3.8. Desarrollo del trabajo de tesis	51
3.8.1. Identificación de la zona de estudio.	51
3.8.2. Descripción de los proyectos	53
3.8.2.1. Descripción del tramo Av. 26 de Enero.	53

3.8.2.2. Descripción del pavimento del Jr. Los Rosales	54
3.9. Metodológica para el análisis del pavimento rígido	55
3.9.1. Estudio de tráfico	56
3.9.2. Análisis de clima	66
3.9.3. Análisis de propiedades de suelos y materiales	68
Capítulo IV	
Aplicación de la herramienta computacional	70
4.1. Modelación en el software EverFE 2.25 para el análisis de esfuerzos y deformaciones de pavimentos rígidos	70
4.1.1. Parámetros de ingreso al software EverFE 2.25 para determinación de esfuerzos y deformaciones de losas de concreto	70
4.2. Evaluación del desempeño de pavimentos rígidos	79
4.2.1. Validación de la curva del agrietamiento para pavimentos rígidos	79
Capítulo V	
Resultados	82
5.1. Análisis e interpretación	82
5.1.1. Hipótesis general	82
5.1.2. Hipótesis específico 1	87
5.1.3. Hipótesis específico 2	89
5.1.4. Hipótesis específico 3	92
5.2. Contrastación de hipótesis.	95
5.3. Validación de resultados del planilla de cálculo con el Método Mecánico Empírico (MEPDG)	97
Capítulo VI	
Conclusiones y recomendaciones	100
Conclusiones	100
Recomendaciones	101
Trabajos futuros.	102
Referencias bibliográficas	103
Ingeniería de pavimentos.	103
Otros	105
Anexo A	
ESFUERZOS Y DEFORMACIONES OBTENIDAS EN EVERFE 2.25	107
A.1. Esfuerzos y deformaciones en el Av. 26 de Enero	107
A.2. Esfuerzos y deformaciones en el Jr. Los Rosales	112

Anexo B	
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LOS PROYECTOS EN APLICACIÓN.	117
B.1. Estudio de suelo del Av. 26 de Enero	117
Anexo C	
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LOS PROYECTOS EN APLICACIÓN.	133
C.1. Estudio de suelo del Jr. Los Rosales	133
Anexo D	
FORMATO DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	147
Anexo E	
AFORO DE CONTEO VEHICULAR	153
E.1. Conteo vehicular Av. 26 de Enero.	154
E.2. Conteo vehicular Jr. Los Rosales	168
Anexo F	
MEDICIONES DE LOSAS DE PAVIMENTACIÓN	182
Anexo G	
MEDICIONES ELEMENTALES DE NEUMÁTICOS DE EJES VEHICULARES	185
Anexo H	
MEDICIONES DE ESCALONAMIENTO EN LAS JUNTAS DE LOS PAVIMENTOS	187
Anexo I	
OBSERVACIONES DE LAS LOSAS AGRIETADAS	190
I.1. Observaciones de losas agrietadas en el Av. 26 de Enero	191
I.2. Observaciones de losas agrietadas en el Jr. Los Rosales	195
Anexo J	
PANEL FOTOGRÁFICO	200
J.1. Conteo vehicular Av. 26 de Enero.	200
J.2. Conteo vehicular Jr. Los Rosales	201
J.3. Medición de las dimensiones de losa Av. 26 de Enero	202
J.4. Medición de las dimensiones de losa Jr. Los Rosales.	203
J.5. Medición de neumáticos de vehículos pesados	204
J.6. Observaciones de losa agrietadas	205
J.7. Observaciones del escalonamiento en juntas	206
Anexo K	
PLANOS	207
K.1. Plano catastral de la Av. 26 de Enero	208
K.2. Plano catastral del Jr. Los Rosales	209

Índice de figuras

Figura 1	Vista planta de posiciones de carga para el modelo de Westergaard.	9
Figura 2	Vista perfil del modelo de Westergaard.. . . .	10
Figura 3	Carta de Bradbury para la corrección de C1 y C2 en esfuerzos por alabeo. . . .	14
Figura 4	Estructura de pavimento rígido.	15
Figura 5	Esquema de posición de eje para agrietamiento transversal.	16
Figura 6	Agrietamiento transversal Jr. Los Rosales.	16
Figura 7	Esquema de posición de eje para agrietamiento longitudinal	17
Figura 8	Agrietamiento longitudinal Jr. Los Rosales.	17
Figura 9	Esquema de posición de eje para agrietamiento esquina.	18
Figura 10	Agrietamiento esquina Jr. Los Rosales.	18
Figura 11	Esquema de generación del escalonamiento.	19
Figura 12	Flujograma del daño por fatiga de pavimentos.	20
Figura 13	Pavimento de junta aislante sin transferencia de carga.	21
Figura 14	Juntas sin elementos de transferencia de Carga.	21
Figura 15	Juntas con elementos de transferencia de carga.	21
Figura 16	Clasificación de vehiculos según Federal Highway Administration (FHWA). .	26
Figura 17	Alabeo por temperatura	28
Figura 18	Temperatura máxima, mínima y media para Ayacucho	29
Figura 19	Precipitación promedio para Ayacucho	30
Figura 20	Niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío	31
Figura 21	Velocidad de viento promedio para Ayacucho.	31
Figura 22	Modelo de análisis de esfuerzos y deformaciones	41
Figura 23	Localización de tensión en el borde por carga vehicular	42
Figura 24	Localización de tensión en el borde por carga vehicular	42
Figura 25	Localización de tensión en la esquina por carga vehicular	42
Figura 26	Modelo de daño por fatiga acumulada vs tiempo	44
Figura 27	Modelo de agrietamiento vs daño por fatiga acumulada	44
Figura 28	Evolución de la falla por agrietamiento	45
Figura 29	Nivel de agrietamiento	45
Figura 30	Tamaño de muestra de las calles pavimentadas en estudio en la Ayacucho . . .	47
Figura 31	Ubicación del proyecto de pavimentación Av. 26 de Enero	51
Figura 32	Tramo del proyecto de pavimentación Av. 26 de Enero	51
Figura 33	Ubicación del proyecto de pavimentación Jr. Los Rosales	52
Figura 34	Tramo del proyecto de pavimentación Jr. Los Rosales	52

Figura 35	Pavimento actual del Av. 26 de enero	53
Figura 36	Pavimento actual del Jr. Los Rosales.	54
Figura 37	Flujograma del procedimiento de análisis y diseño de pavimento con método MEPDG.	55
Figura 38	Resultado del conteo vehicular Av. 26 de Enero	56
Figura 39	Resultado del conteo vehicular Jr. Los Rosales.	57
Figura 40	Ingreso de datos geométricos al software EverFE2.25	72
Figura 41	Ingreso de propiedades de materiales al software EverFE2.25	72
Figura 42	Elementos geométricos de los ejes de rueda	73
Figura 43	Ingreso de carga de camión C3 tandem al EverFE2.25	75
Figura 44	Ingreso de las propiedades del dowel al EverFE2.25.	75
Figura 45	Esfuerzos de flexión superficial para Camión C3 pavimento con dowel	76
Figura 46	Esfuerzos de flexión superficial para Camión C3 pavimento sin dowel	76
Figura 47	Esfuerzo y deformaciones máximas.	77
Figura 48	Esfuerzo y deformaciones máximas.	78
Figura 49	Curva de agrietamiento OptipAVE 2 - Av. 26 de Enero	83
Figura 50	Curva de agrietamiento OptipAVE 2 - Av. 26 de Enero	83
Figura 51	Curva de agrietamiento OptipAVE 2 - Jr. Los Rosales	85
Figura 52	Curva de agrietamiento OptipAVE 2 - Jr. Los Rosales	85
Figura 53	Escalonamiento alcanzado actualmente - Av. 26 de Enero	91
Figura 54	Escalonamiento alcanzado actualmente - Jr. Los Rosales	91
Figura 55	Agrietamiento total para pavimento rígido	97
Figura 56	Agrietamiento total para pavimento rígido	98
Figura 57	Agrietamiento total para pavimento rígido	99
Figura 58	Agrietamiento total para pavimento rígido	99
Figura 59	Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento transversal	107
Figura 60	Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento longitudinal	107
Figura 61	Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento esquina	108
Figura 62	Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento transversal	108
Figura 63	Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento longitudinal	109
Figura 64	Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento esquina	109
Figura 65	Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento transversal	110
Figura 66	Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento longitudinal	110
Figura 67	Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento esquina.	111
Figura 68	Esfuerzos máximo de eje tridem para agrietamiento transversal.	111
Figura 69	Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento transversal.	112
Figura 70	Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento longitudinal.	112

Figura 71	Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento esquina	113
Figura 72	Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento transversal.	113
Figura 73	Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento longitudinal.	114
Figura 74	Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento esquina	114
Figura 75	Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento transversal	115
Figura 76	Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento longitudinal	115
Figura 77	Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento esquina.	116
Figura 78	Esfuerzos máximo de eje tridem para agrietamiento transversal.	116
Figura 79	Conteo vehicular ida - Av. 26 de Enero	200
Figura 80	Conteo vehicular vuelta - Av. 26 de Enero	200
Figura 81	Conteo vehicular ida - Jr. Los Rosales.	201
Figura 82	Conteo vehicular vuelta - Jr. Los Rosales	201
Figura 83	Medición de losa - Av. 26 de Enero	202
Figura 84	Medición de losa - Av. 26 de Enero	202
Figura 85	Medición de losa - Jr. Los Rosales.	203
Figura 86	Medición de juntas - Jr. Los Rosales	203
Figura 87	Medición de neumático de camión C2.	204
Figura 88	Medición de neumático de camión C3.	204
Figura 89	Agrietamiento longitudinal de losa Jr. Los Rosales.	205
Figura 90	Agrietamiento en la esquina de losa Jr. Los Rosales.	205
Figura 91	Escalonamiento de Juntas Av. 26 de Enero	206
Figura 92	Escalonamiento de Juntas Jr. Los Rosales.	206

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Porcentaje admisible de losas agrietadas por clasificación de vía</i>	22
Tabla 2	<i>IRI de diseño para pavimento de primera clase</i>	22
Tabla 3	<i>Dimensiones de losa recomendados</i>	23
Tabla 4	<i>Espesor de losa según tipo de vía</i>	23
Tabla 5	<i>Tiempo de vida útil de pavimentos</i>	24
Tabla 6	<i>Desviación lateral de tráfico por tipo de borde</i>	24
Tabla 7	<i>Configuración vehicular peruana según FHWA - vehículos ligeros</i>	26
Tabla 8	<i>Configuración vehicular peruana según FHWA - vehículos pesados.</i>	27
Tabla 9	<i>Clasificación de suelos según tamaño de partículas</i>	32
Tabla 10	<i>Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad</i>	32
Tabla 11	<i>Clasificación de suelos según Índice de Grupo</i>	33
Tabla 12	<i>Clasificación de tipos de suelos AASHTO - SUCS</i>	34
Tabla 13	<i>Categorías de subrasante</i>	34
Tabla 14	<i>Valores máximos de sales y sustancias contenidos en el agua</i>	37
Tabla 15	<i>Requisitos granulométricos de la base granular</i>	37
Tabla 16	<i>Requisitos granulométricos y de resistencia de la base granular.</i>	38
Tabla 17	<i>Riquisitos del agregado grueso de la base granular</i>	38
Tabla 18	<i>Riquisitos del agregado fino de la base granular.</i>	38
Tabla 19	<i>Operacionalización de variables identificadas.</i>	49
Tabla 20	<i>Resumen de IMDs del conteo vehicular</i>	56
Tabla 21	<i>Resumen de IMDs del conteo vehicular</i>	57
Tabla 22	<i>Valores de vehículos pesados proyectados para ambos vías</i>	58
Tabla 23	<i>Valores expandidos por el método regresión lineal para ambos vías.</i>	59
Tabla 24	<i>Factores para el calculo de ESAL.</i>	60
Tabla 25	<i>índice medio diario del Av. 26 de Enero</i>	60
Tabla 26	<i>índice medio diario del Jr. Los Rosales</i>	60
Tabla 27	<i>Numero de repeticiones proyectados vehículos pesados - Av. 26 de Enero</i>	61
Tabla 28	<i>Numero de repeticiones proyectados por vehículos pesados - Jr. Los Rosales</i>	62
Tabla 29	<i>Promedio de temperatura, precipitación y velocidad de viento para Ayacucho</i>	66
Tabla 30	<i>Características de materiales para diseño de mezcla.</i>	68
Tabla 31	<i>Dosificación de mezcla para el Av. 26 de Enero.</i>	68
Tabla 32	<i>Dosificación de mezcla para el Jr. Los Rosales</i>	68
Tabla 33	<i>valor de soporte de suelo</i>	69
Tabla 34	<i>Clasificación del suelo Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales</i>	69

Tabla 35	<i>Ensayo de CBR para sub base de pavimentos</i>	69
Tabla 36	<i>Cuadro de valores para ingresar al programa EverFE 2.25</i>	71
Tabla 37	<i>Valores medidos de neumáticos en campo</i>	73
Tabla 38	<i>Posición en el borde de losa para falla transversal</i>	74
Tabla 39	<i>Posición en el borde de losa para falla longitudinal</i>	74
Tabla 40	<i>Posición en la esquina para falla de si mismo</i>	74
Tabla 41	<i>Esfuerzos a flexión y deformaciones por eje.</i>	77
Tabla 42	<i>Esfuerzos a flexión y deformaciones por ejes</i>	78
Tabla 43	<i>Constancias de calibración.</i>	79
Tabla 44	<i>Resultados del cálculo de daño por fatiga acumulada</i>	87
Tabla 45	<i>Resultados del cálculo de daño por fatiga acumulada</i>	88
Tabla 46	<i>Desniveles en juntas de losas en el Av. 26 de Enero.</i>	89
Tabla 47	<i>Desniveles en juntas de losas en el Jr. Los Rosales</i>	90
Tabla 48	<i>Parámetros de diseño para el análisis de agrietamiento</i>	92
Tabla 49	<i>Resultados de esfuerzos del EverFE 2.25</i>	92
Tabla 50	<i>Distribución observada y esperada, hipótesis general.</i>	95
Tabla 51	<i>Parámetros de ingreso a los software's</i>	97
Tabla 52	<i>Parámetros de ingreso a los software's</i>	98

Glosarios

Análisis granulométrico Operación que consiste en determinar, por tamizado, la distribución dimensional de las partículas de un suelo o agregado, la cual se expresa por la proporción en peso de material existente de cada tamaño.

Carga por eje simple equivalente Carga de referencia para los análisis estructurales de pavimentos. Generalmente, su magnitud es 80 kN.

Carga de diseño Carga por rueda, por eje o vehicular, empleada como patrón para el diseño de un pavimento.

Dovela Pasador

Eficiencia de transferencia de carga Relación, en porcentaje, entre la deflexión de un pavimento rígido en el lado no cargado de una junta o grieta y la deflexión en el lado cargado de ella.

Ensayo de flexotracción Prueba para medir el módulo de rotura de un concreto simple, cargando una viga en el centro o en los tercios de su longitud.

Escalonamiento Falla de un pavimento rígido, consistente en el desnivel de las losas en vecindades de las juntas y grietas. Escarificador. Aditamento dentado que se instala en ciertas máquinas, como tractores y motoniveladoras, para facilitar la remoción de materiales de la superficie.

Factor camión Número de ejes simples de 80 kN (8.2 t) que producen un daño equivalente al producido por un vehículo comercial en un pavimento, cuando se han considerado todos los tipos de vehículos comerciales que circulan sobre él.

Pasador Barra de hierro que se coloca en una junta transversal de un pavimento rígido para transferir carga de una losa a la siguiente.

Trabazón de agregados Sistema de transferencia de carga en las juntas de un pavimento rígido, el cual consiste en marcar una ranura en la superficie del concreto, de manera que la sección quede disminuida y permita el agrietamiento espontáneo del concreto a través de la parte cementante dejando intacto el agregado grueso, formándose una junta de forma irregular, en la cual las partículas de un lado de la junta encajan en las irregularidades de la otra cara.

Lista de acrónimos

AASHTO	: American Association of State and Highway Transportation Officials
ASTM	: American Society of Testing and Materials
CBR	: California Bearing Ratio
CRCP	: Pavimento de Concreto Reforzado Continuo
CRK	: Porcentaje de Agrietamientos
EICM	: Modelo Climático Integrado Mejorado
ESAL	: Cargas por Eje Simple Equivalente
FD	: Daño por Fatiga
FHWA	: Federal Highway Administration
GD	: Generación de Daño
IRI	: Índice de Rugosidad Internacional
JPCP	: Pavimento de Concreto Junta Simple
JRCP	: Pavimento de Concreto de Junta Reforzada
LTPP	: Desempeño de Pavimentos a Largo Plazo
ME	: Mecánico Empírico
MEPDG	: Mecánico Empírico de Diseño de Pavimentos
MTC	: Ministerio de Transporte y Comunicación
NCHRP	: National Cooperative Highway Research Program
PCA	: Asociación de Cemento Portland
PCC	: Concreto de Cemento Portland
RNV	: Reglamento Nacional de Vehículos
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TMDA	: Trafico Medio Diario Anual

Símbolos

K_0	Coeficiente de reacción [kg/cm ³]
$F'c$	Resistencia de concreto [kg/cm ²]
c_n	Coeficiente de calibraciones
ι	Radio del área circular de carga [pulg]
q	Deformación [cm]
k	Modulo de reacción [Mpa/mm]
e	Espesor [m]
u	Modulo de Poisson [u]
N	Número de repeticiones de admisibles
Ton	Vehículos proyectados
ρ	Densidad de base [Kg/m ³]
IRI	IRI máxima permisible [m/km]
E	Modulo de elasticidad [MPa]
e	Escalonamiento [mm]
CRK	Agrietamiento [%]
To	Vehículos actual
α	Coeficiente de expansión térmica [1/°C]
M_r	Modulo de rotura [kg/cm ²]
Pe	Peso Especifico [kg/cm ³]
γ	Peso Especifico del Material [Tn/m ³]
P_T	Peso Total [Kn]
ϕ	Radio de rigidez [pulg]
n	Número de repeticiones de carga aplicadas
ΔT	Gradiente de temperatura

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

El problema que ocurre en la actualidad en las infraestructuras de pavimentos rígidos son los agrietamientos superficiales generados en direcciones distintas longitudinalmente y transversalmente así mismo en las esquinas generados por factores patológicos que destruyen las losas de pavimentación, estos factores actúan repetidamente las 24 horas y los 365 días del año como una carga cíclica generando esfuerzos por carga (transito) y esfuerzos por alabeo (temperatura).

La descripción del agrietamiento en la superficie de la losa (longitudinal y transversal), y el escalonamiento de las juntas de los pavimentos rígidos viene hacer como una patología problemática en los pavimentos rígidos, debido al aumento de trafico y cambios climáticos en forma continua, entonces la organización Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) mediante la institución National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) realiza nuevos estudios analíticos con respecto a los pavimentos como con métodos de elementos finitos, en lo cual menciona al alabeo de losas a consecuencia de la temperatura, así mismo la tensión de carga generados por el trafico estos dos parámetros dañinos son generadores de la fatiga acumula resultando grietas en los pavimentos, por lo tanto el método mecanístico y empírico (MEPDG) es una alternativa de predicción del desempeño de los pavimentos.

En el presente investigación se hace la evaluación del desempeño de pavimentos existentes diseñados con el método empírico (AASHTO 93) con la finalidad de verificar su desempeño y cumplimiento de su vida útil. Se realizo el estudio en las vías del Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales de la ciudad de Ayacucho.

1.2 Delimitación del problema.

La investigación presente se proyecta a evaluar los niveles de agrietamiento en los pavimentos rígidos con el fin de analizar el comportamiento frente a los factores dañinos ya mencionado en la descripción del problema. Ante lo dicho la investigación se limita:

1.2.1 Espacial.

La investigación se realizará en la ciudad de Ayacucho en la Vía del Jr. Los Rosales del Distrito Jesús Nazarena y el Av. 26 de Enero del Distrito de Ayacucho.

1.2.2 Temporal.

El trabajo de evaluación de pavimentos se desarrollará en el año 2019

1.2.3 Temática y unidad de análisis.

La unidad de análisis es las losas de pavimentos

El enunciado del tema de investigación será **”Determinación de los niveles de agrietamiento de losas en pavimentos rígidos de la ciudad de Ayacucho en el Av. 26 de Enero y el Jr. Los Rosales del Distrito de Ayacucho y Jesús Nazarena respectivamente en el año 2019”**

1.3 Formulación del problema.

1.3.1 Problema general.

¿Cuáles es el nivel de falla tipo agrietamiento que presenta los pavimentos rígidos en el Av. 26 de Enero y el Jr. Los Rosales causados por tráfico y temperatura en la ciudad de Ayacucho?

1.3.2 Problemas específicos.

- a) ¿Cual es el daño por fatiga a causa de las cargas de tráfico y temperatura que genera las fallas s en pavimentos rígidos para las vías del Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales?
- b) ¿Cual es la falla por transferencia de carga mediante las juntas entre losas adyacentes en los pavimentos rígidos de las vías del Av. 26 de Enero y el Jr. Los Rosales?
- c) ¿Que alternativas de solución se podrían considerar para reducir los agrietamientos generados en pavimentos rígidos de la ciudad de Ayacucho?

1.4 Justificación e importancia.

Son diversos los aspectos para justificar de este estudio de investigación, uno de ellos es la falta de evaluación de los deterioros ocasionados por los agrietamientos longitudinales, transversales y esquinas así mismo las fallas de escalonamiento de las juntas de losa pavimentos adyacentes, que se presentan constantemente están como patologías en las obras viales urbanas a causa de la fatiga de materiales y las cargas cíclicas juntamente con el alabeo de losa. Se justifica como la necesidad de diseñar losas de pavimentos el espesor, geometría y desempeño frente a agentes destructivos a la estructura, para minimizar el daño y controlar la fatiga de las losas de pavimento.

El diseño de pavimentos sin hacer la evaluación del nivel de agrietamiento puede traer que como consecuencia la disminución del tiempo de vida útil de la estructura vial y por ende mayor inversión presupuestal en los manteniendo y rehabilitaciones, por tanto se justifica la necesidad e importancia de la evaluación de los deterioros de la pavimentación.

La razón de la importancia de este estudio, radica en la evaluación de los pavimentos rígidos existentes y proyectos nuevos en construcción es decir se debe verificar el desempeño de las losas de pavimentación frente a los agentes destructivos ya mencionados (tensión de carga y tensión de alabeo) que generan esfuerzos de contracción y tracción en la parte superior e inferior de la losa en horarios distintos diurno y nocturno durante los 365 días del año, así mismo se puede evaluar los diseños nuevos de pavimento rígido para ver su desempeño y alcanzar su vida útil proyectado, por tanto se expone la importancia de la evaluación de los pavimentos rígidos.

Por lo tanto, esta tesis es fundamental por que enfoca nuevas soluciones para encontrar y describir la respuesta mecánicas a los pavimentos de tipo rígido.

1.5 Limitaciones de la investigación.

El trabajo de investigación esta centrado unicamente el los estudios de evaluación de deterioros de pavimentos rígidos a nivel de grietas superficiales como ya se menciona agrietamientos longitudinales, agrietamientos transversales y esquineras, así mismo se propone a hacer el análisis de falla en las juntas de losas como transferencia de carga, utilizando las ecuaciones de Miner y el modelo de agrietamiento plasmados en el manual de diseño de pavimentos mecánico empírico (MEPDG) o conocido como AASHTO 2008.

Como ya se mencionó en el párrafo anterior solamente nos enfocamos a evaluar los agrietamientos superficiales, este presente trabajo de investigación se limita a hacer el estudio de la irregularidad de las superficies conocido como modelo de progresión de IRI (Índice de Rugosidad Internacional), así mismo el estudio adecuado del modelamiento de las juntas transversales y longitudinales de la estructura de pavimento.

Se sustenta la limitación de la investigación por la falta de datos como es la información de calibración de factores de corrección mas elaborados en las ecuaciones de modelos de deterioro, un informe de modelo de clima para la ciudad de Ayacucho, entonces estos datos de información son importantes y necesarios para poder evaluar un pavimento y obtener un modelo de deterioro para la ciudad de Ayacucho de mismo modo la nueva metodología de AASHTO el Método Mecánico Empírico estaría ya en nuestro alcance de aplicación y controlar las patologías que generen en los pavimentos.

Para la evaluación de los deterioros de pavimento rígido se opto para el análisis de esfuerzos y deformaciones el Software EVERFE 2.25 y una planilla de cálculo en Excel que determinará las curvas de nivel de agrietamiento alcanzado en cada pavimento construido.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general.

Determinar los niveles de falla tipo agrietamiento en los pavimentos rígidos en el Av. 26 de Enero y el Jr. Los Rosales causadas por tráfico y temperatura en la ciudad de Ayacucho.

1.6.2 Objetivos específicos.

- a) Determinar el daño por cargas de tráfico y temperatura que genera las fallas en los pavimentos rígidos de las vías del Av. 26 de enero y el Jr. Los Rosales.
- b) Determinar la falla por transferencia de carga mediante las juntas entre losas adyacentes en los pavimentos rígidos de las vías del Av. 26 de enero y el Jr. Los Rosales.
- c) Presentar alternativas de solución para reducir los agrietamientos transversales, longitudinales y esquina en los pavimentos rígidos de la ciudad de Ayacucho.

Capítulo II

Marco teórico.

2.1 Antecedentes.

La ingeniería pavimentos se encuentra en constante evolución, tal es así que se han incluido nuevos conceptos mejorados ya sea en la fase de diseño, construcción o mantenimiento en los pavimentos. El mejoramiento de diseño de pavimentos rígidos nace de la filosofía del método AASHTO 93 (método empírica) que consiste en incorporar de la metodología de PCA (semimecanicista) es decir se analizan con elementos finitos entonces nace la teoría del mecánico empírico (AASHTO ME) que comúnmente conocemos como MEPDG del año 2008, su necesidad surge desde la observación del desempeño de pavimentos construidos, se analiza los deterioros de agrietamiento interior, borde, esquina de la losa a causa de cargas de tránsito y temperatura aplicados cíclicamente, en consecuencia el pavimento y su estructura sufrirá el agotamiento de materiales conocido como fatiga de pavimentos a paso del tiempo los deterioros mostraran un daño de agrietamientos longitudinales transversales y esquinas, así mismo se generarán el fenómeno del escalonamiento en las juntas de pavimentación.

El método MEPDG también conocido como AASHTO 2008 surgió en 1996 de los estudios del comité de Pavimentos de AASHTO, en cooperación con National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) y La Federal Highway Administration (FHWA) en este proyecto participaron ingenieros de pavimentos más destacados de los Estados Unidos a quienes se les encargó identificar los medios necesarios para el procedimiento de Diseño de Pavimentos Empírico - Mecanísticos y se puso en marcha el Proyecto NCHRP 1-37A con la meta de desarrollar la “Guía de Diseños de Estructuras de Pavimentos Nuevos y Rehabilitados 2002” basada en modelos mecanísticos y calibrados con la experiencia tanto para pavimentos flexibles como rígidos en donde se realizaron estudios durante varios años en Estados Unidos resultando la denominada “Mechanistic – Empirical Pavement Design Guide” (Guía de Dis-

ño Mecanístico-Empírico de Pavimentos, MEPDG).

En el año 2004 se lanzó la publicación del manual de la “Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide” (MEPDG) para su revisión y evaluación. La revisión formal de los productos del proyecto NCHRP 1-37A se realizó bajo el proyecto NCHRP 1-40A. Esta revisión a dado como resultado varias mejoras las cuales fueron incorporadas a la MEPDG bajo el proyecto NCHRP 1-40D.

En el 2008, AASHTO publicó el manual del MEPDG conjuntamente un software M-EPDG para el uso práctico de este nuevo método de diseño de pavimentos.

En el 2010 AASHTO, lanza al mercado el software DARWIN-ME, una nueva versión de diseño, de esta manera MEPDG 2010 se convierte en una herramienta de diseño que combina conceptos mecanicistas con la experiencia adquirida en el AASHO Road Test, y cuyo alcance es el de diseño y rehabilitación de pavimentos de asfalto y concreto.

En el 2013 el Software DARWin-ME cambia de nombre a AASHTOWare Pavement ME Design el cual está disponible como software comercial, el método Mecanístico-Empírico es nombrado oficialmente como herramienta de diseño por AASHTO.

2.1.1 Investigaciones internacionales

Internacionalmente podemos encontrar investigaciones relacionadas al diseño de pavimentos con el método MEPDG, como la evaluación del desempeño de pavimentos nuevos y existentes. Esta metodología es aplicada en diversos países de latino americanos en diseños de pavimentos rígidos y flexibles es por ello que cuenta con múltiples investigaciones internacionales como es la tesis de **“Desarrollo de Alternativa de Diseño de Estructura de Pavimento de Concreto Hidráulico Mediante el Método Mecanístico Empírico en el Salvador”** Casteñeda y Gomez (2015), donde menciona sobre el método mecanicista de diseño que permiten relacionar los cálculos analíticos con el comportamiento del pavimento representados en las curvas de agrietamiento de modo anual de cada zona probabilista de falla, obtenidos de los cálculos de programación computacional o software que usan estos algoritmos de diseño.

Otras de las investigaciones internacional viene hacer la tesis de López y Villedas (2016) **“Evaluación del Desempeño de los Pavimentos Rígidos de Geometría Optimizada”** de la Universidad de el Salvador donde menciona del aspecto que existe de la evaluación técnica de pavimentos, que permite determinar la condición funcional y estructural de la infraestructura

mediante métodos mecánicas empíricas; El estudio comprende de la evaluación de diferentes indicadores de desempeño de cada tramos, con el fin de determinar la condición actual de los pavimentos y por medio de ello realizar un análisis que permita formular recomendaciones para enriquecer los parámetros de diseño y prácticas constructivas de los pavimentos rígidos de geometría optimizada en el país.

En Chile podemos encontrar diversas investigaciones sobre el método empírico mecanicista (MEPDG), como es la tesis de Riffo (2013) **“Análisis de Modelos de Desempeño de MEPDG para el Diseño de Pavimentos Rígidos en la Región del BÍO - BÍO”** En este estudio se realizó un análisis de los modelos de desempeño de MEPDG para el diseño de pavimentos rígidos en la Región del Bío-Bío con el fin de realizar un ranking de las variables más influyentes, así mismo se realizó un análisis de sensibilidad para medir la influencia de las variables y parámetros de entrada sobre los modelos de desempeño.

Entre otros tesis relacionados con la metodología de MEPDG existen varios investigaciones orientado al escalonamiento e índice de rugosidad internacional (IRI) como son las tesis de **“Desarrollo de un Modelo de Predicción del Escalonamiento en Pavimentos Rígidos”** realizado en Chile por el estudiante Navarro (2017) de la Universidad Tecnica Federico Santa Maria de Valparaiso Chile.

2.1.2 Investigaciones nacionales

En el Perú se desarrolla diversas investigaciones relacionado al método de Mecanístico Empírico (MEPDG) como es la tesis de **“Implementación de la Guía de diseño Mecanístico Empírico AASHTO 2008 en la Región de Piura”** Jaña (2016) Menciona que de un enfoque integral basado en el desempeño de los pavimentos durante su vida en servicio, la implementación de la guía se convierte en imprescindible, más aún en regiones con condiciones particulares de clima, tráfico, y geografía. La metodología considera principios mecanístico para predecir el comportamiento futuro ante las acciones de clima y tráfico, en tal sentido el método MEPDG 2008 representa un cambio sustancial en la manera de cómo se realiza el diseño de pavimentos.

También se tiene como investigación en la Universidad Nacional de Ingeniería por el tesista Vivanco (2016) la tesis relacionado con el método mecánico empírico como es **“Caracterización del Tránsito de Vehículos Pesados Aplicando la Metodología MEPDG AASHTO 2008; Aplicación en Pavimento de Concreto Hidráulico-Lima”** donde menciona la tesis

del desarrollo de un análisis profundo al tránsito de los vehículos pesados, ya que hablar del tránsito se trata de un tema muy complejo debido a la diversidad de vehículos, cargas, dimensiones, velocidades de operación, etc.; los cuales asocian al tránsito un alto grado de incertidumbre. En donde se revisará y evaluará la información de tránsito vehicular con la que se dispone en el Perú, para adecuarla al formato del MEPDG, y de esta manera obtener una caracterización del tránsito de vehículos pesados para un tramo de la carretera panamericana norte en Lima, en base a espectros de carga y parámetros de tráfico, aplicando los conceptos que se utiliza en la “Guía de diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos (MEPDG)” del AASHTO 2008.

En el mismo año también se desarrolló otra tesis de investigación relacionado a la metodología de MEPDG elaborado por el tesista Maximiliano (2016) que viene hacer **“Implementación Del Modelo Climático Eicm Con Fines De Diseño Para Pavimento De Concreto Asfáltico Aplicando La Metodología MEPDG”** dicho tesis consiste en el estudio de las limitaciones que presenta adaptar los datos climáticos de la Región Callao al Modelo Climático Integrado Mejorado (EICM) y propone un procedimiento a seguir para obtener los Archivos Climáticos virtuales con extensión (.icm) y poder usarlo al diseño de pavimentos utilizando la Guía de diseño Mecánico-Empírico (MEPDG-AASHTO 2008). Como resultado se introduce una nueva propuesta de diseño para pavimentos en el Perú utilizando la metodología MEPDG-AASHTO 2008 y mediante conceptos teóricos del EICM se logra conocer los efectos de los parámetros climáticos a los pavimentos.

2.2 Bases teóricas

La metodología Empírico Mecanicista esta basados en los estudios del Diseño Estructural de Pavimentos Nuevos y Rehabilitados, mencionados en el proyecto 1-37A de la NCHRP (National Cooperative Highway Research Program); este guía nos presenta los procedimiento de diseño estructural en el análisis mecánico para escoger una combinación de espesores y materiales con el fin de suministrar el nivel de servicio deseado de acuerdo al tránsito esperado.

El modelo mecánico se basa en la teoría de Westergaard que determina las reacciones del pavimento a la carga aplicada de las ruedas en términos de esfuerzos, deformaciones unitarias y deflexiones (σ , ϵ , δ) y la parte empírica del diseño utiliza las reacciones del pavimento para predecir la vida del mismo basada en observaciones hechas en campo (Garnica, 2004).

2.2.1 Teoría del modelo de Westergaard

En 1926, Westergaard obtuvo soluciones analíticas para los esfuerzos y las deformaciones (σ, ε) debido a las variaciones de temperaturas y a las cargas del tráfico en pavimentos rígidos.

El modelo de Westergaard difiere de otros modelos de respuesta por las hipótesis adoptadas, esta básicamente no coinciden con las otras en cuanto a la naturaleza de los materiales (elástica o viscoelástica), la tipología de las cargas, las condiciones de contacto entre capas (adherencia total, parcial o nula) y las condiciones de contorno.

Las siguientes hipótesis fueron hechas en el trabajo original de Westergaard (Westergaard 1926a) que mencionada en el artículo (Tejeda & Emilio, 2012):

- La losa de concreto se considera como un sólido homogéneo, elástico e isótropo en equilibrio, partiendo de la teoría clásica de láminas delgadas.
- Se consideran tres posiciones de carga: carga en el centro, en la esquina, y en el borde, asumiendo la distribución de estas como uniforme sobre un área circular o semicircular de radio a llamada rigidez relativa de la losa. Ver Figura 1.

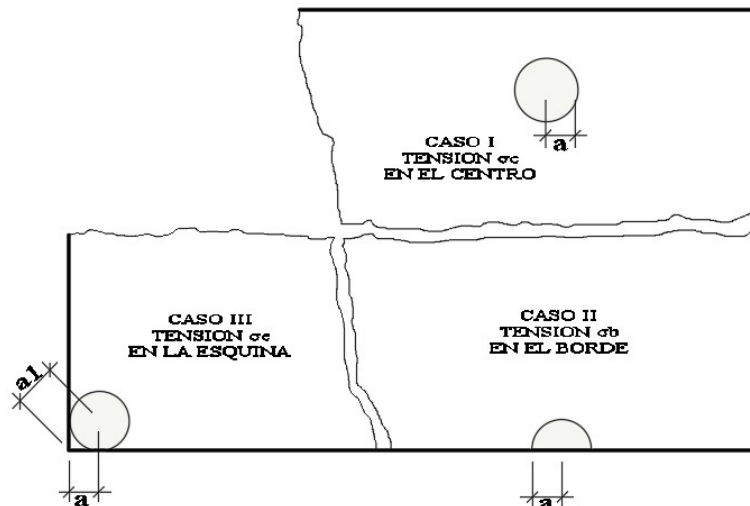


Figura 1 Vista planta de posiciones de carga para el modelo de Westergaard.

Fuente: Obtenido de Tejeda y Emilio (2012)

- La reacción de la subrasante es solo vertical y proporcional a la deflexión de la losa, considerando el medio como infinitos soportes elásticos (macizo de Winkler). La resistencia de la subrasante se mide con k , al que Westergaard caracterizó como módulo de reacción de la subrasante, el cual es una medida de la rigidez del medio a partir de medir la fuerza que se aplica en un área por unidades de deflexión. Ver Figura 2.

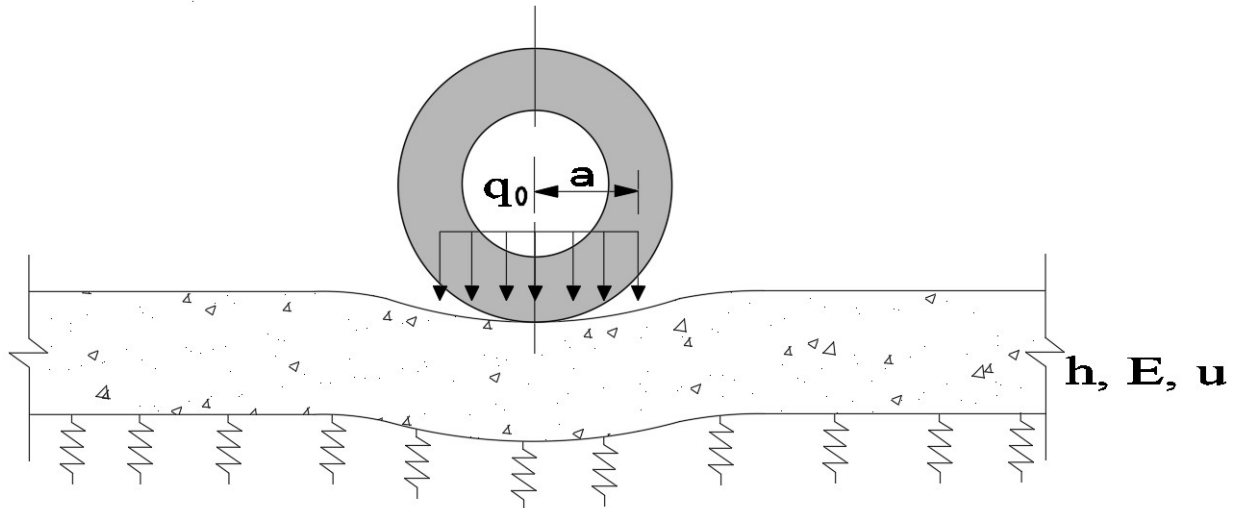


Figura 2 Vista perfil del modelo de Westergaard.

Fuente: Obtenido de Tejeda y Emilio (2012)

Donde:

h : Espesor de la losa.

E : Módulo de elasticidad del concreto.

u : Coeficiente de Poisson del concreto.

l : Radio de rigidez relativa de la losa.

q : Carga de vehículo aplicada.

La teoría de Westergaard cuantifica la rigidez de la losa en comparación con la del soporte o explanación, es el denominado radio de rigidez relativo, el cual se expresa a continuación:

$$l = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12(1 - u) \cdot k}} \quad (2.1)$$

Donde:

l : Radio de rigidez relativa de la losa.

h : Espesor de la losa.

k : Módulo de reacción de la capa de apoyo.

u : Coeficiente de Poisson del concreto.

Los esfuerzos producidos por las cargas de tránsito según planteamiento de Westergaard se tiene.

a) **Esfuerzos en el borde de la losa de concreto:**

$$\sigma_b = \frac{3(1+u)P}{\pi(3+u)h^2} \left[\ln\left(\frac{Eh^3}{100ka^4}\right) + 3.84 - \frac{4\pi}{3} + \frac{1-u}{2} + \frac{1.18(1+2u)a}{2l} \right] \quad (2.2)$$

Donde:

σ_b : Esfuerzo en el borde de la losa en *libras/pulgadas²*.

E : Módulo de elasticidad del concreto.

h : Espesor de la losa en pulgadas.

u : Coeficiente de Poisson del concreto.

P : La carga en libras.

l : El radio de rigidez relativa en pulgadas.

a : El radio del área circular de la carga en pulgadas.

k : Módulo de reacción de la capa de apoyo.

b) **Esfuerzos en el centro de la losa de concreto:**

$$\sigma_i = \frac{3(1+u)P}{2\pi h^2} \left[\ln\left(\frac{l}{b}\right) + 0.6159 \right] \quad (2.3)$$

$$b = a \text{ Cuando } a \geq 1.724h$$

$$b = \sqrt{1.6a^2 + h^2} - 0.675 \quad (2.4)$$

Donde:

σ_i : Esfuerzo en el centro de la losa en *libras/pulgadas²*.

h : Espesor de la losa en pulgadas.

u : Coeficiente de Poisson del concreto.

P : La carga en libras.

l : El radio de rigidez relativa en pulgadas.

a : El radio del área circular de la carga en pulgadas.

c) Esfuerzos en la esquina de la losa de concreto:

$$\sigma_e = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right)^{0.6} \right] \quad (2.5)$$

Donde:

σ_i : Esfuerzo en el esquina de la losa en *libras/pulgadas*².

h : Espesor de la losa en pulgadas.

u : Coeficiente de Poisson del concreto.

P : La carga en libras.

l : El radio de rigidez relativa en pulgadas.

a : El radio del área circular de la carga en pulgadas.

2.2.2 Teoría del alabeo de losa por Bradbury

En el año 1938 Bradbury determinó una formulación que solo estima los esfuerzos en ciertas zonas específicas de la losa, el análisis de losas de concreto hidráulico se enfoca en estimar el estado de esfuerzos ante la sollicitación de carga ‘por temperatura y humedad, dejando a un lado la carga vehicular; este efecto de esfuerzo por alabeo cobra importancia en el desarrollo de estudios de fatiga de pavimentos, como combinación de cargas influyentes al pavimento. Ante la necesidad de analizar el estado de esfuerzos por temperatura de losas se tiene como posición crítica el borde e interior(Sanchez, 2005).

La ecuación de la variación de la temperatura equivalente en parte superior y en la parte inferior de la losa de concreto.

$$\Delta T_a = \frac{T_t - T_b}{2} \quad (2.6)$$

Esfuerzo total por alabeo de la losa

$$\sigma_t = \frac{E\alpha_t\Delta t}{(1 - u^2)}(C_x + uC_y) \quad (2.7)$$

Asumiendo una losa de longitud Lx y ancho Ly . Bradbury propuso las siguientes soluciones para el esfuerzo interior máximo en el centro de la losa en ambas direcciones

$$\sigma_y = \frac{E\alpha_t\Delta t}{(1-u^2)}(C_y) \quad (2.8)$$

$$\sigma_x = \frac{E\alpha_t\Delta t}{(1-u^2)}(C_x) \quad (2.9)$$

Donde:

E : Modulo elástico del concreto hidráulico.

u : Módulo de poisson del concreto hidráulico.

ΔT : Diferencia de temperatura entre las dos caras de la losa (gradiente).

T_t : Temperatura en la parte superior de la losa.

T_b : Temperatura en la parte inferior de la losa.

α : Coeficiente de expansión termina o específicamente de dilatación,

σ_t : Es el esfuerzo total por alabeo en *libras/pulgada*².

σ_x : Es el esfuerzo interior máximo por alabeo en la dirección X, en *libras/pulgada*².

σ_y : Es el esfuerzo interior máximo por alabeo en la dirección Y, en *libras/pulgada*².

L : Longitud de la losa en la dirección en la cual se calcula el esfuerzo.

C_x, C_y : Factores de corrección de esfuerzos por alabeo para una losa finita.

Bradbury desarrolló una carta simple para determinar C_x y C_y (figura 3). El factor de corrección C_x depende de Lx/l y el factor de corrección C_y depende de Ly/l , donde l es el radio de rigidez relativa.

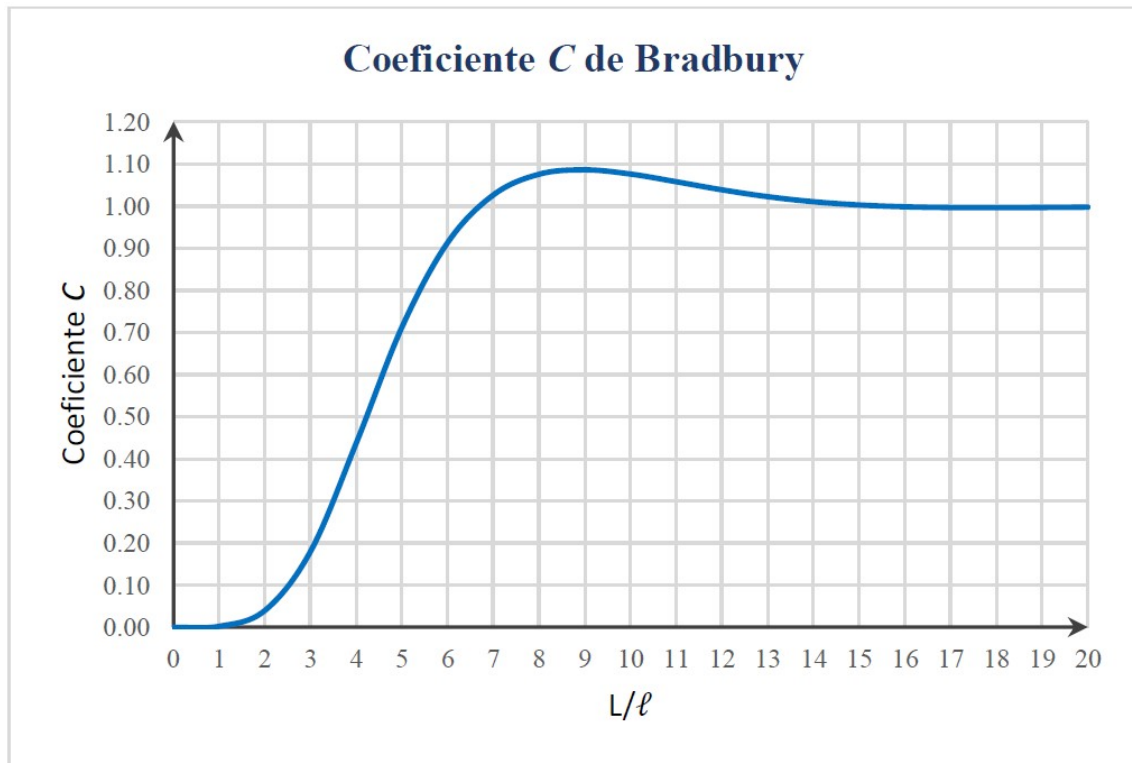


Figura 3 Carta de Bradbury para la corrección de C1 y C2 en esfuerzos por alabeo.

Fuente: Obtenido de Tejeda y Emilio (2012)

2.2.3 Ley de Miner Law

La ley de Miner fue formulada inicialmente para las tensiones de tipo mecánico provocadas por las cargas, adoptado para evaluar la resistencia frente a la daños de un pavimento fatigado (FD) de forma similar cabe indicar que el concepto de fatiga viene dado por la resistencia de un pavimento, es decir si puede aguantar un cierto número de repeticiones “n” de una determinada carga P antes de que se produzca la falla por deterioro de dicha superficie de apoyo se encontrará en buenas condiciones, se deduce que si para cada carga P el número de repeticiones proyectadas “n” frente a la admisibles “N” no tiene por qué coincidir en el análisis de fatiga, lo correcto debe ser ($n_1 < N_1$) (Peláez, 2013).

$$FD = \frac{n_i}{N_i} \leq 1 \quad (2.10)$$

Donde:

FD : Daño por fatiga.

n_i : Número de carga P aplicadas.

N_i : Número de repeticiones admisible de carga P.

2.3 Marco conceptual.

2.3.1 Pavimentos rígidos

El pavimento viene a ser la estructura que está compuesto por un conjunto de capas que tiene por finalidad brindar una superficie de rodadura que permita un tráfico seguro. Estas estructuras poseen una considerable resistencia a la flexo-compresión que les permite trabajar como una viga que descansa en la subrasante transmitiendo así las cargas sobre esta. (Mendoza, 2015).

Esta compuesta por la siguiente estructura:

- a) **Losa de concreto:** Es la capa que cumple una función estructural muy importante, que soporta y disipa la mayor parte de esfuerzos que se le aplican, la losa de concreto es muy susceptible a los efectos de la expansión y contracción generados por los cambios de temperatura, se requiere control en el sellado de juntas. (Román, 2008).
- b) **Base o súbase:** Es la capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de la subrasante y la capa de rodadura, está destinada a soportar, transmitir y distribuir uniformemente las cargas aplicadas en la superficie de rodadura hacia la subrasante. (Reyes, 2003).
- c) **Subrasante:** Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), la cual soporta la estructura del pavimento, y es necesario que proporcione un buen soporte a la estructura que se colocará. (López & Villedas, 2016).

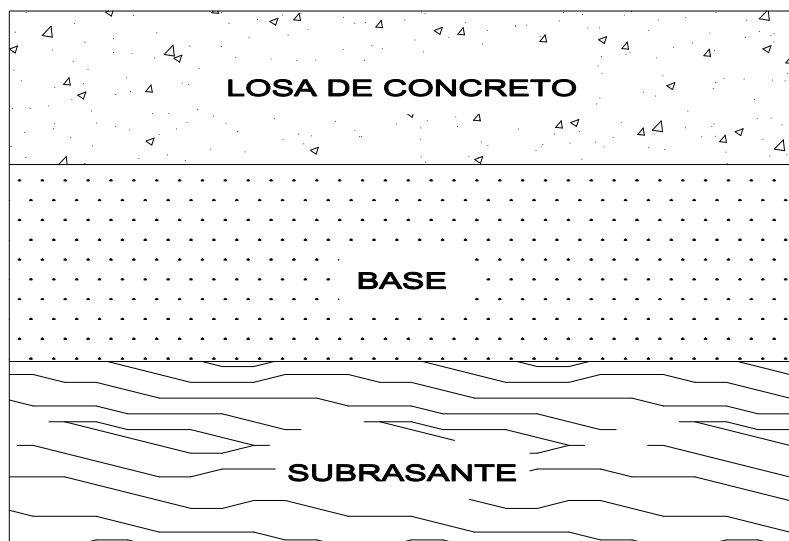


Figura 4 Estructura de pavimento rígido.

Fuente: Obtenido de *Elaboración Propia*

2.3.2 Fallas de pavimentos rígidos

a) **Agrietamiento de pavimentos rígidos:** Las grietas se definen como una patología que consiste en la división de losa en dos o más piezas, son causadas usualmente por una combinación de cargas repetitivas de tráfico y alabeo. (MINVU, 2018).

- **Agrietamiento transversal:** Una grieta transversal es el que ocurre en el centro del borde de la losa producto de la fatiga que presenta el material del pavimento. Esta grieta se origina de abajo hacia arriba y las de arriba hacia abajo desde las tensiones de borde de losa. (MEPDG, 2015), Es decir el pavimento va sufrir esfuerzos de tensión en forma alabeo convexa y esfuerzos de compresión de alabeo cóncavo de día y de noche.

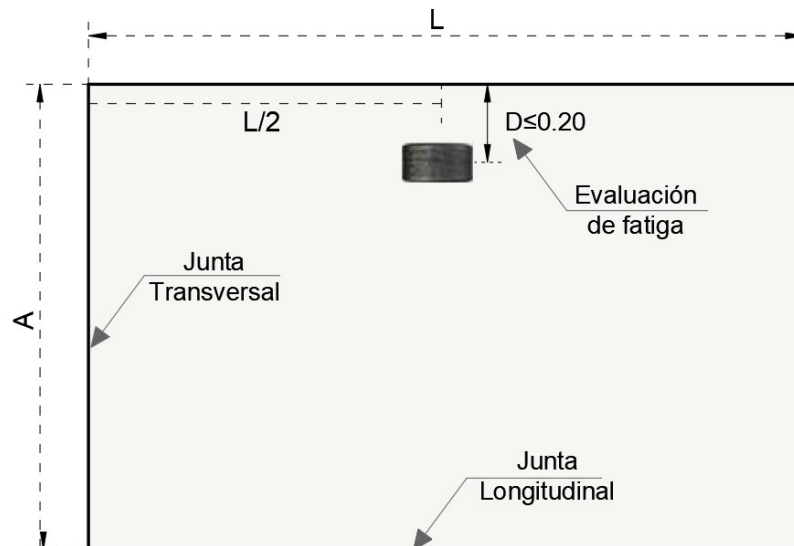


Figura 5 Esquema de posición de eje para agrietamiento transversal.

Fuente: Obtenido de Instituto del Cemento y Hormigón de Chile



Figura 6 Agrietamiento transversal Jr. Los Rosales.

Fuente: Obtenido de Fuente propia

- **Agrietamiento longitudinal:** El agrietamiento longitudinal es el que ocurre en el borde de la losa pero de sentido longitudinal, esta grieta sucede de abajo hacia arriba y las de arriba hacia abajo producto de la fatiga del pavimento. Este esfuerzo de tensión es de forma similar al de transversal un alabeo convexo y esfuerzos de compresión de alabeo cóncavo de día y de noche su falla dependerá de varios factores entre los que se encuentran: el ancho y largo de losa, la magnitud del alabeo de la losa, la configuración del paso de los vehículos (MEPDG, 2015).

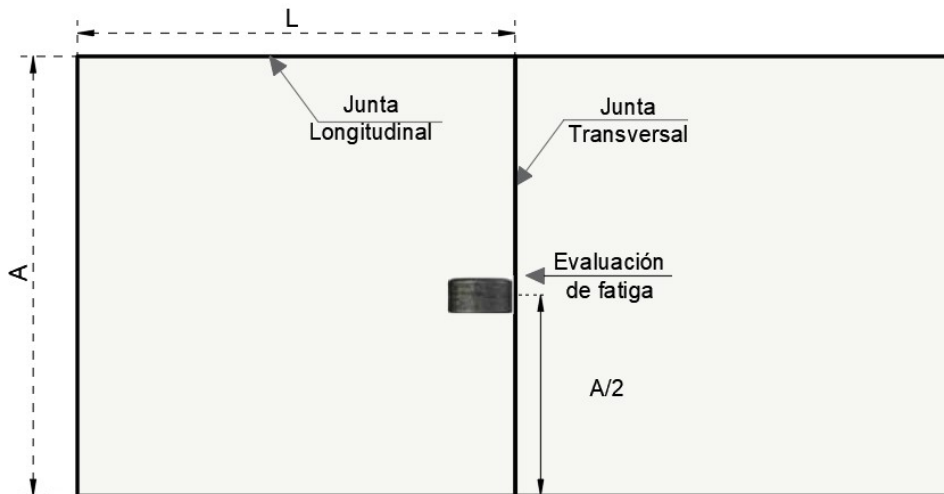


Figura 7 Esquema de posición de eje para agrietamiento longitudinal

Fuente: Obtenido de Instituto del Cemento y Hormigón de Chile



Figura 8 Agrietamiento longitudinal Jr. Los Rosales.

Fuente: Obtenido de Fuente propia

- **Agrietamiento esquina:** El agrietamiento de esquina ocurre en la superficie de la losa, se originan como un sector de losa triangular al interceptar las juntas transversales y longitudinales formando un ángulo aproximadamente 45 grad. con la dirección del tránsito (MINVU, 2018).

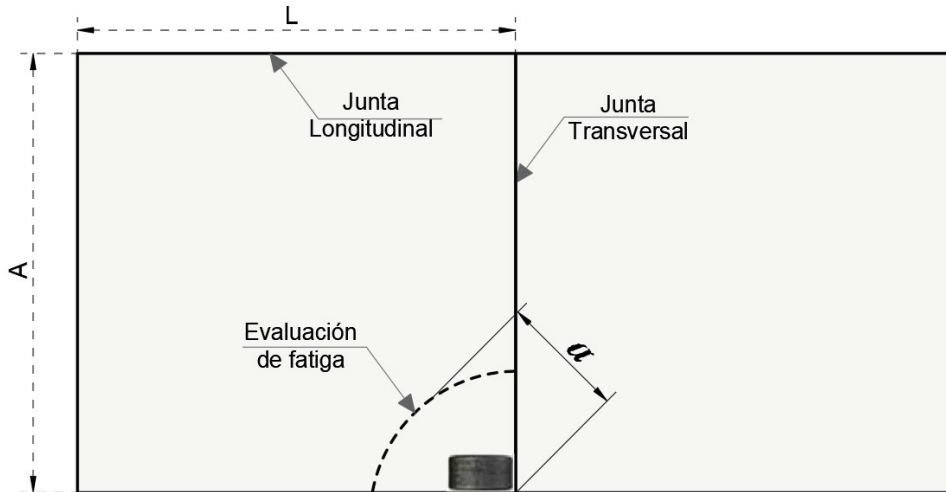


Figura 9 Esquema de posición de eje para agrietamiento esquina.

Fuente: Obtenido de Instituto del Cemento y Hormigón de Chile



Figura 10 Agrietamiento esquina Jr. Los Rosales.

Fuente: Obtenido de Fuente propia

- **Fundamentación del agrietamiento en tres zonas críticas:**

Los agrietamientos que se generan en los tres zonas críticas de fallas de una losa de concreto, se deduce que la falla de agrietamiento se generan desde las partes mas sensibles de una losa hasta los mas rígido, ya que las cargas aplicadas (tráfico y térmico) a una losa son distribuidos en todo la superficie.

b) Escalonamiento en las juntas de pavimentación

El escalonamiento es la diferencia de nivel que existe entre las superficies de pavimentos adyacentes, que se encuentran separadas por una junta o una grieta. La mayoría de los escalonamientos suceden por cargas repetitivas y son considerados un problema mayor de soporte de fundación (MINVU, 2018).

Posibles causas:

- Asentamiento producto de una base con pérdida de capacidad de soporte.
- Bombeo o erosión de material fino de la base, producido por cargas pesadas repetitivas.
- Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas o trozos de losas.

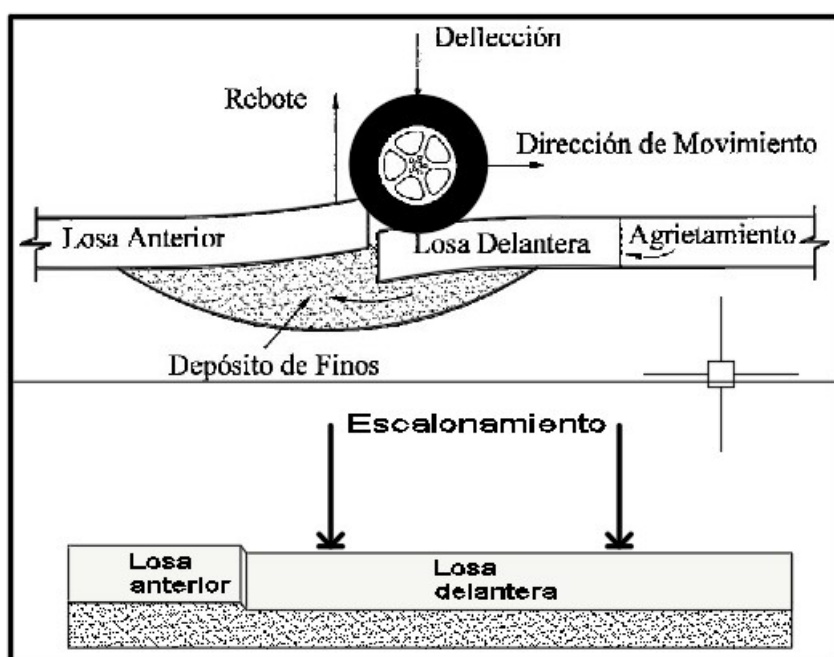


Figura 11 Esquema de generación del escalonamiento.

Fuente: Obtenido de Elaboración propia

c) Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El IRI es la regularidad superficial considerado como los estados de serviciabilidad inicial y final del pavimento. El estado inicial IRI esta dado a la puesta en servicio del camino, el cual depende de la calidad construida el pavimento. El IRI final esta dado por el valor final del tiempo de vida del diseño (MINVU, 2018)

- d) **Fisuramiento de pavimentos rígidos:** Las fisuras son la patología inicial de aberturas incontroladas que afectan solamente a la superficie de losa o a su acabado superficial que son causados por incremento de masa debido al alabeo térmica (convexo y cóncavo). (Sanchez, 2005).

2.3.3 Fatiga en pavimentos rígidos

Es el fenómeno que se produce debido a las repeticiones de carga generando agrietamientos en razón que los esfuerzos cortantes y de tensión superan a los admisibles, por el cual los materiales pierden capacidad de resistir cuando están sometidos a cargas cíclicas; este fenómeno se asocia con la disminución de la resistencia de un material en el tiempo. (Leiva, 2010).

En la siguiente flujograma se puede observar el diseño mecánico de estimación de daño por fatiga a causa de cargas proyectadas y admisibles como n_i/N_i .

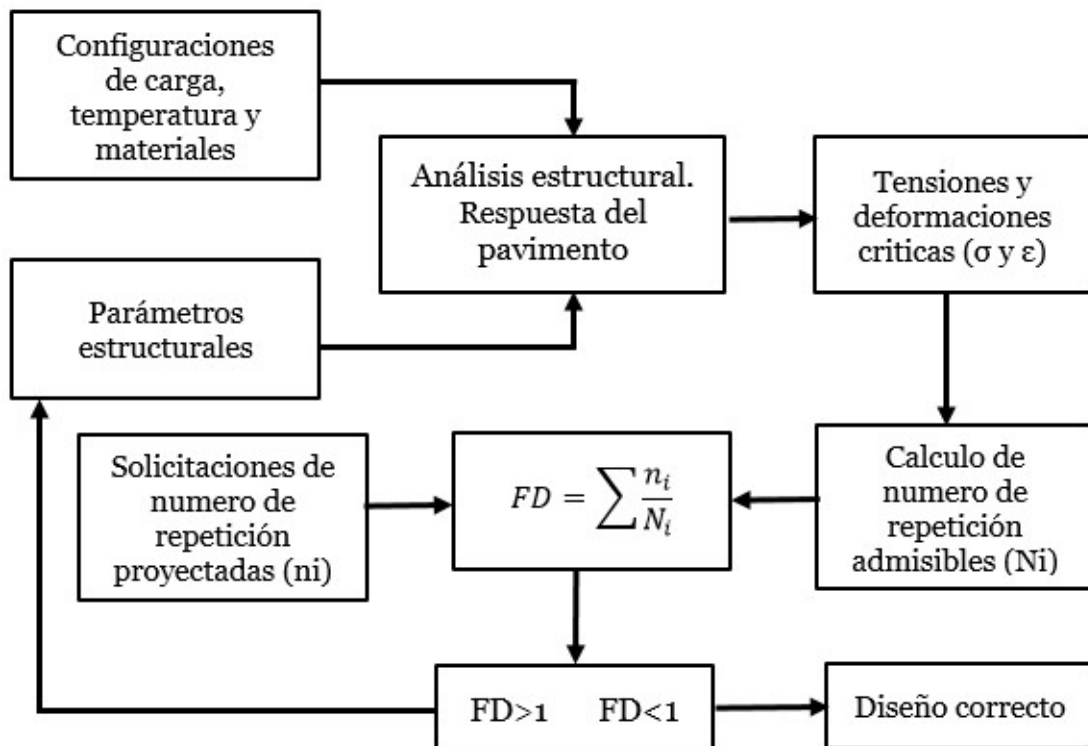


Figura 12 Flujograma del daño por fatiga de pavimentos.

Fuente: Obtenido de Ing. Leiva; 2010

2.3.4 Transferencia de carga en pavimentos rígido

La transferencia de cargas en las juntas de pavimento se refiere a la capacidad de una losa a transferir una parte de su carga a la losa adyacente. De este modo, una junta con el 100% de transferencia de carga será aquella que transfiera la mitad de su carga a la losa adyacente (López & Villedas, 2016).

Se tiene los siguientes tipos de pavimentos según su transferencia de carga:

- a) **Pavimentos rígidos sin transferencia de carga:** En este tipo de pavimentos sin la transferencia de carga se construye independientemente cada losa aislado como junta fría relleno con asfalto, provocando deflexiones de losa.

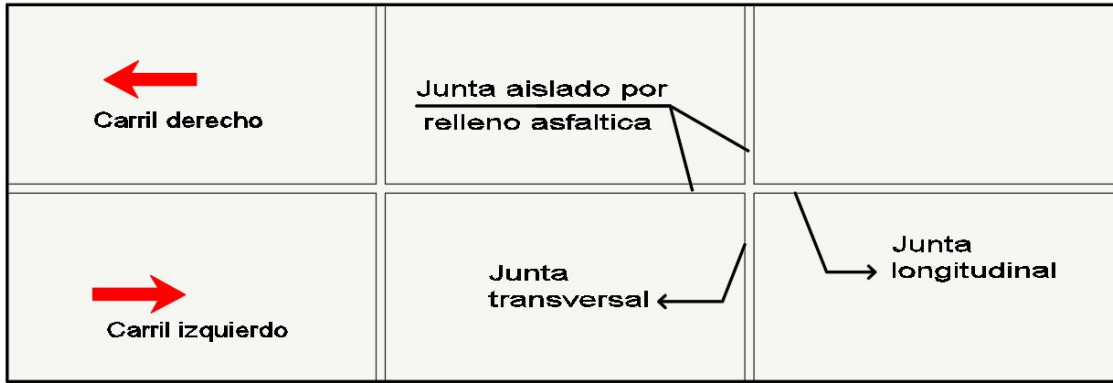


Figura 13 Pavimento de junta aislante sin transferencia de carga.
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

b) **Pavimentos rígidos sin elementos de transferencia de carga:** En este tipo de pavimentos la transferencia de carga se da directamente por trabazón de agregados en las juntas de las losas de concreto, no hay ningún elemento de transferencia de carga.



Figura 14 Juntas sin elementos de transferencia de Carga.
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

c) **Pavimentos rígidos con elementos de transferencia de carga:** En este tipo de pavimentos la transferencia de carga se da por medio de barras de acero generalmente lisas que se colocan de manera perpendicular a las juntas transversales del pavimento uniendo así dos losas consecutivas y mejorando la transferencia de carga, pudiendo así disminuir en gran medida el escalonamiento.

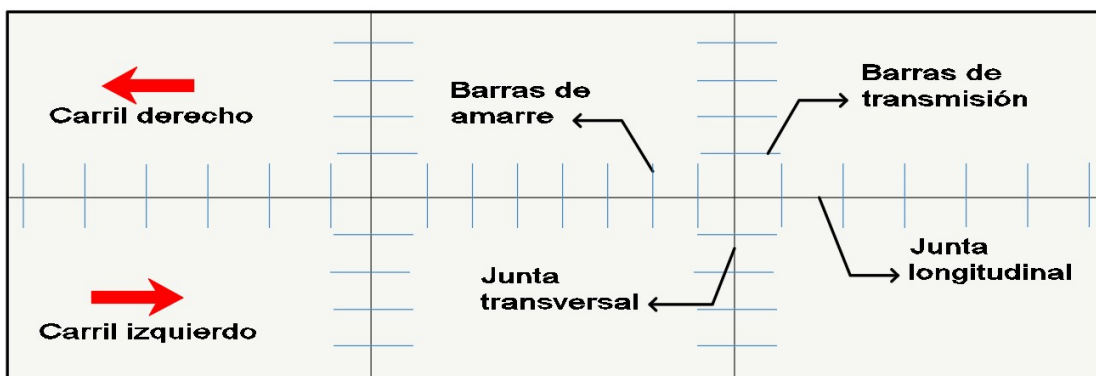


Figura 15 Juntas con elementos de transferencia de carga.
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

2.3.5 Factores para el diseño de pavimento

2.3.5.1 Parámetros máximos admisibles de diseño

- a) **Porcentaje de losa máximos agrietadas:** Es el umbral de daño aceptado que se espera tener el pavimento al final de su vida de diseño. El nivel de daño máximo admisible depende de la importancia de la vía. En la tabla N° 1 se muestran valores recomendados según el manual de MEPDG por tipo de vía y eje equivalentes acumulados.

Tabla 1 *Porcentaje admisible de losas agrietadas por clasificación de vía*

Clasificación de Vía	Porcentaje máximo admisible de Losas Agrietadas (%)
Vías locales y calles (Vías colectoras) $\leq 1 \times 10^6$ EE	30 - 50
Calles principales y vías de mediano tráfico (Vías arteriales) $< 15 \times 10^6$ EE	10 - 30
Carreteras interurbanas y vías de alto tráfico (Vías expresas) $> 15 \times 10^6$ EE	10

Fuente: Obtenido de Guía de Diseño de Pavimentos por MEPDG.

Se considera a los porcentajes de daños admisibles lo siguiente:

- **Agrietamiento de 10%:** El pavimento sufre ligeras fallas de grietas muy leves.
 - **Agrietamiento de 11%-30%:** El pavimento sufre poco considerables fallas de grietas, es decir un agrietamiento en un tercio del tramo del pavimento.
 - **Agrietamiento de 31%-50%:** El pavimento experimenta fallas intermedias de agrietamiento, es decir contiene grietas casi en la mitad de todo su tramo.
 - **Agrietamiento de 51%-100%:** El pavimento es considerado como vía muy deteriorado por que sufre casi 100% de fallas de agrietamiento y otros daños.
- b) **Indice de Rugosidad Internacional (IRI):** Los valores recomendados para el Indice de Rugosidad Internacional se indican en la tabla 5 (MTC/14, 2014).

Tabla 2 *IRI de diseño para pavimento de primera clase*

Indice de regularidad IRI (m/km)	
IRI inicial	2
IRI final	4

Fuente: Obtenido de Manual de MTC.

- c) **Escalonamiento máximo para pavimentos rígidos:** Escalonamiento máximo admisible que deberá cumplir el pavimento debe ser de 5mm. (MEPDG, 2015).

d) Geometría de pavimento:

- Según la guía de diseño de pavimentos suelos y carreteras la longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50 m. En zonas de altura mayores a 3000 msnm se recomienda que las losas sean cuadradas o en todo caso sea losas cortas conservando el espesor definido (MTC/14, 2014).

Tabla 3 Dimensiones de losa recomendados

Dimensiones de losa	
Ancho de losa (m)	Longitud de losa (m)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Fuente: Obtenido de Guía de pavimentos MTC/2014.

- Con el fin de reducir las tensiones por contracción y por temperatura de modo que no se produzcan agrietamiento aleatorias en el concreto y mantener la capacidad estructural del pavimento (AASHTO93, 1993), es necesario evaluar las losas por:
 - La longitud de la losa (l) debe ser entre 20 a 25 veces el espesor (h), es decir, $20 \times h \leq l \leq 25 \times h$.
 - La relación de esbeltez largo (l) / ancho (a) debe estar comprendida entre el rango 1 a 1.4, es decir, $1 \leq l/a \leq 1.4$.

e) Espesor de pavimento:

El espesor de pavimento de concreto se recomienda la verificación de los diseño con el reglamento de pavimentos urbanos (CE010, 2010).

Tabla 4 Espesor de losa según tipo de vía

Espesor de la capa de rodadura de losa de concreto		
Tipo de vía	Espesor (mm)	Material
Vías locales	≥ 150	MR ≥ 3.4 Mpa (34 kg/cm ²)
Vías colectoras	≥ 150	
Vías arteriales	≥ 150	
Vías expresas	≥ 200	

Fuente: Obtenido de Reglamento de pavimento urbano CE-010/2010.

f) **Tiempo de vida útil del pavimento:**

La vida de diseño del pavimento, es la cantidad de tiempo (en años) en que se espera que un pavimento se desempeñe con un cierto estándar de calidad. La vida de diseño se puede seleccionar según la clasificación de la vía. (CE010, 2010).

Tabla 5 *Tiempo de vida útil de pavimentos*

Clasificación de vía	Vida de diseño (años)
Vías Locales y Calles (Vías colectoras) $\leq 1 \times 10^6$ EE	15-20
Calles Principales y Vías de Mediano Tráfico (Vías arteriales) $< 15 \times 10^6$ EE	20
Carreteras Interurbanas y Vías de Alto Tráfico (Vías expresas) $> 15 \times 10^6$ EE	20-40

Fuente: Obtenido de *Guía de Pavimentos MEPDG*.

g) **Desviación lateral del tráfico:**

El efecto de desviación del tráfico ocurre al utilizar losas con sobrecancho o berma y soleras en el borde, aumenta de forma significativa la distancia en que los vehículos se desplazan con respecto al borde del pavimento. (TCPavements, 2013).

Tabla 6 *Desviación lateral de tráfico por tipo de borde*

Tipo de Borde	Desviación lateral de tráfico (mm)
Borde Libre, berma de concreto berma granular/asfáltica	250
Borde de Solera	200
Losa sobrecancho	250

Fuente: Obtenido de *Manual de Pavimento TCP*.

h) **Condición de borde:**

La condición de borde del pavimento tiene dos efectos, primero define el soporte lateral que entrega la berma al pavimento en términos la transferencia de carga y por otro lado aleja el tráfico del borde fluyendo un tránsito a cada lado \geq de 20 cm aproximadamente (TCPavements, 2013).

2.3.5.2 Estudio del tráfico:

La metodología del MEPDG utiliza la clasificación de vehículos según la Federal Highway Administration (FHWA), la caracterización de tráfico de cada tipo de eje (simple, tándem o tridem) se clasificaran en una serie de clases de vehículos.

a) Clasificación de vehículos según Reglamento Nacional de vehículos (RNV):

El eje es el elemento mecánico que sirve de soporte del vehículo, aloja a las ruedas y permite la movilidad del mismo como eje simple, doble, triple según “El reglamento nacional de vehículos del Ministerio de transporte y comunicaciones del Perú” (Vivanco, 2016).

- **Eje simple:** Vehículos de un solo neumático simple.
- **Eje simple dual:** Vehículos de dos neumáticos duados pero simple.
- **Eje tándem (dobles):** Vehículos de neumáticos dual pero tiene doble eje.
- **Eje tridem (triples):** Vehículos de neumáticos dual pero tiene triple eje.

b) Clasificación de vehículos según Federal Highway Administration (FHWA)

La nueva Guía de Diseño AASHTO señala la clasificación de vehículos de la Federal Highway Administration (FHWA) de los EE. UU. para fines de obtención de cargas de tráfico requeridos por MEPDG se divide en categorías por vehículos que transporta pasajeros o mercancías (Vivanco, 2016).

- **Clase 1:** Motocicletas
- **Clase 2:** Vehículos para pasajeros
- **Clase 3:** Vehículos simples de una sola unidad, dos ejes, cuatro llantas
- **Clase 4:** Buses
- **Clase 5:** Camión de una sola unidad, dos ejes, seis llantas
- **Clase 6:** Camión de una sola unidad de tres ejes
- **Clase 7:** Camión de una sola unidad de cuatro o más ejes
- **Clase 8:** Camiones de remolque simple de cuatro o menos ejes
- **Clase 9:** Camiones de remolques simples de cinco ejes
- **Clase 10:** Camiones de remolque simple con seis o más ejes
- **Clase 11:** Camiones de remolque múltiple con cinco o menos ejes
- **Clase 12:** Camiones de remolque múltiple de seis ejes
- **Clase 13:** Camiones de remolque múltiple con siete o más ejes














CLASIFICACIÓN DE VEHICULOS SEGÚN LA FHWA			
CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
Motocicleta 2 ejes, 2 o 3 ruedas 	Carros pasajeros 2 ejes 	Camionetas, van, ambulancia 2 ejes, 4 ruedas simples 	Buses 2 o 3 ejes 
CLASE 5		CLASE 6	CLASE 7
Camión simple 2 ejes, 6 ruedas 		Camión simple de 3 ejes 	Camión simple, 4 o más ejes 
CLASE 9		CLASE 10	
Camión semirremolque, 5 ejes 		Camión semirremolque, 6 o más ejes 	
CLASE 11		CLASE 12	
Camión semirremolque + acoplado, 5 o menos ejes 		Camión semirremolque + acoplado, 6 ejes 	
CLASE 13			
Camión semirremolque + acoplado, siete o más ejes 			

Figura 16 Clasificación de vehículos según Federal Highway Administration (FHWA).

Fuente: Obtenido de Edwin R. Vivanco Cahuana; 2016.

c) Configuración de vehículos entre FHWA y RNV

Para la metodología del MEPDG es necesario configurar a los vehículos de nuestro país Perú de acuerdo al RNV para poder definir los parámetros de tráfico según la clasificación del FHWA de EE.UU. definidos en la tesis de caracterización del tránsito de vehículos ligeros y pesados. (Vivanco, 2016).

Tabla 7 Configuración vehicular peruana según FHWA - vehículos ligeros

Clasificación según FHWA (EEUU)		Clasificación según RNV (PERU)
Clase	Descripción	Descripción
1	Motocicleta	Motocicleta, Mototaxi
2	Vehículos para pasajeros	Auto, Tico, Station Vago
3	Camión simple, dos ejes cuatro llantas	Camionetas, Combi, Van, Ambulancia

Fuente: Obtenido de E. Vivanco; 2016.

Tabla 8 Configuración vehicular peruana según FHWA - vehículos pesados

Clasificación según FHWA (EEUU)		Clasificación según RNV (PERU)
Clase	Descripción	Descripción
4	Buses	B2
		B3-1
		B4-1
		BA-1
5	Camión simple dos ejes	C2
6	Camión simple tres ejes	C3
7	Camión simple, cuatro o mas ejes	C4
		8x4
8	Camión remolque simple cuatro o menos ejes	T2S1
		T2S2
		T2Se2
		T3S1
9	Camión remolque simple cinco ejes	T2S3
		T2Se2
		T3S2
		T3Se1
10	Camión remolque simple seis o mas ejes	T3S3
		T3Se3
11	Camión remolque multiple, cinco o menos ejes	C2R2
		C2R3
		C3R2
12	Camión remolque multiple, seis ejes	C3R3
		C4R2
		8x4R2
13	Camión remolque multiple, siete o mas ejes	C3R4
		C4R3
		8x4R3
		8x4R4
		T3S2S2
		T3Se2Se2
		T3S2S1S2
T3Se2S1Se2		

Fuente: Obtenido de E. Vivanco; 2016.

2.3.5.3 Estudio de clima:

Las condiciones del medio ambiente son directamente influyentes en el desempeño de los pavimentos, siendo aún más complejas la interacción con los materiales y cargas. Los parámetros ambientales como la temperatura, humedad, viento, precipitación, y profundidad del nivel freático afectan el comportamiento del pavimento y de la subrasante, inciden directamente en la capacidad de soporte del mismo (Jaña, 2016).

Se menciona además en la tesis de Casteñeda y Gomez (2015), las condiciones climáticas tienen un efecto muy trascendente en el diseño mecánico-empírico de pavimentos, ya que factores climáticos tales como la temperatura y la humedad afectan directamente el comportamiento de los materiales y el pavimento.

a) Alabeo de losa de pavimento:

El alabeo se define como la distorsión que sufre una losa tomando una forma curvada hacia arriba o hacia abajo encorvando sus bordes, esta distorsión puede levantar los bordes de losa respecto a la base, dando lugar a un borde o esquina sin apoyo que puede agrietarse cuando se aplican cargas pesadas (NRMCA, 2009).

Durante el día en general el alabeo por temperatura y el de humedad se contrarrestan, en cambio durante la noche se combinan generando esfuerzos de deformación en los pavimentos. La temperatura afecta directamente la deformación y deterioro de los pavimentos rígidos con diferencias fuertes de temperatura se pueden levantar las esquinas debilitándose hasta su rompimiento (MTC/14, 2014).

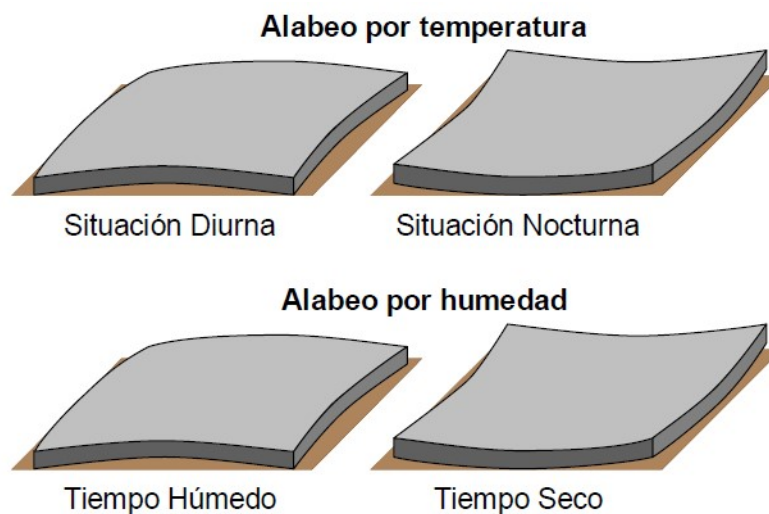


Figura 17 Alabeo por temperatura

Fuente: Obtenido de Casteñeda Milagros & Gomez Dennis; 2015.

b) Descripción de clima ayacuchana:

En la región de Ayacucho la gestión climatológica lo realiza la institución Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) mediante sus estaciones meteorológicas distribuidos en cada región.

En Ayacucho, los veranos son cortos, cómodos y nublados y los inviernos son cortos, frescos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 7 °C a 25 °C. (Takahashi, 2017).

• Temperatura:

La temporada templada dura 2,1 meses, del 4 de octubre al 7 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 22 °C. El día más caluroso del año es el 13 de noviembre, con una temperatura máxima promedio de 22 °C y una temperatura mínima promedio de 10 °C. (SENAMHI, 2019).

La temporada fresca dura 1,8 meses, del 31 de mayo al 24 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 20 °C. El día más frío del año es el 17 de julio, con una temperatura mínima promedio de 8 °C y máxima promedio de 20 °C. (SENAMHI, 2019).

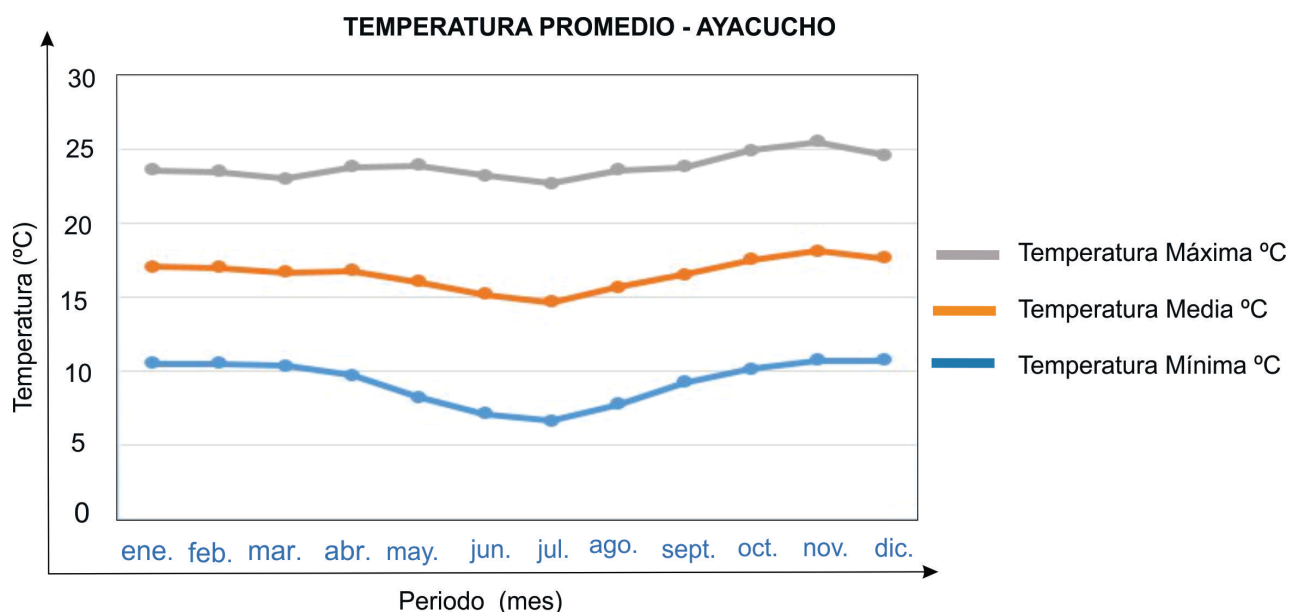


Figura 18 Temperatura máxima, mínima y media para Ayacucho

Fuente: Obtenido de SENAMHI

• Precipitación:

Ayacucho tiene una variación considerable de precipitación mensual por estación, la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días centrado alrede-

dor de cada día del año. La temporada de lluvia dura 7,2 meses, del 15 de septiembre al 22 de abril, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 9 de febrero, con una acumulación total promedio de 77 milímetros (SENAMHI, 2019).

El periodo del año sin lluvia dura 4,8 meses, del 22 de abril al 15 de septiembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 3 de junio, con una acumulación total promedio de 3 milímetros (SENAMHI, 2019).

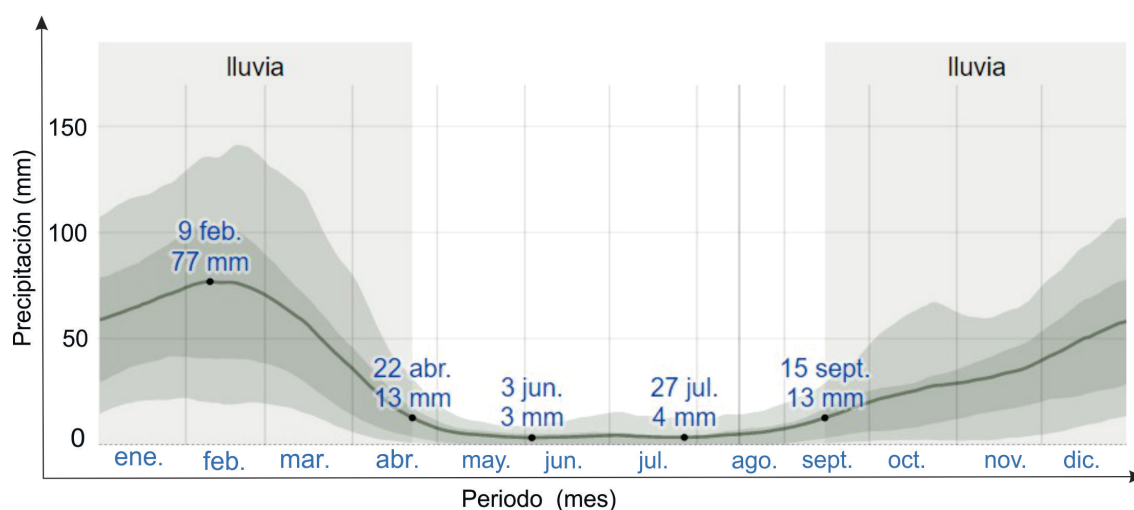


Figura 19 Precipitación promedio para Ayacucho

Fuente: Obtenido de SENAMHI

- **Humedad:**

La humedad se basa a nivel de comunidad cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente.

El nivel de humedad percibido en Ayacucho, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insostenible, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 % (SENAMHI, 2019).

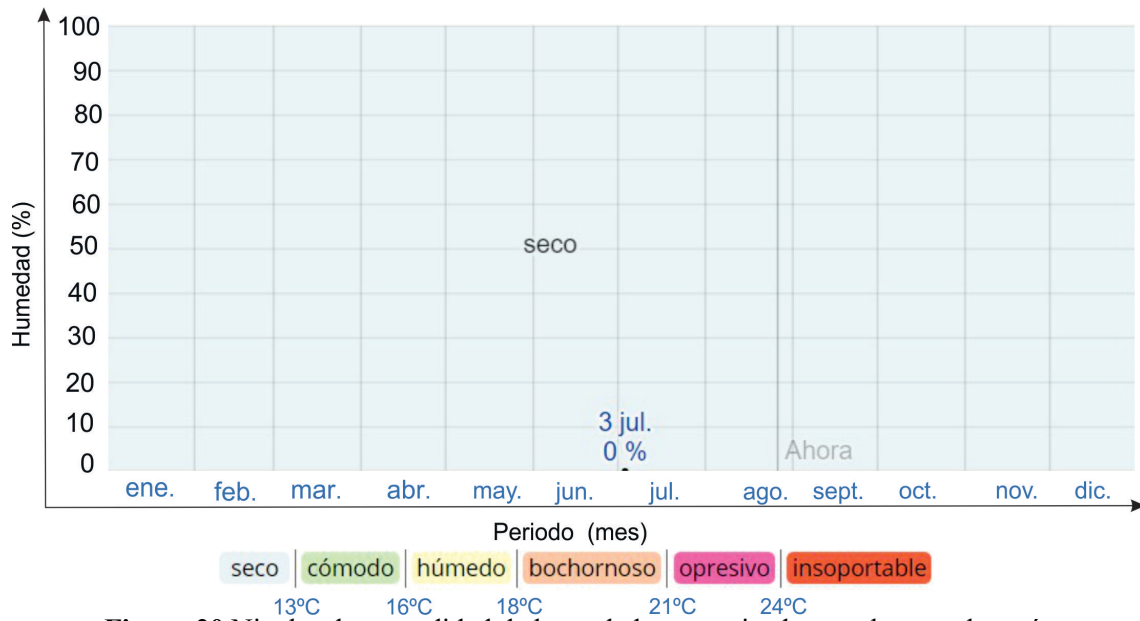


Figura 20 Niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío
 Fuente: Obtenido de SENAMHI

• **Viento:**

La velocidad promedio del viento por hora en Ayacucho tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 4,2 meses, del 19 de julio al 25 de noviembre, con velocidades promedio del viento de más de 9,2 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 24 de septiembre, con una velocidad promedio del viento de 10,2 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 7,8 meses, del 25 de noviembre al 19 de julio. El día más calmado del año es el 16 de mayo, con una velocidad promedio del viento de 8,2 kilómetros por hora (SENAMHI, 2019).

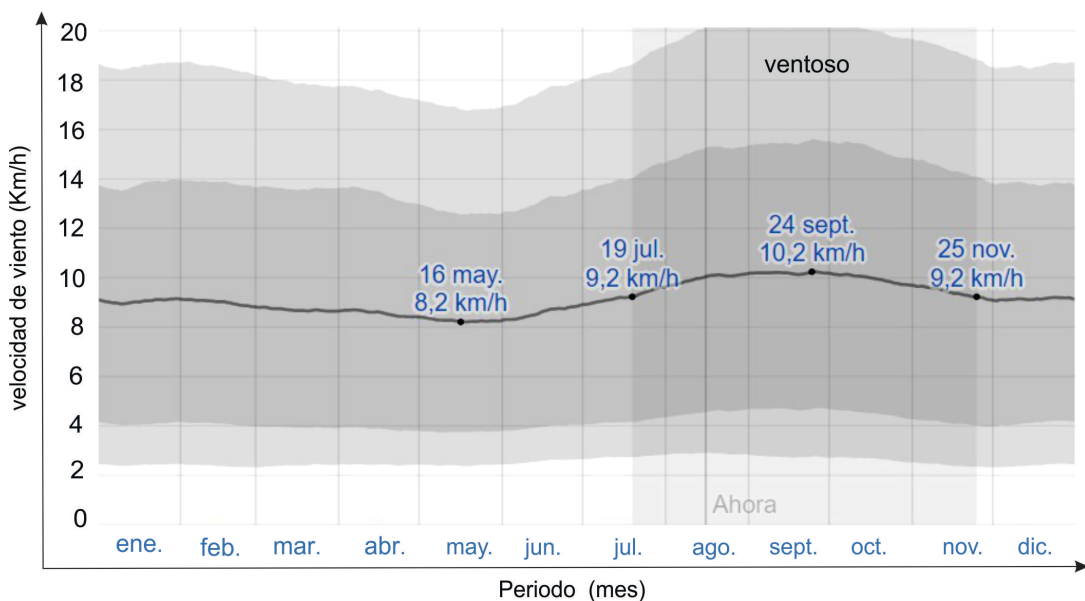


Figura 21 Velocidad de viento promedio para Ayacucho
 Fuente: Obtenido de SENAMHI

2.3.5.4 Estudio de mecánica de suelo:

La estructura de pavimento se apoya sobre una superficie con determinado espesor denominado subrasante. Esta conformado por suelo natural compactado, material trasportado y suelos mejorados en otros el soporte de la capa de subrasante puede ser a la vez suelo natural o material de préstamo. Esta diferenciación es importante al momento de calcular cuál será el valor de resistencia representativo de la fundación de apoyo de la estructura de pavimento. (Menendez, 2016)

a) Características de los suelos:

Es necesario conocer los suelos como las propiedades y parámetros de estudios.

- **Granulometría:** Nos indica como se encuentran distribuidos los elementos del suelo en función de su tamaño, como se muestra en el siguiente cuadro: 7.

Tabla 9 Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material	Tamaño de las Partículas (mm)
Grava	75 - 4.75
Arena	Arena gruesa: 4.75 - 2.00
	Arena media: 2.00 - 0.425
	Arena fina: 0.425 - 0.075
Material Fino	Limo 0.075 - 0.005
	Arcilla < 0.005

Fuente: Obtenido de MTC; 2014.

- **Plasticidad:** El índice de plasticidad (IP), se refiere a la diferencia entre límite líquido (LL) y límite plástico (LP), la cual indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencias plásticas (MTC/14, 2014).

Tabla 10 Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
$20 \geq IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Obtenido de MTC; 2014.

- **Índice de grupo:** Es un índice normado por AASHTO, para clasificar suelos y esta basado en los límites de Atterberg.

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd) \quad (2.11)$$

Donde:

$a = F - 35$: F: Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 - 74 micras.
Expresado por un número entero positivo entre 1 y 40.

$b = F - 15$: F:Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 - 74 micras.
Expresado por un número entero positivo entre 1 y 40.

$c = LL - 40$: (LL = límite líquido).
Expresado por un número entero entre 0 y 20.

$d = IP - 10$: (IP =índice plástico)
Expresado por un número entero entre 0 y 20 o más.

Tabla 11 *Clasificación de suelos según Índice de Grupo*

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy Bueno

Fuente: Obtenido de MTC; 2014.

b) Clasificación de los suelos:

Menciona Mendoza (2015) Al existir una diversidad de tipos de suelo, es necesario desarrollar métodos que permitan clasificar en función a las características descritos anteriormente. Actualmente los sistemas más usados para la clasificación, son el AASHTO y el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Tabla 12 Clasificación de tipos de suelos AASHTO - SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO	Clasificación de Suelos SUCS
AASHTO M - 145	ASTM-D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Obtenido de MTC; 2014.

c) Valor soporte o resistencia de los suelos (CBR):

Es el ensayo más difundidos para la resistencia de los suelos es la Relación Californiana de Soporte CBR (California Bearing Ratio). Es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad controladas. Se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de sección circular en una muestra de suelo, respecto a la profundidad de penetración del pistón en una piedra tipo triturada. MTC/14 (2014).

Tabla 13 Categorías de subrasante

Categorías de Subrasante	CBR (%)
So: Subrasante Inadecuada	$3 > \text{CBR}$
S1: Subrasante Pobre	$6 > \text{CBR} > 3$
S2: Subrasante Regular	$10 > \text{CBR} > 6$
S3: Subrasante Buena	$20 > \text{CBR} > 10$
S4: Subrasante Muy Buena	$30 > \text{CBR} > 20$
S5: Subrasante Excelente	$\text{CBR} \geq 30$

Fuente: Obtenido de MTC; 2014.

d) Módulo de reacción:

Según MTC/14 (2014) es una medida de resistencia elástica de suelos(valor K), Este valor se determina cargando un plato o placa de carga y midiendo la presión necesaria para producir una deformación, k es el coeficiente de presión aplicada y deflexión del plato de carga.

El ensayo esta normado en ASTM D16 - 1196 y AASHTO T- 222. Las unidades de K son Mpa/m. No obstante, se puede utilizar la alternativa que da AASHTO a través de ciertas correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción k en función de la clasificación de suelos y el CBR (California Bearing Ratio) en tal sentido se recomienda considerar las siguientes ecuaciones:

Si $CBR > 10 \%$, entonces:

$$K = 46 + 9.08x(\text{Log}(CBR))^{4.34} \text{ (MPa/m)} \quad (2.12)$$

Si $CBR < 10 \%$, entonces:

$$K = 2.25 + 52.5x(\text{Log}(CBR)) \text{ (MPa/m)} \quad (2.13)$$

El Valor del K combinado será finalmente:

$$K_c = \left[1 + (h/38)^2 x (K_1/K_0)^{2/3} \right]^{0.5} x K_0 \quad (2.14)$$

Donde:

K_1 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la sub base granular.

K_c (kg/cm³) : Coeficiente de reacción combinado.

K_0 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la subrasante.

h (cm) : Espesor de la sub base granular.

e) **Módulo de rotura:**

El módulo de rotura (Mr) esta normalizado por ASTM C – 78. En el ensayo el concreto es muestreado en vigas. A los 28 días las vigas deberán ser ensayadas aplicando cargas en los tercios, y forzando la falla en el tercio central de la viga.

El módulo de rotura (Mr) del concreto se correlaciona con el módulo de compresión ($f'c$) del concreto mediante la siguiente regresión:

El Valor de “a” varían entre 1.99 y 3.18:

$$Mr = a\sqrt{f'c} \quad (2.15)$$

Valores en kg/cm², según el ACI 363

2.3.5.5 Estudio de las propiedades de materiales:

En la investigación de Mendoza (2015): los materiales deben cumplir con las especificaciones técnicas mínimas de acuerdo a las normativas vigentes en el país, también debe estudiarse la disponibilidad de los materiales en la zona, para una correcta elección de la estructura del pavimento que sean factibles técnica y económicamente.

a) Materiales para la losa de concreto hidráulico:

- **Cemento:** Se define como cemento a los materiales pulverizados, que por la adición de una cantidad de agua, forman una pasta capaz de endurecer.
El cemento a utilizar será Portland I y deberá cumplir con los requisitos indicados en la norma ASTM e 150. Los tipos de cementos que fabrican y usan en el país son el I, II y V; además de los cementos combinados (puzolánicos), como son los tipos IP, IPM y 18 (Mendoza, 2015).
- **Agregado fino:** Es aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz NTP 4.75 mm (No. 4) y cumple con los límites establecidos en las normas NTP 400.037 o ASTM e 33. (EG-Vigente, 2013).
- **Agregado grueso:** Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz NTP 4.75 mm (No 4). El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso o partículas blandas (MTC/14, 2014).
- **Agua:** Indica que el agua en combinación con el material cementante reacciona químicamente para la formación de gel y que la masa de concreto en conjunto adquiera propiedades que en su estado no endurecido facilite manipulación y trabajabilidad (Mendoza, 2015).
- **Aditivos:** Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con la finalidad de adecuarlo a las condiciones especiales del pavimento por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla, ni representen peligro para la armadura que pueda tener el pavimento. Los aditivos a

usar pueden ser inclusores de aire, reductores de agua, acelerantes y retardantes de fragua; los cuales deben cumplir las especificaciones indicadas en las normas (MTC/14, 2014).

Tabla 14 *Valores máximos de sales y sustancias contenidos en el agua*

Sustancia	Límite Máximos (ppm)
Cloruro	300
Sulfatos	300
Sales de magnesio	150
Sales solubles totales	500
Sólidos en suspensión	1500
Materia orgánica	10
pH	> 7

Fuente: Obtenido de Tovar; 2014.

b) Materiales para la base de los pavimento

- **Base granular:**

La base granular o subbase que se empleen en los pavimentos rígidos deben proporcionar un soporte uniforme en especial en las juntas de la losa. Debe esta capa también prevenir el bombeo de los finos en las juntas cuando los vehículos pesados circulan sobre estas. El fenómeno conocido como bombeo, produce creación de espacios vacíos debajo de las juntas produciendo luego fallas en el pavimento como descensos y fisuras en la superficie (Menendez, 2016).

Tabla 15 *Requisitos granulométricos de la base granular*

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	C 131	...	...
25 mm. (1")	...	75-95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm. (Nº 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm. (Nº 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 mm. (Nº 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 um. (Nº 200)	2-20	5-15	5-15	8-15

Fuente: Obtenido de EG-MTC: 2013.

Adicionalmente a los requisitos de granulometría y resistencia, la base granular debe cumplir con otras condiciones que aseguren su estabilidad con el paso de tiempo y la suficiente fricción entre sus partículas.

Tabla 16 *Requisitos granulométricos y de resistencia de la base granular*

Valor Relativo	Tráfico en ejes equivalentes (<106)	Min. 80%
de Soportte CBR	Tráfico en ejes equivalentes (≥106)	Min. 100%

Fuente: Obtenido de *Ingeniería de Pavimentos Vol. I.*

- **Agregado grueso de base granular:** A efectos a verificar la calidad de los materiales componentes de la base granular, esta se divide en la parte gruesa (retenida en la malla N° 04) y la parte fina (pasante en la malla N° 04). En la siguiente cuadro se resume los requisitos exigidos por el MTC para la base granular (Menendez, 2016).

Tabla 17 *Riquisitos del agregado grueso de la base granular*

Ensayo	Norma MTC	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
			<3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210		40% min.	50% min.
Abrasión Los Angeles	MTC E 210	T 96	40% max.	40% max.
Partículas chatas y alargadas			15% max.	15% max.
Sales solubles totales	MTC E 219		0.5% max.	0.5% max.
Pérdida de sulfato de magnesio	MTC E 209	T 104		18% max.

Fuente: Obtenido de *Ingeniería de Pavimentos Vol. I.*

- **Agregado fino de base granular:**

Tabla 18 *Riquisitos del agregado fino de la base granular*

Ensayo	Norma MTC	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
			<3000 msnm	≥ 3000 msnm
Índice Plástco	MTC E 111	.....	4% max.	2% max.
Equivalente de arena	MTC E 114	.....	35% min.	45% min.
Sales solubles	MTC E 219	.....	0.5% max.	0.5% max.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	.....		15% max.

Fuente: Obtenido de *Ingeniería de Pavimentos Vol. I.*

2.3.6 Diseño en los pavimentos rígidos por el método MEPDG

Este procedimiento de diseño estructural de capas de pavimento se basa en el análisis mecánico para escoger una combinación de espesores y materiales con el fin de suministrar el nivel de servicio deseado de acuerdo con el tránsito esperado. (MEPDG, 2015).

El procedimiento de diseño mecánico abarca los siguientes etapas de diseño y análisis.

- Prediseño de espesor de pavimento
- Análisis de esfuerzos y deformaciones
- Evaluación de desempeño de pavimento

2.3.6.1 Prediseño de pavimento rígido con el método AASHTO 93

El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. Mediante un proceso iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 llegue al equilibrio para cumplir su período de diseño (MTC/14, 2014).

El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado. La fórmula general a la que llegó el AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos se expresa en la ecuación 2.16:

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{8.2} = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D+25.4)^{4.86}}} \\ + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10}\left(\frac{M_r C_{dx}(0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.5 \times J(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}})}\right) \end{aligned} \quad (2.16)$$

Donde:

$W_{8.2}$: Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del período de diseño.

Z_R : Desviación normal estándar.

S_0 : Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D : espesor de pavimento de concreto, en milímetros.

ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

P_t : Índice de serviciabilidad final.

Mr : Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz).

C_d : Coeficiente de drenaje.

J : Coeficiente de transmisión de carga en las juntas.

E_c : Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa.

k : Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o sub rasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

El calculo del carga equivalente simple se realiza a partir del conteo vehicular multiplicándose por los factores de diseño, es conocido también como ESAL.

$$W_{8.2} = ESAL = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{EE} \times F_{ca} \times 365 \quad (2.17)$$

Donde:

$ESAL$: Carga Axial Simple Equivalente.

$IMDs$: Indice Medio Diario Semanal.

F_d : Factor de dirección.

F_c : Factor de carril.

F_{EE} : Factor de eje equivalente.

F_{ca} : Factor de crecimiento población.

2.3.6.2 Análisis de esfuerzos y deformaciones (σ, ϵ) en pavimento rígido

Los esfuerzos por carga se calculan para cuatro tipos de ejes (simple, simple dual, tándem y tridem) tres posiciones de carga, a 20 cm del borde exterior para carga transversal, en la junta transversal para carga longitudinal y la otra con la carga en la esquina de la losa. Estos esfuerzos pueden ser calculados empleando las ecuaciones de análisis de Westergaard (1954) y Bradbury (1938), sin embargo realizar los cálculos con cuyas ecuaciones son muy complejas por tanto existen softwares de análisis que son el ISLAB2000, KENPAVE y el EVERFE programas acoplados con mayas de elementos finitos para el análisis requerido. (Meléndez, 2015).

En el presente investigación se empleó la herramienta computacional el software EVERFE 2.25 la cual se calcula los esfuerzos y deformaciones máximas.

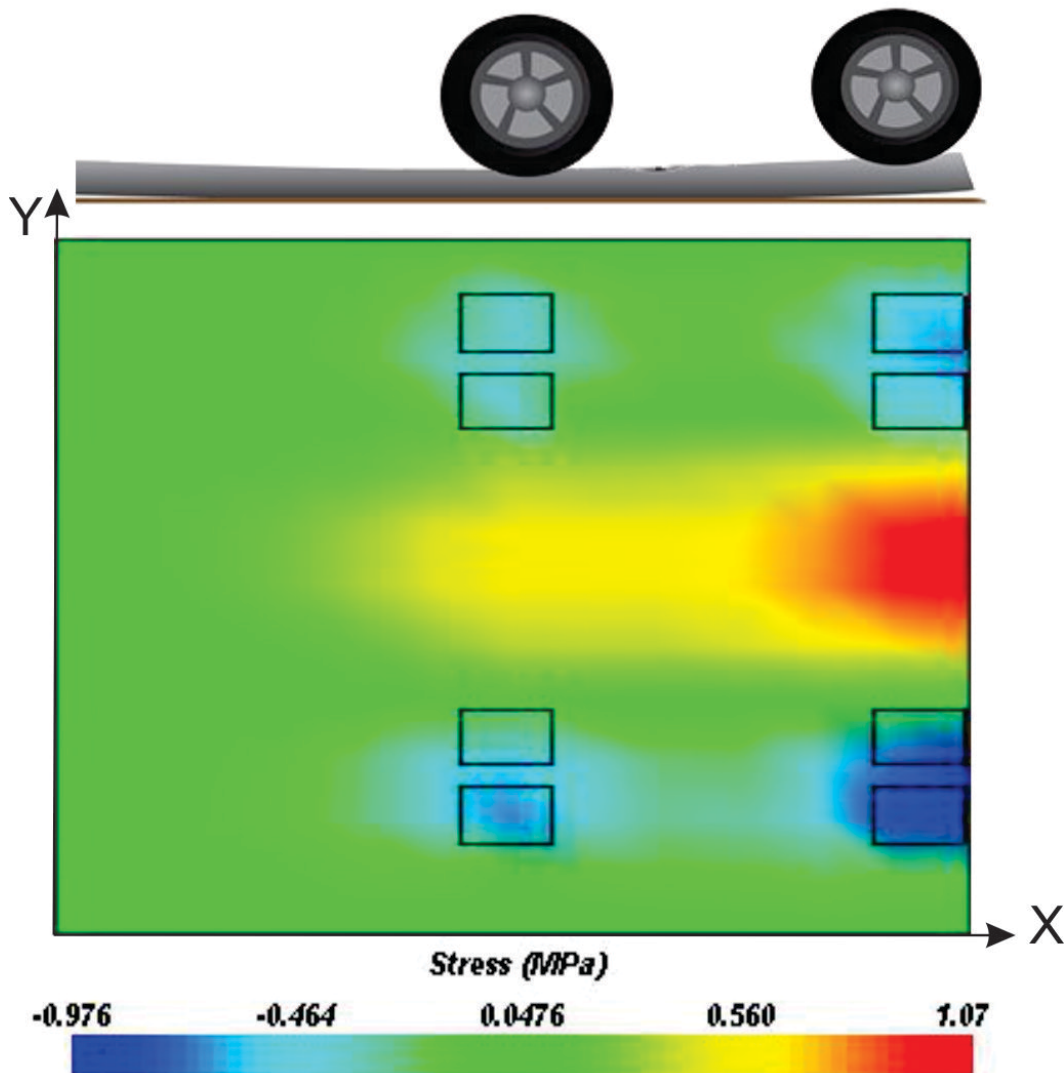


Figura 22 Modelo de análisis de esfuerzos y deformaciones

Fuente: Obtenido de EVERFE 2.25

a) **Tensiones en el borde de losa para evaluación de falla transversal:**

Esta tensión ocurre cuando la carga es aplicada en el interior de la superficie de la losa, lejana a los bordes.

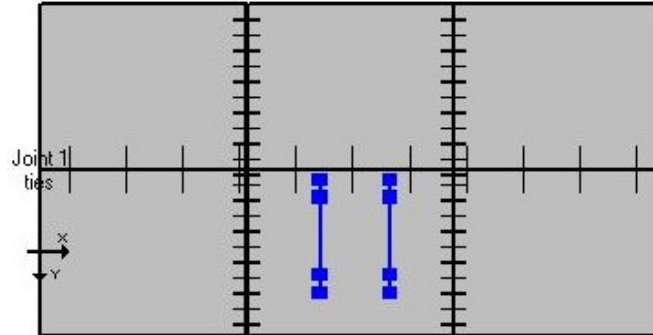


Figura 23 Localización de tensión en el borde por carga vehicular
Fuente: Obtenido de EVERFE 2.25

b) **Tensiones en el borde de losa para evaluación de falla longitudinal:**

Ocurre cuando la carga es aplicada en el borde de la superficie de la losa.

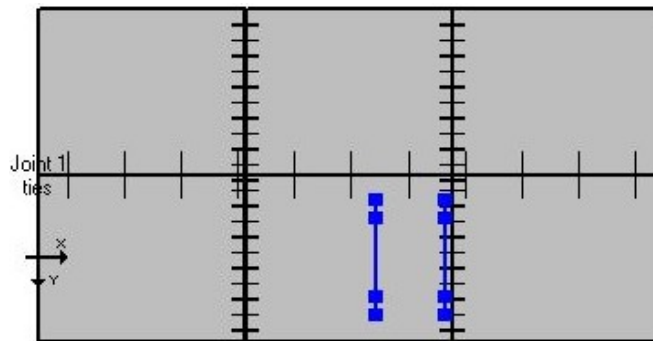


Figura 24 Localización de tensión en el borde por carga vehicular
Fuente: Obtenido de EVERFE 2.25

c) **Tensiones en la esquina de losa para evaluación de falla:**

Tensión que ocurre cuando el centro de la carga está en la bisectriz del ángulo de la esquina.

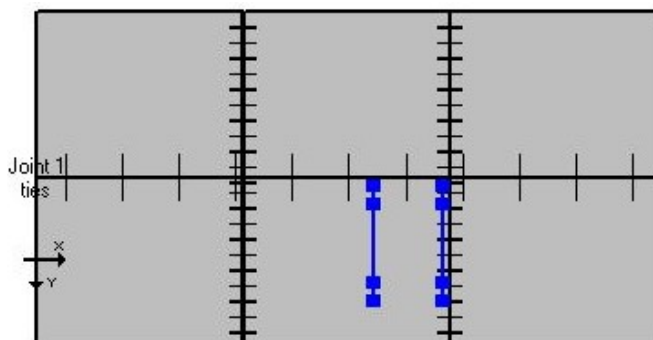


Figura 25 Localización de tensión en la esquina por carga vehicular
Fuente: Obtenido de EVERFE 2.25

2.3.6.3 Evaluación de desempeño de pavimento rígido

a) Daño por fatiga acumulado

El daño por fatiga en tanto se obtiene por el cociente entre el número de pasadas reales de una cierta carga dividido por el número de pasadas admisibles conocida como la Ley Miner descritos anteriormente.

$$FD = \sum \frac{n_{i,j,k,l}}{N_{i,j,k,l}} \quad (2.18)$$

Donde:

FD : Daño por fatiga total.

$n_{i,j,k,l}$: Numero de repeticiones de carga aplicadas para la condición i,j,k,l.

$N_{i,j,k,l}$: Numero de repeticiones admisibles para la condición i,j,k,l.

i : Gradiente térmico equivalente (por estación del año).

j : Tipo eje (simple, dual, tandem y tridem).

k : Nivel de carga por eje.

l : Posición de eje (distancia rueda borde exterior losa).

- **Numero de repeticiones de carga aplicadas** ($n_{i,j,k,l}$): Es el número de ejes aplicadas que pasan a través de la trayectoria del tránsito bajo condiciones (posición, nivel de carga, tipo y temperatura) (MEPDG, 2015).
- **Numero de repeticiones admisible** ($N_{i,j,k,l}$): Es el número de ciclos de carga requerida para generar deterioro de fatiga, es función del esfuerzo aplicado y de la resistencia de PCC (MEPDG, 2015).

$$\text{Log}(N_{i,j,k,l}) = 2. \left(\frac{\sigma_{i,j,k,l}}{M_R \cdot C_1 \cdot C_2} \right)^{-1.22} \quad (2.19)$$

Donde:

M_R : Modulo de rotura de concreto.

$\sigma_{i,j,k,l}$: Esfuerzo aplicada en la condición i,j,k,l.

C_1, C_2 : Coeficiente de calibración $C_1 = 1, C_2 = 1$.

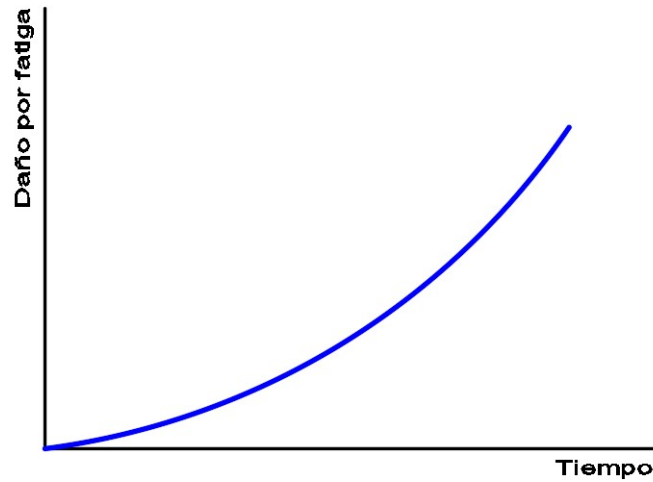


Figura 26 Modelo de daño por fatiga acumulada vs tiempo
Fuente: Obtenido de MEPDG 2015

b) Agrietamiento de losas de pavimentación

El porcentaje de losas agrietadas en un carril determinado se utiliza el modelo de agrietamiento se basa en la suma de daño por fatiga (FD), a través de la siguiente relación de la ecuación de MEPDG :

$$CRK = \frac{1}{1 + C_3 FD^{C_4}} \quad (2.20)$$

Donde:

CRK : Cantidad de agrietamiento expresado en (%) de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba.

FD : Daño por fatiga.

C_3, C_4 : Coeficiente a calibrar C_3, C_4 .

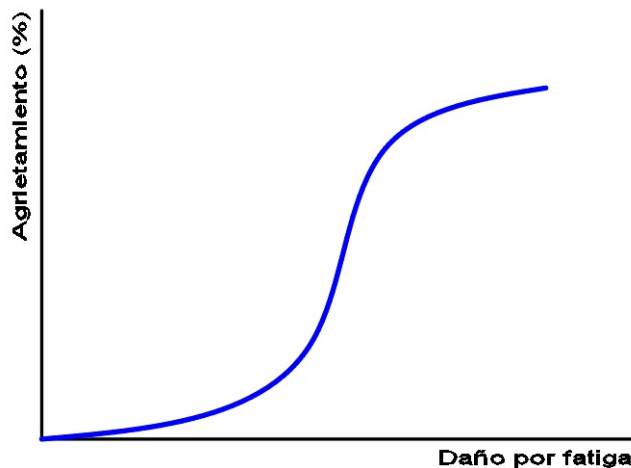


Figura 27 Modelo de agrietamiento vs daño por fatiga acumulada
Fuente: Obtenido de MEPDG 2015

Evolución del agrietamiento de pavimentos rígidos en función del daño por fatiga.

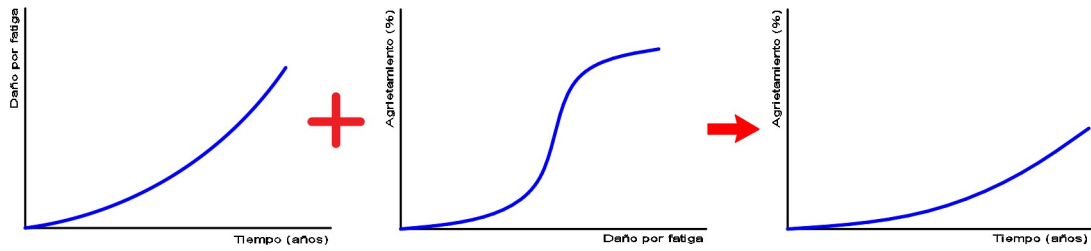


Figura 28 Evolución de la falla por agrietamiento

Fuente: Obtenido de MEPDG 2015

c) Verificación del desempeño

El procedimiento evalúa un diseño propuesto para determinar si cumple con el comportamiento esperado bajo los criterios establecidos para un determinado nivel de confiabilidad.

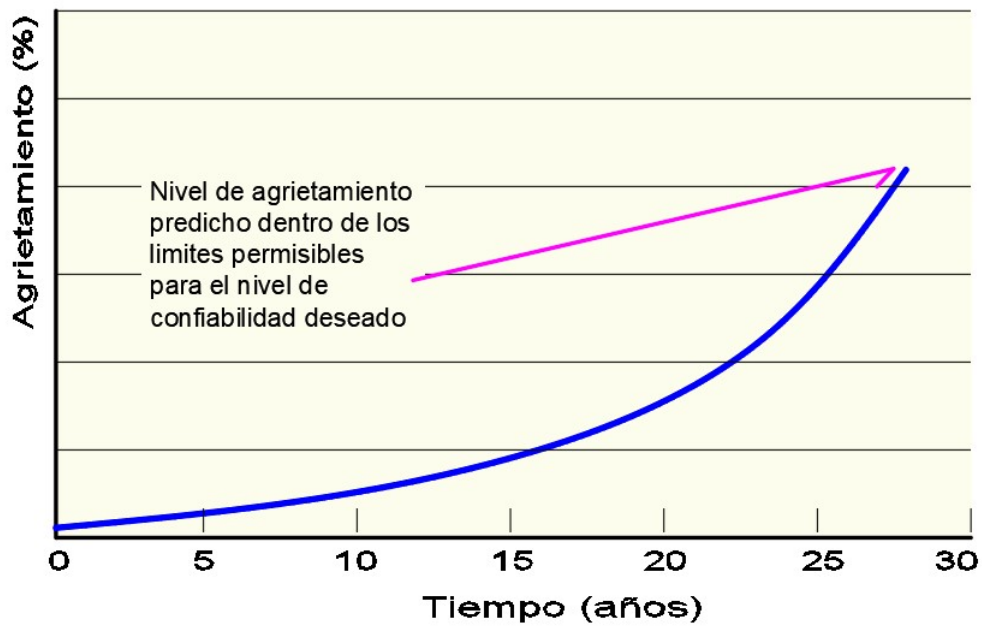


Figura 29 Nivel de agrietamiento

Fuente: Obtenido de MEPDG 2015

Capítulo III

Método de la investigación

3.1 Enfoque

Según la información analizada, la investigación se puede clasificar en cualitativa y cuantitativa. Estos dos enfoques son muy valiosos ya que se han realizado notables aportes al conocimiento de la ingeniería (Borja, 2012).

Esta investigación se desarrolló por el método **cuantitativo**, apostándose a un planteamiento de estudio delimitado y definido, de los cuales se derivaron nuestros objetivos y preguntas de investigación, se revisó la literatura y se construyó un marco conceptual en base a una teoría como base. De las preguntas se estableció la hipótesis y determinaron las variables; se trazó un plan para probarlas (diseño); se midieron las variables en un determinado contexto; se analizaron las mediciones obtenidas para exponer una serie de conclusiones respecto de las hipótesis propuestas.

3.2 Alcance

El alcance de la investigación nos indicará el resultado, lo que se obtendrá a partir de ella y condicionará el método que se seguirá para obtener dichos resultados.

Esta investigación tiene un estudio **explicativo** que van mas allá de la descripción; pues se tiene como finalidad establecer una respuesta a las causas que generan el problema a las variables indicadas. Se caracteriza porque primero se miden las variables y luego, mediante pruebas de hipótesis y técnicas estadísticas se estima las respuestas (Hernandez, 2004).

3.3 Diseño de investigación

Investigación es de tipo **no experimental**, pues los hechos y las variables ya ocurrieron y esta investigación observa variables y relaciones entre éstas en su contexto natural. La inves-

tigación no experimental, podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables (Muñoz, 2011).

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población.

La población que esta como estudio de investigación está constituida por las pavimentos rígidos de concreto, que se encuentra ubicado en el departamento de Ayacucho provincia de Huamanga distrito de Ayacucho y en el distrito de Jesús Nazareno.

3.4.2 Muestra del estudio

Por ser del ámbito local de haber identificado las variables y exploración de la zona de estudio, la muestra se elige por **dirección o juicio** sugeridas por las municipalidades propios de cada vía de estudio, para el Av. 26 de Enero con 613.10 metros lineales perteneciente a la Municipalidad de Huamanga y el Jr. Los Rosales con 670 metros lineales, perteneciente a la Municipalidad Jesús Nazareno. El tamaño de muestra se calcula según los estudios de la formulación del plan de desarrollo concertado de la ciudad de Ayacucho (2013-2021) en donde muestra la cantidad de calles pavimentadas en la ciudad de Ayacucho, se tiene gráficamente el tamaño de la muestra estudiada:

- Av. 26 de Enero 0.253%
- Jr. Los Rosales 0.337%

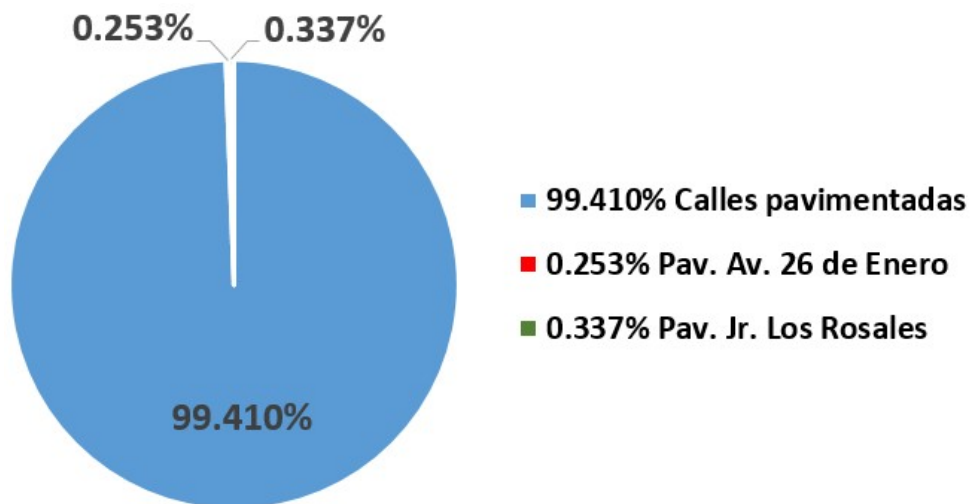


Figura 30 Tamaño de muestra de las calles pavimentadas en estudio en la Ayacucho
Fuente: Obtenido de Formulación del Plan de Desarrollo Concertado para la Ciudad de Ayacucho 2013-2021

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

El nivel de agrietamiento alcanzado en el pavimento rígido del Av. 26 de Enero y Jr Los Rosales se determina mediante el cálculo del porcentaje de agrietamiento ocasionado por la fatiga del pavimento a causa de los agentes de carga de tráfico y temperatura. Se aplica estas variables en las ecuaciones calibradas del método AASHTO MEPDG (Método de Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos) para obtener la curva del nivel de agrietamiento solicitado en el objetivo general.

3.5.2 Hipótesis específicas

- a) Las daños que generan al pavimento a causa de cargas de tráfico y temperatura se le denominará fatiga de pavimento que se determinan a partir del estudio de daños aplicados y admisibles aplicando la ley de Miner o consumo de fatiga, tomando los variables propios de cada pavimento rígido del Av. 26 de enero y el Jr. Los Rosales.
- b) La falla por transferencia de carga en las juntas se conoce la falla por escalonamiento para ello es necesario contar en las juntas las barras de amarre (Dowels) o juntas de trabazón de agregados (junta a corte inducida) para la reducción de este tipo de falla en las juntas de los pavimentos rígidos del Av. 26 de enero y el Jr. Los Rosales.
- c) Una de las alternativas para reducir los agrietamientos generados transversalmente, longitudinalmente y esquina en pavimentos existentes, se propone hacer un corte a la mitad de la losa en sentido transversal y longitudinal generando menores esfuerzos pero con la misma flexotracción del concreto por consiguiente esta propuesta aumentaría el tiempo de vida del pavimento.

3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

Existen básicamente dos variables que participan de todo proceso de investigación conocida como; variables independientes y dependientes que las identificaremos y operacionalizamos en nuestra investigación.

Tabla 19 Operacionalización de variables identificadas

Tipo de Variable	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Medición
Dependiente	Agrietamiento de losas	Las grietas es la división de losa de concreto en dos o mas piezas, causadas por una combinación de cargas de tráfico y temperatura.	Resulta de la evaluación de daño por fatiga mediante variables de carga de vehículos y cargas de temperatura.	Es una constancia o numero del calculo de daño por fatiga	Evalúa el daño por fatiga. (FD) en (%)	%
Independiente	Caracterización de tráfico	El tráfico es el factor de carga que genera presión al área de la losa en sus distintos ejes de ruedas como eje simple, dual, doble y triple.	Se presentan en la Norma MTC/14, cargas de cada tipo de vehículo según la clasificación de sus eje.	En toneladas, numero de repeticiones de ejes equivalentes.	Nivel de carga, Ejes equivalentes	P_{peso} , $EE_{8,2m}$
	Condición de clima	El clima es el factor influyente en el desempeño de los pavimentos rígidos, como la temperatura, humedad, viento, precipitación, y profundidad del nivel freático que afectan el comportamiento del pavimento	Es necesario tener un base de datos climáticos detallados por día o mensual, para determinar un modelo climáticos mas exacto para predecir el comportamiento del alabeo de las losa.	En temperatura máximas y mínimas de las estaciones meteorológicas.	Gradiente de temperatura, Gradiente de humedad	ΔT°
	Propiedades de los materiales	los materiales es el elemento que compone a la estructura del pavimento y deben cumplir con las especificaciones técnicas de acuerdo a las normativas vigentes, y el estudio de suelo.	Se realiza un estudio de análisis de los materiales en laboratorio, así mismo un estudio de mecánica de suelo.	Ensayo de laboratorio como flexión, compresión elasticidad y análisis de materiales.	Módulo de elasticidad, Módulo de Poisson, Módulo de rotura y peso específico	Mpa , Kg/cm^3

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

- **Análisis documental:** Se usará esta técnica para levantar información sobre análisis de evaluación de agrietamiento según textos bibliográficos especializados, tesis referidos al tema y la guía del manual de carreteras y pavimentos (R.D. N° 10 MTC/14) y sus extensiones relacionados al tema e Internet a fin de expresar su contenido como las bases teóricas y marco conceptual y las demás informaciones requeridas.
- **Encuestas:** Se usará la técnica encuesta de conteo vehicular para recolectar información del tráfico realizándose la encuesta en dos puntos de aforo para las zonas de estudio, con la finalidad de cuantificar los ejes equivalentes de vehículos ligeros y pesados.
- **Recolección de datos:** Para recabar información como los datos de la geometría de losa se realiza la técnica de mediciones de largo, ancho y espesor de losa para los dos carriles.
- **Técnicas estadísticas:** Se desarrollo técnicas estadísticas mediante la prueba del CHI CUADRADO aplicado por medio de la herramientas del Microsoft Office Excel.

3.7.2 Instrumentos

Para alcanzar las metas de los objetivos de la investigación se utilizó herramientas de medición (fichas de registros), herramientas manuales de campo como son las lienzas métricas para medición de losas, así mismo para procesamiento de datos en gabinete se uso herramientas computacionales como los software's:

- EverFE 2.25
- Excel 2016
- AutoCAD 2017
- TEXStudio

3.8 Desarrollo del trabajo de tesis

3.8.1 Identificación de la zona de estudio

- **Ubicación del proyecto de pavimentación Av. 26 de Enero:**

La zona 1 de investigación se encuentra ubicado en el departamento de Ayacucho, provincia Huamanga, en el distrito de Ayacucho en el Av. de 26 de Enero.

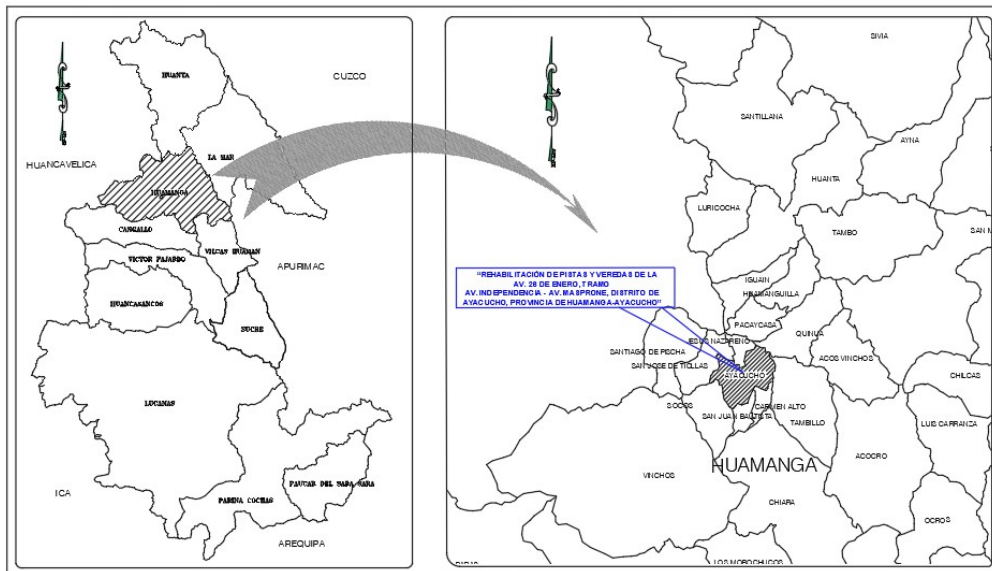


Figura 31 Ubicación del proyecto de pavimentación Av. 26 de Enero

Fuente: Obtenido de Elaboración Propia.



Figura 32 Tramo del proyecto de pavimentación Av. 26 de Enero

Fuente: Obtenido de Google Earth.

• **Ubicación del proyecto de pavimentación Jr. Los Rosales:**

La zona 2 de investigación se encuentra ubicado en el departamento de Ayacucho, provincia Huamanga, en el distrito de Jesús Nazareno en el Jr. Los Rosales.

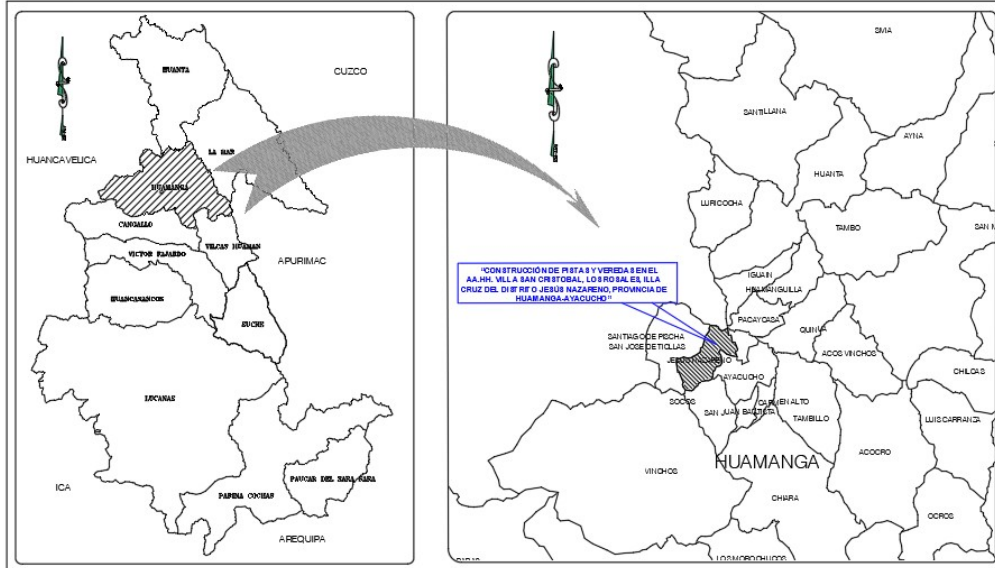


Figura 33 Ubicación del proyecto de pavimentación Jr. Los Rosales
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia.



Figura 34 Tramo del proyecto de pavimentación Jr. Los Rosales
Fuente: Obtenido de Google Earth.

3.8.2 Descripción de los proyectos

3.8.2.1 Descripción del tramo Av. 26 de Enero

Esta obra de infraestructura vial registrada con el código SNIP de Proyecto de Inversión Pública N° 184847, fue construida bajo la dirección de la Sub Gerencia de Obra de la Municipalidad de Huamanga en el año 2011 y aperturandose su transitabilidad en al año 2012.

Esta obra fue diseñada con los siguientes características técnicas:

- Categoría de vía tipo arterial
- Edad 8 años
- Longitud total de vía de 1187 m.
- Longitud aforada de vía 613 m.
- Numero de carril de vía 2 carriles
- Numero de dirección de vía 2 sentidos
- Losas de 4.00 x 3.20 m
- Espesor 0.2 m
- Resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
- Sub base 0.2 m y CBR 95%



Figura 35 Pavimento actual del Av. 26 de enero
Fuente: Obtenido de **Elaboración propia**.

3.8.2.2 Descripción del pavimento del Jr. Los Rosales

Esta obra de infraestructura vial registrada con el código SNIP de Proyecto de Inversión Pública N° 179430, fue construida bajo la gestión de la Municipalidad de Jesús Nazareno y ejecutada por el consorcio CONASSA en el año 2014 y aperturandose su transitabilidad en al año 2015 teniendo una edad de 5 años de vida útil.

Esta obra fue diseñada con los siguientes características técnicas:

- Categoría de vía tipo arterial
- Edad 5 años
- Longitud total de vía de 670 m.
- Longitud aforada de vía 670 m.
- Numero de carril de vía 2 carriles
- Numero de dirección de vía 2 sentidos
- Losas de 3.00 x 3.10 m
- Espesor 0.2 m
- Resistencia de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
- Sub base 0.2 m y CBR 95%



Figura 36 Pavimento actual del Jr. Los Rosales

Fuente: Obtenido de *Elaboración propia*.

3.9 Metodológica para el análisis del pavimento rígido

La metodología para determinar las curvas de agrietamiento se necesitará analizar el desempeño de pavimentos de concreto hidráulico basado en la siguiente flujograma.

FLUJOGRAMA DEL PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

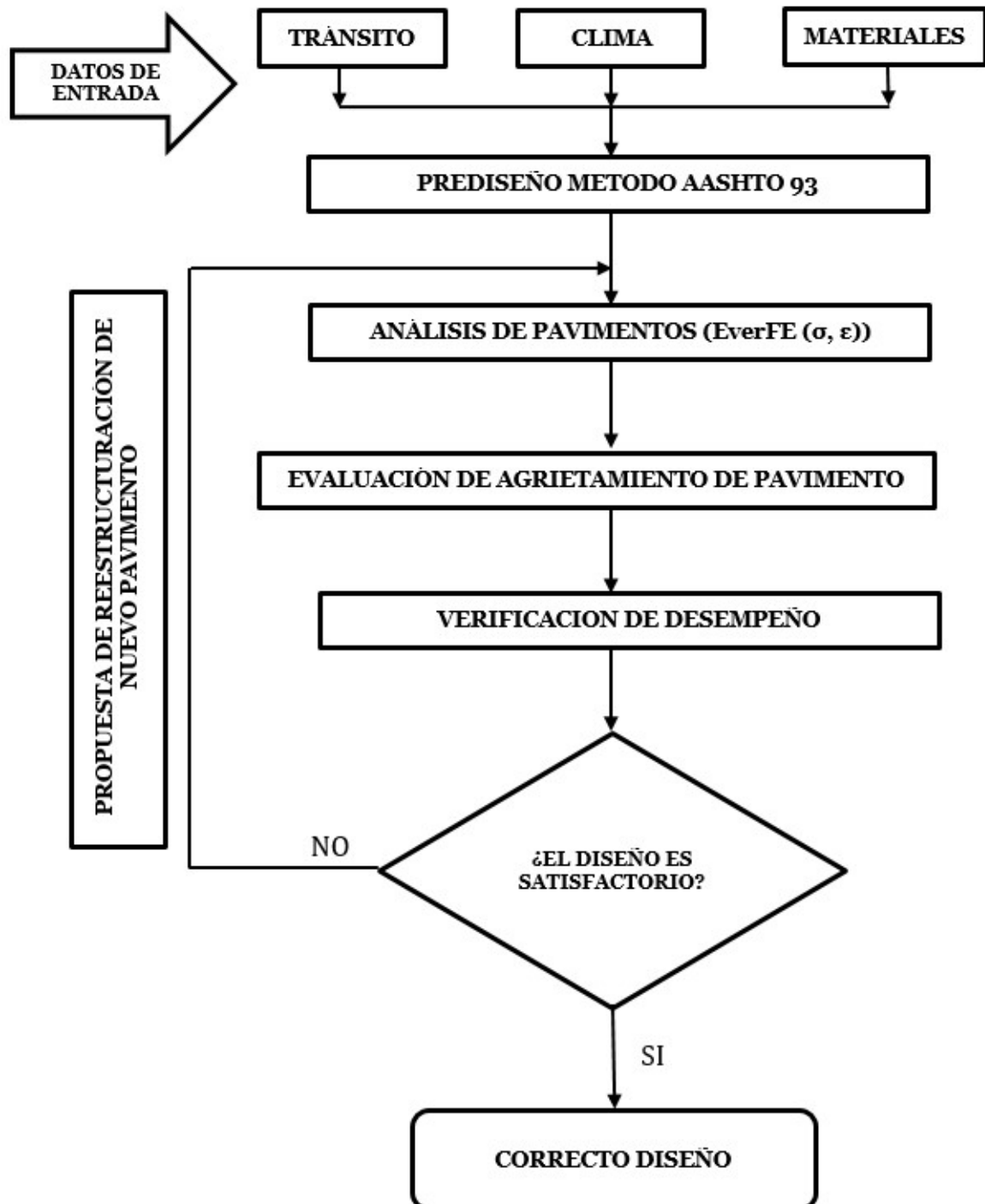


Figura 37 Flujograma del procedimiento de análisis y diseño de pavimento con método MEPDG

Fuente: Obtenido de Elaboración Propia.

3.9.1 Estudio de tráfico

a) Conteo vehicular e índice medio diario semanal (IMDs)

• Conteo vehicular Av. 26 de Enero:

RESUMEN DE IMDs DEL CONTEO VEHICULAR											
UBICACIÓN		Av. 26 de Enero					SENTIDO			Bidireccional	
ESTACION		Consultoria Gastronomic					LONGITUD DE TRAMO			613 m.	
DIA	FECHA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	CAMION		SEMI TRAYLER	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	T3S2	T3S3
Lunes	08/07/2019	Ida	2282	268	187	81	49	141	6	1	1
		Vuelta	1088	182	116	40	91	97	10	0	0
Martes	09/07/2019	Ida	2378	309	188	77	60	158	7	0	1
		Vuelta	1119	204	115	39	104	104	11	0	0
Miercoles	10/07/2019	Ida	2494	242	207	69	52	110	8	2	1
		Vuelta	1131	139	118	29	95	65	3	0	1
Jueves	11/07/2019	Ida	2399	302	248	77	68	144	6	1	0
		Vuelta	1206	211	143	49	85	75	7	0	1
Viernes	12/07/2019	Ida	2440	319	246	81	71	103	6	0	2
		Vuelta	1227	222	151	44	95	63	6	0	1
Sabado	13/07/2019	Ida	2505	334	271	92	80	141	9	2	2
		Vuelta	1243	225	166	65	100	74	10	0	1
Domingo	14/07/2019	Ida	2355	250	188	62	64	76	5	0	0
		Vuelta	1107	171	114	59	62	49	4	0	0

Figura 38 Resultado del conteo vehicular Av. 26 de Enero

Fuente: Obtenido de Elaboración propia.

• Resumen del conteo vehicular Av. 26 de Enero

Tabla 20 Resumen de IMDs del conteo vehicular

Clases según FHWA	Tipo de vehiculo según MTC	IMDs
Clase 1	Motos y Mototaxis	0
Clase 2	Auto, Tico, Station wagon	3568
Clase 3	Camionetas, Combis, Vans, Microbus	955
Clase 4	B2, B3-1, B4-1, BA-1	154
Clase 5	C2	200
Clase 6	C3	14
Clase 7	C4, 8x4	0
Clase 8	T2S1, T2S2, T2Se2, T3S1	0
Clase 9	T2S3, T2Se3, T3S2, T3Se2	1
Clase 10	T3S3, T3Se3	2
Clase 11	C2R2, C2R3, C3R2	0
Clase 12	C3R3, C4R2, 8x4R2	0
Clase 13	C3R4, C4R3, 8x4R3, 8x4R4, T3S2S2, T3Se2Se2, T3S2S1S2, T3Se2S1Se2	0
Total		4894

Fuente: Elaboración propia.

- **Conteo vehicular Jr. Los Rosales:**




RESUMEN DE IMDs DEL CONTEO VEHICULAR										
UBICACIÓN		Jr. Los Rosales				SENTIDO		Bidireccional		
ESTACION		Puesto de Salud Villa San Cristobal				LONGITUD DE TRAMO		670 m.		
DIA	FECHA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	CAMION		SEMI TRAYLER
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E		3 E	T3S3	
										
Sabado	29/06/2019	Ida	358	123	20	18	122	27	9	2
		Vuelta	406	161	51	28	7	52	16	0
Domingo	30/06/2019	Ida	258	96	32	16	104	14	7	0
		Vuelta	233	74	22	17	4	15	4	0
Lunes	01/07/2019	Ida	352	161	37	34	158	43	10	1
		Vuelta	435	197	65	81	4	61	9	1
Martes	02/07/2019	Ida	375	87	67	52	163	56	11	2
		Vuelta	418	188	104	68	2	58	19	0
Miercoles	03/07/2019	Ida	390	137	63	42	165	49	9	1
		Vuelta	388	189	73	67	2	58	11	0
Jueves	04/07/2019	Ida	428	172	46	43	155	36	10	0
		Vuelta	402	166	69	68	4	44	8	1
Viernes	05/07/2019	Ida	369	118	40	27	133	32	12	1
		Vuelta	358	139	70	26	8	41	11	2

Figura 39 Resultado del conteo vehicular Jr. Los Rosales

Fuente: Obtenido de Elaboración propia.

- **Resumen del conteo vehicular Jr. Los Rosales**

Tabla 21 Resumen de IMDs del conteo vehicular

Clases según FHWA	Tipo de vehiculo según MTC	IMDs
Clase 1	Motos y Mototaxis	0
Clase 2	Auto, Tico, Station vagon	739
Clase 3	Camionetas, Combis, Vans, Microbus	480
Clase 4	B2, B3-1, B4-1, BA-1	146
Clase 5	C2	84
Clase 6	C3	21
Clase 7	C4, 8x4	0
Clase 8	T2S1, T2S2, T2Se2, T3S1	0
Clase 9	T2S3, T2Se3, T3S2, T3Se2	0
Clase 10	T3S3, T3Se3	2
Clase 11	C2R2, C2R3, C3R2	0
Clase 12	C3R3, C4R2, 8x4R2	0
Clase 13	C3R4, C4R3, 8x4R3, 8x4R4, T3S2S2, T3Se2Se2, T3S2S1S2, T3Se2S1Se2	0
Total		1472

Fuente: Elaboración propia.

- **Comentario del aforo vehicular**

El proceso de aforamiento vehicular de estas vías se realizo durante los 7 días de la semana siendo éste el resultado del procesamiento de conteo datos, de adjunta las planillas del aforo (ver Anexo E).

b) Tráfico medio diario anual (TMDA)

- **Cálculo de tasas de crecimiento y proyección:** Se calcula el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de la norma MTC/2014 del tránsito medio anual para proyección de tráfico vehículos ligeros y pesado. El método MEPDG utiliza la clasificación de vehículos pesados es decir desde la clase 4 hasta la clase 13. :

$$Ton = To(1 + r)^{n-1} \quad (3.1)$$

Tabla 22 Valores de vehículos pesados proyectados para ambas vías

Edad (años)	Año fiscal	Av. 26 de Enero				Año Jr. Los Rosales			
		C2	C3	T2S2	T2S3	fiscal	C2	C3	T2-S3
1	2012	-	-	-	-	2015	-	-	-
2	2013	-	-	-	-	2016	-	-	-
3	2014	-	-	-	-	2017	-	-	-
4	2015	-	-	-	-	2018	-	-	-
5	2016	-	-	-	-	2019	85	21	2
6	2017	-	-	-	-	2020	88	22	2
7	2018	-	-	-	-	2021	92	23	2
8	2019	203	14	1	2	2022	95	24	2
9	2020	211	15	1	2	2023	98	25	2
10	2021	218	15	1	2	2024	101	25	2
11	2022	226	16	1	2	2025	105	26	3
12	2023	233	16	1	2	2026	109	27	3
13	2024	242	17	1	2	2027	112	28	3
14	2025	250	18	1	3	2028	116	29	3
15	2026	259	18	1	3	2029	121	30	3
16	2027	268	19	1	3	2030	125	31	3
17	2028	277	19	1	3	2031	129	32	3
18	2029	287	20	1	3	2032	134	33	3
19	2030	297	21	1	3	2033	138	35	3
20	2031	307	22	2	3	2034	143	36	3

Fuente: Elaboración propia.

- **Extensión de tráfico medio diario anual por el método regresión lineal:** Se realizó extensión de datos mediante el método de ecuación lineal obtenidas de los gráficos de cada tipo de vehículos y años de crecimiento.

$$Y = mX + b \tag{3.2}$$

Donde:

X : Año de crecimiento de tráfico.

Y : Tráfico requerido.

m, b : Constantes de la curva lineal.

Tabla 23 Valores expandidos por el método regresión lineal para ambos vías

Edad (años)	Año fiscal	Av. 26 de Enero				Año fiscal	Jr. Los Rosales			
		C2	C3	T2-S2	T2-S3		C2	C3	T2-S3	
1	2012	140	10	1	1	2015	68	17	2	
2	2013	148	10	1	1	2016	72	18	2	
3	2014	161	11	1	2	2017	77	19	2	
4	2015	166	12	1	2	2018	79	20	2	
5	2016	174	12	1	2	2019	85	21	2	
6	2017	183	13	1	2	2020	88	22	2	
7	2018	192	13	1	2	2021	92	23	2	
8	2019	203	14	1	2	2022	95	24	2	
9	2020	211	15	1	2	2023	98	25	2	
10	2021	218	15	1	2	2024	101	25	2	
11	2022	226	16	1	2	2025	105	26	3	
12	2023	233	16	1	2	2026	109	27	3	
13	2024	242	17	1	2	2027	112	28	3	
14	2025	250	18	1	3	2028	116	29	3	
15	2026	259	18	1	3	2029	121	30	3	
16	2027	268	19	1	3	2030	125	31	3	
17	2028	277	19	1	3	2031	129	32	3	
18	2029	287	20	1	3	2032	134	33	3	
19	2030	297	21	1	3	2033	138	35	3	
20	2031	307	22	2	3	2034	143	36	3	

c) Cálculo de carga equivalente ESAL por ejes

Se calcula el ESAL de ejes equivalentes para vehículos pesados según la metodología aplicada del Mecanístico Empírico (MEPDG) y por tipo de ejes de configuración vehicular con la ecuación (2.17).

$$W_{8.2} = ESAL = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vp} \times F_p \times F_{ca} \times 365$$

Tabla 24 Factores para el cálculo de ESAL

Parametros para el calculo de ESAL	
Factor de carrill (Fc)	0.8
Factor de dirección (Fd)	0.5
Factor de crecimiento economico (Fca)	3.60%
Factor de presion de neumáticos (Fp)	1.0
Factor de vehiculo pesado (Fvp): Eje simple	1.273
Factor de vehiculo pesado (Fvp): Eje simple dual	3.335
Factor de vehiculo pesado (Fvp): Eje tandem	3.458
Factor de vehiculo pesado (Fvp): Eje tridem	4.165

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25 indice medio diario del Av. 26 de Enero

Indice Medio Diario (IMDpi) - Av. 26 de Eneo	
Camion C2	203
Camion C3	14
Trailer Semiremolque T2S2	2
Trailer Semiremolque T2S3	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26 indice medio diario del Jr. Los Rosales

Indice Medio Diario (IMDpi) - Jr Los Rosales	
Camion C2	85
Camion C3	21
Trailer Semiremolque T2S2	2

Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo de ESAL del Av. 26 de Enero:**

Tabla 27 Numero de repeticiones proyectados vehículos pesados - Av. 26 de Enero

Edad	C2		C3		T2S2			T2S3		
Años	Eje Simple	Simple Dual	Eje Simple	Eje Tandem	Eje Simple	Eje Tandem	Eje Tridem	Eje Simple	Eje Tandem	Eje Tridem
1	25973	68043	1818	4939	130	353	353	260	706	850
2	27579	72252	1931	5244	138	375	375	276	749	902
3	29973	78523	2098	5699	150	407	407	300	814	981
4	30793	80670	2155	5855	154	418	418	308	836	1007
5	32399	84879	2268	6161	162	440	440	324	880	1060
6	34006	89088	2380	6466	170	462	462	340	924	1112
7	35612	93297	2493	6772	178	484	484	356	967	1165
8	37806	99043	2646	7189	189	513	513	378	1027	1237
9	39167	102609	2742	7448	196	532	532	392	1064	1281
10	40577	106303	2840	7716	203	551	551	406	1102	1328
11	42037	110130	2943	7993	210	571	571	420	1142	1375
12	43551	114094	3049	8281	218	592	592	436	1183	1425
13	45119	118202	3158	8579	226	613	613	451	1226	1476
14	46743	122457	3272	8888	234	635	635	467	1270	1529
15	48426	126865	3390	9208	242	658	658	484	1315	1584
16	50169	131433	3512	9540	251	681	681	502	1363	1641
17	51975	136164	3638	9883	260	706	706	520	1412	1701
18	53846	141066	3769	10239	269	731	731	538	1463	1762
19	55785	146144	3905	10607	279	758	758	558	1515	1825
20	57793	151406	4046	10989	289	785	785	578	1570	1891

$$\sum (Eje_{C2} + Eje_{C3} + Eje_{T2S2} + Eje_{T2S3}) = ESAL = 3,302,372$$

• **Cálculo de ESAL del Jr. Los Rosales:**

Tabla 28 *Numero de repeticiones proyectados por vehículos pesados - Jr. Los Rosales*

Edad	C2		C3		T2S3		
Años	Eje Simple	Simple Dual	Eje Simple	Eje Tandem	Eje Simple	Eje Tandem	Eje Tridem
1	12620	33061	3155	8570	300	816	983
2	13332	34927	3333	9054	317	862	1039
3	14393	37708	3598	9775	343	931	1121
4	14757	38659	3689	10022	351	954	1149
5	15878	41598	3970	10783	378	1027	1237
6	16450	43096	4113	11171	392	1064	1281
7	17042	44647	4261	11573	406	1102	1328
8	17656	46254	4414	11990	420	1142	1375
9	18291	47920	4573	12422	436	1183	1425
10	18950	49645	4737	12869	451	1226	1476
11	19632	51432	4908	13332	467	1270	1529
12	20339	53283	5085	13812	484	1315	1584
13	21071	55202	5268	14309	502	1363	1641
14	21830	57189	5457	14825	520	1412	1701
15	22615	59248	5654	15358	538	1463	1762
16	23430	61381	5857	15911	558	1515	1825
17	24273	63590	6068	16484	578	1570	1891
18	25147	65880	6287	17077	599	1626	1959
19	26052	68251	6513	17692	620	1685	2029
20	26990	70708	6748	18329	643	1746	2103

$$\sum (Eje_{C2} + Eje_{C3} + Eje_{T2S2} + Eje_{T2S3}) = ESAL = 1,842,486$$

d) Diseño de espesores de pavimento rígido

- Cálculo de espesor de pavimento del Av. 26 de Enero:

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDOS MEMORIA DE CÁLCULO METODO AASTHO 93			
PROYECTO :	Tesis: Determinacion de los niveles de agrietamiento en pavimentos rígidos en la ciudad de Ayacucho	KILOMETRAJE :	Progresiva 0+0.0 hasta 0+613
TRAMO :	Av. 26 de Enero	FECHA :	Noviembre 2019
		TESISTA :	Bach. Berlly Tovar Bergara

a.) Datos

a.1) Tránsito

Años de servicio	Años	20
Ejes Equivalentes de (E.E.8,2 To EE		3302372

a.2) Suelos

CBR (%) de la Sub Rasante	%	13.3
K Subras. efectivo (Mpa/m)	Kc	58.0
Coefficiente de Drenaje	Cd	1.00

a.3) Sub base

Mod Elasticidad de la subbase (M Me		115.5
Espesor de la Sub base (pulg)		8.0

a.4) Concreto

Modulo de Rotura (kg/cm ²)	MR	40
Resistencia del concreto (Kg/cm ² F'c		280
Modulo Elasticidad (Mpa)	Ec	25,277
Coefficiente transferencia de carg J		2.8

a.5) Serviciabilidad

Serviciabilidad inicial	Po	4.0
Serviciabilidad final	Pt	2.5
Perdida de serviciabilidad	ΔPSI	1.5

a.6) Nivel de confianza

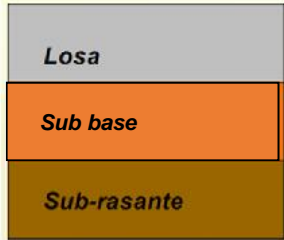
Confiability	R	85%
Desviación estandar normal	ZR	-1.036
Desviación estandar combinado	So	0.35

b) Resultados

Espesor de concreto	cm	20.0
Espesor de sub-base	cm	20.0
Espesor de sub-rasante	cm	15.0

c) Verificación

Verificación de ecuaciones	A	6.52
	B	6.46
	OK!!!	



• Cálculo de aceros para los juntas transversales y longitudinales:

CALCULO DE DOWELLS

DATOS:

N DE CARRILES (NC)	: 2.00		
ESPESOR DE PAVIMENTO (h)	: 8.00	PUL	
LONGITUD DE CARRIL	: 613.50	ML	
ANCHO DE CARRIL (A)	: 6.60	ML	22 PIES
COEF.PROMEDIO DE FRICCION (fa):	1.50		
ESF. PERMISIBLE EN ACERO Fs	: 27000.00	psi	
PESO VOL. DEL CONCRETO Yc	: 0.0868	psi	23.6 KN/M3
ESFUERZO UNION PERMISIBLE (μ)	: 350.00	psi	24 Mpa
DIAMETRO DE LA BARRA (d)	: 1/2		

A). CALCULO BARRA DE AMARRE: Donde:

As= Área requerida de acero por unidad de longitud de la losa.
 yc= Peso volumétrico del concreto
 h= Espesor del pavimento.
 fa= Coeficiente promedio de fricción entre la losa y el terreno de soporte, que normalmente se considera de 1.5
 fs= Esfuerzo permisible en el acero.
 L'= Distancia desde la junta longitudinal hasta el borde libre donde no existe barra de amarre. Para autopistas de 2 o 3 carriles, L' es el ancho del carril. Si las barras de amarre se usan en las tres juntas longitudinales de una carretera de 4 carriles, L' es igual al ancho del carril para las dos juntas exteriores y el doble del ancho para la junta interna.

$As = \frac{yc \cdot h \cdot L' \cdot fa}{fs}$

L' = A/NC = 11 ft 117 in 2.98 m

As = 0.00452 in²/in

Nº de varilla	cm ²	mm ²	in ²	
1/2	1.27	127	0.20	

Separación de Barra
 At/As = 44.96 in
 114.19 cm
 1.14 m → **redondeo** 1.2 m

Esfuerzo de adherencia
 $t = 2 (A1 \cdot fs / \mu \cdot \Sigma o)$

Donde:
 t = Longitud de la barra de amarre.
 μ = Esfuerzo permisible.
 A1 = Área transversal de una barra.
 Σo = Perímetro de la barra.

Para un diámetro de barra d, A1=π d²/ 4 y Σo = π d, así que la ecuación anterior se simplifica a:
 $t = \frac{2}{\mu} [(fs \cdot d) / \mu]$
 t = 0.00

La longitud "t" se debe incrementar en 3 in. por desalineamiento.

t = 0.0 + 3.00 in **redondeo**
 t = 3.0 → 28 in 71.12 cm → **redondeo** 80 cm

B). CALCULO DE DOWELLS:

Cuadro 14.12 del Manual de Carreteras y Pavimento (MTC/2014)
 Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores (dowells) en la junta de Dilatación

Espesor de Losa				Diámetro		Longitud		Separacion	
Cm		Pulg		Cm	Pulg	Cm	Pulg	Cm	Pulg
13	15	5	6	19	3/4	41	16	30	12
15	20	6	8	25	1	46	18	30	12
20	30	8	12	32	1 1/4	46	18	30	12
30	43	12	17	38	1 1/2	51	20	38	15
43	50	17	20	45	1 3/4	56	22	46	18

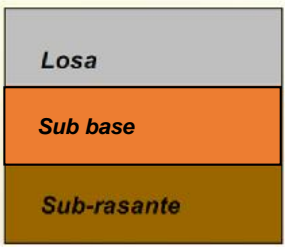
Distribución de acero en juntas transversales y longitudinales

e) Cálculo de espesor de pavimento del Jr. Los Rosales:

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDOS MEMORIA DE CÁLCULO METODO AASTHO 93			
PROYECTO :	Tesis: Determinación de los niveles de agrietamiento en pavimentos rígidos en la ciudad de Ayacucho	KILOMETRAJE :	Progresiva 0+0.0 hasta 0+670
TRAMO :	Jr. Los Rosales	FECHA :	Noviembre 2019
		TESISTA :	Bach. Berlly Tovar Bergara

a.) Datos			
a.1) Tránsito			
Años de servicio	Años		20
Ejes Equivalentes de (E.E.8,2 To EE			1842486
a.2) Suelos			
CBR (%) de la Sub Rasante	%		11.1
K Subras. efectivo (Mpa/m)	Kc		55.0
Coefficiente de Drenaje	Cd		1.00
a.3) Sub base			
Mod Elasticidad de la subbase (M Me			69.8
Espesor de la Sub base (pulg)			8.0
a.4) Concreto			
Modulo de Rotura (kg/cm ²)	MR		35
Resistencia del concreto (Kg/cm ²)	F'c		210
Modulo Elasticidad (Mpa)	Ec	21,891	
Coefficiente transferencia de carg	J		3.8
a.5) Serviciabilidad			
Serviciabilidad inicial	Po		4.0
Serviciabilidad final	Pt		2.5
Perdida de serviciabilidad	ΔPSI		1.5
a.6) Nivel de confianza			
Confianabilidad	R	85% <input type="button" value="v"/>	
Desviación estandar normal	ZR		-1.036
Desviacion estandar combinado	So		0.35

b) Resultados			
Espesor de concreto	cm		20.0
Espesor de sub-base	cm		20.0
Espesor de sub-rasante	cm		15.0
c) Verificación			
Verificación de ecuaciones	A		6.27
	B		6.33
	OK!!!		



3.9.2 Análisis de clima

El software EverFE 2.25 requiere los datos promedios de temperatura y precipitación mensual para el análisis del desempeño de la estructura de pavimento a través de una modelo climático. Este programa dimensional acopla el flujo del calor y de la humedad, que simula cambios en el comportamiento y características de la losa de concreto hidráulico y subrasante en conjunto con las condiciones climáticas.

a) Temperatura, precipitación velocidad de viento

El centro de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) nos proporciona datos climatológicas de registro mensual de temperatura y precipitación de la región de Ayacucho, estos datos serán usados para insertar en el software mencionado: Mientras la velocidad promedio del viento por hora en Ayacucho es necesario para el cálculo del gradiente de temperatura equivalente para los cálculos de esfuerzos y deformación de losas de concreto hidráulico.

Tabla 29 Promedio de temperatura, precipitación y velocidad de viento para Ayacucho

Mes	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Precipitación (Lluvia) ML.	Velocidad Viento (Km/h)
Enero	23.6	10.5	117	9.1
Febrero	23.5	10.5	102	9.0
Marzo	23	10.3	94	8.7
Abril	23.8	9.7	33	8.6
Mayo	23.9	8.2	9	8.2
Junio	23.2	7.1	7	8.6
Julio	22.7	6.6	8	9.2
Agosto	23.6	7.7	12	10.1
Setiembre	23.8	9.2	24	10.2
Octubre	24.9	10.1	37	10.0
Noviembre	25.5	10.7	44	9.4
Diciembre	24.6	10.7	66	9.1

Fuente: SENAMHI.

b) Cálculo de gradiente de temperatura equivalente

Para determinar el gradiente de temperatura positivo o negativo se utiliza los datos en la siguiente ecuación según Ministerio de Vivienda y Urbanismo: (MINVU, 2018).

Diferencial de temperatura positivo asociado a alabeo convexo (°C)

$$\Delta T(+)=12.33-\frac{2385.715}{D}+0.707xWIND+0.596xTEMP-0.0005924xPRECIP \quad (3.3)$$

Diferencial de temperatura negativo asociado a alabeo cóncavo (°C)

$$\Delta T(-)=28.62+\frac{2377.897}{D}+0.817xWIND+0.227xTEMP+0.0002884xPRECIP \quad (3.4)$$

Se tiene los valores para el cálculo de la gradiente térmico:

D=0.20 m

TEMP=16.55 °C

PRESIP=46.08 ml

WIND=9.18 km/h

Se procede al calculo y resulta:

$\Delta T(+)=+16.80$

$\Delta T(-)=5.60$

Finalmente se determino el gradiente térmico equivalente definido por Huang (2004) en su publicación de libro Análisis y Diseño de Pavimentos.

El gradiente de temperatura equivalente:

$$\Delta T_a = \frac{\Delta T_{top} - \Delta T_{bottom}}{2} \quad (3.5)$$

$$\Delta T_a = 5.65 \text{ } ^\circ C$$

3.9.3 Análisis de propiedades de suelos y materiales

Materiales del pavimento Jr. 26 de Enero y Jr. Los Rosales

a) Características básicas de materiales

Se procedió a la descripción de las características de los materiales como cemento, agregados y el agua.

Tabla 30 Características de materiales para diseño de mezcla

Descripción de materiales para mezcla	Nombres de las vías	
	Av. 26 de Enero	Jr. Los Rosales
Cemento	Tipo I	Tipo I
Agregado	Tipo granito - Chillico	Tipo granito - Chillico
Agua para concreto	Agua potable	Agua potable

Fuente: INGEOTECON

b) Proporciones del diseño de mezcla

Las proporciones del diseño de mezcla por metro cúbico de concreto de materiales secos se muestra en la tabla para amabas proyectos:

Tabla 31 Dosificación de mezcla para el Av. 26 de Enero

RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO					
F'c (Kg/cm ²)	Cemento (Kg)	Agregado Fino (Kg)	Agregado Grueso (Kg)	Agua (Lt)	Total (Kg/m ³)
280	415	786	942	195	2338

Fuente: INGEOTECON

Tabla 32 Dosificación de mezcla para el Jr. Los Rosales

RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO					
F'c (Kg/cm ²)	Cemento (Kg)	Agregado Fino (Kg)	Agregado Grueso (Kg)	Agua (Lt)	Total (Kg/m ³)
210	316.60	874.50	868.60	181.00	2240.70

Fuente: INGEOTECON

c) CBR (Valor de Soporte de lo Suelos) de diseño

Dada la variabilidad que presentan los suelos dentro del área de estudio y sector se procedió al diseño de valor de CBR para cada uno de los proyectos respectivos, según el estudio de laboratorio de suelos que presentó (INGEOTECON, 2011).

Tabla 33 *valor de soporte de suelo***Av. 26 de Enero: CBR DE DISEÑO = 13.3%****Jr. Los Rosales: CBR DE DISEÑO = 11.1%**

Fuente: INGEOTECON

d) Clasificación de suelo por SUCS ASTM D-2487 y AASTHO M-145, ASTM D-3282

El material analizado presenta un índice de grupo igual a cero (O) lo cual indica que es un material apto para usarse en carreteras.

Tabla 34 *Clasificación del suelo Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales*

Cantera	AASHTO	SUCS	Nombre de Grupo
CHILLICO	A-2-5 (0)	GM-SM	Graba y arena limoarcillosa

Fuente: INGEOTECON

e) Ensayo de CBR para sub base ASTM D-1883, MTC E132

El ensayo de CBR (California Bearing Ratio) del material de préstamo de la cantera analizada cumplen los requisitos de calidad especificada, siendo el CBR mínimo de 40% referido al 100% de la Densidad Máxima Seca (MDS) y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm), los resultados son los mismos valores para ambos proyectos respectivos (INGEOTECON, 2011).

Tabla 35 *Ensayo de CBR para sub base de pavimentos*

CANTERA	Clasificación		CBR	CBR	EXPANSIÓN
	AASHTO		AL 100% MDS (0.1")	AL 95% MDS (0.1")	
CHILLICO	A-2-4 (0)		72%	46%	NE

Fuente: INGEOTECON

Capítulo IV

Aplicación de la herramienta computacional

4.1 Modelación en el software EverFE 2.25 para el análisis de esfuerzos y deformaciones de pavimentos rígidos

El análisis se debe realizar mediante software EverFE (versión actual 2.25) es una herramienta de análisis de elementos finitos en 3D para simular la respuesta ante pavimento de losa articulado (JPCP) y losas reforzados (JRCP) a las cargas de los ejes y los efectos ambientales.

EverFE combina una interfaz gráfica de usuario altamente interactiva para el desarrollo de modelos y la visualización de resultados escritos en Tcl / Tk / Tix / vTk con código de elementos finitos escrito en C + orientado a objetos. Las estrategias de análisis de elementos finitos son computacionalmente eficientes y se centran en fenómenos específicos que son significativos para JPCP. (Bill, 2018).

Los elementos especializados y las relaciones constitutivas se utilizan para modelar la transferencia de carga de enclavamiento de clavija y agregado a través de juntas transversales y longitudinales del pavimento, así como la transferencia de corte entre las losas de los pavimentos y la capa base. El solucionador central se basa en un algoritmo de gradiente conjugado preconditionado multirredes adecuado para usar con secuencias de malla no anidadas, múltiples tipos de elementos y problemas que involucran restricciones de desigualdad derivadas del contacto nodal (Pallares & Pulecio, 2017).

4.1.1 Parámetros de ingreso al software EverFE 2.25 para determinación de esfuerzos y deformaciones de losas de concreto

Para el análisis se debe realizar el ingreso correcto de los parámetros elementales del pavimento, propiedades del concreto y las configuraciones de los ejes vehiculares.

a) **Parámetros para la modelación en EverFE 2.25**

La metodología considera los siguientes parámetros:

Tabla 36 Cuadro de valores para ingresar al programa EverFE 2.25

Parametros a ingresar al EverFE 2.25	Nombres de las vías a modelar Av. 26 de En- Jr. Los Rosales ero	
Dimensiones de la estructura de pavimento		
Espesor subbase (mm)	200	200
Espesor losa (mm)	200	200
Largo de losa (mm)	4000	3000
Ancho de losa (mm)	3200	3100
Propiedades del concreto		
Modulo de elasticidad E (MPa)	24801.275	21478.517
Modulo de rotura (Kg/cm ²)	40	35
Peso específica Pe (Kg/cm ³)	2400	2400
Modulo de Poisson (u)	0.15	0.15
Coefficiente de expansión termica α (1/°C)	0.000011	0.000011
Propiedades del acero		
Modulo de elasticidad E (MPa)	200000.00	—
Modulo de Poisson (u)	0.29	—
Propiedades de sub base granular		
Modulo de elasticidad E (MPa)	115.52	69.76
Densidad de base ρ (Kg/m ³)	2020	1650
Modulo de Poisson (u)	0.35	0.35
Propiedades de la subrasante		
Modulo de reaccion k (Mpa/mm)	0.059	0.055
CBR (%)	13.30	11.10
Gradiente de Temperatura		
ΔT °C (+)	15.80	15.80
ΔT °C (-)	-6.50	-6.50

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la vista **GEOMETRÍA** para el ingreso de las dimensiones de la losa de concreto medidos en campo puesto como modelo de 6 losas, así mismo se ingresó las propiedades de materiales correspondientes para cada zona de estudio.

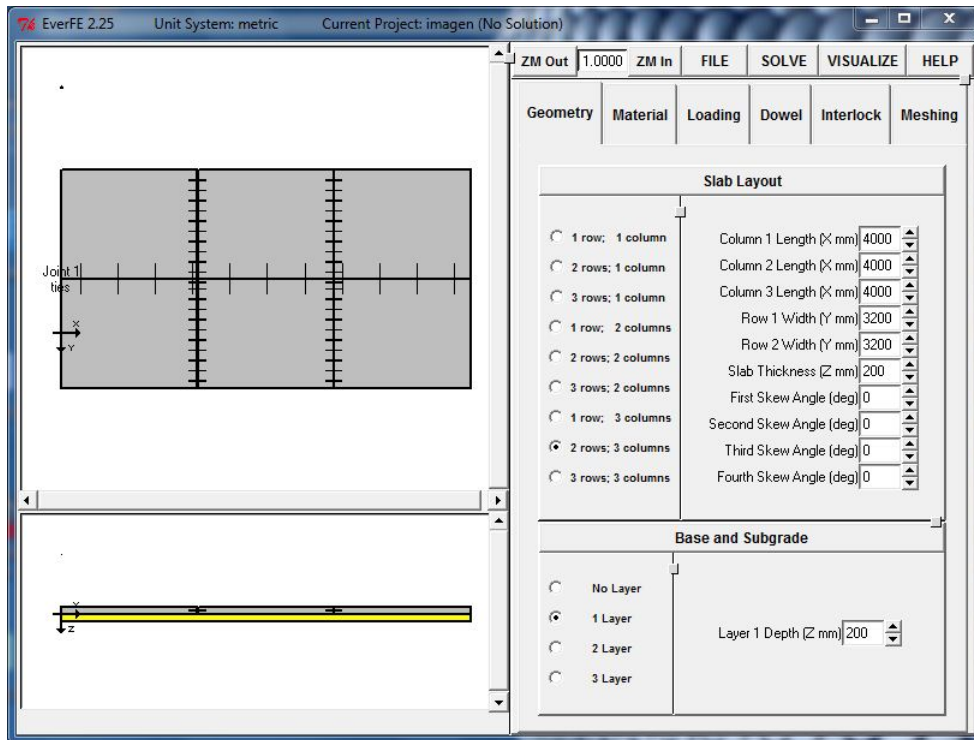


Figura 40 Ingreso de datos geométricos al software EverFE2.25
Fuente: Obtenido de *Elaboración Propia*

La ventana **MATERIALES** permite el ingreso de datos respecto a las propiedades de los materiales para las losas de concreto, dovelas, las capas de base o Sub base y la fundación líquida densa (Modulo de reacción de subrasante).

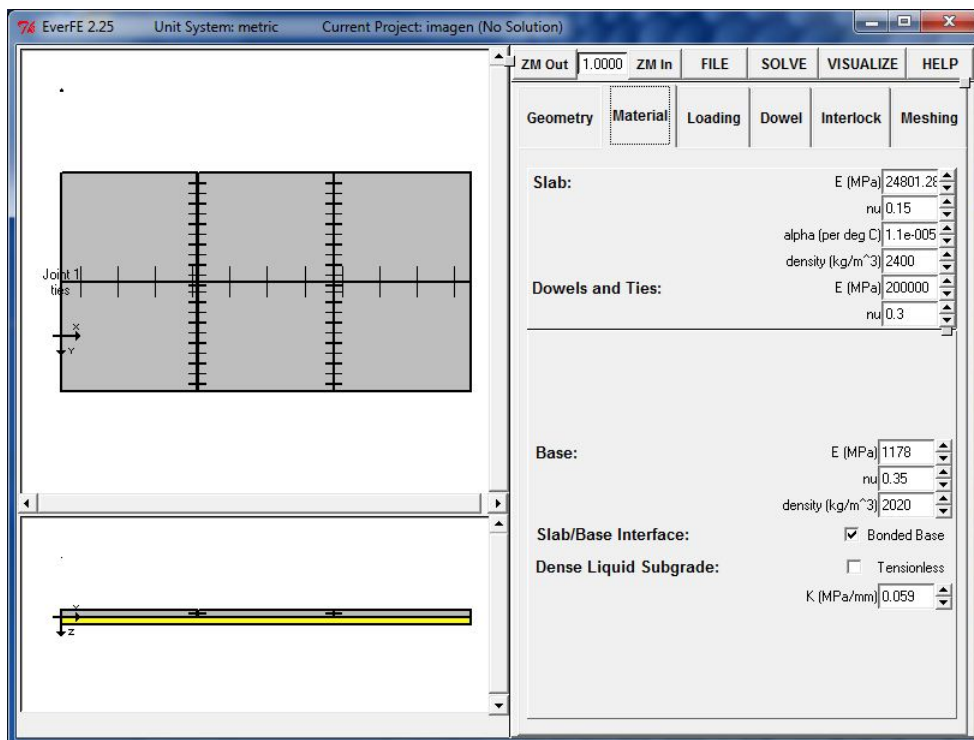


Figura 41 Ingreso de propiedades de materiales al software EverFE2.25
Fuente: Obtenido de *Elaboración Propia*

b) Configuración geométrica de los ejes a modelar

Los neumáticos se tendrán que configurar geométricamente (A, B, L, W y S) según las medidas realizadas en campo, se detallan en el figura de EverFE. Los valores son las distancias desde el modelo (X e Y) de origen de coordenadas hasta el centro de gravedad del eje.

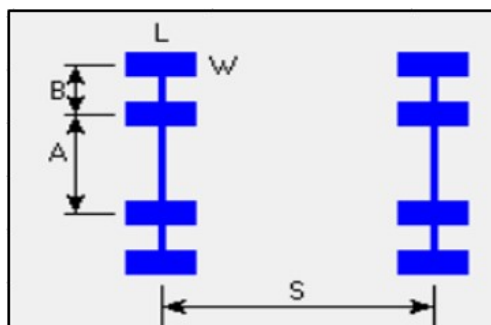


Figura 42 Elementos geométricos de los ejes de rueda
Fuente: Obtenido de *Elaboración Propia*

- **Nota:** Para análisis de esfuerzos y deformaciones se debe tomar como vehículos de diseños a partir del clase 4 hasta el 13 (vehículos pesados) las cuales según nuestro conteo vehicular se encuentra los camiones C2, C3, T2S2 y T2S3

Tabla 37 Valores medidos de neumáticos en campo

Elementos geométricos	Vehículos pesados						
	C2		C3		T2S3		
	Simple	Dual	Simple	Tandem	Simple	Tandem	Tridem
L (mm)	200	200	300	300	300	300	300
W (mm)	200	250	250	250	250	250	250
A (mm)	1650	1350	2000	1500	2000	1500	1500
B (mm)	—	300	—	350	—	350	350
S (mm)	—	—	—	1350	—	1350	1350

Fuente: *Elaboración Propia*

c) Posición de eje para evaluación de fatiga y peso por vehículo

El cuadro siguiente se detalla los pesos permitidos por tipo de eje y diferentes posiciones de los ejes en losa de pavimento según la teoría de análisis (Westergaard, 1954), aplicadas en las posiciones de borde, centro y esquina de la losa de concreto.

Las cargas de ejes empleadas proceden del manual de carreteras suelos y pavimentos (MTC/14, 2014) de los vehículos aforados para esta investigación como son simple, dual, tándem y tridem, y convertidos a unidades de Kn.

Tabla 38 Posición en el borde de losa para falla transversal

Tipo de vehículo	Tipo de eje	Peso(Kn)	Posición (X)	Posición (Y)
CAMION C2	Simple	69	L/2	Dprom > 0.20
	Simple Dual	108	L/2	Dprom > 0.20
CAMION C3	Simple	69	L/2	Dprom > 0.20
	Tandem	177	L/2	Dprom > 0.20
SEMITRAILER T2S2	Simple	69	L/2	Dprom > 0.20
	Tandem	177	L/2	Dprom > 0.20
SEMITRAILER T2S3	Tandem	177	L/2	Dprom > 0.20
	Simple	69	L/2	Dprom > 0.20
	Tridem	245	L/2	Dprom > 0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39 Posición en el borde de losa para falla longitudinal

Tipo de vehículo	Tipo de eje	Peso(Kn)	Posición (X)	Posición (Y)
CAMION C2	Simple	69	L/2	0
	Simple Dual	108	L/2	0
CAMION C3	Simple	69	L/2	0
	Tandem	177	L/2	0
SEMITRAILER T2S2	Simple	69	L/2	0
	Tandem	177	L/2	0
SEMITRAILER T2S3	Tandem	177	L/2	0
	Simple	69	L/2	0
	Tridem	245	L/2	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40 Posición en la esquina para falla de si mismo

Tipo de vehículo	Tipo de eje	Peso(Kn)	Posición (X)	Posición (Y)
CAMION C2	Simple	69	L	A
	Simple Dual	108	L	A
CAMION C3	Simple	69	L	A
	Tandem	177	L	A
SEMITRAILER T2S2	Simple	69	L	A
	Tandem	177	L	A
SEMITRAILER T2S3	Tandem	177	L	A
	Simple	69	L	A
	Tridem	245	L	A

Fuente: Elaboración Propia

La ventana **CARGAR** permite la definición de los pesos de los vehículos por eje a modelar y temperatura que estará sometido el pavimento. Se considero los tres posiciones de carga en puntos críticos de agrietamiento (transversal, longitudinal y esquina).

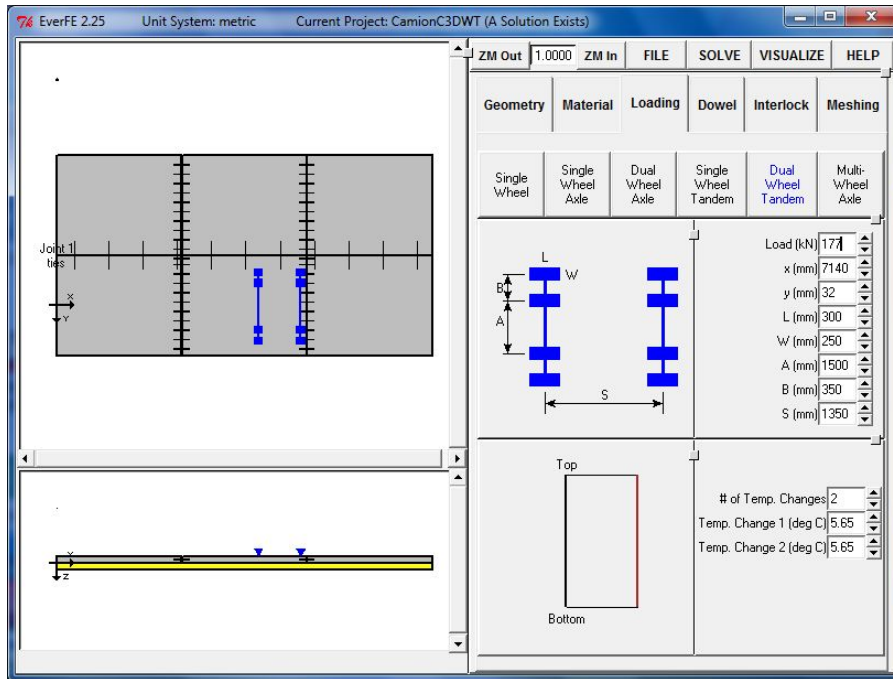


Figura 43 Ingreso de carga de camión C3 tandem al EverFE2.25

Fuente: Obtenido de *Elaboración Propia*

La ventana **Dowel** permite el ingreso de las propiedades del dowel como el parámetros de modulo de elasticidad y el modulo de Poisson del acero.

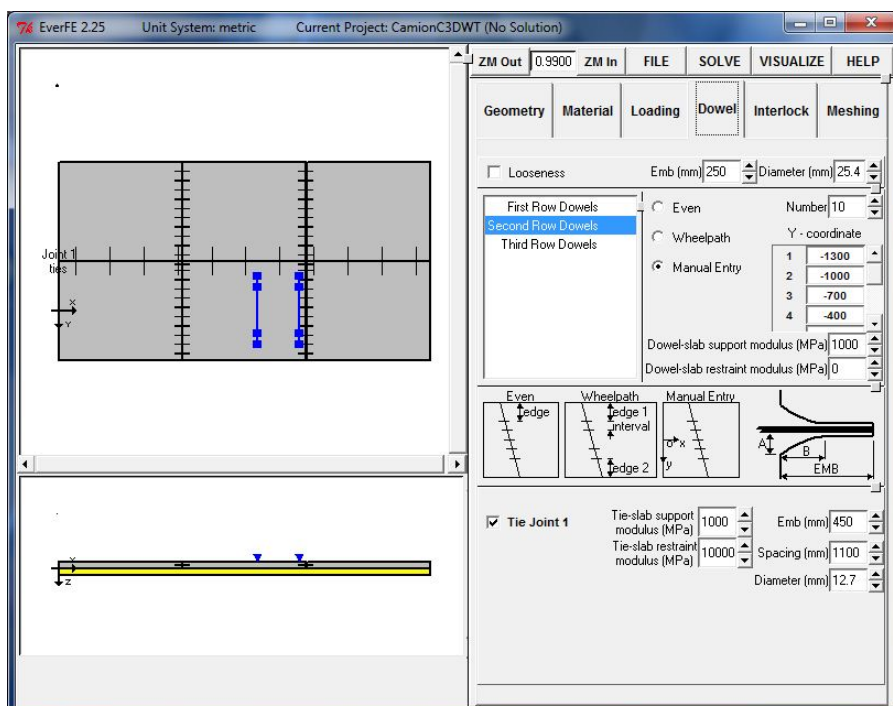


Figura 44 Ingreso de las propiedades del dowel al EverFE2.25

Fuente: Obtenido de *Elaboración Propia*

d) Esquema de modelación de pavimentación

Se procedió a computar el análisis de calculo de esfuerzos y deformaciones en el software EverFE para los dos pavimentos rígidos con dowel y junta simple.

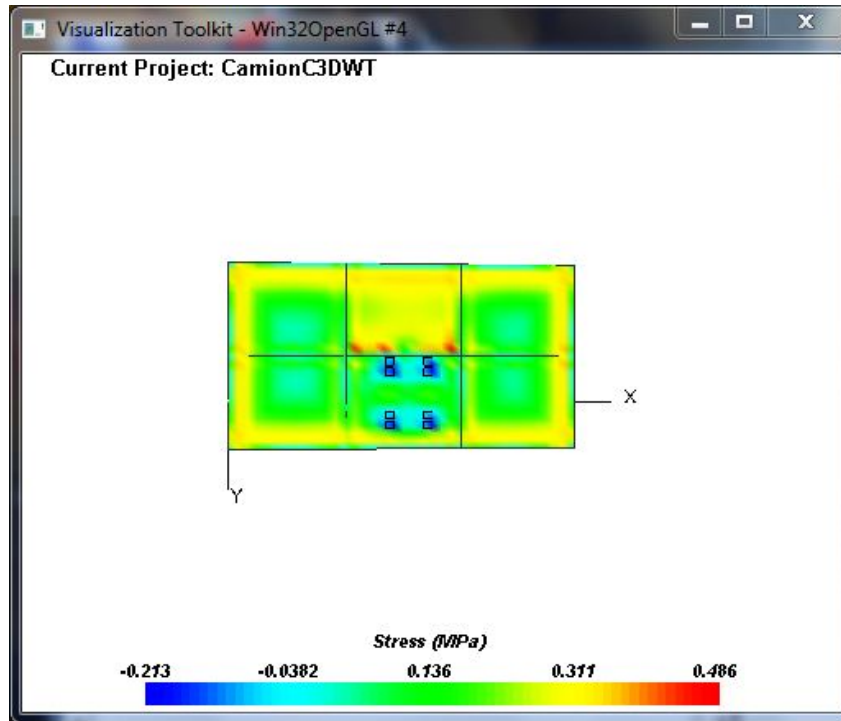


Figura 45 Esfuerzos de flexión superficial para Camión C3 pavimento con dowel
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

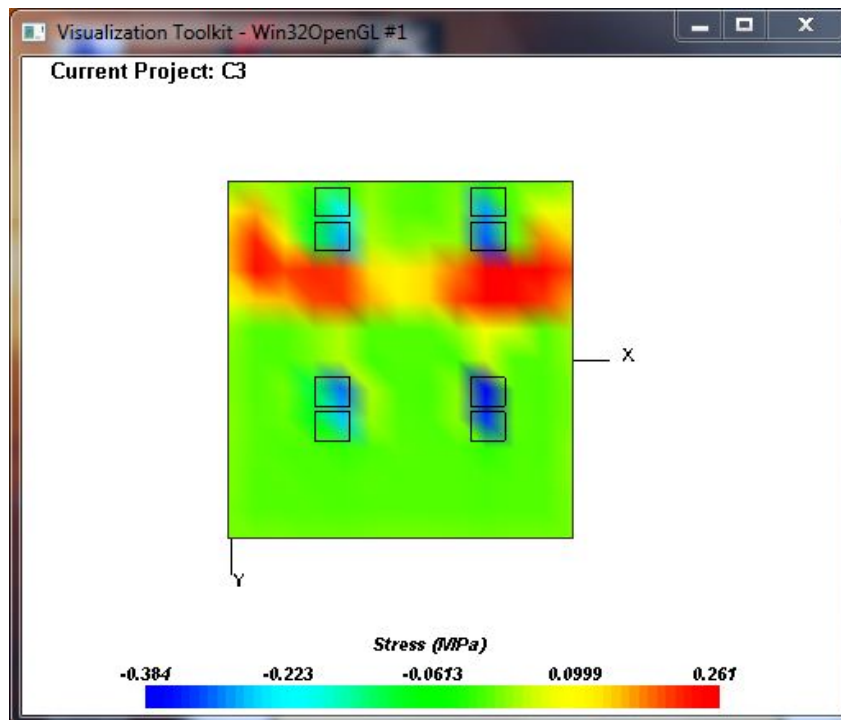


Figura 46 Esfuerzos de flexión superficial para Camión C3 pavimento sin dowel
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

• **Resultados de esfuerzos a flexión de losa en el Av. 26 de Enero**

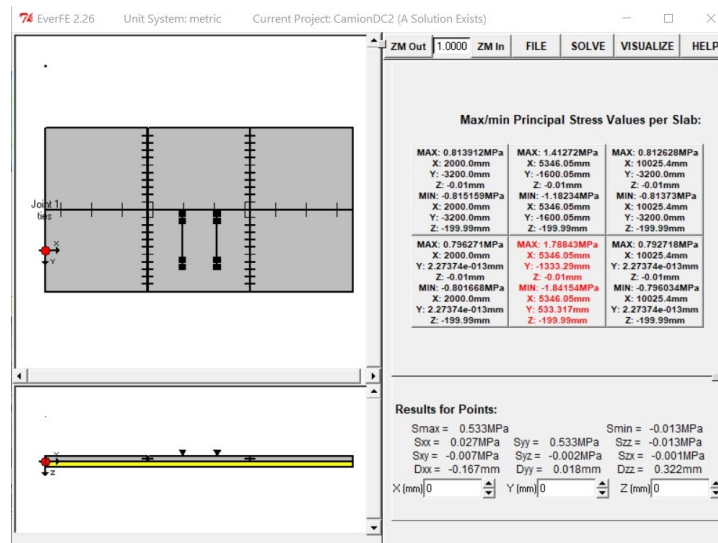


Figura 47 Esfuerzo y deformaciones máximas
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

Tabla 41 Esfuerzos a flexión y deformaciones por eje

Eje simple (MPa)			
Descripción	Transversal	Longitudinal	Esquina
Compresión fondo (-)	1.708	1.092	1.241
Superficie tensión (+)	1.846	1.208	1.192
Deformación (mm)	0.353	0.431	0.639
Eje simple dual (MPa)			
Descripción	Transversal	Longitudinal	Esquina
Compresión fondo (-)	1.683	1.144	1.234
Superficie tensión (+)	1.734	1.251	1.320
Deformación (mm)	0.479	0.584	0.758
Eje tandem (MPa)			
Descripción	Transversal	Longitudinal	Esquina
Compresión fondo (-)	1.788	1.619	1.592
Superficie tensión (+)	1.841	1.641	1.641
Deformación (mm)	0.499	0.541	0.733
Eje tridem (MPa)			
Descripción	Transversal	Longitudinal	Esquina
Compresión fondo (-)	0.725	1.170	1.232
Superficie tensión (+)	0.976	0.540	0.855
Deformación (mm)	0.618	0.590	0.725

Fuente: Elaboración Propia

• **Resultados de esfuerzos a flexión y deformación Jr. Los Rosales**

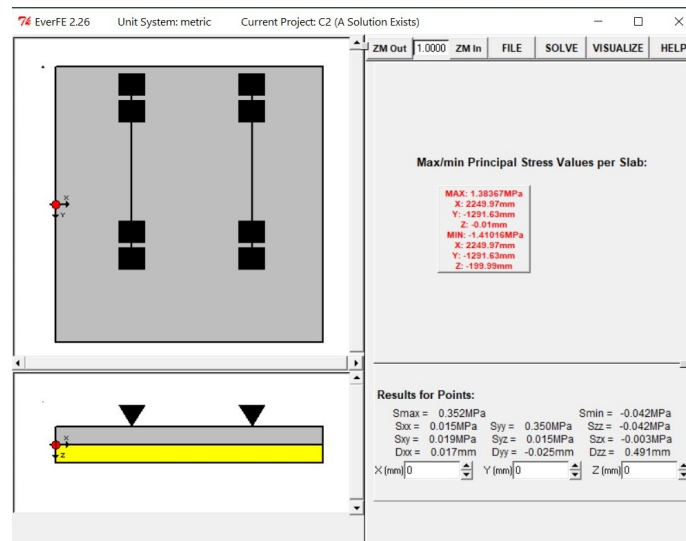


Figura 48 Esfuerzo y deformaciones máximas
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

Tabla 42 Esfuerzos a flexión y deformaciones por ejes

Eje simple (MPa)			
Descripción	Transversal	Longitudinal	Esquina
Compresión fondo (-)	1.791	1.514	1.547
Superficie tensión (+)	1.771	1.496	1.575
Deformación (mm)	0.456	0.840	1.177
Eje simple dual (MPa)			
Descripción	Transversal	Longitudinal	Esquina
Compresión fondo (-)	1.654	1.520	1.699
Superficie tensión (+)	1.659	1.426	1.677
Deformación (mm)	0.551	1.144	1.258
Eje tandem (MPa)			
Descripción	Transversal	Longitudinal	Esquina
Compresión fondo (-)	1.384	1.370	1.522
Superficie tensión (+)	1.410	1.283	1.461
Deformación (mm)	0.530	0.756	1.384
Eje tridem (MPa)			
Descripción	Transversal	Longitudinal	Esquina
Compresión fondo (-)	1.399	1.229	1.399
Superficie tensión (+)	1.351	1.160	1.351
Deformación (mm)	0.699	0.952	1.255

Fuente: Elaboración Propia

**ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE PAVIMENTO RIGIDOS
MEMORIA DE CÁLCULO
METODO AASTHO MEPDG**

PROYECTO: Tesis: Determinación de los niveles de agrietamiento en pavimentos rígidos en la ciudad de Ayacucho
KILOMETRAJE : Progresiva 0+0.0 hasta 0+613.10
FECHA : Noviembre 2019
TRAMO : Av. 26 de Enero
TESISTA : Bach. Berilly Tovar Bergara

INGRESO DE DATOS

a.) Características del pavimento rígido

Espesor de losa (m)	0.2
Largo de losa (m)	4.0
Ancho de losa (m)	3.2
Modulo de rotura (Mpa)	3.93
Barras de transferencia (DW)	Si

b.) Maximos admisibles de agrietamiento

Clasificación de vía	Vías arteriales
Porcentaje máximo de agrietamiento	20%

c.) Analisis del pavimento

c.1) Ingreso de esfuerzos maximos en el pavimento

Tipo de Eje	Esfuerzos maximos obtenidos de EverFE 2.25 (Mpa)		
	Transversal	Longitudinal	Esquina
Eje Simple	1.846	1.208	1.192
Eje Simple Dual	1.734	1.251	1.320
Eje Tandem	1.841	1.641	1.641
Eje Tridem	0.976	0.540	0.850

c.2) Resistencia admisible para el transito

Tipo de Eje	Numero de repeticiones de carga admisible (N)		
	Transversal	Longitudinal	Esquina
Eje Simple	106633.935	272053000.6	374094464.994
Eje Simple Dual	267217.5282	120864962.6	37142835.157
Eje Tandem	110805.1438	637364.7424	637364.742
Eje Tridem	87312894939	3.35114E+22	8929690680043

c.3) Ejes equivalentes aplicadas por periodo

Periodo (Años)	Eje Simple	Eje Dual	Eje Tandem	Eje Tridem	E.E. Acumulados
1	28180	68043	6350	850	103423
2	29923	72252	6742	902	109820
3	32521	78523	7328	981	119352
4	33410	80670	7528	1007	122615
5	35153	84879	7921	1060	129013
6	36896	89088	8313	1112	135410
7	38639	93297	8706	1165	141808
8	41019	99043	9243	1237	150542
9	42496	102609	9575	1281	155962
10	44026	106303	9920	1328	161576
11	45611	110130	10277	1375	167393
12	47253	114094	10647	1425	173419
13	48954	118202	11031	1476	179662
14	50716	122457	11428	1529	186130
15	52542	126865	11839	1584	192831
16	54433	131433	12265	1641	199773
17	56393	136164	12707	1701	206964
18	58423	141066	13164	1762	214415
19	60526	146144	13638	1825	222134
20	62705	151406	14129	1891	230131

**ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE PAVIMENTO RIGIDOS
MEMORIA DE CÁLCULO
METODO AASTHO MEPDG**

PROYECTO:	Tesis: Determinación de los niveles de agrietamiento en pavimentos rígidos en la ciudad de Ayacucho	KILOMETRAJE :	Progresiva 0+0.0 hasta 0+670
TRAMO :	Jr. Los Rosales	FECHA :	Noviembre 2019
		TESISTA :	Bach. Berly Tovar Bergara

INGRESO DE DATOS**a.) Características del pavimento rígido**

Espesor de losa	(m)	0.2
Largo de losa	(m)	3.0
Ancho de losa	(m)	3.1
Modulo de rotura	(Mpa)	3.45
Barras de transferencia		No

b.) Maximos admisibles de agrietamiento

Clasificación de vía	Vías arteriales
Porcentaje máximo de agrietamiento	20%

c.) Analisis del pavimento**c.1) Ingreso de esfuerzos maximos en el pavimento**

Tipo de Eje	Esfuerzos maximos obtenidos de EverFE 2.25 (Mpa)		
	Transversal	Longitudinal	Esquina
Eje Simple	1.771	1.496	1.575
Eje Simple Dual	1.659	1.426	1.677
Eje Tandem	1.410	1.283	1.461
Eje Tridem	1.351	1.160	1.351

c.2) Resistencia admisible para el transito

Tipo de Eje	Numero de repeticiones de carga admisible (N)		
	Transversal	Longitudinal	Esquina
Eje Simple	32488.17194	349221.0664	160618.064
Eje Simple Dual	76919.49597	753068.7656	66394.248
Eje Tandem	908436.5999	4847108.306	507610.339
Eje Tridem	1893454.709	3.63205E+07	1893454.709

c.3) Ejes equivalentes aplicadas por periodo

Periodo (Años)	Eje Simple	Eje Dual	Eje Tandem	Eje Tridem	E.E. Acumulados
1	16075	33061	9386	983	59505
2	16982	34927	9916	1039	62864
3	18334	37708	10706	1121	67869
4	18797	38659	10976	1149	69582
5	20226	41598	11810	1237	74871
6	20954	43096	12235	1281	77567
7	21709	44647	12676	1328	80359
8	22490	46254	13132	1375	83252
9	23300	47920	13605	1425	86249
10	24138	49645	14095	1476	89354
11	25007	51432	14602	1529	92571
12	25908	53283	15128	1584	95903
13	26840	55202	15672	1641	99356
14	27807	57189	16236	1701	102933
15	28808	59248	16821	1762	106638
16	29845	61381	17426	1825	110477
17	30919	63590	18054	1891	114454
18	32032	65880	18704	1959	118575
19	33185	68251	19377	2029	122843
20	34380	70708	20075	2103	127266

Capítulo V

Resultados

5.1 Análisis e interpretación

Como se mencionó en el capítulo III, el propósito es determinar las curvas de agrietamiento del pavimento rígido a través del análisis de la fatiga y parámetros de diseño de los pavimentos rígidos, evaluados en los Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales de la ciudad de Ayacucho. Por ello en este capítulo se exponen los resultados del análisis de esfuerzo y deformaciones en el Software EverFE 2.25 para el cálculo del daño por fatiga ocasionados por vehículo pesados que pasan en la vías mencionadas. Así mismo se expone los resultados de las curvas de agrietamiento obtenidos en los tres zonas sensibles de falla (bordes y esquina) realizado por el calculo del modelo agrietamiento de Método Mecánico Empírico conforme a lo planteado en los objetivos de esta tesis.

5.1.1 Hipótesis general

El primer resultado general se tiene la obtención del nivel de agrietamiento alcanzado durante su vida útil representados mediante gráficas de curvas en una planilla de cálculo, utilizando los resultados de esfuerzos máximos de tensión, el ESAL calculado y las características del pavimento rígido, estas variables aplicados en la ecuación del agrietamiento de losas de concreto debidamente calibrada. Así mismo se validará la modelación de las curvas del nivel de agrietamiento con el software OptiPAVE 2.0.

A continuación se visualizará las curvas de agrietamiento alcanzado para cada uno de las vías estudiadas.

Validación de la curva del agrietamiento para el Av. 26 de Enero

a) Curvas de agrietamiento transversal, longitudinal y esquina en el OptiPAVE 2.0

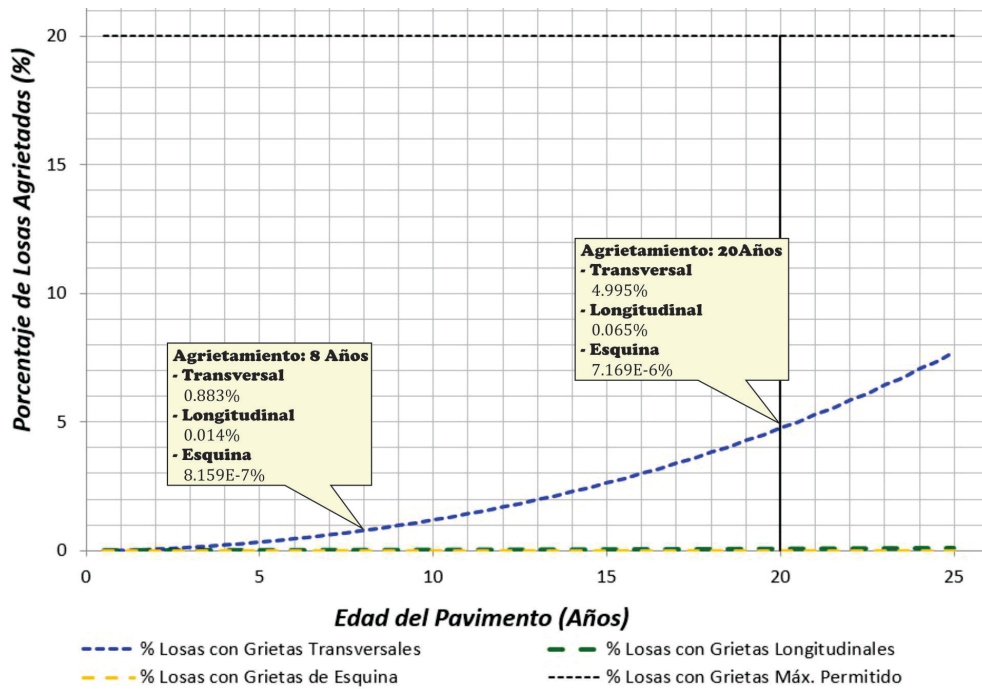


Figura 49 Curva de agrietamiento OptipAVE 2 - Av. 26 de Enero
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

b) Curva de nivel de agrietamiento total acumulado de grietas en el OptiPAVE 2.0

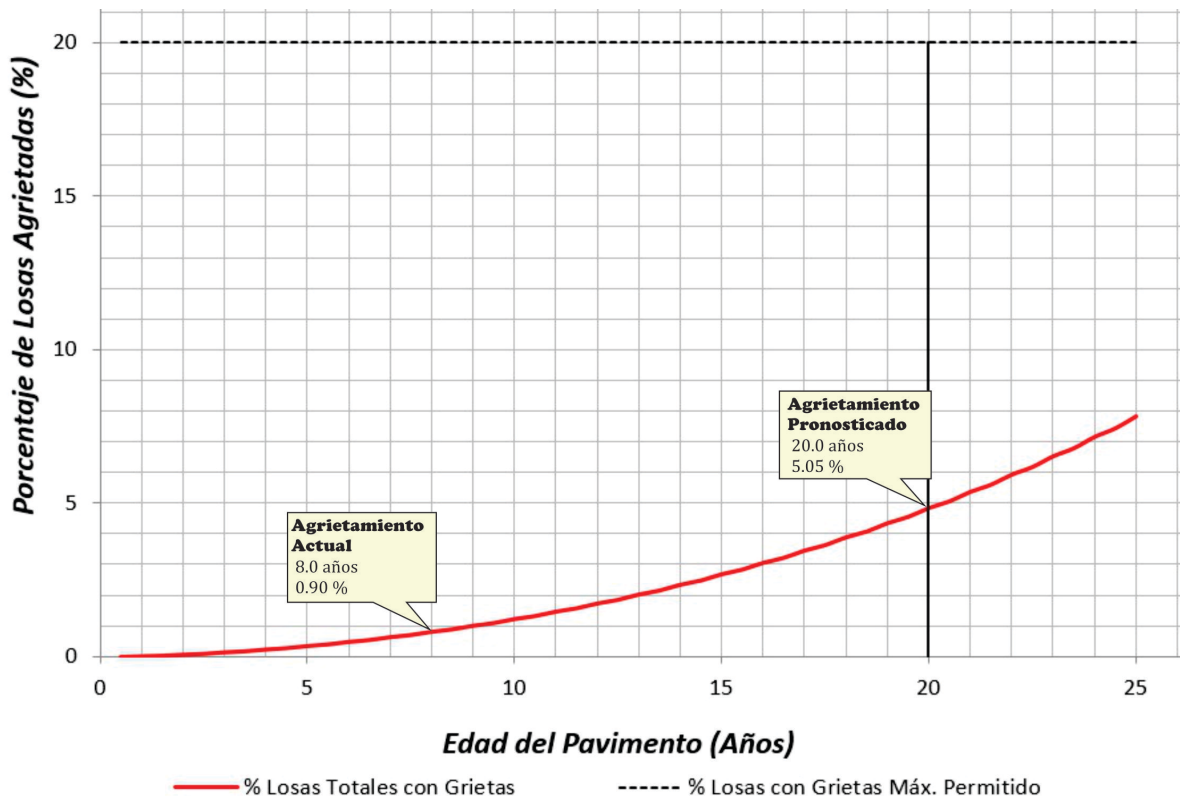


Figura 50 Curva de agrietamiento OptipAVE 2 - Av. 26 de Enero
Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

Resultados del desempeño de pavimento para el Av. 26 de Enero

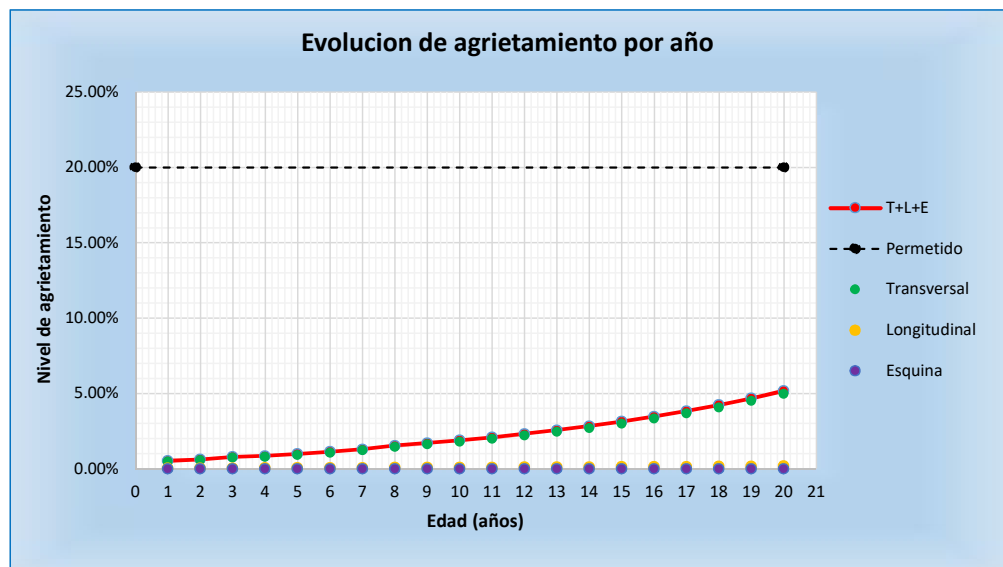
RESULTADOS

d.) Desempeño de pavimento rígido

d.1) Porsentaje de losas agrietadas

Edad (Años)	% Losas con Grietas Transversales	% Losas con Grietas Longitudinales	% Losas con Grietas de Esquina	% Losas Totales con Grietas	% Losas con Grietas Máx. Permitido
1	0.481858%	0.03803%	0.00000000%	0.52%	20%
2	0.575687%	0.04273%	0.00000000%	0.62%	20%
3	0.736560%	0.05021%	0.00000000%	0.79%	20%
4	0.797709%	0.05291%	0.00000000%	0.85%	20%
5	0.927045%	0.05839%	0.00000001%	0.99%	20%
6	1.069333%	0.06413%	0.00000001%	1.13%	20%
7	1.225103%	0.07014%	0.00000001%	1.30%	20%
8	1.460470%	0.07876%	0.00000001%	1.54%	20%
9	1.620168%	0.08435%	0.00000001%	1.70%	20%
10	1.797012%	0.09033%	0.00000002%	1.89%	20%
11	1.992766%	0.09674%	0.00000002%	2.09%	20%
12	2.209365%	0.10360%	0.00000002%	2.31%	20%
13	2.448919%	0.11095%	0.00000003%	2.56%	20%
14	2.713726%	0.11882%	0.00000003%	2.83%	20%
15	3.006285%	0.12725%	0.00000004%	3.13%	20%
16	3.329304%	0.13628%	0.00000004%	3.47%	20%
17	3.685712%	0.14594%	0.00000005%	3.83%	20%
18	4.078664%	0.15629%	0.00000006%	4.23%	20%
19	4.511549%	0.16737%	0.00000007%	4.68%	20%
20	4.987988%	0.17924%	0.00000008%	5.17%	20%

d.2) Grafica de curva de losas agrietadas



Validación de la curva del agrietamiento para el Jr.Los Rosales

c) Curvas de agrietamiento transversal, longitudinal y esquina en el OptiPAVE 2.0

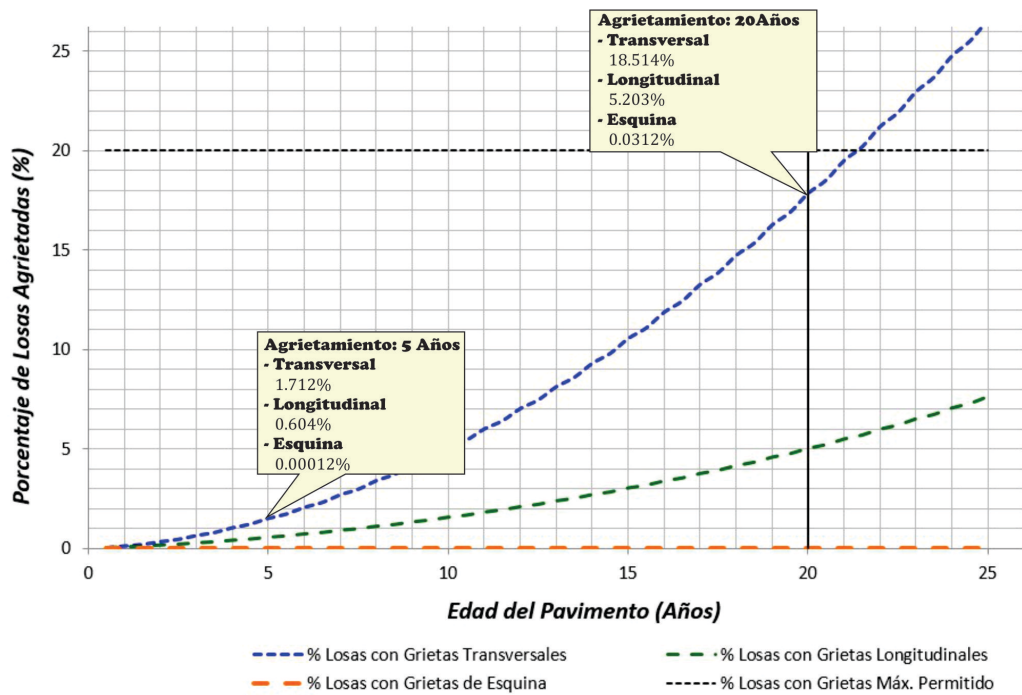


Figura 51 Curva de agrietamiento OptipAVE 2 - Jr. Los Rosales

Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

d) Curva de nivel de agrietamiento total acumulado de grietas en el OptiPAVE 2.0

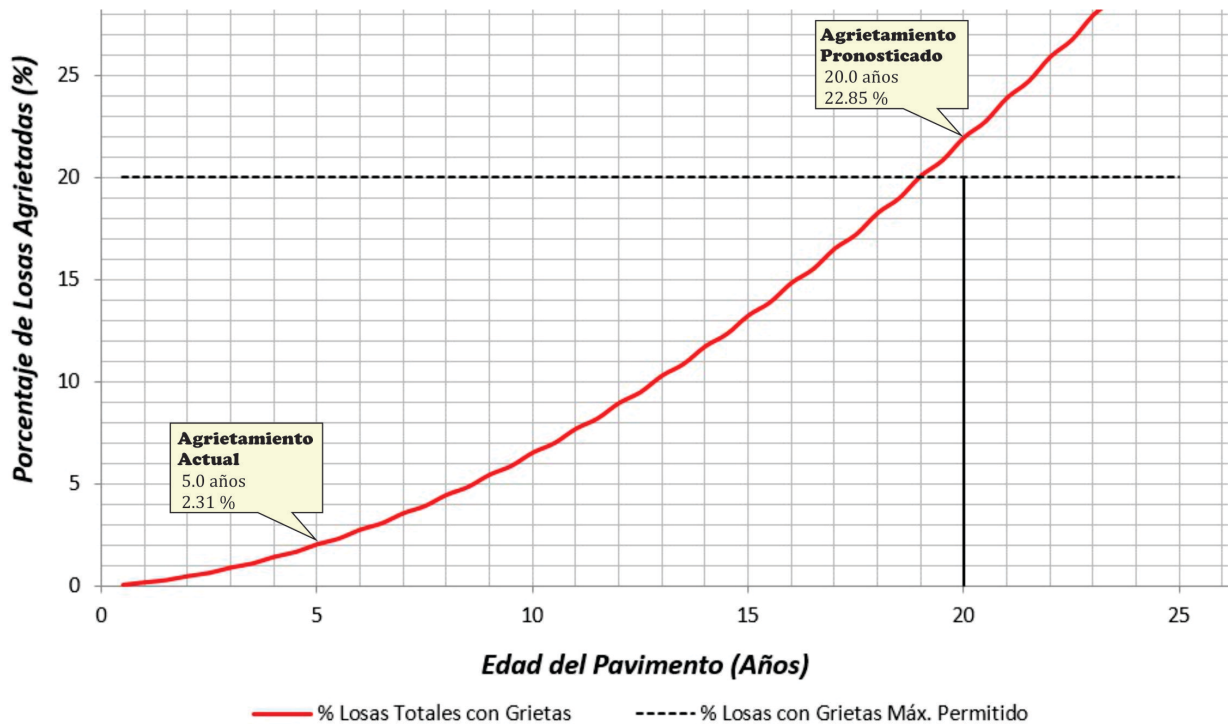


Figura 52 Curva de agrietamiento OptipAVE 2 - Jr. Los Rosales

Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

Resultados del desempeño de pavimento para el Jr. Los Rosales

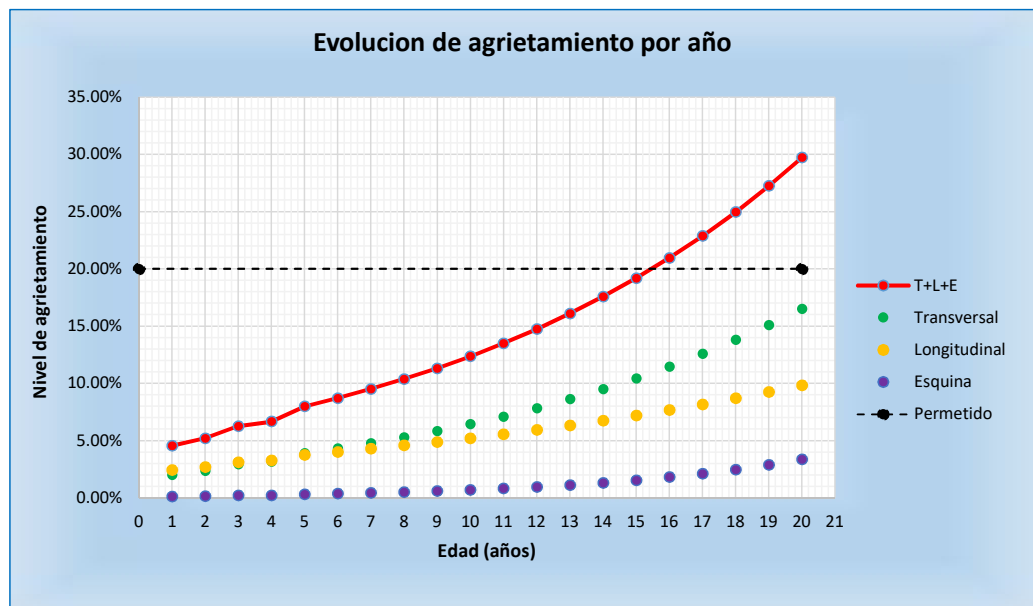
RESULTADOS

d.) Desempeño de pavimento rígido

d.1) Porcentaje de losas agrietadas

Edad (Años)	% Losas con Grietas Transversales	% Losas con Grietas Longitudinales	% Losas con Grietas de Esquina	% Losas Totales con Grietas	% Losas con Grietas Máx. Permitido
1	2.010530%	2.43786%	0.11373778%	4.56%	20%
2	2.359546%	2.70450%	0.14557392%	5.21%	20%
3	2.946784%	3.12428%	0.20536750%	6.28%	20%
4	3.166822%	3.27401%	0.22969022%	6.67%	20%
5	3.909328%	3.75528%	0.31911118%	7.98%	20%
6	4.325051%	4.01129%	0.37395720%	8.71%	20%
7	4.782782%	4.28397%	0.43818823%	9.50%	20%
8	5.286278%	4.57430%	0.51339475%	10.37%	20%
9	5.839529%	4.88331%	0.60143105%	11.32%	20%
10	6.446740%	5.21205%	0.70445681%	12.36%	20%
11	7.112322%	5.56163%	0.82498450%	13.50%	20%
12	7.840862%	5.93318%	0.96593305%	14.74%	20%
13	8.637089%	6.32790%	1.13068810%	16.10%	20%
14	9.505832%	6.74699%	1.32316926%	17.58%	20%
15	10.451959%	7.19171%	1.54790419%	19.19%	20%
16	11.480309%	7.66333%	1.81010924%	20.95%	20%
17	12.595605%	8.16315%	2.11577564%	22.87%	20%
18	13.802356%	8.69251%	2.47175942%	24.97%	20%
19	15.104743%	9.25274%	2.88587237%	27.24%	20%
20	16.506489%	9.84518%	3.36696968%	29.72%	20%

d.2) Grafica de curva de losas agrietadas



5.1.2 Hipótesis específico 1

La respuesta al objetivo de determinación la fatiga de pavimentos del Av. 26 de Enero y el Jr. Los Rosales, se obtendrán del calculo de daño por fatiga (Ley de Miner) del concreto hidráulico bajo los análisis de esfuerzos en el software EverFE realizados en el capítulo IV.

a) Daño por fatiga acumulada del Av. 26 de Enero

Se determinó la fatiga de pavimento rígido del Av. 26 de Enero en los zonas críticos o sensibles de falla bordes y esquina determinados con la ecuación N° 2.18.

Tabla 44 Resultados del cálculo de daño por fatiga acumulada

Daño por fatiga acumulada Av. 26 de Enero					
Años	Transversal	Longitudinal	Esquina	Acumulado	Diseño
1	0.0532325	1.78616E-16	6.23356E-08	0.01774	OK!!
2	0.0565254	1.89665E-16	6.61916E-08	0.01884	OK!!
3	0.0614318	2.06128E-16	7.1937E-08	0.02048	OK!!
4	0.0631112	2.11762E-16	7.39036E-08	0.02104	OK!!
5	0.0664041	2.22811E-16	7.77596E-08	0.02213	OK!!
6	0.0696969	2.3386E-16	8.16156E-08	0.02323	OK!!
7	0.0729898	2.44909E-16	8.54716E-08	0.02433	OK!!
8	0.0774852	2.59993E-16	9.07357E-08	0.02583	OK!!
9	0.0801971	2.69093E-16	9.39114E-08	0.02673	OK!!
10	0.0830040	2.78511E-16	9.71983E-08	0.02767	OK!!
11	0.0859092	2.88259E-16	1.006E-07	0.02864	OK!!
12	0.0889160	2.98348E-16	1.04121E-07	0.02964	OK!!
13	0.0920281	3.0879E-16	1.07766E-07	0.03068	OK!!
14	0.0952490	3.19598E-16	1.11537E-07	0.03175	OK!!
15	0.0985828	3.30783E-16	1.15441E-07	0.03286	OK!!
16	0.1020332	3.42361E-16	1.19482E-07	0.03401	OK!!
17	0.1056043	3.54344E-16	1.23663E-07	0.03520	OK!!
18	0.1093005	3.66746E-16	1.27992E-07	0.03643	OK!!
19	0.1131260	3.79582E-16	1.32471E-07	0.03771	OK!!
20	0.1170854	3.92867E-16	1.37108E-07	0.03903	OK!!

Fuente: Elaboración Propia

b) **Daño por fatiga acumulada del Jr. Los Rosales**

Se determinó la fatiga de pavimento rígido del Jr. Los Rosales en las zonas críticas o sensibles de falla bordes y esquina determinados con la ecuación N° 2.18 definidos en el capítulo II.

Tabla 45 Resultados del cálculo de daño por fatiga acumulada

Daño por fatiga acumulada Jr. Los Rosales					
Años	Transversal	Longitudinal	Esquina	Acumulado	Diseño
1	0.8417091	0.8319352	0.9088911	0.86085	OK!!
2	0.8892224	0.8788969	0.9601968	0.90944	OK!!
3	0.9600174	0.9488698	0.9803664	0.96308	OK!!
4	0.9842492	0.9728202	0.9928082	0.98329	OK!!
5	0.9932072	1.0027738	1.0063602	1.00078	DAÑO!!
6	1.0961390	1.0834108	1.0536286	1.07773	DAÑO!!
7	1.1045039	1.1113302	1.1250556	1.11363	DAÑO!!
8	1.1742115	1.1605768	1.1979325	1.17757	DAÑO!!
9	1.2153089	1.2011970	1.2123102	1.20961	DAÑO!!
10	1.2578447	1.2432389	1.3582410	1.28644	DAÑO!!
11	1.3018693	1.2867522	1.4057795	1.33147	DAÑO!!
12	1.3474347	1.3317885	1.4549817	1.37807	DAÑO!!
13	1.3945949	1.3784011	1.5059061	1.42630	DAÑO!!
14	1.4434057	1.4266452	1.5586128	1.47622	DAÑO!!
15	1.4939249	1.4765778	1.6131643	1.52789	DAÑO!!
16	1.5462123	1.5282580	1.6696250	1.58137	DAÑO!!
17	1.6003298	1.5817470	1.7280619	1.63671	DAÑO!!
18	1.6563413	1.6371082	1.7885440	1.69400	DAÑO!!
19	1.7143132	1.6944069	1.8511431	1.75329	DAÑO!!
20	1.7743142	1.7537112	1.9159331	1.81465	DAÑO!!

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 Hipótesis específico 2

Para el resultado de la transferencia de carga se representa mediante el escalonamiento es decir la diferencia de nivel en las juntas de losa a losa, se realizó la medición en campo de los desniveles de las juntas y se representaron mediante una gráfica de barra para losa carriles de la vía a estudiar.

a) Resultado de escalonamiento del Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales

Tabla 46 *Desniveles en juntas de losas en el Av. 26 de Enero*

Mediciones de escalonamiento		
KM.	Carril derecho (mm)	Carril izquierda (mm)
0+0	1.0	2.0
0+30	3.0	2.0
0+60	2.0	2.0
0+90	3.0	4.0
0+120	4.0	1.0
0+150	3.0	3.0
0+180	3.0	1.0
0+210	3.0	5.0
0+240	4.0	3.0
0+270	3.0	2.0
0+300	2.0	1.0
0+330	3.0	1.0
0+360	1.0	2.0
0+390	8.0	5.0
0+420	4.0	5.0
0+450	1.0	3.0
0+480	4.0	2.0
0+510	4.0	3.0
0+540	3.0	4.0
0+570	6.0	6.0
0+600	5.0	2.0
0+630	7.0	3.0
Promedio (e)	3.50	2.82

Tabla 47 *Desniveles en juntas de losas en el Jr. Los Rosales*

Mediciones de escalonamiento		
KM.	Carril derecho (mm)	Carril izquierda (mm)
0+0	7.0	6.0
0+30	11.0	9.0
0+60	8.0	4.0
0+90	10.0	5.0
0+120	5.0	7.0
0+150	7.0	5.0
0+180	8.0	10.0
0+210	6.0	4.0
0+240	10.0	6.0
0+270	6.0	8.0
0+300	5.0	6.0
0+330	6.0	9.0
0+360	8.0	5.0
0+390	6.0	7.0
0+420	5.0	6.0
0+450	7.0	8.0
0+480	4.0	5.0
0+510	6.0	9.0
0+540	8.0	11.0
0+570	8.0	7.0
0+600	9.0	5.0
0+630	9.0	10.0
0+660	6.0	6.0
Promedio (e)	7.23	6.91

b) Gráfico de escalonamiento actual

- Escalonamiento en el Av. 26 de Enero

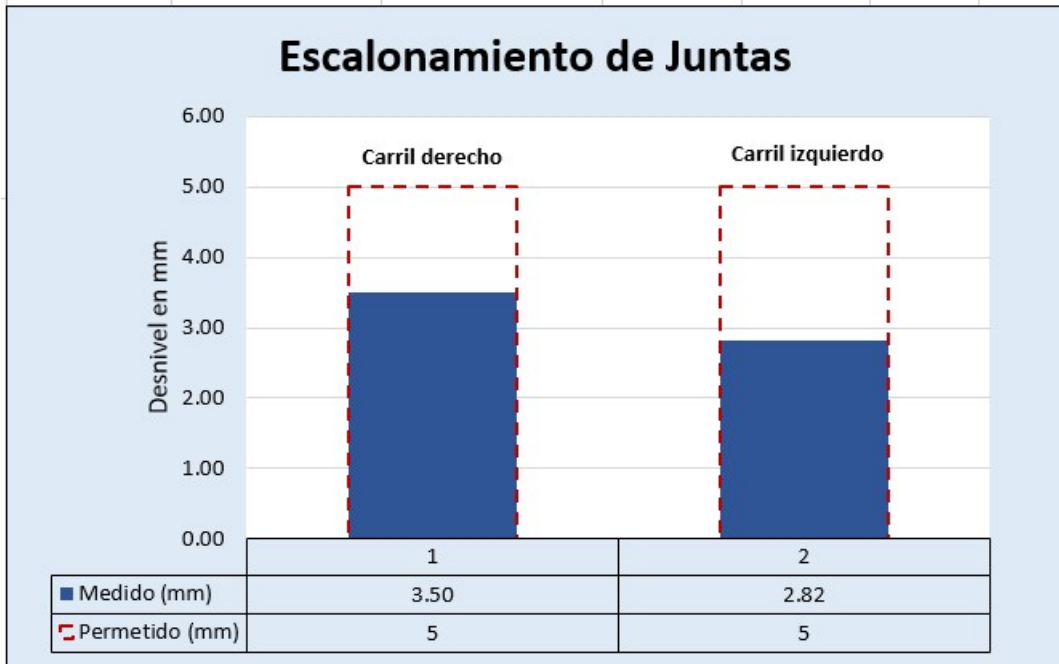


Figura 53 Escalonamiento alcanzado actualmente - Av. 26 de Enero

Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

- Escalonamiento en el Jr. Los Rosales

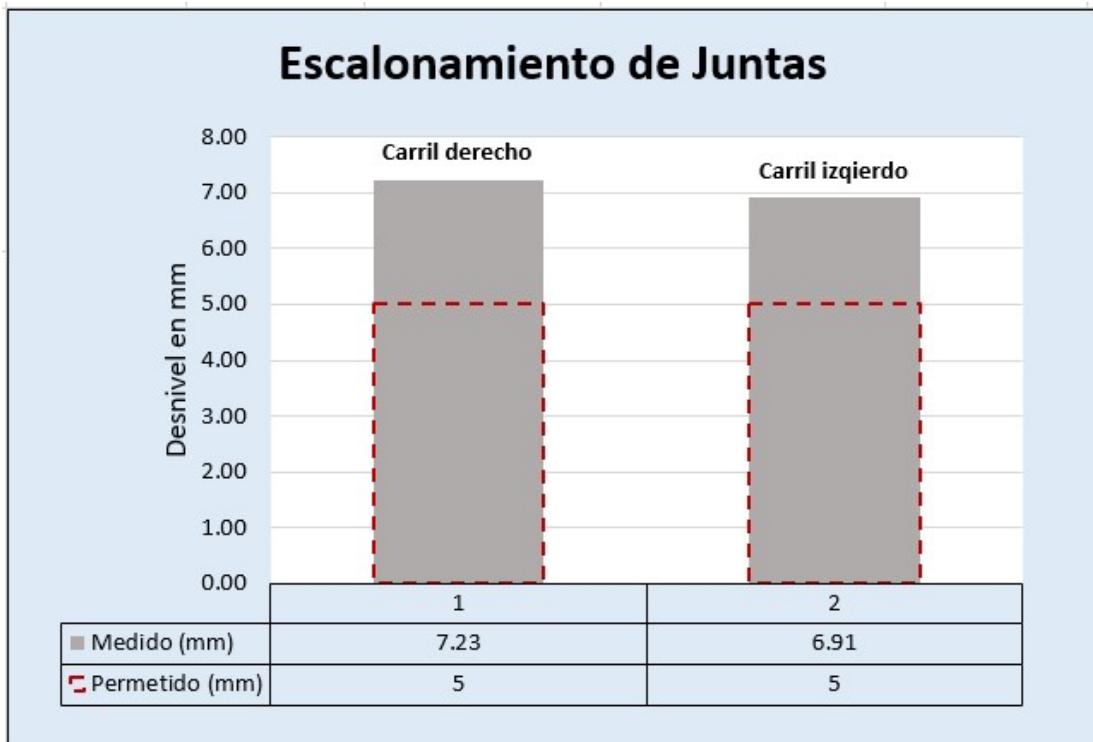


Figura 54 Escalonamiento alcanzado actualmente - Jr. Los Rosales

Fuente: Obtenido de Elaboración Propia

5.1.4 Hipótesis específico 3

Para la reducir los agrietamientos de pavimentos, la alternativa propuesta para la hipótesis sera hacer cortes transversales y longitudinales a la mitad de la losa, se vuelve a evaluar los niveles de agrietamiento con dimensiones geométricas reducidas y con las mismos características y parámetros de diseño.

Tabla 48 *Parámetros de diseño para el análisis de agrietamiento*

Parametros a ingresar a la planilla de calculo	Nombres de las vias a Analizar	
	Av. 26 de Enero	Jr. Los Rosales
Espesor subbase (cm)	20	20
Espesor losa (cm)	20	20
Ancho de losa (m)	1.6	1.55
Longitud de losa (m)	2	1.5
Periodo de diseño (años)	20	20
Modulo de rotura (MPa)	3.93	3.45
Agrietamiento máxima de agrietamiento	20%	20%
Esal's de Diseño	3,302,372	1,842,486

Fuente: Elaboración Propia

a) Esfuerzos máximos en pavimentos de losas reducidas

Tabla 49 *Resultados de esfuerzos del EverFE 2.25*

Esfuerzos de tensión en Mpa - Av. 26 de Enero			
Tipo de Eje	Transversal	Longitudinal	Esquina
Eje Simple	1.718	1.412	1.192
Eje Simple Dual	1.694	1.392	1.42
Eje Tandem	1.491	1.241	1.541
Eje Tridem	0.976	0.64	0.821
Esfuerzos en Mpa - Jr. Los Rosales			
Tipo de Eje	Transversal	Longitudinal	Esquina
Eje Simple	1.720	1.418	1.018
Eje Simple Dual	1.569	1.289	1.097
Eje Tandem	1.312	1.329	1.118
Eje Tridem	1.251	1.060	1.151

• Resultado del desempeño de pavimento de losas reducidas para el Av. 26 de Enero

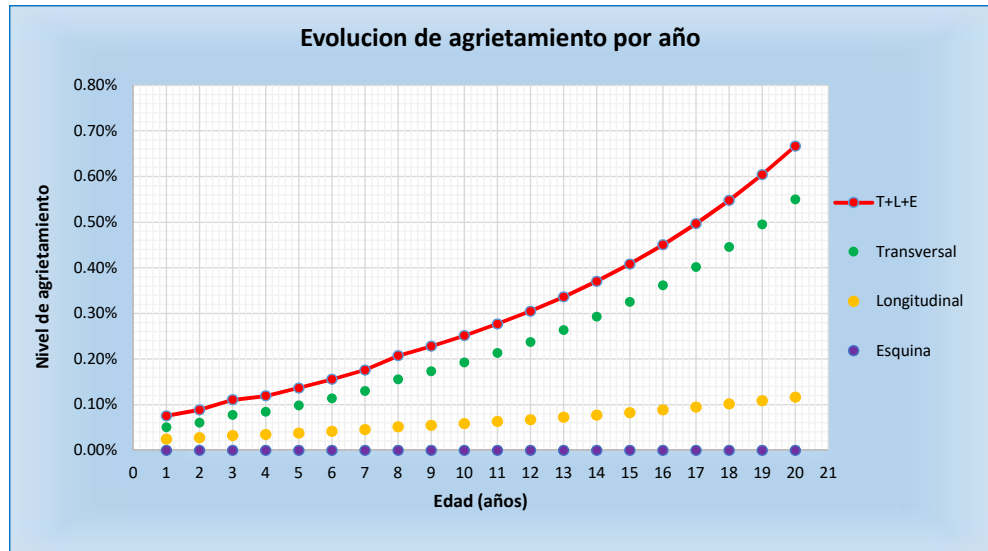
RESULTADOS

d.) Desempeño de pavimento rígido

d.1) Porcentaje de losas agrietadas

Edad (Años)	% Losas con Grietas Transversales	% Losas con Grietas Longitudinales	% Losas con Grietas de Esquina	% Losas Totales con Grietas	% Losas con Grietas Máx. Permitido
1	0.051041%	0.02473%	0.00000000%	0.08%	20%
2	0.061032%	0.02779%	0.00000000%	0.09%	20%
3	0.078200%	0.03265%	0.00000000%	0.11%	20%
4	0.084739%	0.03441%	0.00000000%	0.12%	20%
5	0.098593%	0.03797%	0.00000001%	0.14%	20%
6	0.113872%	0.04171%	0.00000001%	0.16%	20%
7	0.130644%	0.04562%	0.00000001%	0.18%	20%
8	0.156074%	0.05122%	0.00000001%	0.21%	20%
9	0.173391%	0.05486%	0.00000001%	0.23%	20%
10	0.192626%	0.05875%	0.00000001%	0.25%	20%
11	0.213990%	0.06292%	0.00000002%	0.28%	20%
12	0.237718%	0.06739%	0.00000002%	0.31%	20%
13	0.264070%	0.07217%	0.00000002%	0.34%	20%
14	0.293335%	0.07729%	0.00000003%	0.37%	20%
15	0.325833%	0.08278%	0.00000003%	0.41%	20%
16	0.361918%	0.08865%	0.00000004%	0.45%	20%
17	0.401983%	0.09494%	0.00000004%	0.50%	20%
18	0.446463%	0.10168%	0.00000005%	0.55%	20%
19	0.495840%	0.10889%	0.00000006%	0.60%	20%
20	0.550649%	0.11661%	0.00000007%	0.67%	20%

d.2) Grafica de curva de losas agrietadas



• Resultado del desempeño de pavimento de losas reducidas para el Jr. Los Rosales

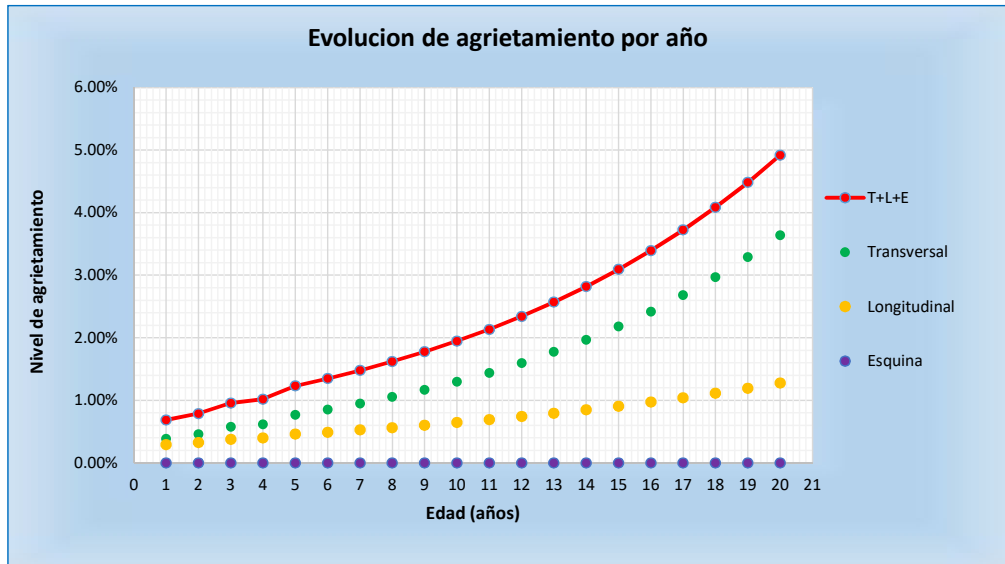
RESULTADOS

d.) Desempeño de pavimento rígido

d.1) Porcentaje de losas agrietadas

Edad (Años)	% Losas con Grietas Transversales	% Losas con Grietas Longitudinales	% Losas con Grietas de Esquina	% Losas Totales con Grietas	% Losas con Grietas Máx. Permitido
1	0.391089%	0.29497%	0.00000000%	0.69%	20%
2	0.460300%	0.32802%	0.00000000%	0.79%	20%
3	0.577655%	0.38038%	0.00000000%	0.96%	20%
4	0.621922%	0.39915%	0.00000000%	1.02%	20%
5	0.772500%	0.45983%	0.00000000%	1.23%	20%
6	0.857626%	0.49233%	0.00000000%	1.35%	20%
7	0.952042%	0.52711%	0.00000000%	1.48%	20%
8	1.056742%	0.56433%	0.00000000%	1.62%	20%
9	1.172820%	0.60417%	0.00000000%	1.78%	20%
10	1.301480%	0.64680%	0.00000000%	1.95%	20%
11	1.444049%	0.69242%	0.00000000%	2.14%	20%
12	1.601981%	0.74123%	0.00000000%	2.34%	20%
13	1.776875%	0.79346%	0.00000000%	2.57%	20%
14	1.970480%	0.84933%	0.00000000%	2.82%	20%
15	2.184711%	0.90910%	0.00000000%	3.09%	20%
16	2.421658%	0.97304%	0.00000000%	3.39%	20%
17	2.683598%	1.04143%	0.00000000%	3.73%	20%
18	2.973008%	1.11457%	0.00000000%	4.09%	20%
19	3.292573%	1.19278%	0.00000000%	4.49%	20%
20	3.645197%	1.27641%	0.00000000%	4.92%	20%

d.2) Grafica de curva de losas agrietadas



5.2 Contrastación de hipótesis

Para la comprobación de hipótesis, se realiza procesamiento de datos recolectadas en la encuesta de observación de los paños de pavimentos rígidos en los dos tramos de estudio Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales, cuya verificación está basada en conteo de paños agrietados y paños correctos referido a la agrietamiento transversal, longitudinal y esquina que existen en los pavimentos estudiados de dicha zona.

Para la Contrastación de la hipótesis se usa la prueba de Chi cuadrado que consiste en comparar los datos observados y los datos esperados distribuidos en la tabla de contingencia con dicha metodología .

a) Planteamiento de hipótesis

H_0 =El nivel agrietamiento alcanzado en pavimento rígido del Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales *no* se determina mediante el análisis de daño por fatiga que son generados por carga de tráfico y temperatura en la ciudad de Ayacucho.

H_1 =El nivel agrietamiento alcanzado en pavimento rígido del Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales se determina mediante el análisis de daño por fatiga que son generados por carga de tráfico y temperatura en la ciudad de Ayacucho.

b) Distribución en la tabla de contingencia

Tabla 50 Distribución observada y esperada, hipótesis general

Descripción		Conteo de losas agrietadas y sin agrietamiento		
		Losas agrietadas	Losas no agrietadas	Total
Pavimento del Jr. 26 de Enero	Observado	5	281	286
	Esperado	13.4	272.6	286.0
Pavimento del Jr. Los Rosales	Observado	25	330	355
	Esperado	16.6	338.4	355.0
Total	Observado	30	611	641
	Esperado	30.0	611.0	641.0

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula para el Chi Cuadrado:

$$x^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

O_i : Valores observados.

E_i : Valores esperados.

Prueba estadística del Chi cuadrado:

$$x_{Cal}^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$x_{Cal}^2 = 9.97$$

Cálculo de grados de libertad:

$$gdl = (n_f - 1)(n_c - 1)$$

$$gdl = (2 - 1)(2 - 1)$$

$$gdl = 1$$

Estimación de confiabilidad y error:

Nivel de confianza = 95 %

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Haciendo uso la fórmula de chi cuadrado, se calcula $x_{Cal}^2 = 9.972$ y con 1 gdl, nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se entra a la tabla chi cuadrado, se calcula $x_{Tab}^2 = 3.8415$ como x_{Tab}^2 es menor a x_{Cal}^2 , por tanto, **Se rechaza la hipótesis nula H_0 .**

Toma de decisión:

El valor de $x_{Tab}^2 = 3.8415 < x_{Cal}^2 = 9.972$ de esta manera se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 es decir: El nivel agrietamiento alcanzado en pavimento rígido del Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales se determina mediante el análisis de daño por fatiga que son generados por carga de tráfico y temperatura en la ciudad de Ayacucho.

5.3 Validación de resultados del planilla de cálculo con el Método Mecanístico Empírico (MEPDG)

a) Contratación de resultados con otras investigaciones

Se proceda realizar a verificar y contrastar los resultados emitidas en la planilla de cálculo comparando los resultados con el software M-E PDG como software del AASHTO; se verifica el grado de afirmación de la curva de agrietamiento, se utilizará los siguientes parámetros de la tesis:

- Implementación de la Guía De Diseño Mecanístico Empírico AASHTO 2008 en la Región de Piura. (Jana, 2016)

Tabla 51 Parámetros de ingreso a los software's

Características y parámetros del pavimento a analizar	Verificación de resultados con la:	
	Planilla de calculo	Software ME-PDG
Espesor subbase (cm)	20	20
Espesor losa (cm)	20	20
Ancho de losa (m)	3.6	3.6
Longitud de losa (m)	4.5	4.5
Periodo de diseño (años)	30	30
Agrietamiento permisible (%)	10%	10%
Esal's de Diseño	12,543,595	12,543,595

Fuente: Elaboración Propia

– Evaluación en el software ME-PDG

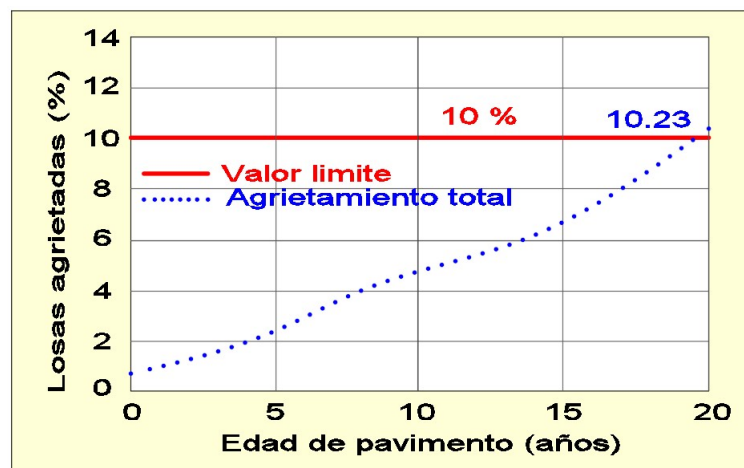


Figura 55 Agrietamiento total para pavimento rígido

Fuente: Obtenido de Jana; 2016

– Evaluación en la planilla de calculo

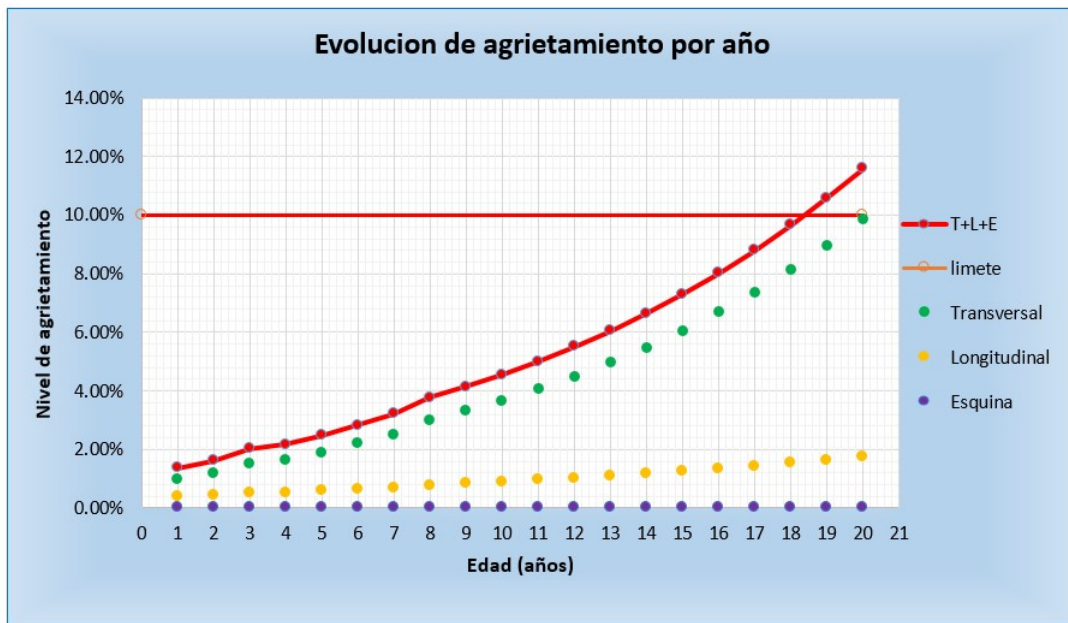


Figura 56 Agrietamiento total para pavimento rígido

Fuente: Obtenido de Elaboración nueva

Comentario de la validación de resultados: Se determina un agrietamiento máximo de 10.23 % en el software ME-PDG y en la planilla de calculo se obtuvo una valor de 11.78%. entonces se verifica que el análisis de la investigación esta correctamente.

- Desarrollo de Alternativa de Diseño de Estructura de Pavimento de Concreto Hidráulico Mediante el Método Mecanístico Empírico en el Salvador. (Castañeda y Gomez, 2015)

Tabla 52 Parámetros de ingreso a los software's

Características y parametros del pavimento a analizar	Verificacion de resultados con la:	
	Planilla de calculo	Software HiperPAV III
Espesor subbase (cm)	20	20
Espesor losa (cm)	25	25
Ancho de losa (m)	3.5	3.5
Longitud de losa (m)	4.0	4.0
Periodo de diseño (años)	20	20
Agrietamiento permesible (%)	10%	10%
Diametro del dowel	1.25 ”	1.25 ”
Confiabilidad	90%	90%
Esal's de Diseño	1,027,456	1,027,456

Fuente: Elaboración Propia

- Evaluación en el software HiperPAV III

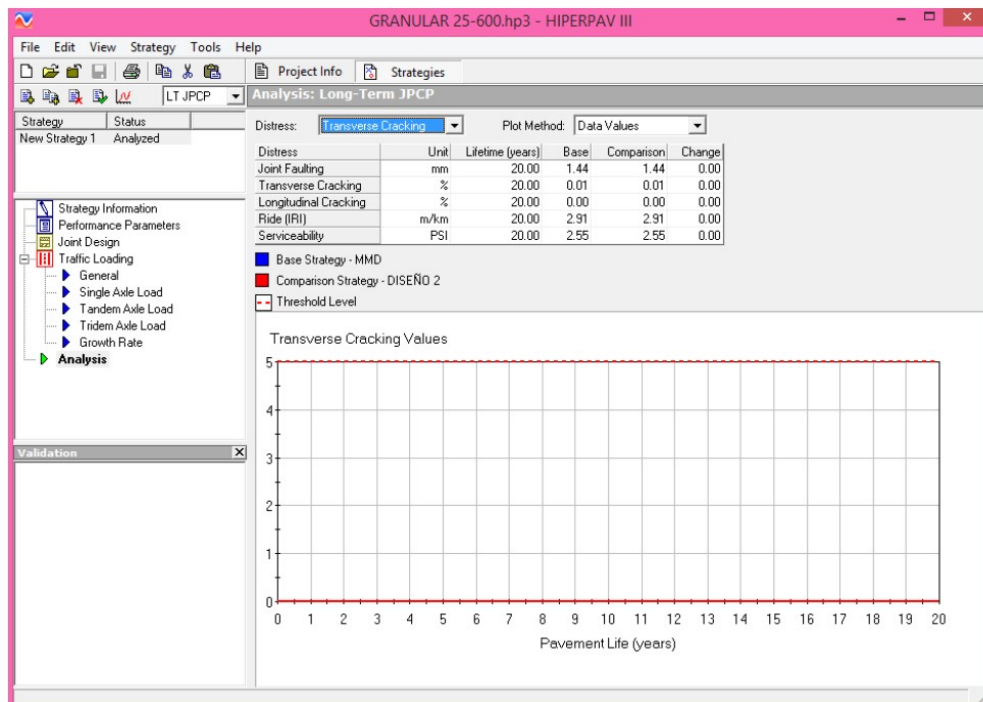


Figura 57 Agrietamiento total para pavimento rígido

Fuente: Obtenido de Castañeda y Gomez; 2015

- Evaluación en la planilla de calculo



Figura 58 Agrietamiento total para pavimento rígido

Fuente: Obtenido de Elaboración nueva

Comentario de la validación de resultados: Se determina un agrietamiento máximo de 0.11 % en el software HiperPAV III y en la planilla de calculo se obtuvo un valor de 1.23%. entonces se verifica que el análisis de la investigación está correctamente evaluado su nivel de agrietamiento con respecto a la Av. 26 de Enero y Jr. Los Rosales.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

De acuerdo con los objetivos establecidos en el primer capítulo y las variables de diseño analizadas en el tercer capítulo, la investigación llevada a cabo y el análisis final de resultados se concluye:

1. En el estudio de la determinación de las curvas del nivel agrietamiento alcanzado para el pavimento del Av. 26 de Enero, el porcentaje de agrietamiento transversal para su tiempo de vida útil actual (8 años) llega un progreso de 1.46 %, por agrietamiento longitudinal esta a un 0.079% y para el agrietamiento esquina fue casi 0.00%, haciendo la sumatoria total de grietas hace un 1.54% para su edad actual, esto debido a que la estructura no esta muy fatigado por que el diseño tiene pasajuntas (dowel) y aceros de amarre la cual disipa los esfuerzos que se generan, por tanto el pavimento funcione adecuadamente mediante su transferencia de carga. Así mismo señalar que para el pavimento del Jr. Los Rosales (5 años) se obtuvo un 3.91% de agrietamiento transversal, 3.76% de agrietamiento longitudinal y para el agrietamiento esquina fue de 0.32% y un total de losas agrietadas 7.98%, es decir el pavimento es de juntas aisladas en la cual generan mayores esfuerzos a pesar que su Índice Medio Diario Semanal (IMD_S) es menor que la del Av. 26 de Enero y ya con un tiempo de 5 años se puede observa las grietas generados en el pavimento. (ver anexo K)
2. En el análisis de fatiga acumulado para ambos vías de estudio, se puede observar en el calculo del daño por fatiga acumulada, en el Jr. Los Rosales progresa desde un valor de 0.86085 (año 1) hasta 1.81465 (año 20) según la ley de Miner, esto se concluye que el diseño no fue satisfactoriamente por que al cumplir sus tiempo de vida (20 años) llegará a un 29.72% superando el parámetro umbral de 20%. Para el pavimento del Av.

26 de Enero no ocurre este fenómeno de fatiga, por que el análisis de daños es menor que “1” es decir llega a un valor máximo de daño de 0.03903 concluyéndose que el diseño fue satisfactoriamente.

3. La transferencia de carga en las juntas es un comportamiento cíclico de pavimentos rígidos que generan a futuro el fenómeno de escalonamiento, en nuestro estudio se observa que el pavimento del Av. 26 de Enero se obtuvo un desnivel de 3.5 mm en el carril derecho y en el carril izquierdo un 2.82 mm medidos en campo es decir no supero el parámetro máximo de diseño de 5 mm de escalonamiento, quiere decir que hay transferencia de carga, y para el Jr. Los Rosales se obtuvo un valor de 7.23 mm en el carril derecho y 6.91 mm para el carril izquierdo la cual superaron el máximo parámetro de 5 mm. diseño, esto debido a que no hay transferencia de cargas de losa a otra losa.
4. Los diseño de pavimentos con losas reducidos o cortadas en 4 partes generan menores esfuerzos por cargas aplicados debido a que el alabeo es menor ya sea convexa o cóncavo, esto implica que nuestros pavimentos podrían ser mas duraderos en tiempo de servicio e incluso podemos reducir sus espesor, ademas si se evalúa su desempeño de estos pavimentos cortas la curva de agrietamiento generan casi al 0% de daño e incluso podríamos aumentar su tiempo de vida útil.

Recomendaciones

1. Es necesario implantar esta metodología en nuestro país y región para poder analizar evaluaciones de desempeño estructural de pavimentos tanto para pavimentos rígidos y flexibles verificándose su correcto diseño de espesor y dimensiones; ya que la metodología actúa como una herramienta de evaluación y predicción para daños que ocasionan al pavimento, este metodología de MEPDG nos muestra curvas de evolución de agrietamiento que nos ayuda a entender el buen diseño del pavimento y recomendar a realizar losas optimizados geométricamente y estructuralmente.
2. Se recomienda aplicar este metodología (MEPDG) con cargas reales y precisas según ejes para obtener fatiga acumulada mas real que caracterizan al pavimento cuando se conoce el numero de pasadas en una vía, para ello es necesario tener en cada región una estación de pesaje que controlan y cuantifican cargas de vehículos con fin de determinar la frecuencia con que se presentan las diferentes magnitudes de las cargas, para cada

tipo de eje considerado (eje simple, simple dual, tándem y trídem).

3. Se recomienda para pavimentos ≥ 4 millones de E.E. usar pasadores o dowels de acero para una transferencia de carga con fin de no generar el fenómeno de escalonamiento verificándose y validándose con la norma (MTC/14), de igual forma se recomienda que los diseños de mezclas realizados se deberían de exigir en los manuales con concretos de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para vías con mediano y alto volumen vehicular ya que esto generará una mejor funcionalidad, durabilidad a los pavimentos. Así mismo sugerir a realizar la prueba de ensayo de flexotracción para pavimentos rígidos por que los pavimentos siempre fallan a tracción y no compresión.
4. De las variaciones en los dimensiones de losas se recomienda evaluar con la metodología para evitar mayores esfuerzos de alabeo cóncavo y convexo que genera la temperatura ambiental, así mismo se recomienda que el MTC en coordinación con el SENAMHI formulen modelos climáticos para cada región del país ya que esto permitiría muchas mejoras en cuanto a los diseños por esfuerzos de alabeo con dimensiones optimizadas de pavimentos rígidos.

Trabajos futuros

1. Elaborar un software para el diseño y evaluación de pavimentos por el método mecánico empírico (MEPDG) en base las calibraciones mas elaboradas regional o nacional de nuestro país.
2. Realizar la implementación del modelo Climático regional para el método Aashto 2008 (MEPDG) con el fin de predecir cambios climáticos que dañen a los pavimentos rígidos de la ciudad de Ayacucho.
3. Realizar un análisis de predicción de fallas por escalonamiento en pavimentos rígidos empleando el método MEPDG.
4. Desarrollar estudios de indice de rugosidad internacional (IRI) para vías de alto y mediano volumen de transito para su mantenimiento en la ciudad de Ayacucho.

Referencias bibliográficas

Ingeniería de pavimentos

- AASHTO93, A. A. S. H. T. O. (1993). *Reglamento de Pavimento Americano AASHTO*. EE.UU.: 444 N. Capitol Street, N.W., Suite 249.
- Bradbury, R. D. (1938). Reinforced Concrete Pavements. *Wire Reinforcement Institute, Washington*.
- Casteñeda, C. M. & Gomez, P. D. (2015). *Desarrollo de Alternativa de Diseño de Estructura De Pavimento De Concreto Hidráulico Mediante El Método Mecanicista Empírico en El Salvador* (Tesis de Pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador.
- CE010, R. d. P. U. (2010). *Reglamento de Pavimentos Urbanos*. Lima: Industrial Gráfica Apolo S.A.C.
- Garnica, A. P. (2004). *Conceptos Mecánicos en Pavimento*. México: Instituto Mexicana de Transporte.
- Huang, H. Y. (2004). *Pavement Analysis and Desing* (2DA Edition.). United States of America: Pearson Prentice Hall.
- Jaña, A. C. G. (2016). *Implementación de la Guía de Diseño Mecánico – Empírico AASHTO 2008 en la Región Piura* (Tesis de Maestría). Universidad de Piura, Piura.
- Leiva, V. F. (2010). Nueva Guia de Diseño Mecánica-Empírica para Estructuras de Pavimento (Guía 2002, Proyecto NCHRP I 37A). *Revista de Universidad de Costa Rica. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME)*, (241), 4–5.
- López, C. U. & Villedas, R. J. (2016). *Evaluación Del Desempeño De Los Pavimentos Rígidos De Geometría Optimizada* (Tesis de Pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Maximiliano, V. E. (2016). *Implementación Del Modelo Climático Eicm Con Fines De Diseño Para Pavimento De Concreto Asfáltico Aplicando La Metodología MEPDG* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

- Meléndez, P. J. E. (2015). Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos de Concreto con juntas para Esfuerzo Combinados. *Instituto de la Construcción y Gerencia ICG*, (08).
- Mendoza, G. H. (2015). *Evaluación del diseño de losas cortas(TCP) en pavimentos según tensiones* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho.
- Menendez, A. J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos Tomo 1* (5ta edic.). Lima Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- MEPDG, A. A. o. S. H. T. O. (2015). *Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimento* (2da edic.). Lima Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- MINVU, M. d. C. (2018). *Códigos de Normas, Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimento* (Vol I.). Chile: Departamento de Tecnologías de la Construcción, Dit., Minvu.
- MTC/14, M. d. C. (2014). *Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimento* (2da edic.). Lima: Biblioteca Nacional del Perú No. 2014-08985.
- Navarro, C. J. I. (2017). *Desarrollo de un Modelo de Predicción del Escalonamiento en Pavimentos Rígidos* (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso Chile.
- NRMCA, N. R. M. C. A. (2009). El concreto en la práctica. *Revista de NRMCA Serie CIP*.
- Pallares, M. M. & Pulecio, D. J. (2017). Análisis por temperatura de losas de concreto hidráulico para pavimentos por el método de los elementos finitos. *Universidad Surcolombiana Neiva, Huila 410001*.
- Peláez, V. J. (2013). Ley de Miner y su Aplicación al Diseño de Concreto Hidráulico. *Universidad de Valladolid*, (Técnica Industrial 248).
- Reyes, L. F. A. (2003). *Diseño Racional de Pavimentos* (1ra edic.). Bogotá Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Riffo, C. K. (2013). *Análisis de Modelos de Desempeño de MEPDG para el Diseño de Pavimentos Rígidos en la Región del BÍO - BÍO* (Tesis de Pregrado). Universidad del Bio Bio, Bio-Bio Chile.
- Román, A. L. R. (2008). *Método Constructivo De Losas Cortas En Pavimentos De Concreto Hidráulico* (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Sanchez, S. F. (2005). *Glosario de Ingeniería de pavimentos*. Bogotá Colombia: Universidad del Cauca.

- TCPavements, M. d. O. L. (2013). *Documentación Y Guía de Diseño OptiPave2* (2da edic.). Chile: Ministerio de Obras Publicas de Chile.
- Tejeda, P. E. & Emilio, S. L. (2012). Estado del Conocimiento en la Modelación de Pavimentos Rígidos (Modelos de Respuesta). *Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echevarría” Departamento de Viales*.
- EG-Vigente, M. d. C. (2013). *Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas de Construcción* (2da edic. Revisada). Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Vivanco, E. C. (2016). *Caracterización Del Tránsito De Vehículos Pesados Aplicando La Metodología Mepdga Ashto 2008; Aplicación En Pavimento De Concreto Hidráulico-Lima* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Westergaard, H. M. (1954). *Stresses In Concrete Pavements Computed By Theoretical Analysis*. U. Harvard University Press.

Otros

- Bill, W. B. D. (2018). EverFE 2.25 (Software for the 3D Finite Element Analysis of Jointed Plain Concrete Pavements). *The University of Maine*. Retrieved from Download:%20https://btbengineer.wordpress.com/home/
- Borja, S. M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo Perú.
- Hernandez, S. R. (2004). *Metodología de la investigación* (6TA Edición). Mexico: Mc Graw Hill Education.
- INGEOTECON, M. D. (2011). Estudio de Suelo y Cantera del Proyecto de Pavimentación - Jr. 26 de Enero.
- Muñoz, R. C. (2011). *Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis* (2DA Edición). Mexico: Pearson Education.
- SENAMHI, W. S. (2019). El clima promedio en Ayacucho Perú. Retrieved from <https://www.senamhi.gob.pe>
- Takahashi, P. K. (2017). Monitoreo y pronóstico de eventos meteorológicos, hidrológicos y climáticos extremos. En *Conferencia Regional SENAMHI 2017*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Lima, Perú.

Anexo A

ESFUERZOS Y DEFORMACIONES OBTENIDAS EN EVERFE 2.25

A.1 Esfuerzos y deformaciones en el Av. 26 de Enero

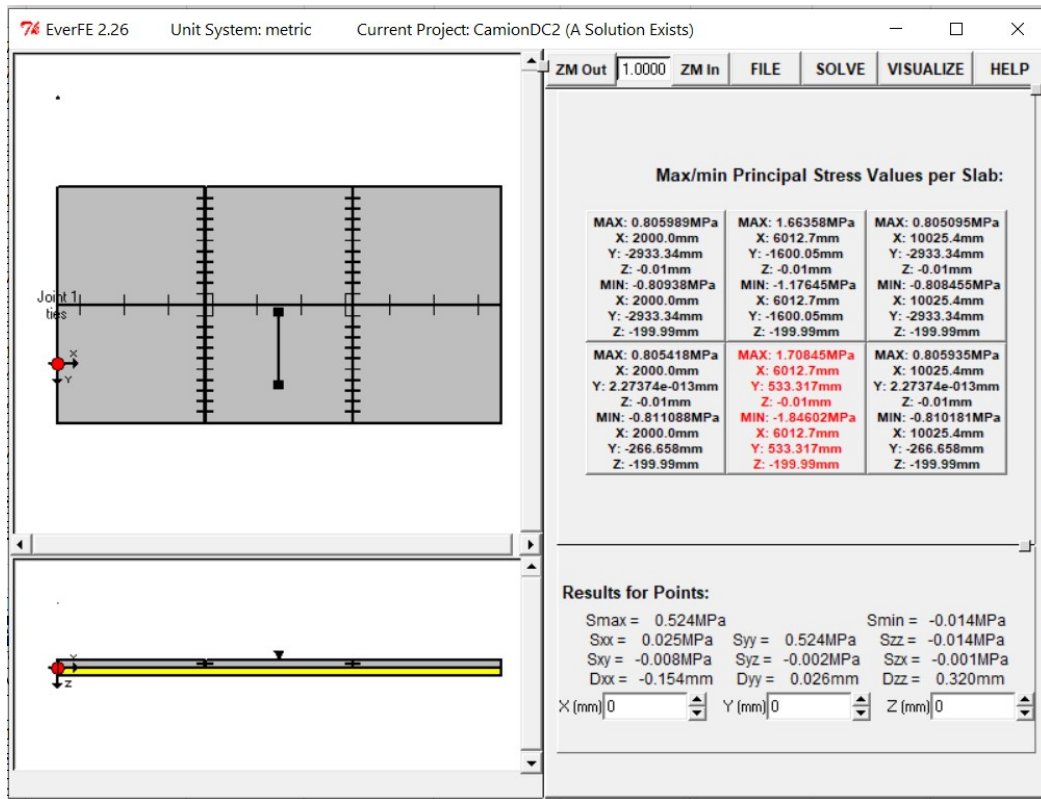


Figura 59 Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento transversal

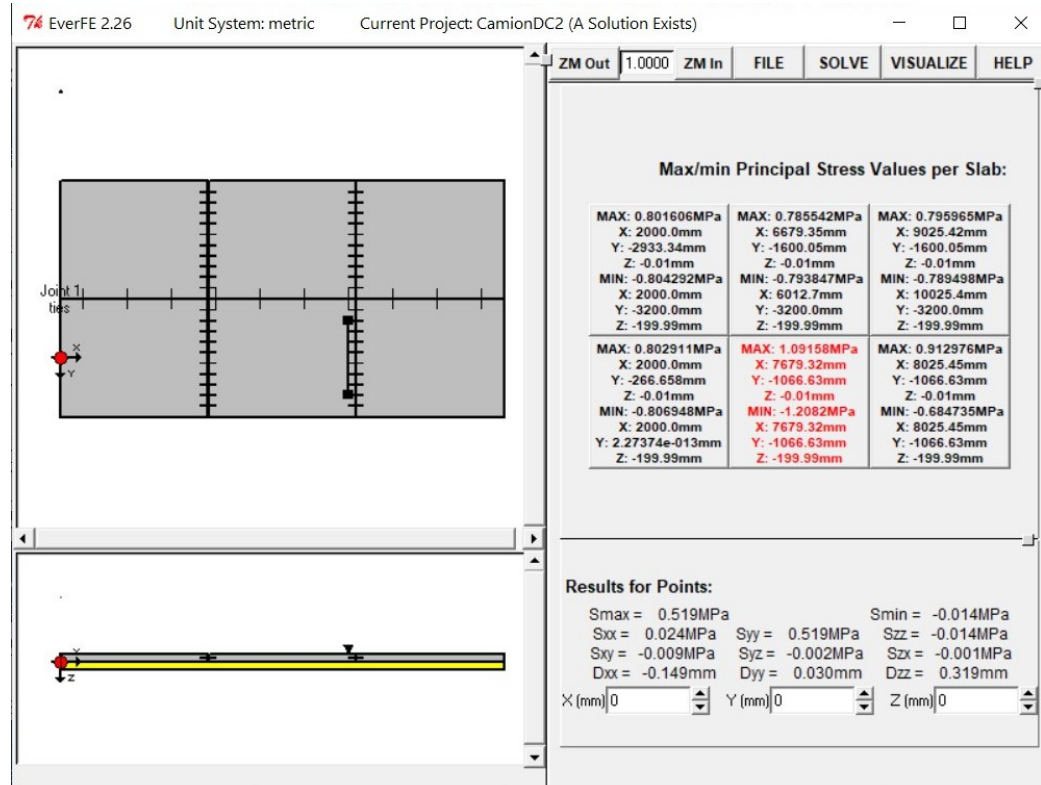


Figura 60 Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento longitudinal

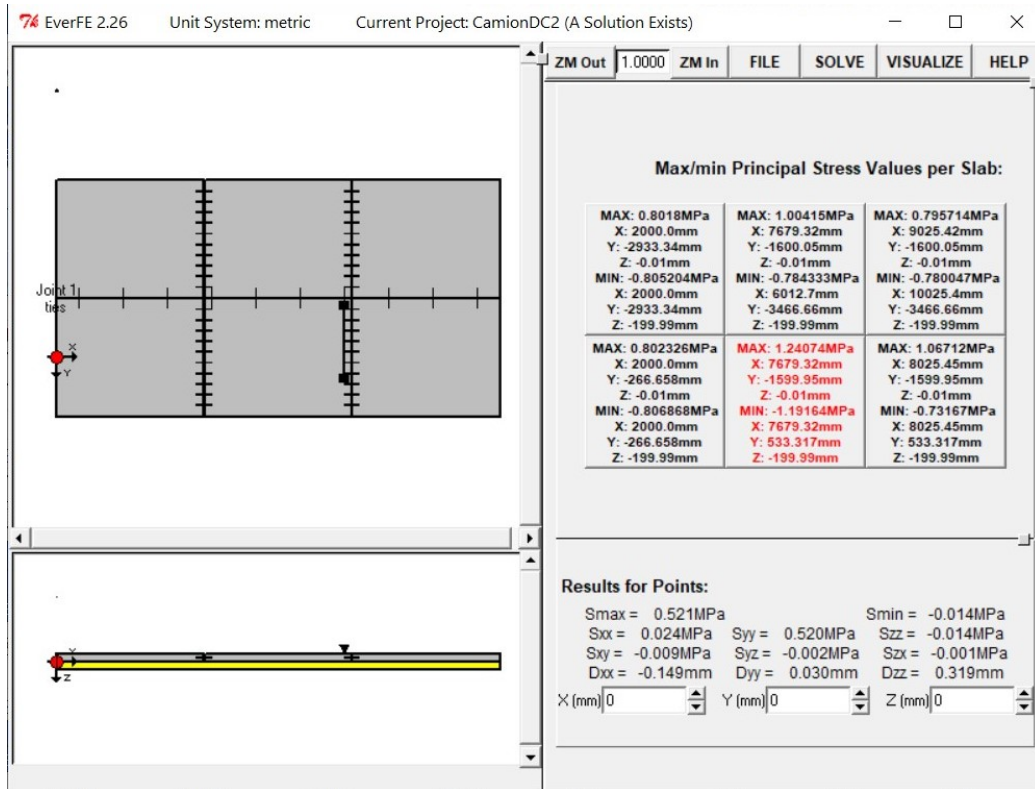


Figura 61 Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento esquina

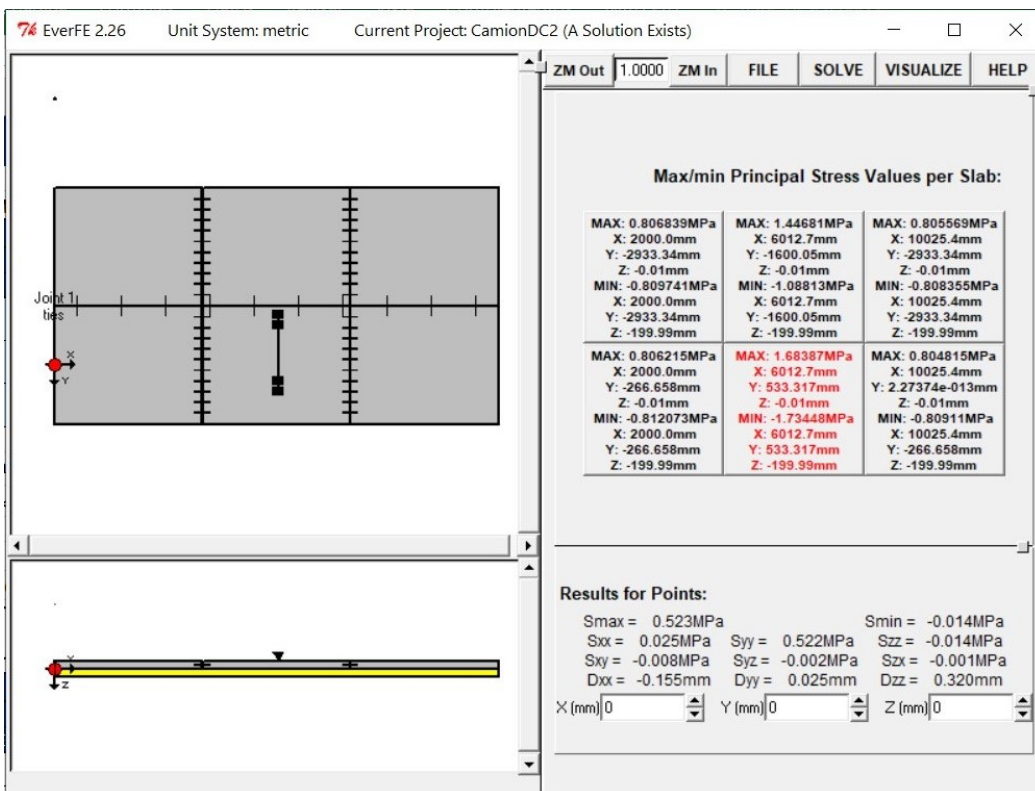


Figura 62 Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento transversal

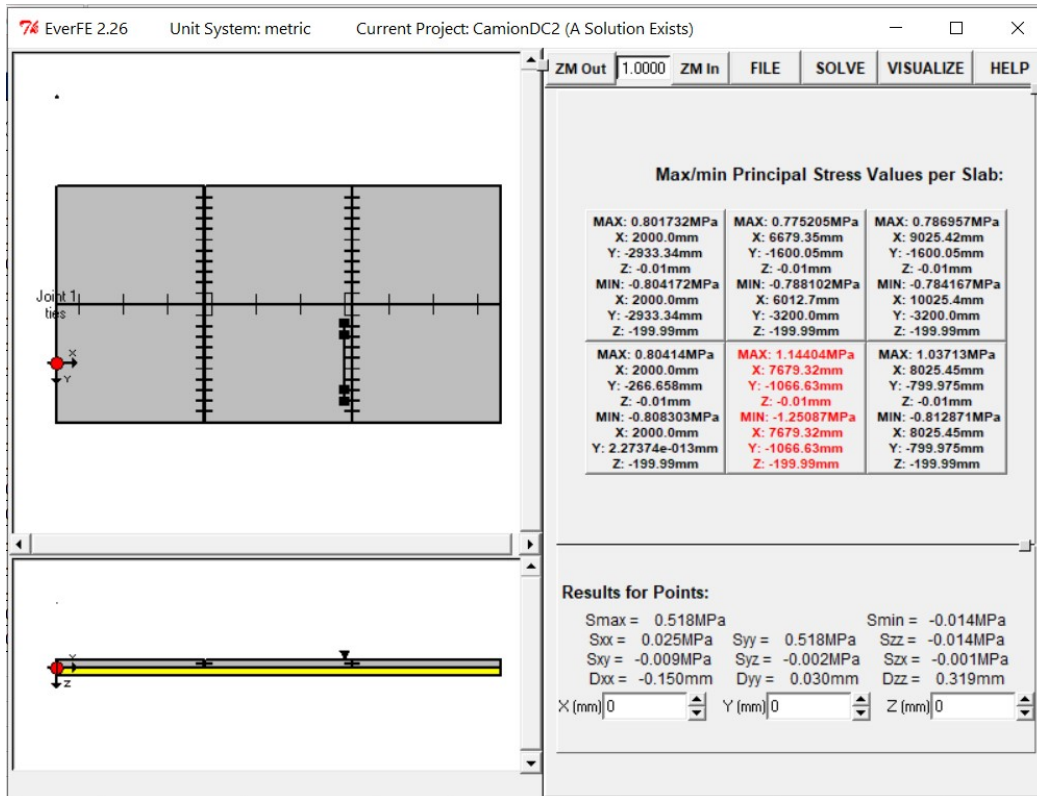


Figura 63 Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento longitudinal

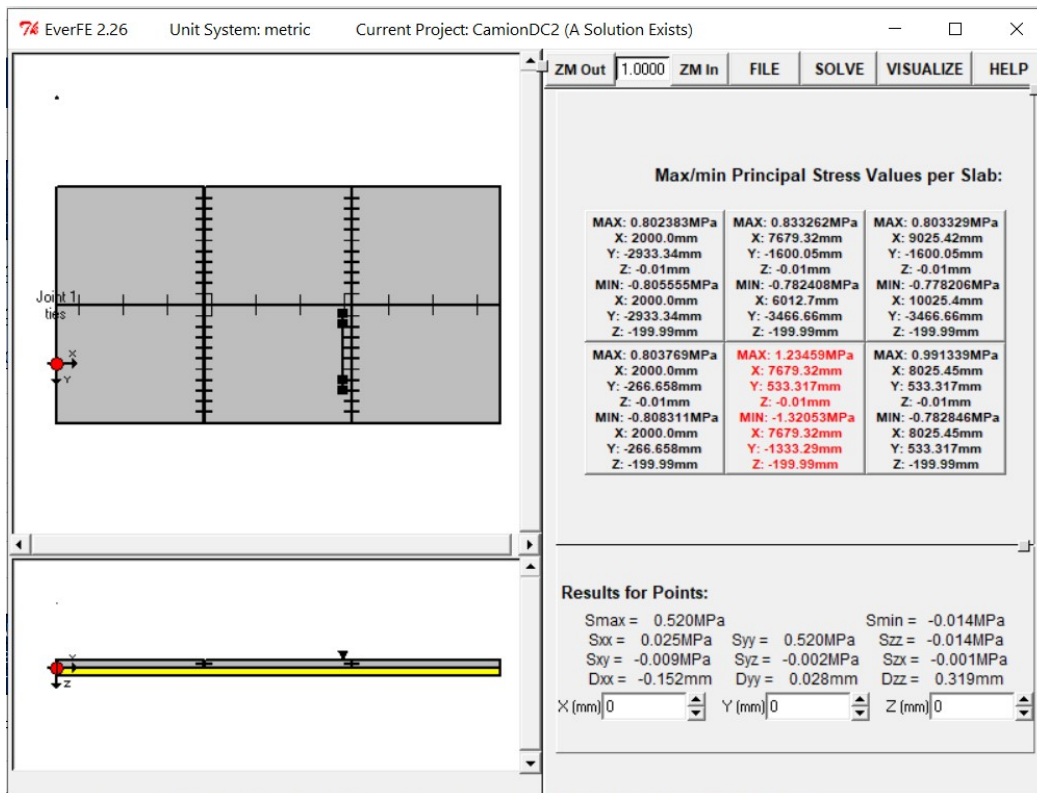


Figura 64 Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento esquina

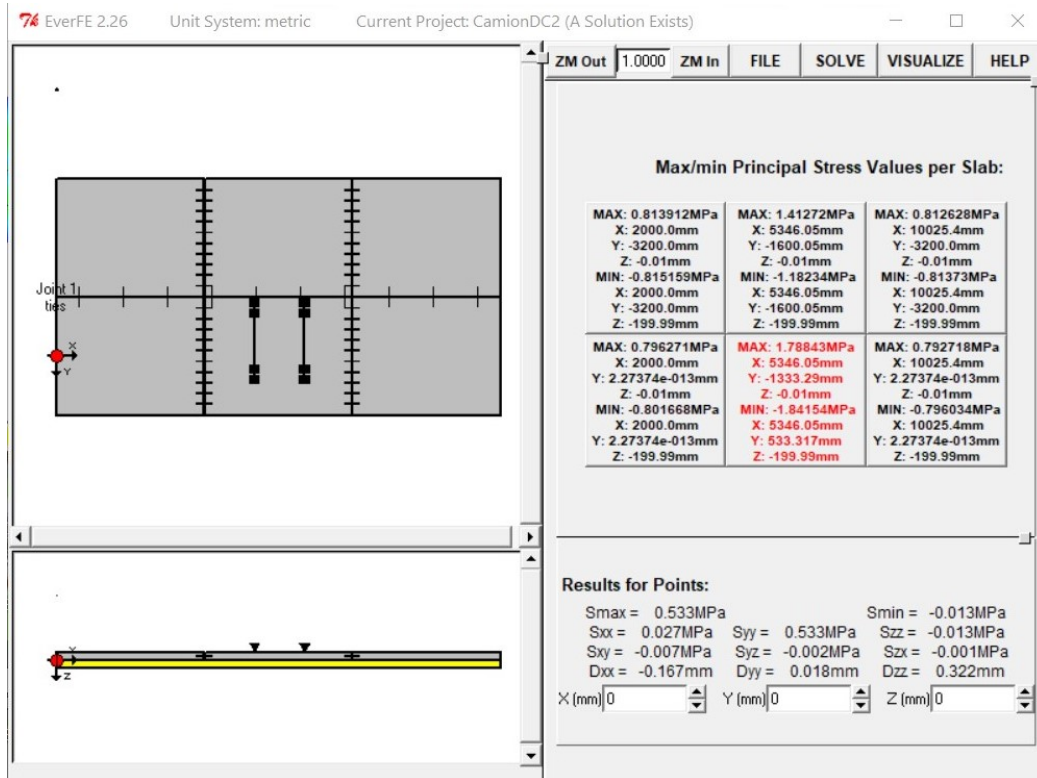


Figura 65 Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento transversal

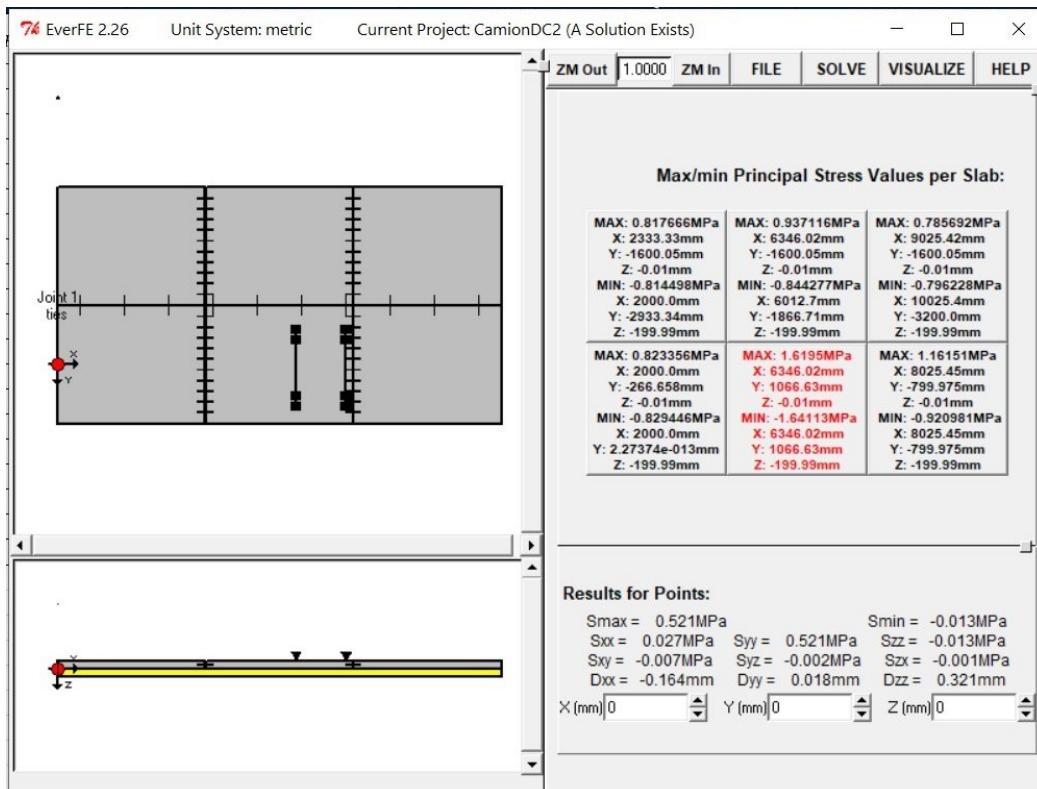


Figura 66 Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento longitudinal

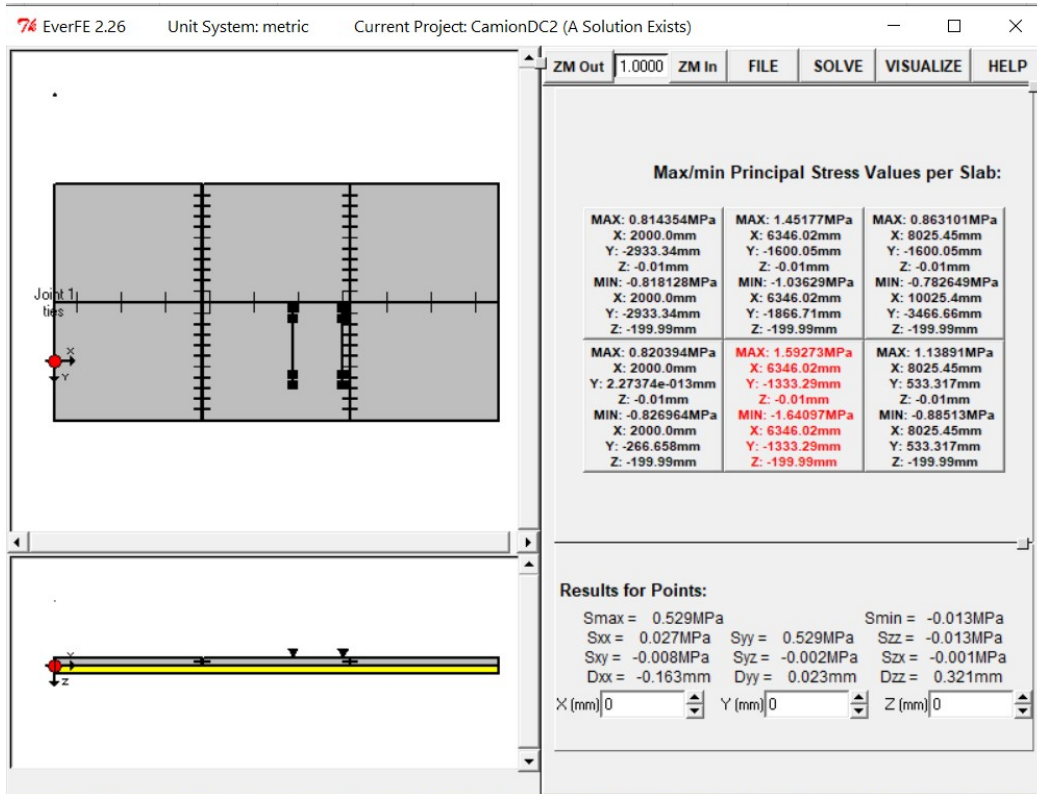


Figura 67 Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento esquina

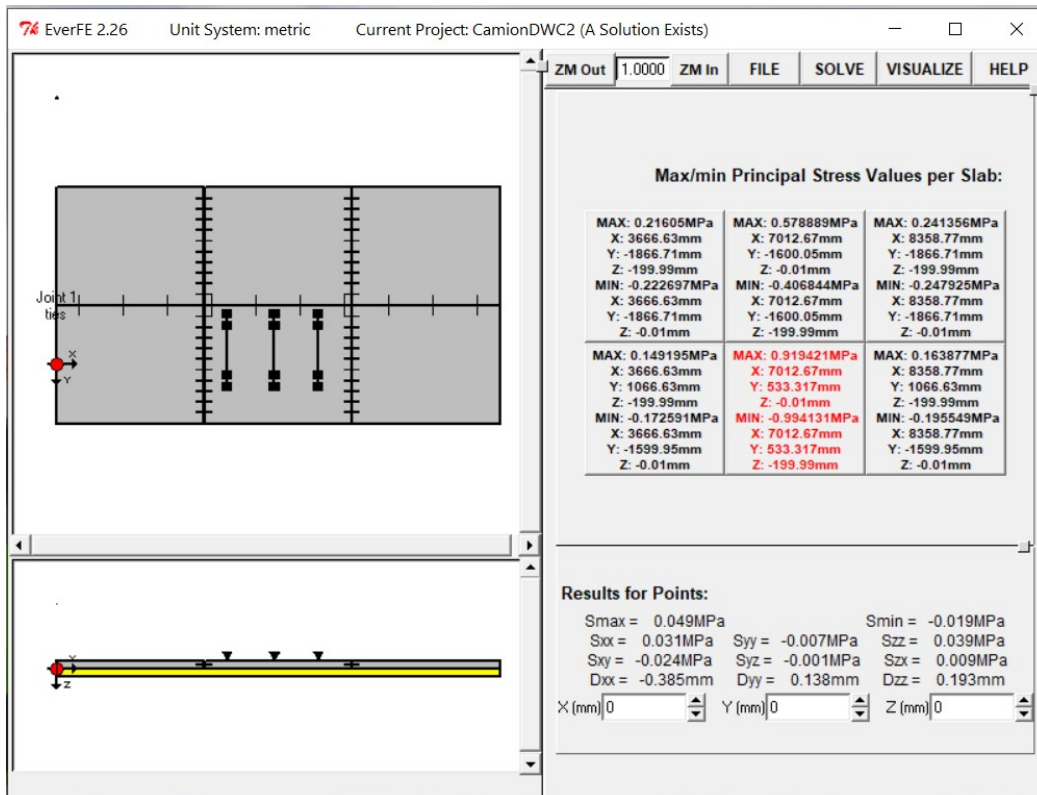


Figura 68 Esfuerzos máximo de eje tridem para agrietamiento transversal

A.2 Esfuerzos y deformaciones en el Jr. Los Rosales

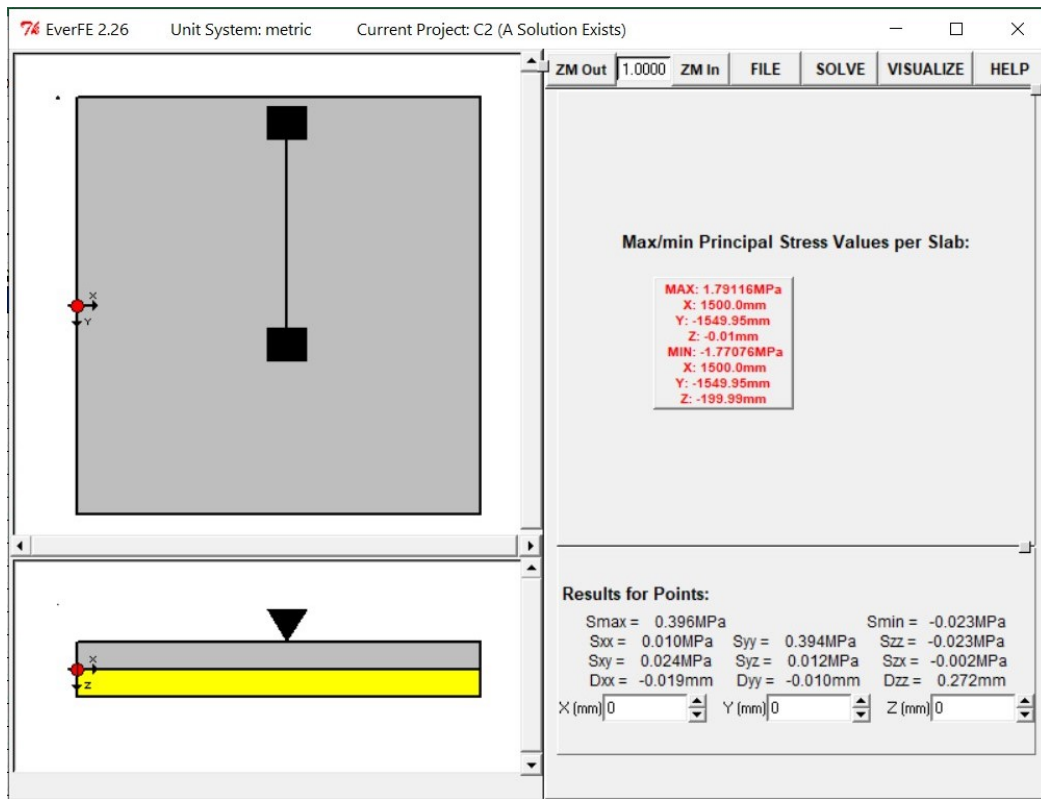


Figura 69 Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento transversal

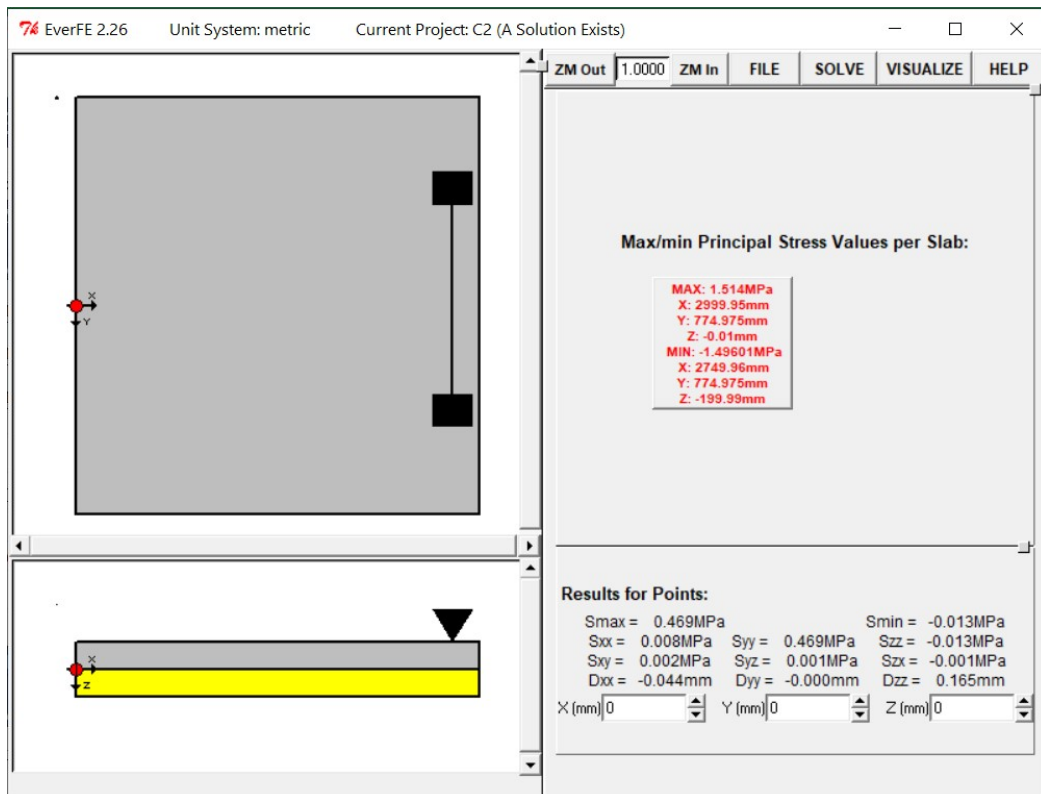


Figura 70 Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento longitudinal

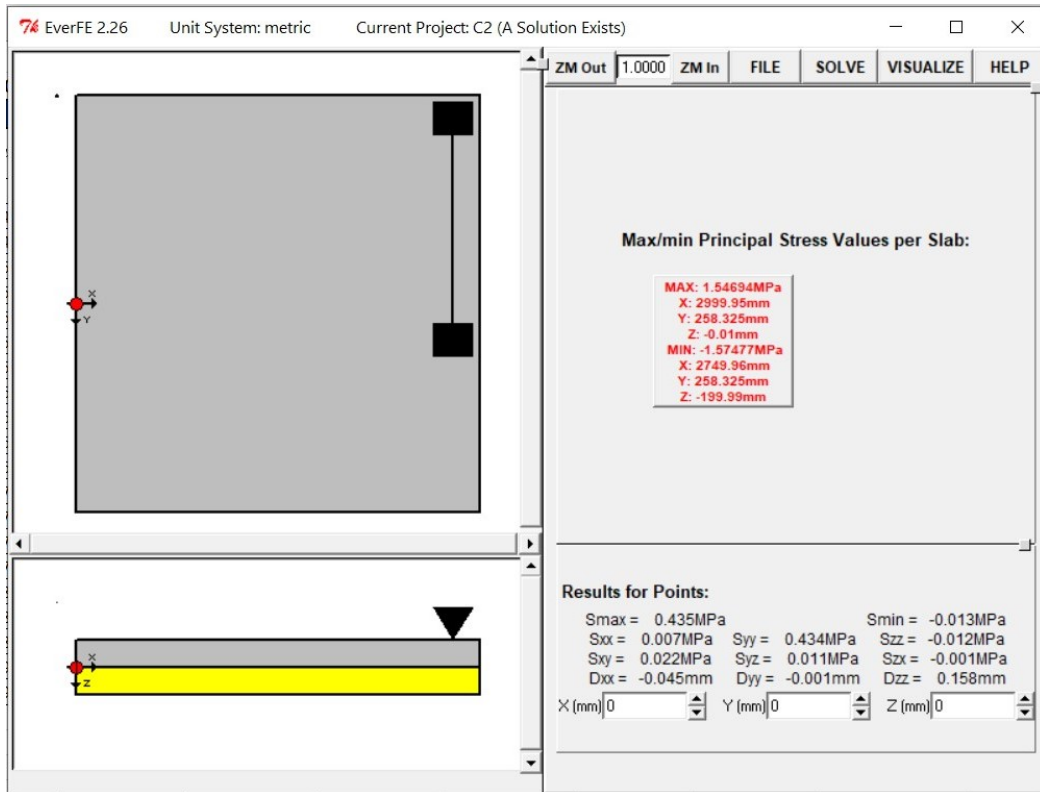


Figura 71 Esfuerzos máximo de eje simple para agrietamiento esquina

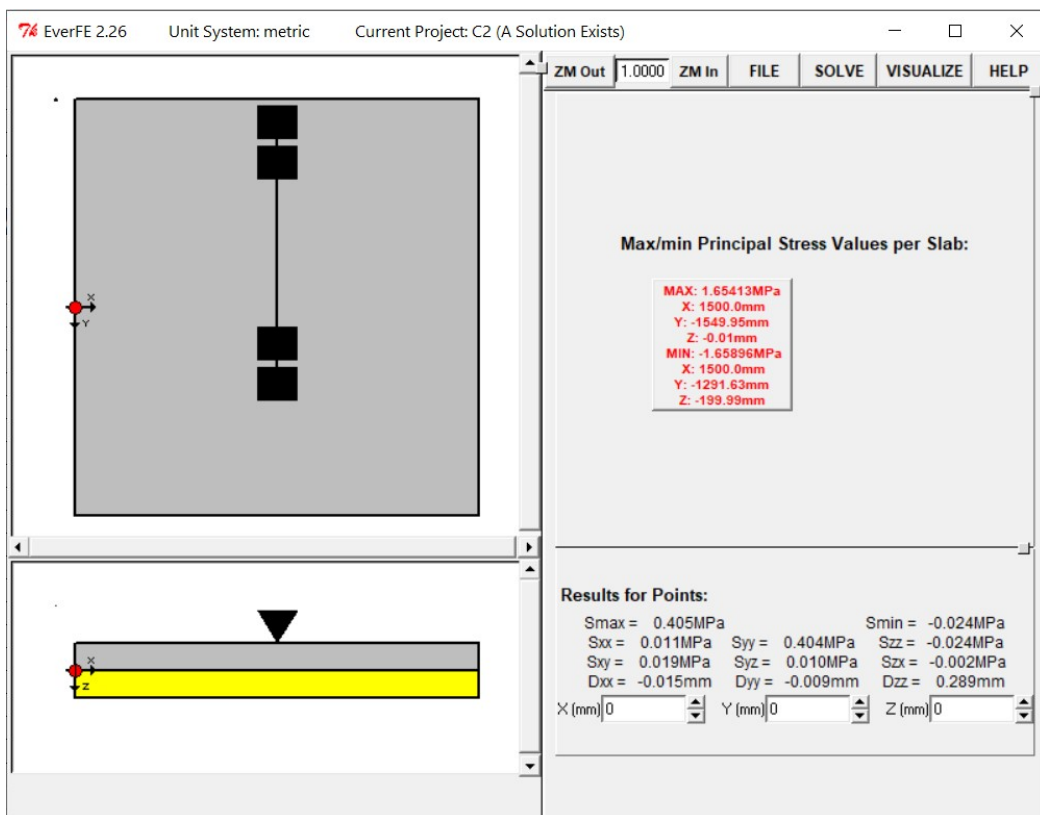


Figura 72 Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento transversal

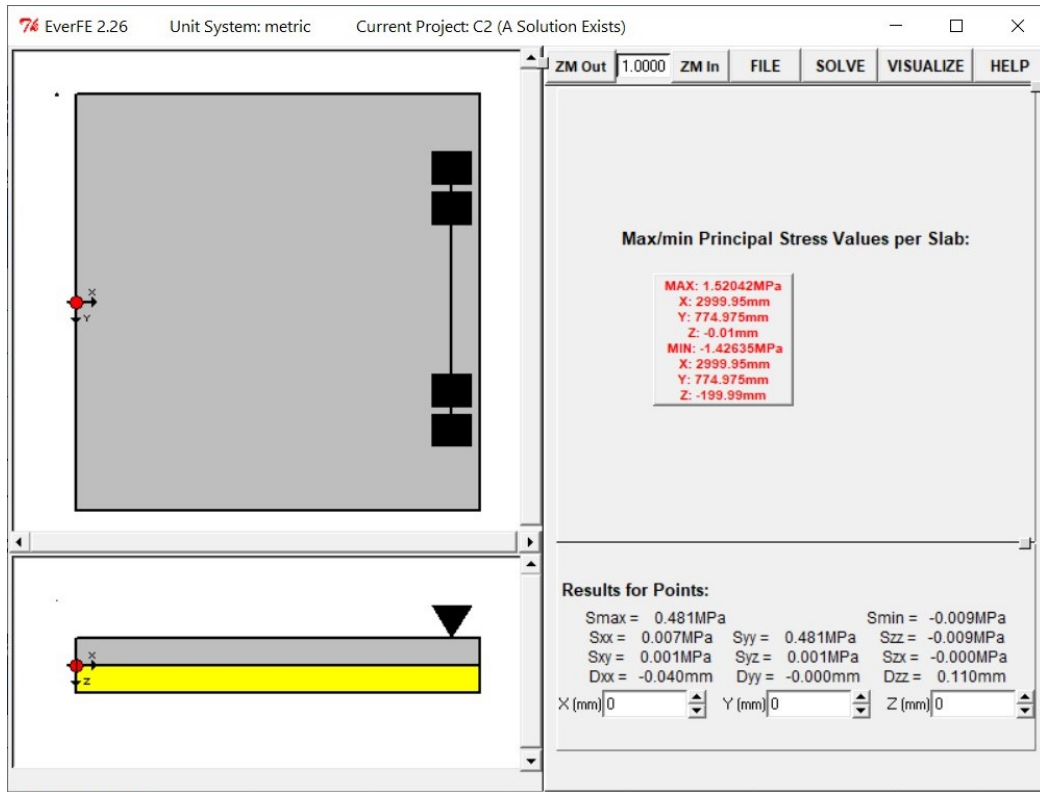


Figura 73 Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento longitudinal

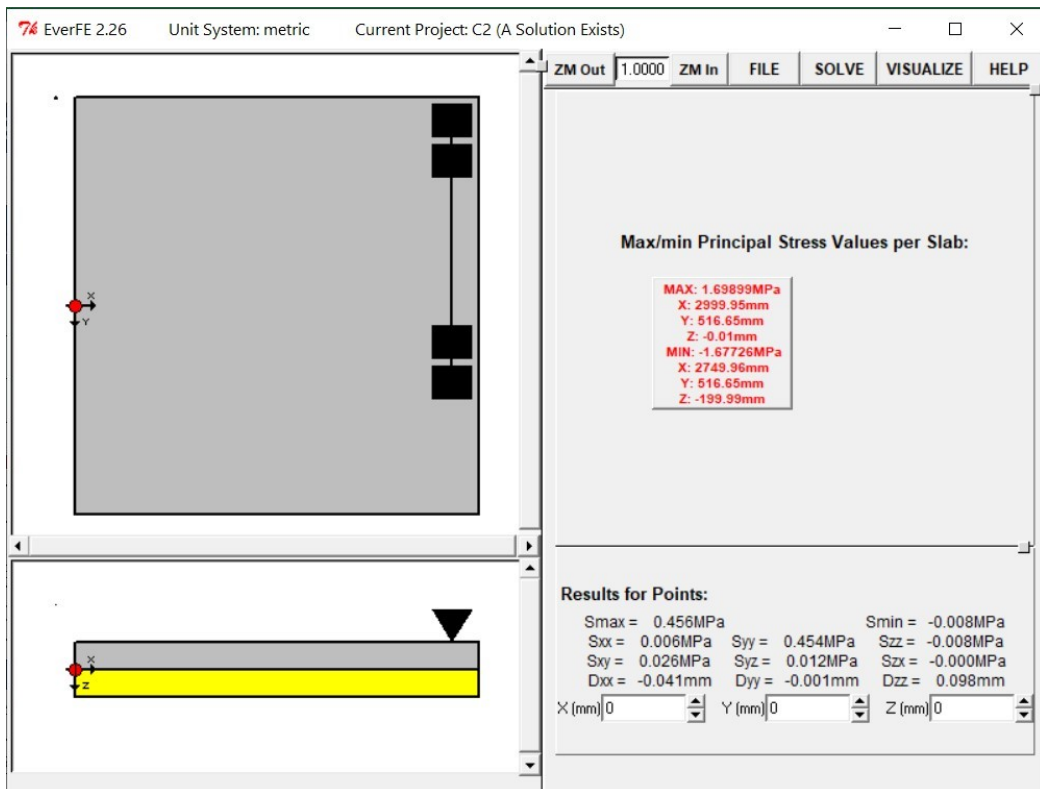


Figura 74 Esfuerzos máximo de eje simple dual para agrietamiento esquina

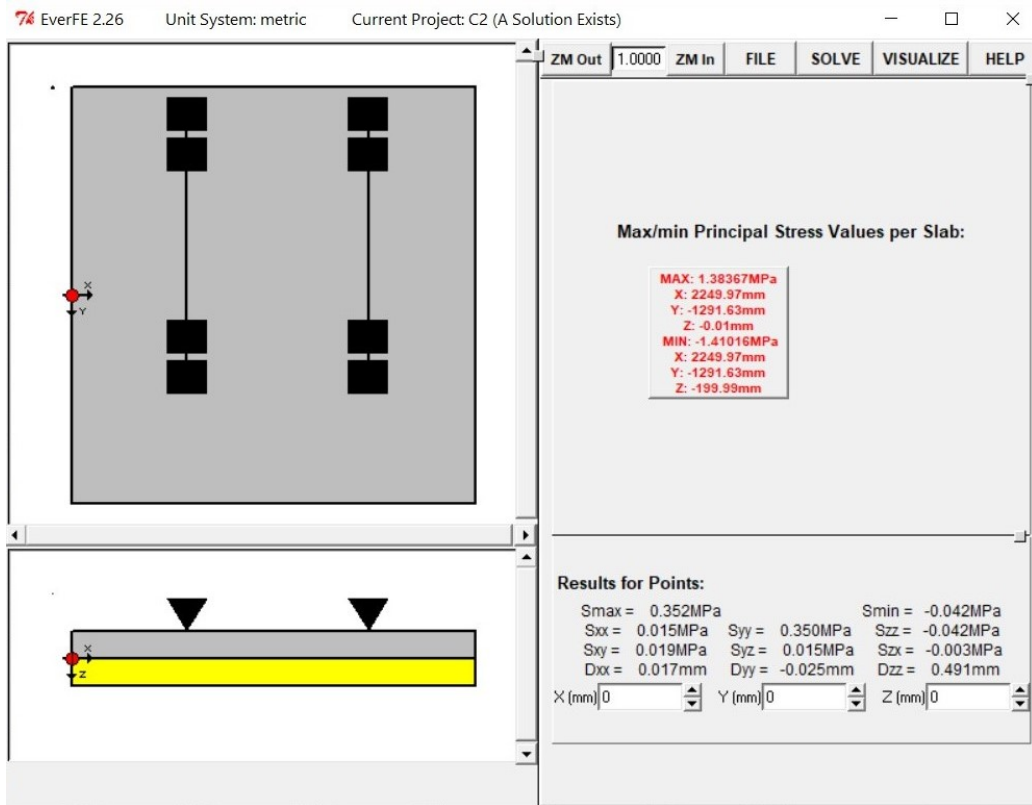


Figura 75 Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento transversal

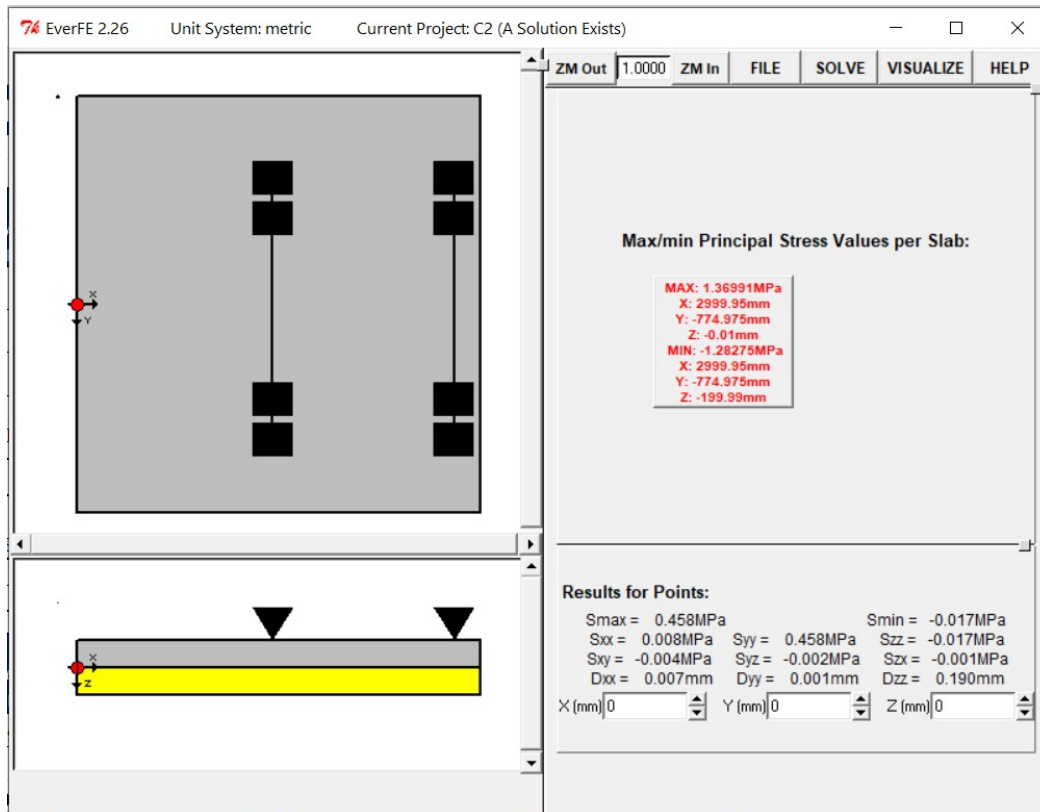


Figura 76 Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento longitudinal

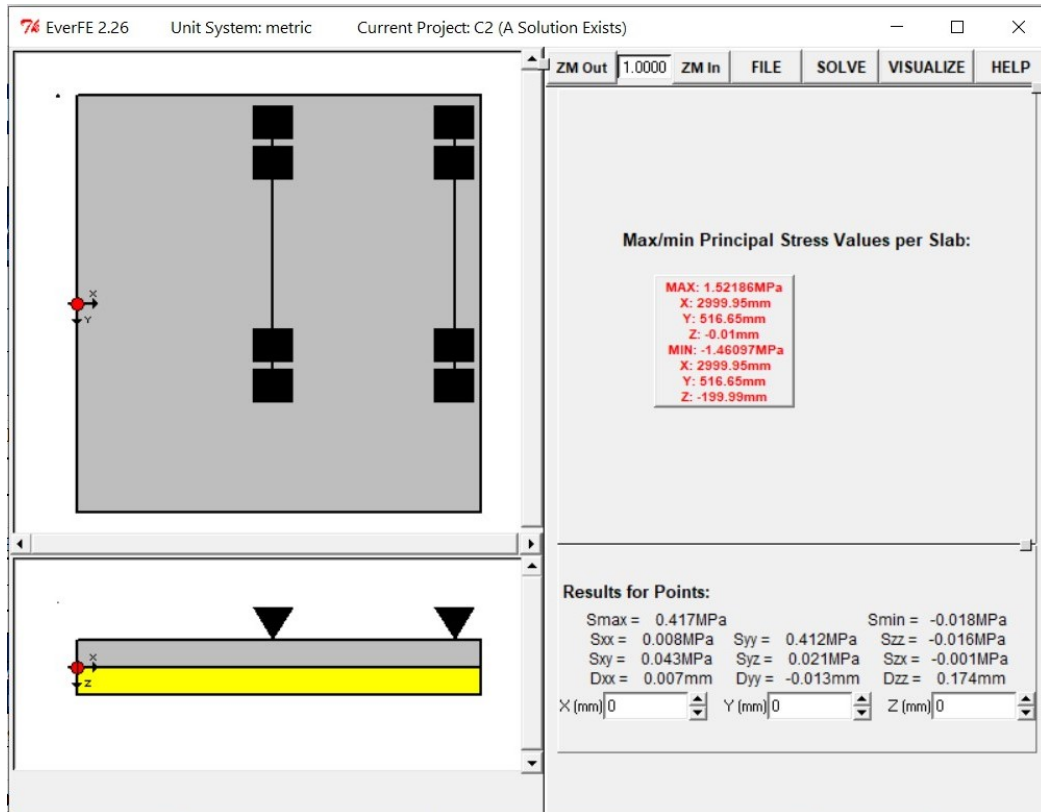


Figura 77 Esfuerzos máximo de eje tandem para agrietamiento esquina

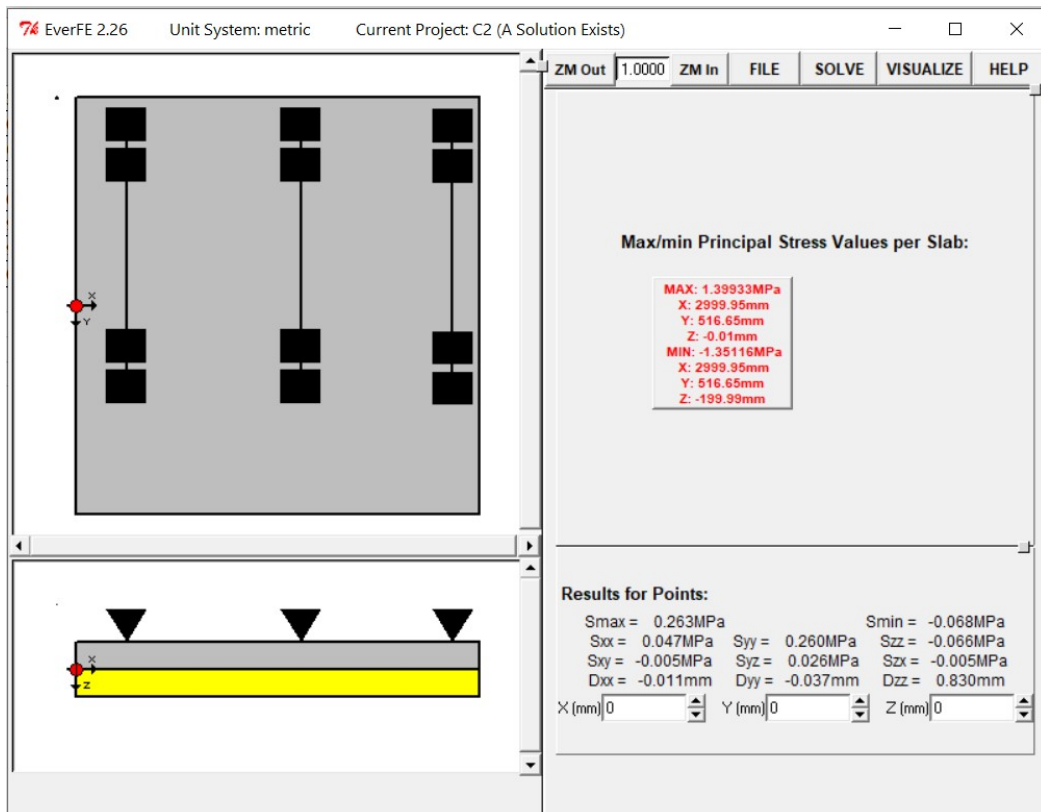


Figura 78 Esfuerzos máximo de eje tridem para agrietamiento transversal

Anexo B

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LOS PROYECTOS EN APLICACIÓN

B.1 Estudio de suelo del Av. 26 de Enero

6.40 Capacidad de soporte de la Sub rasante (k).

La capacidad de soporte, es el modulo de reacción k de la cama de apoyo de un pavimento de concreto, el valor de k para el proyecto será estimado con correlaciones existentes con el CBR, siendo diferente para el diseño de espesores de pavimento rígido usando el método del AASHTO y del PCA (Asociación de Cemento Portland).

Soporte de la sub rasante (K) para ser usado por el Método del AASHTO.

Llamado también modulo efectivo de la sub rasante, el cual depende del Modulo de Resiliencia del suelo de la sub rasante, y del modulo de elasticidad de la sub base.

El modulo resiliente de la sub rasante se puede obtener a través de la correlación sugerida en la guía AASHTO 2004 (Lister 1987):

$$M_r = 2555 \text{ CBR}^{0.64} \text{ (psi)}, M_r = 13386 \text{ psi.}$$

El modulo elástico de la sub base se puede obtener a través de la correlación sugerida en la guía AASHTO 93: $E_{sb} = 16500 \text{ psi} = 115.5 \text{ Mpa}$.

Del monograma para determinar el modulo de reacción compuesto de la sub rasante, superando una profundidad infinita, para una sub base de 8", se tiene: EL valor compuesto del modulo de reacción K = 658 psi.

Tomando en cuenta el Factor de Perdida de Soporte L_s , que viene a indicar la pérdida de apoyo potencial de las losas debido bien a la erosionabilidad de la sub base o bien a asentamientos diferenciales de la sub rasante, interviniendo en una reducción del modulo de reacción efectivo de la superficie en las que se apoyan las losas, considerando un valor recomendado para sub bases de materiales granulares sin tratar de un modulo $E_{sb} = 115.5 \text{ Mpa}$ de una pérdida de soporte $L_s = 1.00$.

En el monograma para corregir el modulo de reacción efectivo por pérdida potencial de soporte de la sub base se tiene un $K = 185 \text{ psi}$. Por lo cual se usara como Modulo de Reacción efectivo de la Sub rasante de $K = 185 \text{ psi}$.

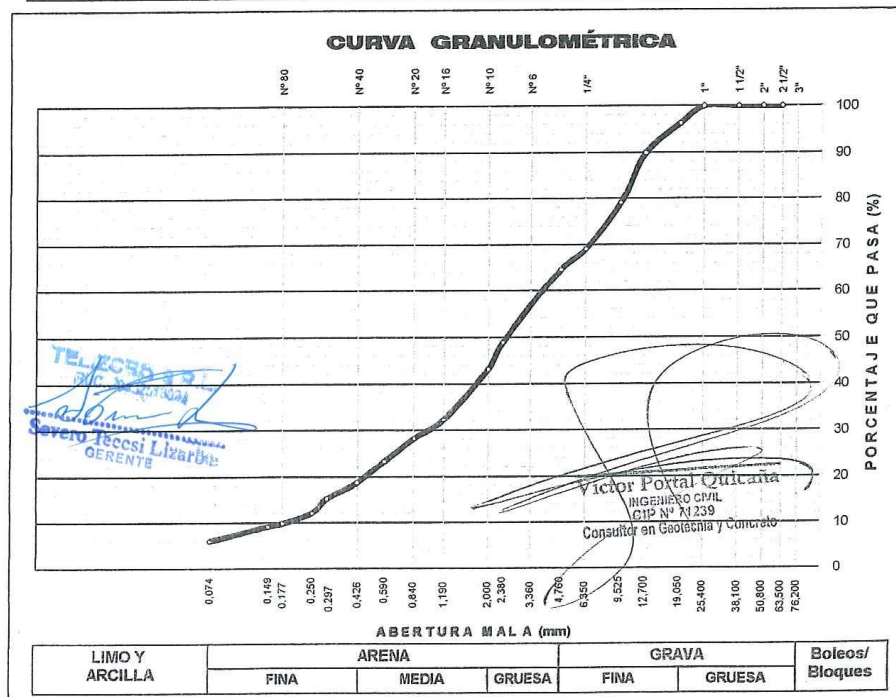
Soporte de la sub rasante K_c para ser usado por el Método del PCA (Portland Cement Association)

Usando las siguientes correlaciones propuestos por el Canadian Portland Cement Association. Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements.

Según los ensayos que se realizo al material de sub rasante, tiene un CBR de diseño de 13.3%, haciéndole la respectiva correlación se tiene un Modulo de Reacción de la sub rasante de $K_{sr} = 200 \text{ psi}$.

Al usar la capa de Sub base se obtiene un incremento en el valor de K, el cual debe aprovecharse en el diseño estructural, para un espesor de sub base de 8" se usara como Modulo de Reacción de la Sub rasante un $K_c = 255 \text{ psi}$.

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)							
Proyecto	: "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPORONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO"						
Solicitante	: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA	Dep.	: AYACUCHO				
Descripción	: C-1	Provincia	: HUAMANGA				
Estrato	: E-2	Distrito	: AYACUCHO				
Fecha	: JULIO 2011	Lugar	: AV. 26 DE ENERO				
TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	76.200	-	-	100.0	PESOS (gr) Peso seco inicial 829.4	
	2 1/2"	63.500	-	-	100.0	Peso seco lavado 824.5	
	2"	50.800	-	-	100.0	Pérdida por lavado 54.9	
	1 1/2"	38.100	-	-	100.0	ENSAYOS ESTÁNDAR	
	1"	25.400	-	-	100.0	% Grava 35.4	
	3/4"	19.050	33.15	3.7	96.3	% Grava gruesa 0.0	
	1/2"	12.700	56.67	6.4	10.1	79.2	% Grava fina 35.4
	3/8"	9.525	35.20	10.7	20.8	69.2	% Arena 58.4
	1/4"	6.350	29.29	10.0	30.8	64.6	% Arena gruesa 21.5
	Nº 4	4.760	40.35	4.5	35.4	64.6	% Arena media 24.4
	Nº 6	3.360	-	-	35.4	48.9	% Arena fina 12.6
	Nº 8	2.380	139.61	15.7	51.1	43.2	% de Finos 6.2
	Nº 10	2.000	51.18	5.8	56.8	32.4	D ₁₀ = D ₆₀ (mm) = 0.1830
	Nº 16	1.190	96.12	10.8	67.6	28.2	D ₃₀ (mm) = 0.9918
	Nº 20	0.840	37.12	4.2	71.8	23.3	D ₆₀ (mm) = 4.0592
	Nº 30	0.590	43.30	4.9	76.7	18.8	Índice de Grupo (0)
	Nº 40	0.426	40.60	4.6	81.2	15.2	U ₁₅ (mm) = 0.2940
	Nº 50	0.297	31.71	3.6	84.8	12.2	U ₅₀ (mm) = 2.5430
	Nº 60	0.250	26.79	3.0	87.8	9.8	D ₈₅ (mm) = 11.2461
	Nº 80	0.177	21.11	2.4	90.2	9.3	AASHTO A-1-a (0)
Nº 100	0.149	4.79	0.5	90.7	6.2	Clasificación SUCS SW-SM	
Nº 200	0.074	27.50	3.1	93.8	6.2	ARENA BIEN GRADUADA CON LIMO Y GRAVA	
Fondo	-	-	-	93.8	-		
Lavado	-	54.9	6.2	100.0	100.0		
TOTAL	-	889.4	100.0	-	-		



PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557) METODO C

Proyecto : "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPOHONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA Region : AYACUCHO

Material : DE SUBRASANTE C-1 Provincia : HUAMANGA

Distrito : AYACUCHO

Fecha : JULIO DEL 2011 Lugar : AV. 26 DE ENERO

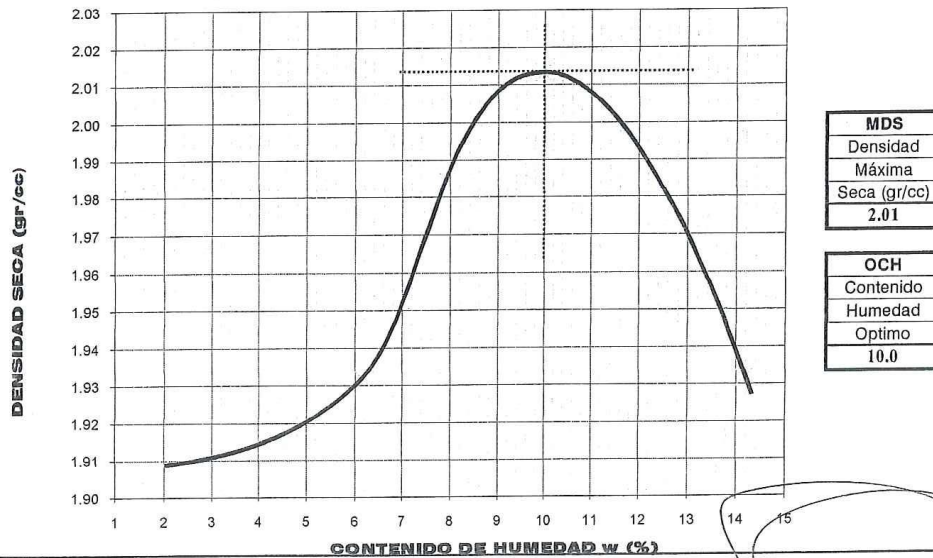
ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación Nº		01	02	03	04	05
Peso del molde y muestra	gr	10,188.0	10,408.0	10,756.0	10,737.0	
Peso del molde	gr	6,050.20	6,050.20	6,050.20	6,050.20	
Peso de la muestra compacta	gr	4,137.80	4,357.80	4,705.80	4,686.80	
Volumen del molde	cc	2,125.13	2,125.13	2,125.13	2,125.13	
Densidad húmeda	gr/cc	1.95	2.05	2.21	2.21	
Densidad seca	gr/cc	1.91	1.93	2.01	1.93	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro Nº		28.0	32.0	31.0	17.0
Peso del tarro	gr	68.92	74.87	70.16	65.75
Peso tarro + suelo húmedo	gr	332.73	315.68	390.43	332.92
Peso de tarro + suelo seco	gr	327.57	301.78	361.37	299.79
Peso del agua	gr	5.16	13.90	29.06	33.13
Peso del suelo seco	gr	258.65	226.91	291.21	234.04
Contenido de humedad	%	1.99	6.13	9.98	14.16

CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



DIRECCION: URB. MARIA PARADO DE BELIDO MZ K1 LOTE 3 EMADI, CEL.966613470, CORREO vpa_vpqi@hotmail.com

TELIZO S.R.L.
RUC: 2482518024
Severo Teccsi Lizarbe
GERENTE

Victor Portal Quiña
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 11239
Consultor en Geotécnia y Concreto

Proyecto	: "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPORONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO"			
Solicitante	: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA		Dep.	: AYACUCHO
Descripción	: C-1 (AV. 26 DE ENERO CON AV. INDEPENDENCIA)		Provincia	: HUAMANGA
Material	: E-2		Distrito	: AYACUCHO
Fecha	: JULIO 2011		Lugar	: AV. 26 DE ENERO

C.B.R. DE SUELOS EN LABORATORIO
MTC E 132 (ASTM D 1883 - AASHTO T 193)

MOLDE Nº	1		2		3	
CAPAS Nº	5.00		5.00		5.00	
GOLPES POR CAPA Nº	56.00		25.00		10.00	
COND. DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADO	SIN MOJAR	MOJADO	SIN MOJAR	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12,918.00		12,238.00		11,777.00	
PESO DEL MOLDE gr.	8,234.00		7,879.80		7,646.20	
PESO DEL SUELO HÚMEDO gr.	4,684.00		4,358.20		4,130.80	
VOLUMEN DEL MOLDE cc	2,108.55		2,111.32		2,102.24	
DENSIDAD HÚMEDA gr/cc	2.22		2.06		1.96	
DENSIDAD SECA gr/cc	2.02		1.88		1.79	
TARRO Nº	80.00	64.00	80.00	64.00	80.00	64.00
TARRO + SUELO HÚMEDO gr.	146.54	119.24	146.54	119.24	146.54	119.24
TARRO + SUELO SECO gr.	138.44	113.56	138.44	113.56	138.44	113.56
AGUA gr.	8.10	5.68	8.10	5.68	8.10	5.68
PESO DEL TARRO gr.	54.31	55.47	54.31	55.47	54.31	55.47
PESO DEL SUELO SECO gr.	84.13	58.09	84.13	58.09	84.13	58.09
% DE HUMEDAD	9.63	9.78	9.63	9.78	9.63	9.78
PROMEDIO DE HUMEDAD	9.7		9.7		9.7	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/06/2011	05:30:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
16/06/2011	05:30:00	24:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
17/06/2011	05:30:00	48:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
18/06/2011	05:30:00	72:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
19/06/2011	05:30:00	96:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%

PENETRACION

PENETRACIÓN Pulg.	CARGA STAND. Lbs./Pulg. ²	MOLDE Nº 01				MOLDE Nº 02				MOLDE Nº 03			
		CARGA		CORRECC.		CARGA		CORRECC.		CARGA		CORRECC.	
		Lec (Di)	Lbs.	Pulg. ²	CBR %	Lec (Di)	Lbs.	Pulg. ²	CBR %	Lec (Di)	Lbs.	Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		40.0	367	122		20.0	186	65		18.0	179	60	
0.050		95.0	837	279		39.0	358	119		38.0	350	117	
0.075		160.0	1392	464		52.0	469	156		46.0	418	139	
0.100	1000	225.0	1948	649	62.0	63.0	563	188	18.5	55.0	495	165	17.0
0.150		331.0	2854	951		75.0	666	222		75.0	666	222	
0.200	1500	429.0	3891	1230	82.7	96.0	845	282	18.3	91.0	803	266	17.3
0.250		515.0	4426	1475		120.0	1051	350		101.0	888	296	
0.300		599.0	5144	1715		135.0	1179	393		104.0	914	305	
0.400													
0.500													

DIRECCION: URB. MARIA PARADO DE BELIDO MZ K1 LOTE 3 EMADL CEL. 966155118, 966139890, FONO 314887 RPM #893444 CORREO: vps@hstecol.com, ingenierovps@hotmail.com

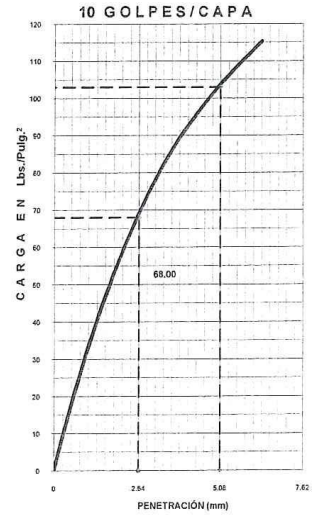
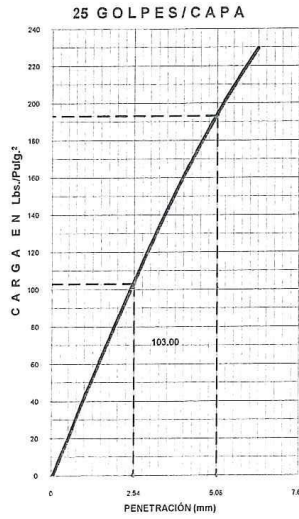
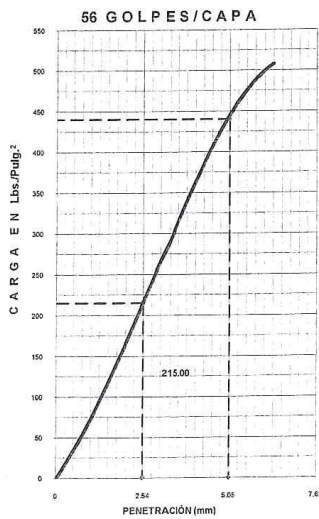
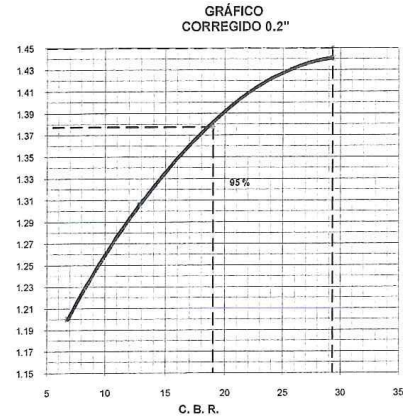
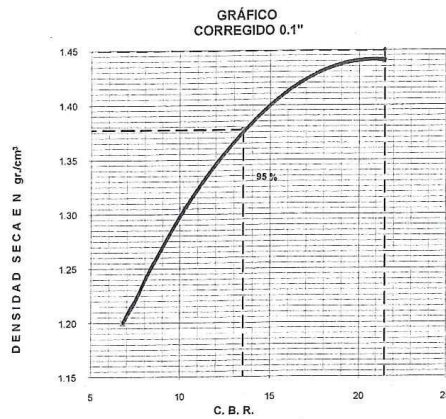
TELZCO S.R.L.
RUC: 20432518024
SEVILLA, España

Victor Portal Quijana
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 71239
Consultor en Geotecnia y Concreto

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

PROYECTO	: *REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPORONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO*	
SOLICITANTE	: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA	
MUESTRA	: E-2	
MATERIAL	: C-6 (AV. 26 DE ENERO CON PJE. LOS LAURELES)	
FECHA	: JULIO 2011	
DEPARTAMENTO	: AYACUCHO	
PROVINCIA	: HUAMANGA	
DISTRITO	: AYACUCHO LUGAR : AV. 26 DE ENERO	

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr./cm ³)	1.45		
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.80		
CBR AL 100% DE LA MDS (%) DE 0.1" DE PENETRACION	21.5		
CBR AL 95% DE LA MDS (%) DE 0.1" DE PENETRACION	13.5		
CBR AL 100% DE LA MDS (%) DE 0.2" DE PENETRACION	29.3		
CBR AL 95% DE LA MDS (%) DE 0.2" DE PENETRACION	19.0		
GRAVA %	15.1	ARENA % 35.9	FINOS % 49.0
AASHTO	A-4 (0)	LL % 35.1	IP % 7.4
SUCS	SM	EMBEBIDO 4 días	EXPANSIÓN 16.6%



DIRECCION: URB. MARIA PARADO DE BELIDO MZ K1 LOTE 3 EMADI, CEL 966155118, 966139800, FIJO 314887 RPM #893444 CORREO vpa_vp@hotmail.com, ingeotecvpq@hotmail.com

TELICRO S.R.L.
 RUC: 20422518024
 Severo Lizarbe

Victor Joxtal Quicaria
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 71239
 Consultor en Geotécnica y Concreto

1.0 COMENTARIOS:

La cantera analizada para material de préstamo (sub base, relleno), es la cantera de Chillico, después de los respectivos análisis geotécnicos se llegan a las siguientes conclusiones:

De los ensayos estándares.-

El material de Sub Base es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: grava (que le dan resistencia), arena (llenar los vacios que dejan las gravas y dar la estabilidad a la capa) y finos (mejorar la estabilidad de la capa). Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el material de sub base será pobre.

De los ensayos granulométricos se puede resumir en la siguiente tabla:

CANTERA	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	D ₁₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	Cu	Cc	D ₁₅ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₈₅ (mm)
CANTERA CHILLICO	51.3	41.4	7.3	0.1674	1.7547	8.1295	48.6	2.3	0.444	5.161	21.233

La fracción gruesa (piedras) de la cantera de Chillico tienen aristas, es decir forma sub angulosa y texturas de superficies semi lisas, teniendo un comportamiento mucho mejor que la piedra lisa sub redondeada, dándole a la capa de sub base resistencia y estabilidad.



Forma y textura del material de la cantera de Chillico (Material lavado)

Victor Portal Quicaña
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 71239
 Consultor en Geotecnia y Concreto

Las fracciones gruesas de las canteras analizadas presentan partículas chatas y alargadas (relación 1/3) muy por debajo de los límites permisibles (20% máximo), por lo tanto no se tendrá problemas de trabajabilidad y facilidad de compactación, no se quebraran las partículas fácilmente en el momento de la compactación, ni se tendrán direcciones preferentes de resistencia.

TECNOGRUPO S.R.L.
 RUC: 20652518024

 Severo Teccsi Lizarbe
 GERENTE

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso, por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

Se puede mencionar que los límites permisibles del Índice Plástico para la Cantera de Chillico son aceptables para los límites recomendados para material de sub base (6% como máximo para pavimentos ubicados por debajo de los 3000msnm).

En cuanto a los límites permisibles del Limite Liquido (25% máximo para material de sub base), el Limite Liquido de la cantera de Chillico está muy por debajo de este valor. El Limite Liquido es un indicativo de la Plasticidad de Suelo.

Según los ensayos de laboratorio se puede presentar la siguiente tabla:

CANTERA	LL %	LP %	IP %
CANTERA CHILLICO	9.4	3.2	6.2

El Índice de grupo es un índice adoptado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo no utilizable para carreteras.

En la cantera el IG tienen como valor (0), lo que indica materiales aptos para usarse en carreteras esto en función al índice de grupo.

De la Clasificación de Suelos.-

Determinadas las características según los acápite anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo y, luego clasificar los materiales.

Los materiales a usarse de la cantera analizada se pueden clasificar como A-2-4 (0), según el sistema de clasificación AASHTO y como GW-GC (GRAVA BIEN GRADUADA CON ARCILLA LIMOSA CON ARENA) según el sistema de clasificación del SUCS.

CANTERA	AASHTO	SUCS	Nombre de Grupo (ASTM 2000) D-2487
CANTERA CHILLICO	A-2-4 (0)	GW-GC	GRAVA BIEN GRADUADA CON ARCILLA LIMOSA CON ARENA

TELZORO S.R.L.
R.C. 20482578024
Severo Lizarbe
Severo Lizarbe
GERENTE

Victor Portal Chiricaña
INGENIERO CIVIL
CIP N° 71239
Consultor en Geotécnica y Concreto

De la Gradación de los materiales de la capa de Sub Base.

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. Según los resultados se concluye que el material para sub base deberá zarandearse por la zaranda de 2".

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por las presentes normas, el material de Sub Base deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

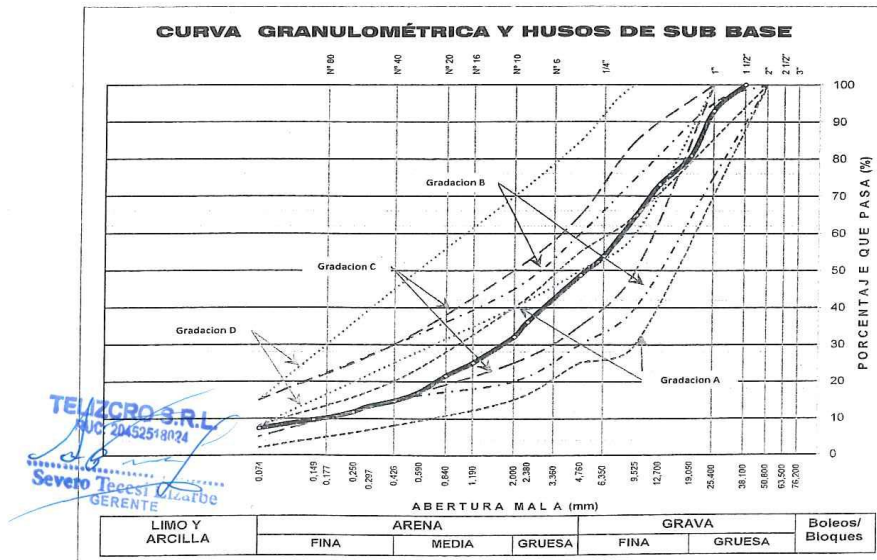
Se distinguen cuatro tipos de material de sub base y su aplicación estará en función a las características propias de la zona y exigencias del análisis de tráfico.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
2"	100	100	---	---
1"	---	75 - 95	100	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
Nº 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
Nº 10	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
Nº 40	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
Nº 200	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Victor Portal Quicaña
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 71235
Consultor en Geotecnia y Concreto

Las curvas granulométricas de los materiales de sub base analizados son los siguientes:

Material zarandeado por la malla de 2" Cantera Chillico, se observa que se adecua mas a la gradación A y B.



Dirección: Urbanización María Parado de Bellido Mz K1 Lote 3 Emadi, Cel: 066 966 155118, RPM #893444

Debido a las condiciones de esfuerzo-deformación, la carga de la rueda es transmitida a la superficie del pavimento a través de la llanta como una presión vertical aproximadamente uniforme y alta. La estructura del pavimento distribuye los esfuerzos de la carga, de una máxima intensidad en la superficie hasta una mínima en la subrasante. Por esta razón los agregados que están en, o cerca de la superficie, deben ser más resistentes, la razón se debe a que las capas superficiales reciben los mayores esfuerzos y el mayor desgaste por parte de cargas del tránsito.

Por otro lado, los agregados transmiten los esfuerzos a través de los puntos de contacto donde actúan presiones altas. El Ensayo de Desgaste de Los Ángeles, ASTM C-131 (para agregados menores de 1 1/2") y ASTM C-535 (para agregados mayores a 3/4"), mide básicamente la resistencia de los puntos de contacto de un agregado al desgaste y/o a la abrasión.

Se observa que los materiales analizados de las canteras cumplen con los requisitos de calidad, en cuanto a la abrasión, estando por debajo de los límites recomendados. (Máximo permitido de desgaste por medio de la máquina de los Ángeles es del 50%)

PROGRESIVA	AASHTO	RESUMEN	
		SUCS	Desgaste Los Ángeles
CANTERA CHILLICO	A-2-4 (0)	GW-GC (GRAVA BIEN GRADUADA CON ARCILLA LIMOSA CON ARENA)	21.7%

Ensayos CBR:

El ensayo de "California Bearing Ratio" o CBR, es un ensayo relativamente simple, comúnmente usado para obtener un índice de la resistencia en los materiales de préstamo en pavimentos y correlaciones respectivas para obtener módulos de reacción del suelo (K) en caso de pavimentos rígidos.

Para materiales de Sub Base, el CBR puede estar asociado a la máxima densidad seca del próctor modificado.

Los materiales de las canteras analizadas cumplen los requisitos de calidad especificados, siendo el CBR mínimo del 40% referido al 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm).

Los resultados de los ensayos se muestran a continuación:

CANTERA	AASHTO	CBR	CBR	Expansión
		AL 100% MDS (0.1")	AL 95% MDS (0.1")	
CANTERA CHILLICO	A-2-4 (0)	72 %	46 %	NE

TELZCRO S.R.L.
RUC: 20492518024
Severo Teccsi Lizarbe
GERENTE

Victor Peralta Quicaña
INGENIERO CIVIL
CIP N° 71238
Consultor en Geotécnica y Concreto

Proyecto : "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPRONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA Region : AYACUCHO

Calicata : CANTERA CHILICO Provincia : HUAMANGA

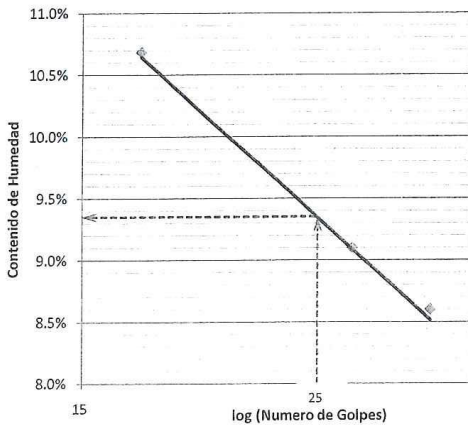
Estrato : MATERIAL DE SUB BASE Distrito : AYACUCHO

Fecha : JULIO 2011 Lugar : 26 DE ENERO

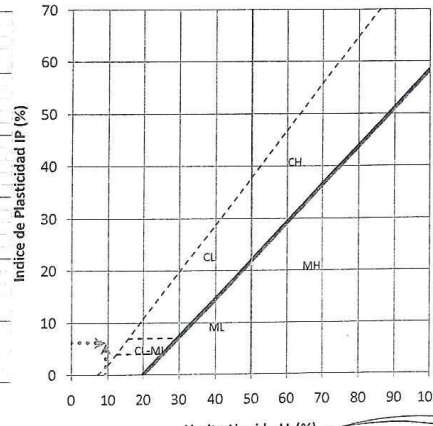
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, MTC E 111-2000)						
DEFINICIONES : El Limite Plastico de un suelo es el contenido de humedad expresado en % del suelo secado en horno, cuando esta se haya entre limite del estado semisolido y el estado plastico.						
	RECIPIENTE	Nº	86.0	85.0	94.0	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	24.21	25.45	22.29	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	23.45	24.66	21.62	
3	PESO RECIPIENTE	gr	0.00	0.00	0.00	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.76	0.79	0.67	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	23.45	24.66	21.62	
6	HUMEDAD	%	3.2%	3.2%	3.1%	
LIMITE PLASTICO		%	3.2%			

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (ASTM D-4318, MTC E 110-2000)						
DEFINICIONES : El limite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en % del suelo secado en horno, cuando esta se haya entre limite del estado plástico y el estado líquido						
	RECIPIENTE	Nº	93.0	90.0	83.0	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	36.88	37.78	32.43	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	33.96	34.63	29.30	
3	PESO RECIPIENTE	gr	0.00	0.00	0.00	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	2.92	3.15	3.13	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	33.96	34.63	29.30	
6	HUMEDAD	%	8.6%	9.1%	10.7%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	32.00	27.00	17.00	
LIMITE LIQUIDO		%	9.4%			

INDICE PLASTICO (%) IP=LL-LP= 6.2%



CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD

DIRECCION: URB. MANA YAMAY DE BELLO MZ. K1 LOTE 3 EMADI. CEL. 966155118, 966139800, FDO. 314887 RPMI #893444 CORREFO vpsj@huamant.com

Severo Tecesi Lizarbe
GERENTE

Victor Portal Quicaña
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 71236
Consultor en Geotécnica y Concreto

DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA SUELOS DONDE EL AFIRMADO TRABAJE COMO FILTRO

Proyecto : "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPRONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA Dep. : AYACUCHO

Descripción : CANTERA CHILLICO Provincia : HUAMANGA

Estrato : MATERIAL DE SUB BASE Distrito : AYACUCHO

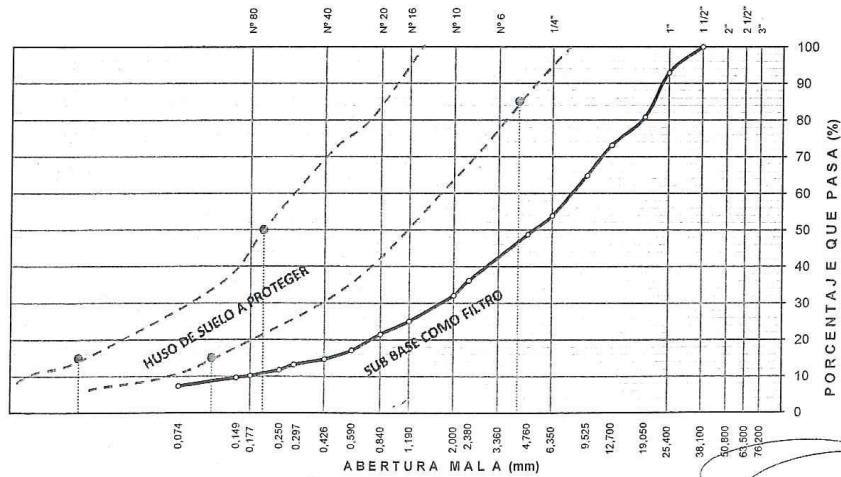
Fecha : JULIO 2011 Lugar : 26 DE ENERO

DEFINICIONES : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
AFIRMADO	
% Grava	51.3
% Grava gruesa	0.0
% Grava fina	51.3
% Arena	41.4
% Arena gruesa	16.6
% Arena media	17.4
% Arena fina	7.4
% de Finos	7.3
$D_{10} = D_{60(mm)}$	0.1674
$D_{30(mm)}$	1.7547
$D_{60(mm)}$	8.1295
Cu =	48.6
Cc =	2.3
$D_{15(mm)}$	0.4436
$D_{50(mm)}$	5.1613
$D_{85(mm)}$	21.2329
Clasificación SUCS	GW-GC
GRAVA BIEN GRADUADA CON ARCILLA LIMOSA CON ARENA	

SUELO A PROTEGER	
Según Terzaghi y Peck 1967	
$D_{85(s)} \Rightarrow D_{15(F)}/5 =$	4.2466 mm
$D_{15(s)} \leq D_{15(F)}/4 =$	0.1109 mm
Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971	
$D_{50(s)} \Rightarrow D_{50(F)}/25 =$	0.2065 mm
$D_{15(s)} \Rightarrow D_{15(F)}/20 =$	0.0222 mm

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)



CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AFIRMADO COMO FILTRO Y HUSO DEL SUELO A PROTEGER

DIRECCION: URB. MARIA PARADO DE BELIMO M2 K1 LOTE 3 EMADI. CEL. 969195118, 969139800. FAX 014887 RPL1/893244 CORREO vps_vps@hotmail.com, engpocvps@hotmail.com

TELICRO S.R.L.
RUC: 77452818024
Severo Tacca
GERENTE

Victor Portal Quicaña
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 71235
Consultor en Geotecnia y Concreto

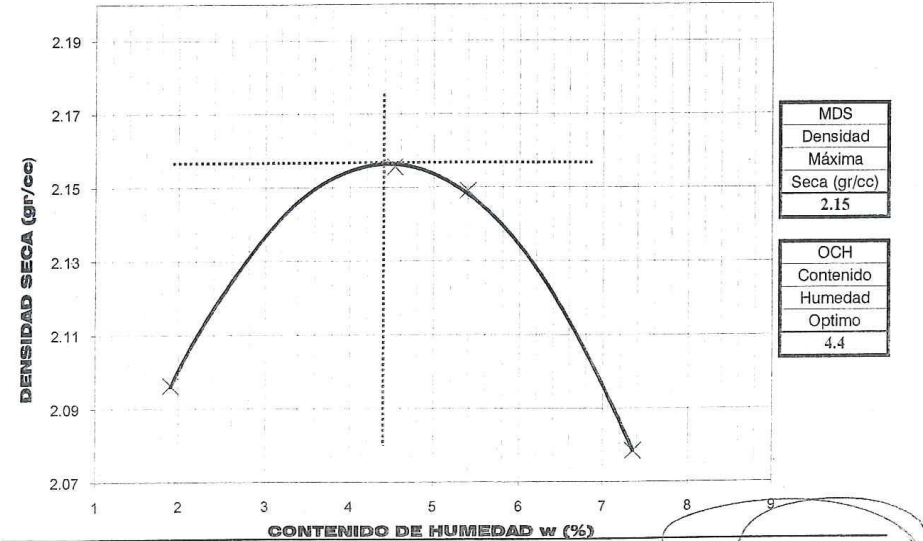
PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557) METODO C

Proyecto	: "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPRONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO"		
Solicitante	: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA	Region	: AYACUCHO
Material	: MATERIAL DE SUB BASE	Provincia	: HUAMANGA
Coordenadas	: CANTERA DE CHILICO	Distrito	: AYACUCHO
Fecha	: JULIO DEL 2011	Lugar	: 26 DE ENERO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación Nº		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	10,325.0	10,559.0	10,583.0	10,515.0
Peso del molde	gr	6,050.20	6,050.20	6,050.20	6,050.20
Peso de la muestra compacta	gr	4,274.80	4,508.80	4,532.80	4,464.80
Volumen del molde	cc	2,001.14	2,001.14	2,001.14	2,001.14
Densidad húmeda	gr/cc	2.14	2.25	2.27	2.23
Densidad seca	gr/cc	2.10	2.16	2.15	2.08

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro Nº		18.0	23.0	11.0	85.0
Peso del tarro	gr	68.32	62.00	68.02	52.65
Peso tarro + suelo húmedo	gr	572.04	581.00	543.00	538.00
Peso de tarro + suelo seco	gr	562.61	558.50	518.66	504.76
Peso del agua	gr	9.43	22.50	24.34	33.24
Peso del suelo seco	gr	494.29	496.50	450.64	452.11
Contenido de humedad	%	1.91	4.53	5.40	7.35

CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



DIRECCION URB. MARIA PARADO DE BELIDO MZ. K1 LOTE 3 EMADI. CEL. 966155118, 966159800, FJMO 314887 RPM #893444 CORREO vps_vps1@hotmail.com; ingteccp@hotnail.com

TELZCRO S.R.L.
RUC: 20422519024
Severo Teccsi Lizarbe
GERENTE

Victor Portal Quicana
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 71238
Consultor en Geotecnia y Concreto

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (MTC E 203 - 2000)

Proyecto : "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPRONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO"
 Solicitante : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA Region : AYACUCHO
 Cantera : CHANCHARA EXPLOTADO POR CROPER SAC Provincia : HUAMANGA
 Material : Arena y piedra chancada Distrito : AYACUCHO
 Fecha : JULIO DEL 2011 Lugar : 26 DE ENERO

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	7,339.0	7,339.0	0.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	22,652.00	22,680.00	4,655.00
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	15,313.0	15,341.0	4,655.0
D Volumen del Molde (cm ³)	9,438.9	9,438.9	2,831.7
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,622	1,625	1,644
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1,631		

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	7,339.0	7,339.0	7,339.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	23,604.00	23,592.00	23,704.00
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	16,265.0	16,253.0	16,365.0
D Volumen del Molde (cm ³)	9,438.9	9,438.9	9,438.9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,723	1,722	1,734
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1,726		

AGREGADO GRUESO TMN 1"

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	7,339.0	7,339.0	7,339.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21,066.00	21,046.00	20,910.00
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	13,727.0	13,707.0	13,571.0
D Volumen del Molde (cm ³)	9,438.9	9,438.9	9,438.9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,454	1,452	1,438
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1,448		

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	7,339.0	7,339.0	7,339.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21,608.00	21,486.00	21,600.00
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	14,269.0	14,147.0	14,261.0
D Volumen del Molde (cm ³)	9,438.9	9,438.9	9,438.9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,512	1,499	1,511
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1,507		

AGREGADO GRUESO TMN 3/4"

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	7,339.0	7,339.0	7,339.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21,090.00	21,028.00	21,044.00
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	13,751.0	13,689.0	13,705.0
D Volumen del Molde (cm ³)	9,438.9	9,438.9	9,438.9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,457	1,450	1,452
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1,453		

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	7,339.0	7,339.0	7,339.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21,678.00	21,646.00	21,634.00
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	14,339.0	14,307.0	14,295.0
D Volumen del Molde (cm ³)	9,438.9	9,438.9	9,438.9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,519	1,516	1,514
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1,516		

Urbanización María Parado de Bellido Mz K1 Lote 9 EMADI-Ayacucho, Cel. Nº 066 966 155118, 966139800, FIC 312887 RPM #666611
TEUCRO S.R.L.
 RUC: 21052540024
Severo Recesi Lizarbe
 GERENTE
Pedro Quiñana
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 71235
 Consultor en Geotecnia y Concreto

APROBADO

**RESUMEN
DOSIFICACION EN PESO SECO**

Metodo	f'c (kg/cm2)	Dosificacion en Peso			
		C	AF	AG	Agua (lt/saco)
Combinacion de Agregados	280	1.0	1.8	2.4	20.0
Walker	280	1.0	1.8	2.3	20.0
ACI	280	1.0	2.0	2.2	20.0
Agregado Global	280	1.0	1.9	2.3	20.0
Reajuste	280	1.0	1.9	2.3	21.0
Combinacion de Agregados	210	1.0	1.9	2.6	21.3
Walker	210	1.0	2.0	2.5	21.3
ACI	210	1.0	2.2	2.3	21.3
Agregado Global	210	1.0	2.0	2.4	21.3
Reajuste	210	1.0	2.0	2.5	21.0
Combinacion de Agregados	175	1.0	2.4	2.9	26.3
Walker	175	1.0	2.6	2.8	26.3
ACI	175	1.0	2.9	2.9	26.3
Agregado Global	175	1.0	2.6	3.1	26.3
Reajuste	175	1.0	2.6	2.9	26.0
Combinacion de Agregados	140	1.0	2.8	3.2	28.9
Walker	140	1.0	3.0	2.9	28.9
ACI	140	1.0	3.0	3.0	28.9
Agregado Global	140	1.0	2.7	3.3	28.9
Reajuste	140	1.0	2.9	3.1	28.0

DOSIFICACION EN PESO CORREGIDO POR HUMEDAD

Metodo	f'c (kg/cm2)	Dosificacion en peso			
		C	AF	AG	Agua (lt/saco)
Combinacion de Agregados	280	1.0	1.8	2.4	21.0
Walker	280	1.0	1.9	2.3	21.0
ACI	280	1.0	2.0	2.2	20.9
Agregado Global	280	1.0	1.9	2.3	20.9
Reajuste	280	1.0	1.9	2.3	22.0
Combinacion de Agregados	210	1.0	2.0	2.6	22.3
Walker	210	1.0	2.0	2.5	22.3
ACI	210	1.0	2.2	2.3	22.2
Agregado Global	210	1.0	2.1	2.5	22.3
Reajuste	210	1.0	2.1	2.5	22.0
Combinacion de Agregados	175	1.0	2.5	2.9	27.6
Walker	175	1.0	2.6	2.8	27.5
ACI	175	1.0	2.9	2.9	27.5
Agregado Global	175	1.0	2.7	3.2	27.7
Reajuste	175	1.0	2.7	3.0	27.0
Combinacion de Agregados	140	1.0	2.9	3.2	30.2
Walker	140	1.0	3.1	3.0	30.2
ACI	140	1.0	3.0	3.0	30.2
Agregado Global	140	1.0	2.8	3.3	30.4
Reajuste	140	1.0	2.9	3.1	30.0

DOSIFICACION EN VOLUMEN CORREGIDO POR HUMEDAD

Metodo	f'c (kg/cm2)	Dosificacion en Volumen			
		C	AF	AG	Agua (lt/saco)
Combinacion de Agregados	280	1.0	1.6	2.4	21.0
Walker	280	1.0	1.7	2.4	21.0
ACI	280	1.0	1.8	2.2	20.9
Agregado Global	280	1.0	1.7	2.3	20.9
Reajuste	280	1.0	1.7	2.3	21.0
Combinacion de Agregados	210	1.0	1.8	2.6	22.3
Walker	210	1.0	1.8	2.6	22.3
ACI	210	1.0	2.0	2.4	22.2
Agregado Global	210	1.0	1.9	2.5	22.3
Reajuste	210	1.0	1.9	2.5	22.0
Combinacion de Agregados	175	1.0	2.2	3.0	27.6
Walker	175	1.0	2.4	2.8	27.5
ACI	175	1.0	2.6	3.0	27.5
Agregado Global	175	1.0	2.4	3.2	27.7
Reajuste	175	1.0	2.4	3.0	27.0
Combinacion de Agregados	140	1.0	2.6	3.2	30.2
Walker	140	1.0	2.8	3.0	30.2
ACI	140	1.0	2.7	3.1	30.2
Agregado Global	140	1.0	2.5	3.3	30.4
Reajuste	140	1.0	2.6	3.2	30.0

TELIZCRO S.R.L.
RUC: 20452518024

Severo Teccsi Lizarbe
GERENTE

Victor Portal Quicaña
INGENIERO CIVIL
ZIP N° 71239
Consultor en Geotécnica y Concreto

f'c (kg/cm2)	Recomendación para Analisis de Costos Unitarios			
	C (bls)	AF (m3)	AG (m3)	Agua (m3)
280	10.25	0.52	0.71	0.21
210	9.64	0.53	0.72	0.20
175	7.78	0.55	0.69	0.20
140	7.44	0.58	0.70	0.21

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL			
: "REHABILITACION DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AV. 26 DE ENERO, TRAMO AV. INDEPENDENCIA - JR. MASPRONE, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA - AYACUCHO"			
Proyecto	: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA		Region : AYACUCHO
Solicitante	: CHANCHARA EXPLOTADO POR CROPER SAC		Provincia : HUAMANGA
Cantera	: Arena y piedra chancada		Distrito : AYACUCHO
Material	: JULIO DEL 2011		Lugar : 26 DE ENERO
Fecha			
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO			
Cantera de donde se extraen los materiales : CHANCHARA EXPLOTADO POR CROPER SAC			
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto	(f'c) =	280	kg / cm ²
Desviación estándar de antiguos ensayos realizados en esta Cantera	(σ) =	51	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto	(f'cr) =	364	kg / cm ²
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa	: 2.65	Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	: 3/4"
Absorción (%)	: 1.85	Peso seco compactado (kg / m ³)	: 1516.45
Contenido de Humedad (%)	: 1.95	Peso específico de masa	: 2.65
Módulo de finura	: 3.12	Absorción (%)	: 1.84
		Contenido de Humedad (%)	: 0.74
CEMENTO		Perfil del Agregado : Anguloso	
Tipo de Cemento Portland a usar	: ASTM Tipo 1 "Andino"	AGUA	
Peso Específico	: 3.12	Potable	P.E. kg/m ³ 1000
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia : Seca - Plástica	
		Asentamiento : 2"-3"	
Tipo de Concreto a diseñar :		Concreto sin aire incorporado	
Volumen unitario de Agua :		195.00	lt / m ³
Contenido de aire total :		2.00	%
Relación Agua / Cemento :		0.47	
Factor cemento :		Factor Cemento = 415.00	Kg / m ³
		Factor Cemento = 9.8	Bolsas / m ³
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :		Cemento	: 0.133 m ³
		Agua	: 0.195 m ³
		Aire	: 0.020 m ³
		Suma de Volúmenes	: 0.348 m ³
		Volumen absoluto de los Agregados :	Volumen absoluto	: 0.652 m^{3}
Porcentaje de Agregado Fino		Porcentaje de Agregado Fino	45.45 %
		Porcentaje de Agregado Fino	0.455
Volúmenes absolutos de los Agregados .		Agregado Fino	: 0.296 m ³
		Agregado Grueso	: 0.356 m ³
Peso Seco de los Agregados.		Agregado Fino	: 786.00 Kg / m ³
		Agregado Grueso	: 942.00 Kg / m ³
Cantidad de materiales calculados por el Método Walker a ser empleados como valores de Diseño por m ³ .		Cemento	: 415.00 Kg / m ³
		Agua de diseño	: 195.00 lt / m ³
		Agregado Fino seco	: 786.00 Kg / m ³
		Agregado Grueso seco	: 942.00 Kg / m ³
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento	: 42.50 Kg / saco
		Agua de diseño	: 19.97 lt / saco
		Agregado Fino seco	: 80.49 Kg / saco
		Agregado Grueso seco	: 96.47 Kg / saco
		Cemento	: 1
		Agregado fino seco	: 1.9
		Agregado grueso seco	: 2.3
		Agua de Diseño	: 20.0 lt / saco

Urbanización Maria Parrado de Bellido Mz K1 lote 3 EMADI-Ayacucho, Cel. Nº 066966155116, 06696613470

TELICRO S.R.L.
R.U.F. 201422574924
Severo
GERENTE

Victor Portal Quicana
INGENIERO CIVIL
CIF Nº 71234
Consultor en Geotécnica y Concreto

Anexo C

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LOS PROYECTOS EN APLICACIÓN

C.1 Estudio de suelo del Jr. Los Rosales

De los ensayos de la sub rasante:

MUESTRA	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	D ₁₀₀ (mm)	Cu	Cc	D ₁₅ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₆₅ (mm)
: C-01 / JR. LOS CABUYALES : E-2	70.8	18.5	10.7	0.0692	5.2601	21.1225	305.2	18.9	0.184	14.588	32.207
: C-09 / JR. A. VALDELOMAR - JR. LOS ROSALES : E-2	10.8	54.5	34.7	0.0213	0.0639	0.5068	23.8	0.4	0.032	0.251	3.274
: C-12 / JR. SAN CRISTOBAL - CALLE LAS PALMERAS : E-2	47.2	48.2	4.6	0.2753	1.3539	7.2170	26.2	0.9	0.490	4.233	20.106
: C-13 / JR. CABUYALES - JR. PANAMA : E-2	47.6	46.0	6.4	0.1882	0.8308	7.3718	39.2	0.5	0.301	4.140	17.882
: C-18 / PROLG. LOS INCAS - JR. MEDELLIN : E-2	0.8	33.9	65.3	0.0113	0.0340	0.0679	6.0	1.5	0.017	0.057	0.512
: C-19 / PROLG. LOS INCAS - JR. LA MAR : E-2	15.5	54.7	29.9	0.0248	0.0757	0.7194	29.0	0.3	0.037	0.447	5.114

MUESTRA	LL %	LP %	IP %	AASHTO	SUCS	Nombre de Grupo (ASTM 2000) D-2487
: C-01 / JR. LOS CABUYALES : E-2	27.6%	24.8%	2.8%	A-1-a (0)	GP-GM	GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO Y ARENA
: C-09 / JR. A. VALDELOMAR - JR. LOS ROSALES : E-2	26.3%	21.2%	5.1%	A-2-4 (0)	SC-SM	ARENA LIMO - ARCILLOSA
: C-12 / JR. SAN CRISTOBAL - CALLE LAS PALMERAS : E-2	32.1%	24.8%	7.3%	A-2-4 (0)	SP	ARENA MAL GRADUADA CON GRAVA
: C-13 / JR. CABUYALES - JR. PANAMA : E-2	NP	NP	NP	A-1-a (0)	GP-GM	GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO Y ARENA
: C-18 / PROLG. LOS INCAS - JR. MEDELLIN : E-2	33.7%	20.6%	12.9%	A-6 (7)	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA
: C-19 / PROLG. LOS INCAS - JR. LA MAR : E-2	26.3%	22.9%	3.3%	A-2-4 (0)	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA

Se ha realizado ensayos de próctor modificado y CBR en la sub rasante representativa del terreno de fundación, además se ha hecho ensayos de PDC en los terrenos que fue posible realizar la penetración, siendo el resumen los siguientes:

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO						
EXPLORACION	ESTRATO	AASHTO	SUCS		MAXIMA DENSIDAD SECA MDS (gr/cm3)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD OCH (%)
: C-09 / JR. A. VALDELOMAR - JR. LOS ROSALES	SUB RASANTE	A-2-4 (0)	SC-SM	ARENA LIMO - ARCILLOSA	1.65	15.0
: C-12 / JR. SAN CRISTOBAL - CALLE LAS PALMERAS	SUB RASANTE	A-2-4 (0)	SP	ARENA MAL GRADUADA CON GRAVA	1.85	12.3

ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO						
EXPLORACION	SUCS		CBR 0.1" AL 100% DE LA MDS (%)	CBR 0.1" AL 95% DE LA MDS (%)	CBR 0.2" AL 100% DE LA MDS (%)	CBR 0.2" AL 95% DE LA MDS (%)
: C-09 / JR. A. VALDELOMAR - JR. LOS ROSALES	SC-SM	ARENA LIMO - ARCILLOSA	38.00	15.80	45.70	16.70
: C-12 / JR. SAN CRISTOBAL - CALLE LAS PALMERAS	SP	ARENA MAL GRADUADA CON GRAVA	51.00	30.00	70.00	29.50

Victor Pavia Quecama
Ingeniero Civil CIP N° 71.239
Consultor en Geotecnia y Concreto

Proyecto	: "CONSTRUCCION DE PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA. HH. VILLA SAN CRISTOBAL, LOS ROSALES, ILLA CRUZ"		
Solicitante	: ING. LEONARDO DANTE COELLO ARANGO	Region	: AYACUCHO
Calicata	: CANTERA CHILICO	Provincia	: HUAMANGA
Estrato	: MATERIAL DE SUB BASE	Distrito	: JESUS DE NAZARENO
Fecha	: DICIEMBRE 2011	Lugar	: JESUS DE NAZARENO

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, MTC E 111-2000)

DEFINICIONES : El Limite Plastico de un suelo es el contenido de humedad expresado en % del suelo secado en horno, cuando esta se haya entre limite del estado semisolido y el estado plastico.

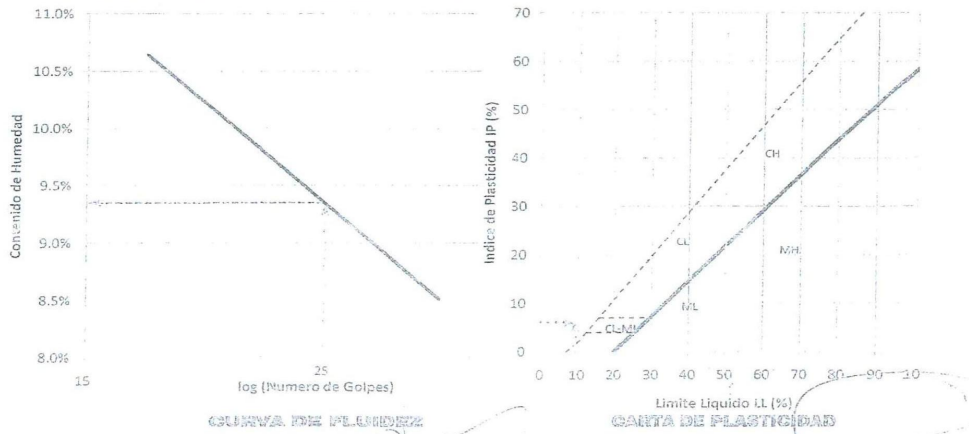
	RECIPIENTE	Nº	86.0	85.0	94.0
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	24.21	25.45	22.29
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	23.45	24.66	21.62
3	PESO RECIPIENTE	gr	0.00	0.00	0.00
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.76	0.79	0.67
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	23.45	24.66	21.62
6	HUMEDAD	%	3.2%	3.2%	3.1%
LIMITE PLASTICO		%	3.2%		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (ASTM D-4318, MTC E 110-2000)

DEFINICIONES : El limite liquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en % del suelo secado en horno, cuando esta se haya entre limite del estado plastico y el estado liquido

	RECIPIENTE	Nº	93.0	90.0	83.0
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	36.88	37.78	32.43
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	33.96	34.63	29.30
3	PESO RECIPIENTE	gr	0.00	0.00	0.00
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	2.92	3.15	3.13
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	33.98	34.63	29.30
6	HUMEDAD	%	8.6%	9.1%	10.7%
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	32.00	27.00	17.00
LIMITE LIQUIDO		%	9.4%		

INDICE PLASTICO (%) IP=LL-LP= 6.2%

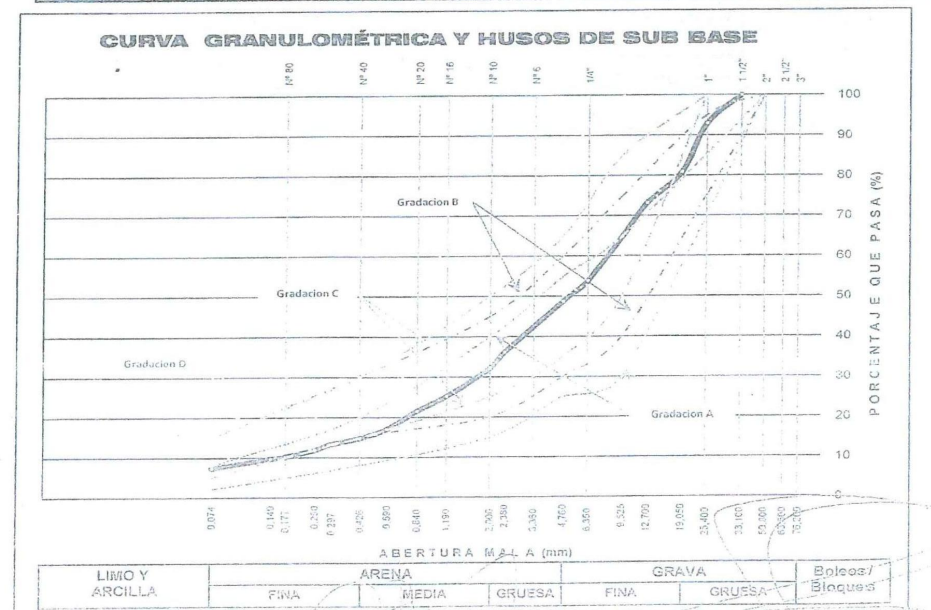


LEONARDO DANTE COELLO ARANGO
 Ingeniero Civil
 Reg. Colegio de Ingenieros de la Construcción N° 10000
 Vigor: Pedro Luis Guzmán
 Ingeiero Civil
 Reg. Colegio de Ingenieros de la Construcción N° 7123
 ASOCIACION INGENIEROS GEOTECNICOS

**ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)**

Proyecto : "CONSTRUCCION DE PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA. HH. VILLA SAN CRISTOBAL, LOS ROSALES, ILLA CRUZ"
 Solicitante : ING. LEONARDO DANTE COELLO ARANGO Dep. : AYACUCHO
 Descripción : CANTERA CHILLICO Provincia : HUAMANGA
 Estrato : MATERIAL DE SUB BASE Distrito : JESUS DE NAZARENO
 Fecha : DICIEMBRE 2011 Lugar : JESUS DE NAZARENO

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
						PESOS (gr)	
3"	76.200				100.0	Peso seco inicial	1378.5
2 1/2"	63.500				100.0	Peso seco lavado	1277.4
2"	50.800				100.0	Pérdida por lavado	101.1
1 1/2"	38.100				92.9	ENSAYOS ESTANDAR	
1"	25.400	97.48	7.1	7.1	80.8	% Grava	51.3
3/4"	19.000	166.55	12.1	19.2	73.1	% Grava gruesa	0.0
1/2"	12.700	106.45	7.7	26.9	64.9	% Grava fina	41.4
3/8"	9.525	114.02	8.3	35.1	53.8	% Arena	16.6
1/4"	6.350	152.21	11.0	46.2	48.7	% Arena gruesa	17.4
Nº 4	4.760	170.28	5.1	51.3	43.7	% Arena media	7.4
Nº 6	3.360			51.3	32.1	% de Limos	1.3
Nº 8	2.380	173.66	12.6	63.9	36.1	% de Arcillas	0.0
Nº 10	2.000	55.05	4.0	67.9	32.1	D ₁₀ = D ₆₀ (mm) =	0.1674
Nº 16	1.190	96.60	7.0	74.9	25.1	D ₃₀ (mm) =	1.7547
Nº 20	0.840	49.03	3.6	78.4	21.6	D ₅₀ (mm) =	8.1295
Nº 30	0.590	61.58	4.5	82.9	17.1	Índice de Grupo	(0)
Nº 40	0.426	32.29	2.3	85.3	14.7	U ₁₅ (mm) =	0.4436
Nº 60	0.297	21.57	1.6	86.8	13.2	U ₃₀ (mm) =	5.1613
Nº 80	0.177	22.21	1.6	88.2	11.8	D ₆₀ (mm) =	21.2329
Nº 100	0.149	7.41	0.5	90.4	9.6	AASHTO	A-2-4 (0)
Nº 200	0.074	31.58	2.3	92.7	7.3	Clasificación SUCS	GW-GC-GM
Fondo				92.7		GRAVA BIEN GRADUADA CON	
Lavado		101.1	7.3	100.0		ARCILLA LIMOSA CON ARENA	
TOTAL		1378.5	100.0				



DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA SUELOS DONDE EL AFIRMADO TRABAJE COMO FILTRO

Proyecto : "CONSTRUCCION DE PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA. HH. VILLA SAN CRISTOBAL, LOS ROSALES, ILLA CRUZ"

Solicitante : ING. LEONARDO DANTE COELLO ARANGO Dep. : AYACUCHO

Descripción : CANTERA CHILLICO Provincia : HUAMANGA

Estrato : MATERIAL DE SUB BASE Distrito : JESUS DE NAZARENO

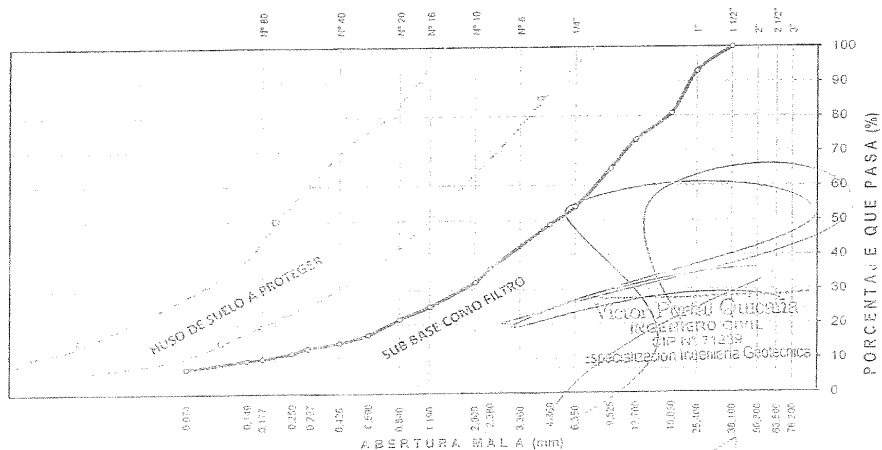
Fecha : DICIEMBRE 2011 Lugar : JESUS DE NAZARENO

DEFINICIONES : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometria para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
AFIRMADO	
% Grava	51.3
% Grava gruesa	0.0
% Grava fina	51.3
% Arena	41.4
% Arena gruesa	16.6
% Arena media	17.4
% Arena fina	7.4
% de Finos	7.3
$D_{10} = D_{42.5\%}$	0.1674
D_{20}	1.7547
D_{60}	8.1295
Cu	48.6
Cc	2.3
D_{10}	0.4436
D_{30}	5.1613
D_{60}	21.2329
Clasificación SUCS	GW-GC-GM
GRAVA BIEN GRADUADA CON ARCILLA LIMOSA CON ARENA	

SUELO A PROTEGER	
Según Terzaghi y Peck 1967	
$D_{25(S)} \Rightarrow D_{15(F)}/5 =$	4.2466 mm
$D_{15(S)} \leq D_{15(F)}/4 =$	0.1109 mm
Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971	
$D_{50(S)} \Rightarrow D_{25(F)}/25 =$	0.2065 mm
$D_{15(S)} \Rightarrow D_{15(F)}/20 =$	0.0222 mm

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)



CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AFIRMADO COMO FILTRO Y DEL SUELO A PROTEGER

LEONARDO DANTE COELLO ARANGO
ING. CIVIL
C.R. 1238
Especialización Ingeniería Geotécnica

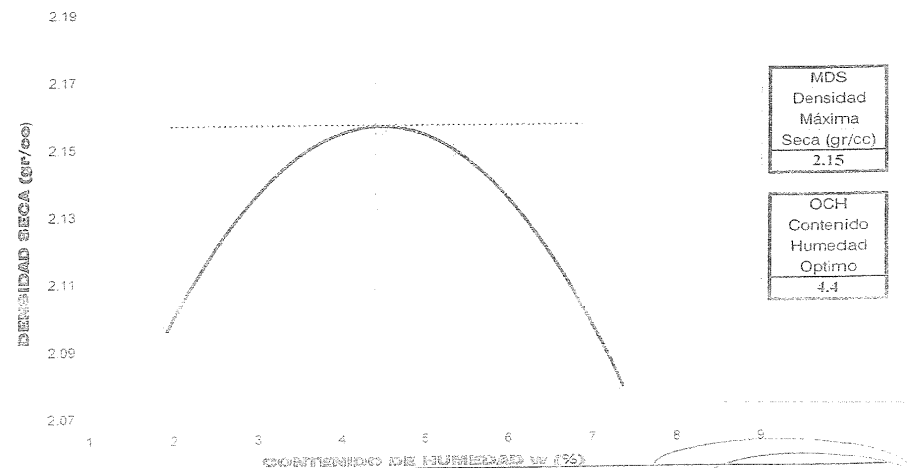
PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557) METODO C

Proyecto	: "CONSTRUCCION DE PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA. HH. VILLA SAN CRISTOBAL, LOS ROSALES, ILLA CRUZ"		
Solicitante	: ING. LEONARDO DANTE COELLO ARANGO	Region	: AYACUCHO
Material	: MATERIAL DE SUB BASE	Provincia	: HUAMANGA
Coordenadas	: CANTERA DE CHILICO	Distrito	: JESUS DE NAZARENO
Fecha	: DICIEMBRE DEL 2012	Lugar	: JESUS DE NAZARENO

Determinación Nº		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	10,325.0	10,559.0	10,583.0	10,515.0
Peso del molde	gr	6,050.20	6,050.20	6,050.20	6,050.20
Peso de la muestra compacta	gr	4,274.80	4,508.80	4,532.80	4,464.80
Volumen del molde	cc	2,001.14	2,001.14	2,001.14	2,001.14
Densidad húmeda	gr/cc	2.14	2.25	2.27	2.23
Densidad seca	gr/cc	2.10	2.16	2.15	2.08

Tarro Nº		18.0	23.0	11.0	85.0
Peso del tarro	gr	68.32	62.00	68.02	52.65
Peso tarro + suelo húmedo	gr	572.04	581.00	543.00	538.00
Peso de tarro + suelo seco	gr	562.61	558.50	518.66	504.78
Peso del agua	gr	9.43	22.50	24.34	33.24
Peso del suelo seco	gr	494.29	496.50	450.64	452.11
Contenido de humedad	%	1.91	4.53	5.40	7.35

CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



Handwritten signatures and stamps are present at the bottom of the page, including a circular official stamp.

DOSIFICACION EN VOLUMEN REAJUSTE (C:AF:AG:AGUA lt/bls)					
f_c (kg/cm²)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)
Durabilidad	0.45	1.0	1.7	2.5	19.0
Durabilidad	0.50	1.0	2.0	2.8	21.0
280	Resistencia	1.0	1.9	2.7	21.0
245	Resistencia	1.0	2.1	3.0	22.5
210	Resistencia	1.0	2.4	3.2	24.0
175	Resistencia	1.0	2.8	3.6	27.0
140	Resistencia	1.0	3.1	3.9	29.5

Para la preparación del concreto se recomienda primero echar el agua luego un 10% aproximadamente de agregado grueso, luego el cemento completando finalmente con los agregados, es aconsejable el uso de cuberas cuando el concreto sea preparado con trompito.

De los ensayos al concreto endurecido.-

Las muestras para ensayos de resistencia en compresión de cada clase de concreto colocado cada día deberán ser tomadas:

- No menos de una muestra de ensayo por día.
- No menos de una muestra de ensayo por cada 50 metros cúbicos de concreto colocado.
- No menos de una muestra de ensayo por cada 300 metros cuadrados de área superficial para pavimentos o losas.

Se recomienda curar tanto en agua sumergida como a pie de obra, e identificadas adecuadamente.

INGEOTECON

ING. VICTOR PORTAL QUICANA
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 71239

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO
(MTC E 204 - 2000)**

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA.HH LOS ROSALES, VILLA SAN CRISTOBAL, ILLACRUZ EN EL DISTRITO DE JESÚS NAZARENO - HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : CONSORCIO CONASSA

Region : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA (CANT_MUYURINA)

Provincia : HUAMANGA

Material : PIEDRA CHANCADA

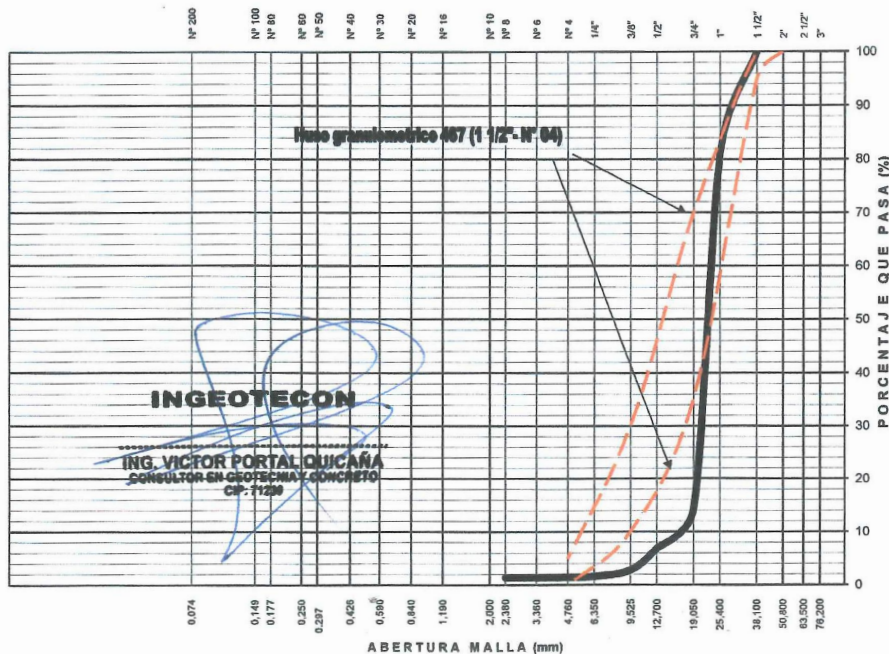
Distrito : JESUS NAZARENO

Fecha : ABRIL DE 2014

Lugar : JESUS NAZARENO

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO	% RETEN	% RETEN	% QUE	HUSO 467 (1 1/2" N° 4)	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
		RETENIDO (gr)	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	76.200				100.00		PESOS (gr) Peso seco inicial 2580.0 Peso seco lavado 2571.7 Pérdida por lavado 8.3
2 1/2"	63.500		-	-	100.00		
2"	50.800		-	-	100.00	100 - 100	ENSAYOS ESTÁNDAR % Grava 98.6 % Arena 1.1 % de Finos 0.3 D ₁₀ = D _{60(mm)} = 15.3976 D _{30(mm)} = 20.5423 D _{60(mm)} = 23.3816 Cu = 1.52 Cc = 1.17 D _{15(mm)} = 19.1226 D _{50(mm)} = 22.4352 D _{85(mm)} = 27.8988 Clasificación SUCS GP GRAVA MAL GRADUADA Tamaño Maximo (Pulg)" 1 1/2 Tamaño Maximo Nominal (Pulg)" 1 Gravedad específica 2.54 Módulo de Fineza 7.77 Superficie específica (cm ² /gr) 3.80
1 1/2"	38.100		-	-	100.00	95 - 100	
1"	25.400	481.80	18.67	18.67	81.33		
3/4"	19.050	1,731.02	67.09	85.77	14.23	35 - 70	
1/2"	12.700	189.85	7.36	93.13	6.87		
3/8"	9.525	106.02	4.11	97.24	2.76	10 - 30	
1/4"	6.350	30.95	1.20	98.43	1.57		
N° 4	4.760	3.70	0.14	98.58	1.42	0 - 5	
N° 8	2.380	1.18	0.05	98.62	1.38		
N° 10	2.000	0.84	0.03	98.66	1.34		
N° 16	1.190	4.26	0.17	98.82	1.18		
N° 20	0.840	2.97	0.12	98.94	1.06		
N° 30	0.590	5.44	0.21	99.15	0.85		
N° 40	0.426	3.18	0.12	99.27	0.73		
N° 50	0.297	2.31	0.09	99.36	0.64		
N° 60	0.250	2.04	0.08	99.44	0.56		
N° 80	0.177	2.55	0.10	99.54	0.46		
N° 100	0.149	0.95	0.04	99.58	0.42		
N° 200	0.075	2.65	0.10	99.68	0.32		
Lavado		8.3	0.32	100.00	0.00		
TOTAL		2580.0	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO



**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO
(MTC E 204-2000)**

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA.HH LOS ROSALES, VILLA SAN CRISTOBAL, ILLACRUZ EN EL DISTRITO DE JESÚS NAZARENO - HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : CONSORCIO CONASSA

Region : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA (CANT_MUYURINA)

Provincia : HUAMANGA

Material : ARENA

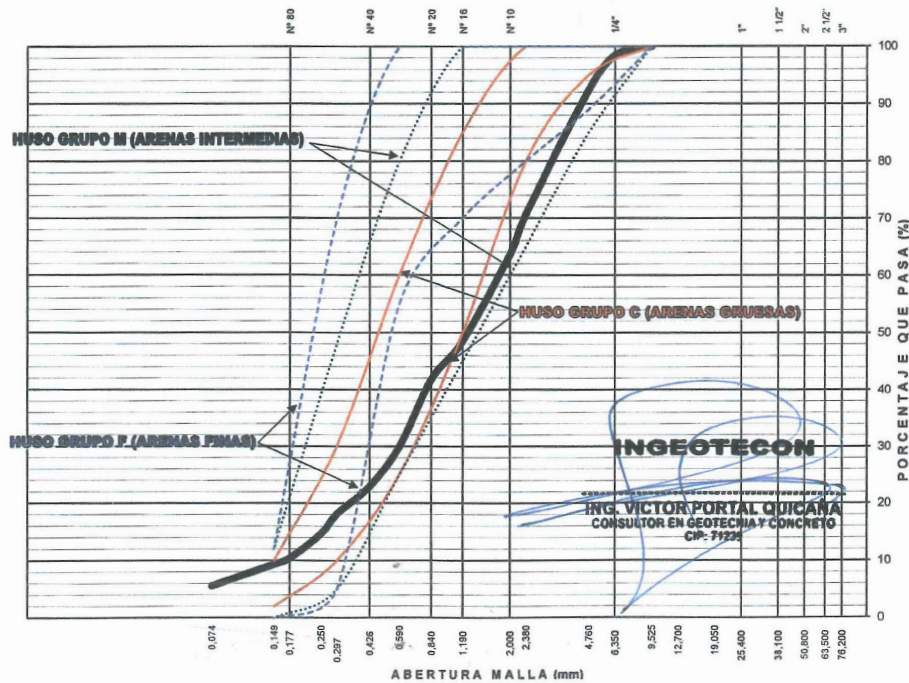
Distrito : JESUS NAZARENO

Fecha : ABRIL DE 2014

Lugar : JESUS NAZARENO

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr)		% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. LIM. TOTAL	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
		RETENIDO							
3"	76.200			-	-	100.00		PESOS (gr)	
2 1/2"	63.500			-	-	100.00		Peso seco inicial	1239.4
2"	50.800			-	-	100.00		Peso seco lavado	1170.0
1 1/2"	38.100			-	-	100.00		Pérdida por lavado	69.4
1"	25.400			-	-	100.00		ENSAYOS ESTÁNDAR	
3/4"	19.050			-	-	100.00		% Grava	7.5
1/2"	12.700			-	-	100.00		% Arena	86.9
3/8"	9.525			-	-	100.00	100	% de Finos	5.6
1/4"	6.350	18.57	1.50	1.50	98.50	98.50	89 - 100	D ₁₀ = D _{60(mm)} =	0.1662
Nº 4	4.760	74.87	6.04	7.54	92.46	92.46	65 - 100	D ₃₀ =	0.5918
Nº 8	2.380	269.17	21.72	29.26	70.74	70.74	45 - 100	D _{60(mm)} =	1.8050
Nº 10	2.000	88.14	7.11	36.37	63.63	63.63	25 - 100	Cu =	10.86
Nº 16	1.190	187.00	15.09	51.46	48.54	48.54	5 - 70	Cc =	1.17
Nº 20	0.840	83.42	6.73	58.19	41.81	41.81	0 - 12	D _{15(mm)} =	0.2547
Nº 30	0.590	147.49	11.90	70.09	29.91	29.91		D _{30(mm)} =	1.2681
Nº 40	0.426	86.53	6.98	77.07	22.93	22.93		D _{60(mm)} =	3.9424
Nº 50	0.297	60.24	4.86	81.93	18.07	18.07		Clasificación SUCS	SW
Nº 60	0.250	42.30	3.41	85.34	14.66	14.66		ARENA BIEN GRADUADA	
Nº 80	0.177	52.65	4.25	89.59	10.41	10.41		Gravedad específica	2.42
Nº 100	0.149	13.26	1.07	90.66	9.34	9.34		Módulo de Fineza	3.31
Nº 200	0.075	46.38	3.74	94.40	5.60	5.60		Superficie específica (cm ² /gr)	72.4
Lavado		69.4	5.60		100.00	0.00			
TOTAL		1,239.42	100.00						

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO (ARENA)



PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (MTC E 203 - 2000)

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA.HH LOS ROSALES, VILLA SAN CRISTOBAL, ILLACRUZ EN EL DISTRITO DE JESÚS NAZARENO – HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : CONSORCIO CONASSA Región : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA (CANT_MUYURIN Provincia : HUAMANGA

Material : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO Distrito : JESUS NAZARENO

Fecha : ABRIL DE 2014 Lugar : JESUS NAZARENO

AGREGADO FINO			
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)			
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	2,766.0	2,766.0	2,766.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	7,400.0	7,390.0	7,410.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4,634.0	4,624.0	4,644.0
D Volumen del Molde (cm ³)	2,831.7	2,831.7	2,831.7
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,636	1,633	1,640
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1,636		
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO			
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	2,766.0	2,766.0	2,766.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	7,710.0	7,780.0	7,830.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4,944.0	5,014.0	5,064.0
D Volumen del Molde (cm ³)	2,831.7	2,831.7	2,831.7
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,746	1,771	1,788
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1,768		
AGREGADO GRUESO			
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)			
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	7,339.0	7,339.0	7,339.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	20,310.0	20,530.0	20,470.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	12,971.0	13,191.0	13,131.0
D Volumen del Molde (cm ³)	9,450.7	9,450.7	9,450.7
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,372	1,396	1,389
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1,386		
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO			
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02	Ensayo Nº 03
A Peso Molde (gr)	7,339.0	7,339.0	7,339.0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21,300.0	21,290.0	21,240.0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	13,961.0	13,951.0	13,901.0
D Volumen del Molde (cm ³)	9,450.7	9,450.7	9,450.7
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1,477	1,476	1,471
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1,475		

Asociacion Covadonga Mz P-2 lote 8 - Ayacucho, Cel: 999402095, RPM: #893444, FJO: 066318525, INGEOTECVPO@HOTMAIL.COM

INGEOTECON


ING. VICTOR PORTAL QUICANA
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
CIP: 71236

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA.HH LOS ROSALES, VILLA SAN CRISTOBAL, ILLACRUZ EN EL DISTRITO DE JESÚS NAZARENO - HUAMANGA - AYACUCHO"
 Solicitante : CONSORCIO CONASSA Region : AYACUCHO
 Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA (CANT_MUYURINA) Provincia : HUAMANGA
 Material : AGREGADO GRUESO Y FINO Distrito : JESUS NAZARENO
 Fecha : ABRIL DE 2014 Lugar : JESUS NAZARENO

PORCENTAJE DE VACIOS			
IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	Agregado Fino	
A	Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm ³)	1,386	1,636
B	Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm ³)	1,475	1,768
C	Gravedad Especifica de Masa	2.54	2.42
D	Peso de los Solidos (gr)	2,544	2,422
Porcentaje de Vacios (%) Agregado suelto		45.5	32.4
Porcentaje de Vacios (%) Agregado varillado		42.0	27.0
CONTENIDO DE HUMEDAD, ABSORCION EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL			
IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso		
A	Peso Humedo de la muestra (gr)	119.67	124.66
B	Peso Seco de la muestra (gr)	118.56	123.54
C	Peso del agua en la muestra (gr)	1.11	1.12
D	% de absorcion		2.17
Contenido de Humedad (%)		0.94	0.91
Contenido de Humedad (%)			0.92
Absorcion Efectiva (%)			1.25
Humedad Superficial (%)			-
IDENTIFICACIÓN	Agregado Fino		
A	Peso Humedo de la muestra (gr)	77.95	67.51
B	Peso Seco de la muestra (gr)	75.40	65.31
C	Peso del agua en la muestra (gr)	2.55	2.20
D	% de absorcion		3.95
Contenido de Humedad (%)		3.38	3.37
Contenido de Humedad (%)			3.38
Absorcion Efectiva (%)			0.57
Humedad Superficial (%)			-

Nota: El agregado fue muestreado en obra, cuya humedad en ese momento fue la que se determina

Asociación Covadonga Mz P-2 lote 8 - Ayacucho, Cel: 999402095, RPM: #893444, FIJO: 086318525, INGEOTECVPO@HOTMAIL.COM


INGEOTECON
 ING. VICTOR PORTAL QUICARA
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 71239

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA.HH LOS ROSALES, VILLA SAN CRISTOBAL, ILLACRUZ EN EL DISTRITO DE JESÚS NAZARENO - HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : CONSORCIO CONASSA Region : AYACUCHO
 Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA (CANT_MUYURINA) Provincia : HUAMANGA
 Material : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO Distrito : JESUS NAZARENO
 Fecha : ABRIL DE 2014 Lugar : JESUS NAZARENO

DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERISTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA (CANT_MUYURINA)	: MATERIAL PUESTO EN OBRA (CANT_MUYURINA)
MATERIAL	: PIEDRA CHANCADA	: ARENA
PERFIL	ANGULAR	ZARANDEADO
PUS (kg/m ³)	1386	1636
PUCS (kg/m ³)	1475	1768
PESO ESPECIFICO NOMINAL	2.54	2.42
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.68	2.81
ABSORCION (%)	1.97	5.72
HUMEDAD (%)	0.92	3.38
MODULO DE FINEZA	7.77	3.31
TAMAÑO MAXIMO	1 1/2 "	--
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	1 "	--
PUSH (kg/m ³)	1399	1692

DATOS DEL CEMENTO

MARCA	ANDINO
TIPO	PORTLAND TIPO 1
PESO ESPECIFICO	3.12

INGEOTECON

ING. VÍCTOR PORTAL QUICANA
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 71235

RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²)	280	f _{cr} =	364 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²)	245	f _{cr} =	329 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²)	210	f _{cr} =	294 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²)	175	f _{cr} =	245 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²)	140	f _{cr} =	210 kg/cm ²

ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"-2"	
MEZCLA PLASTICA	3"-4"	CONSISTENCIA 3"-4" PLASTICA
MEZCLA FLUIDA	>5"	

CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	1.00 "	AIRE ATRAPADO	1.5 %
-----------------------	--------	---------------	-------

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	1.00 "		
ASENTAMIENTO	3"-4"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	181 lit/m ³

RELACION AGUA/CEMENTO W/C Y FACTOR CEMENTO

f _c (kg/cm ²)	f _{cr} (kg/cm ²)	W/C	CEMENTO (kg/m ³)	FACTOR CEMENTO (bl/m ³)	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³)
		0.45	402.2	9.5	0.1289
		0.50	362.0	8.5	0.1160
280	364	0.49	370.3	8.7	0.1187
245	329	0.53	342.9	8.1	0.1099
210	294	0.57	316.6	7.4	0.1015
175	245	0.64	282.2	6.6	0.0905
140	210	0.70	259.7	6.1	0.0832

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN PISTAS Y VEREDAS EN LOS AA.HH LOS ROSALES, VILLA SAN CRISTOBAL, ILLACRUZ EN EL DISTRITO DE JESÚS NAZARENO - HUAMANGA - AYACUCHO"

Solicitante : CONSORCIO CONASSA Region : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA (CANT_MUYURINA) Provincia : HUAMANGA

Material : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO Distrito : JESUS NAZARENO

Fecha : ABRIL DE 2014 Lugar : JESUS NAZARENO

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO (METODO DEL AGREGADO GLOBAL)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
	0.45	402.2	828.2	883.9	209.0	2323.3
	0.50	362.0	844.0	900.8	209.5	2316.3
280		370.3	840.8	897.3	209.4	2317.7
245		342.9	851.5	908.7	209.7	2313.0
210		316.6	861.9	919.8	210.1	2308.4
175		282.2	875.4	934.2	210.6	2302.4
140		259.7	884.3	943.7	210.9	2298.5

RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO (REAJUSTE)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
	0.45	402.2	812.3	864.2	181.0	2259.6
	0.50	362.0	841.2	866.6	181.0	2250.8
280		370.3	835.2	866.1	181.0	2252.6
245		342.9	845.9	877.2	181.0	2247.0
210		316.6	874.5	868.6	181.0	2240.7
175		282.2	900.1	869.7	181.0	2233.1
140		259.7	917.1	870.3	181.0	2228.1

DOSIFICACION EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bis)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bis)
	0.45	1.00	2.02	2.15	19.1
	0.50	1.00	2.32	2.39	21.3
280		1.00	2.26	2.34	20.8
245		1.00	2.47	2.56	22.4
210		1.00	2.76	2.74	24.3
175		1.00	3.19	3.08	27.3
140		1.00	3.53	3.35	29.6

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO (REAJUSTE)

f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA (lt)	TOTAL (kg/m3)
	0.45	402.2	839.7	872.1	209.1	2323.1
	0.50	362.0	869.6	874.5	209.8	2315.9
280		370.3	863.4	874.1	209.7	2317.4
245		342.9	874.4	885.3	210.0	2312.7
210		316.6	904.0	876.6	210.6	2307.8
175		282.2	930.5	877.8	211.2	2301.7
140		259.7	948.1	878.3	211.2	2298.3

INGEOTECON
ING. VICTOR PORTAL QUICANA
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO
 CIP: 71239

Anexo D

FORMATO DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN



FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	ESTACION
SENTIDO	DIA
UBICACION	FECHA

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																			
1-2																			
2-3																			
3-4																			
4-5																			
5-6																			
6-7																			
7-8																			
8-9																			
9-10																			
10-11																			
11-12																			
12-13																			
13-14																			
14-15																			
15-16																			
16-17																			
17-18																			
18-19																			
19-20																			
20-21																			
21-22																			
22-23																			
23-24																			
TOTALES																			

[Handwritten signature]

Msc. Ing. Angel Hugo Vichez Peña
O.P. 64442

ENCUESTADOR : _____ JEFE DE BRIGADA : _____ ING. RESPONS. : _____ SUPERV. M.TCC : _____

MEDICIONES GEOMÉTRICAS DE LOSAS DE PAVIMENTO					
ZONA DE ESTUDIO:					
SENTIDO:		Derecha		Izquierda	
Nº LOSA	KM.	LARGO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)
1	0+0				
2	0+30				
3	0+60				
4	0+90				
5	0+120				
6	0+150				
7	0+180				
8	0+210				
9	0+240				
10	0+270				
11	0+300				
12	0+330				
13	0+360				
14	0+390				
15	0+420				
16	0+450				
17	0+480				
18	0+510				
19	0+540				
20	0+570				
21	0+600				
22	0+630				
23	0+660				
24	0+690				
25	0+720				
26	0+750				
PROMEDIO:					



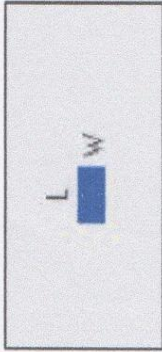
Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
CIP: 64442

Tesista

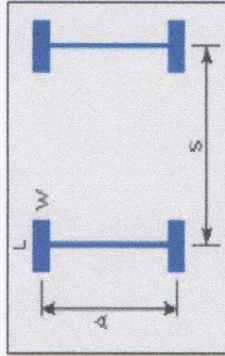
Asesor

MEDIDAS ELEMENTALES DE NEUMÁTICOS DE EJES VEHICULARES

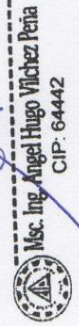
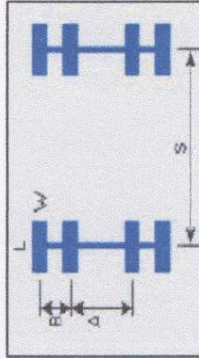
Ancho de Neumáticos	W Autos	L Autos
	W Camionetas	L Camionetas
	W Microbus	L Microbus
	W Camion C2	L Camion C2
	W Camion C3	L Camion C3
	W Semitrailer T2S2	L Semitrailer T2S2
	W Semitrailer T2S3	L Semitrailer T2S3



Ancho de Eje a Eje	A Autos	S Autos
	A Camionetas	S Camionetas
	A Microbus	S Microbus
	A Camion C2	S Camion C2
	A Camion C3	S Camion C3
	A Semitrailer T2S2	S Semitrailer T2S2
	A Semitrailer T2S3	S Semitrailer T2S3



Distancia de Neumatico a Neumatico en eje Tandem y Tridem	B Microbus	B Microbus
	B Camion C2	B Camion C2
	B Camion C3	B Camion C3
	B Semitrailer T2S2	B Semitrailer T2S2
	B Semitrailer T2S3	B Semitrailer T2S3



Tesista

Asesor

ESTUDIO DE MEDICIONES DE ESCALONAMIENTO			
ZONA DE ESTUDIO:			
Nº	KM.	Derecha	Izquierda
1	0+0		
2	0+30		
3	0+60		
4	0+90		
5	0+120		
6	0+150		
7	0+180		
8	0+210		
9	0+240		
10	0+270		
11	0+300		
12	0+330		
13	0+360		
14	0+390		
15	0+420		
16	0+450		
17	0+480		
18	0+510		
19	0+540		
20	0+570		
21	0+600		
22	0+630		
23	0+660		



Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
CIP: 64442

Tesista

Asesor

OBSERVACIONES DE LOSAS AGRIETADAS							
ZONA DE ESTUDIO:							
Nº DE LOSA OBSERVADA		CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
LOSA DERECHO	LOSA IZQUIERDO	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina
44	44						
45	45						
46	46						
47	47						
48	48						
49	49						
50	50						
51	51						
52	52						
53	53						
54	54						
55	55						
56	56						
57	57						
58	58						
59	59						
60	60						
61	61						
62	62						
63	63						
64	64						
65	65						
66	66						
67	67						
68	68						
69	69						
70	70						
71	71						
72	72						
73	73						
74	74						
75	75						
76	76						
77	77						
78	78						
79	79						
80	80						
81	81						
82	82						
83	83						
84	84						
85	85						

Tesista




Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 CIP: 64442

 Asesor

Anexo E

AFORO DE CONTEO VEHICULAR

E.1 Conteo vehicular Av. 26 de Enero



FORMULARIO N° 2
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION: Consultoría Satomedic
DIA: Lunes
FECHA: 08/07/2014

TRAMO DE LA CARRETERA: Derecho
SENTIDO: Dr. 26 de enero
UBICACION: _____

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	251/252	253	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES		1539	223	153	61	1		115	3									

ENCUESTADOR: [Signature]

JEFE DE BRIGADA: [Signature]
Belloy Torres Bergrina

ING. RESPONS. DE LABORATORIO: [Signature]
MSc. Ing. Arch. Hugo Vichez Peña
UNSCH

SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA: Izquierdo Sr. 26 de Enero
 ESTACION: Consultora Gastronomec.
 D/A: Lynes
 FECHA: 08/07/2019

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	PANEL		RURAL Combi	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES																		

ENCUESTADOR: [Signature]
 JEFES DE BRIGADA: [Signature]
 ING. RESPONSABLE DE LABORATORIO: [Signature]
 SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO N° 5

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Deiacho	ESTACION	Castro medic
SENTIDO	Jr. 26 de enero	DIA	Marzo
UBICACION		FECHA	09/07/2019

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER		
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																	
1-2																	
2-3																	
3-4																	
4-5																	
5-6																	
6-7																	
7-8																	
8-9																	
9-10																	
10-11																	
11-12																	
12-13																	
13-14																	
14-15																	
15-16																	
16-17																	
17-18																	
18-19																	
19-20																	
20-21																	
21-22																	
22-23																	
23-24																	
TOTALES																	

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 010051 6070 6761161820

JEFE DE BRIGADA: *[Signature]*
 Betty Tovar B.

ING. RESPONS.: _____
 SUPERV. MTCO.: _____

MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 INSCH.



FORMULARIO Nº 6

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Izquierdo	
SENTIDO	Dx 26 de Enero	
UBICACIÓN		
ESTACION	Castro medic.	
DIA	Martes	
FECHA	09/07/2019	

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER					
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																			
1-2																			
2-3																			
3-4																			
4-5																			
5-6																			
6-7																			
7-8																			
8-9																			
9-10																			
10-11																			
11-12																			
12-13																			
13-14																			
14-15																			
15-16																			
16-17																			
17-18																			
18-19																			
19-20																			
20-21																			
21-22																			
22-23																			
23-24																			
TOTALES		1548	281	178	61	205		140	18										

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 JEFES DE BRIGADA: *[Signature]*
 RESPONSABLES DE LABORATORIO: *[Signature]*
 SUPERV.MTCC: _____



FORMULARIO N° 13

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Derecho	
SENTIDO	Sr.	
UBICACION	26 de enero	
ESTACION	Castromedica	
DIA	Miércoles	
FECHA	10/07/2019	

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Cotidi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES																		

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 L. Omar B. Gallo retellan, 774757613

JEFE DE BRIGADA: *[Signature]*
 Berilly Torres Berque

ING. RESPONS.: *[Signature]*
 MSc. Ing. Miguel Hugo Vilchez Iruja
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 UNBCH

SUPERV.MTCC.: _____



FORMULARIO N° 14

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION	Castro medic
DIA	Miércoles
FECHA	10/07/2019

TRAMO DE LA CARRETERA	Jr. 26 de Enero
SENTIDO	Izquierda
UBICACION	Jr. 26 de Enero

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL		RURAL Comidi	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	2T2	2T3	3T3		
0-1																	
1-2																	
2-3																	
3-4																	
4-5																	
5-6																	
6-7																	
7-8																	
8-9																	
9-10																	
10-11																	
11-12																	
12-13																	
13-14																	
14-15																	
15-16																	
16-17																	
17-18																	
18-19																	
19-20																	
20-21																	
21-22																	
22-23																	
23-24																	
TOTALES		1687	207	175	44	128	82	3									

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 JUAN CARLOS BOZA M. E. 16.02.04

JEFE DE BRIGADA: *[Signature]*
 Betty Torres Becerra

ING. RESPONS.: *[Signature]*
 MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 UNSCH

SUPERV. MTC: _____



FORMULARIO N° 9

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Derecho	
SENTIDO	Jr. 26 de Enero	
UBICACION		
ESTACION	Gastromedic	
DIA	Jueves	
FECHA	11/07/2019	

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3T2	3T3		
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES	1567	237	173	52	10	86	4											

ENCUENTADOR:
 LILIAN ESCOBAR MELIGRAN
 JEFE DE BRIGADA:
 BETTY TOUR BERTO
 ING. RESPONS.:
 HUGO VILCHEZ RUIZ
 RESPONSABLE DE LABORATORIO:
 SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO N° 10

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Izquierdo	
SENTIDO	Tr. 26 de enero	
UBICACION		
ESTACION DIA	Gastromedic Jueves	
FECHA	11/07/2019	

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER		
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T3
0-1																	
1-2																	
2-3																	
3-4																	
4-5																	
5-6																	
6-7																	
7-8																	
8-9																	
9-10																	
10-11																	
11-12																	
12-13																	
13-14																	
14-15																	
15-16																	
16-17																	
17-18																	
18-19																	
19-20																	
20-21																	
21-22																	
22-23																	
23-24																	
TOTALES		1770	302	208	64	168	102	6									

ENCUESTADOR: *[Signature]* JEFES DE BRIGADA: *[Signature]* ING. RESPONSABLE: *[Signature]* SUPERV. MTCO: _____

LIANUSI BARRON MENEZAN BELLY TOOR BORG

MSc. Ing. Angel Hugo Vichez R. L. RESPONSABLE DE LABORATORIO UNISCH



FORMULARIO N° 25

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Derecha		
SENTIDO	Derecha		
UBICACION	Sr. 26 de enero		
ESTACION DIA	Consuelita Gastromedix		
FECHA	Viernes 12/07/2019		


HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
0-1																				
1-2																				
2-3																				
3-4																				
4-5																				
5-6																				
6-7																				
7-8																				
8-9																				
9-10																				
10-11																				
11-12																				
12-13																				
13-14																				
14-15																				
15-16																				
16-17																				
17-18																				
18-19																				
19-20																				
20-21																				
21-22																				
22-23																				
23-24																				
TOTALES																				

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 LINDA ROSA MATEO AN

JEFE DE BRIGADA: *[Signature]*
 Betty Tour Bergam

ING. RESPONS.: *[Signature]*
 MSC. Ing. Anibal Hugo Viquez Pen.
 RESPONSABLE DE LABORATORIO: *[Signature]*
 KINSCH

SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO Nº 21

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION: Gastuomedic

DIA: Sabado

FECHA: 13/07/2014

TRAMO DE LA CARRETERA: Derecha.

SENTIDO: Tr. 26 de enero

UBICACION: _____

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	≥ 3S3	2T2	2T3	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES																		

ENCUESTADOR: Maria Betania Arcelean

JEFE DE BRIGADA: Berty Tami Burgos

ING. RESPONS.: MSc. Ing. Diego Hugo Vilchez Peña

RESPONSABLE DE LABORATORIO: UNSCH

SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO Nº 22

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA: H izquierda
 ESTACION: Castro-med.c
 SENTIDO: Jr. 26 de enero
 D/A: Sabado
 UBICACION: Jr. 26 de enero
 FECHA: 13/07/2019

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES																		

ENCUESTADOR: Hugo
 JEFES DE BRIGADA: Billy Tovar Bernal
 ING. RESPONSABLE: MSc. Ing. Abel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO: UNSCH
 SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO Nº 17

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Derecha	ESTACION	Gastomedic
SENTIDO	Jr. 26 de enero	DIA	Domingo
UBICACION		FECHA	14/02/2014

HORA	MOTOS	AUTO	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER		
				PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	251/252	253	351/352	>= 353	2T2	2T3	3T3
0-1																	
1-2																	
2-3																	
3-4																	
4-5																	
5-6																	
6-7																	
7-8																	
8-9																	
9-10																	
10-11																	
11-12																	
12-13																	
13-14																	
14-15																	
15-16																	
16-17																	
17-18																	
18-19																	
19-20																	
20-21																	
21-22																	
22-23																	
23-24																	
TOTALES		1715	175	153	40	2			54	4							

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 J. ANDY BORDA MALCADO
 JEFE DE BRIGADA: *[Signature]*
 Betty Torres Berrero
 ING. RESPONS.: *[Signature]*
 MSc. Ingrid Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO SUPERV.MTCC: *[Signature]*
 NEOLUNDA LABORATORIO



FORMULARIO Nº 18

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR


HORA	MOTOS	AUTO	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
				PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6		111																
6-7		111																
7-8		111																
8-9		111																
9-10		111																
10-11		111																
11-12		111																
12-13		111																
13-14		111																
14-15		111																
15-16		111																
16-17		111																
17-18		111																
18-19		111																
19-20		111																
20-21		111																
21-22		111																
22-23		111																
23-24		111																
TOTALES		1606	222	138	81	120			58	4								

ESTACION DIA Gas 1ro medic Domingo
FECHA 13/09/2019

TRAMO DE LA CARRETERA IZQUIERDA
SENTIDO Jr. 26 de Enero
UBICACION

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 Jefe de Brigada: *[Signature]*
 MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 ING. RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 UNSCH
 SUPERV. MTOC: _____

E.2 Conteo vehicular Jr. Los Rosales



FORMULARIO Nº 5

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION: P.S. Villa San Cristobal
 DIA: Lunes
 FECHA: 01/07/2019

TRAMO DE LA CARRETERA: Derecha
 SENTIDO: Jr. Los Rosales de Villa San Cristobal
 UBICACION: Jr. Los Rosales de Villa San Cristobal

HORA	MOTOS		AUTO		PICK UP		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
0-1																						
1-2																						
2-3																						
3-4																						
4-5																						
5-6																						
6-7																						
7-8																						
8-9																						
9-10																						
10-11																						
11-12																						
12-13																						
13-14																						
14-15																						
15-16																						
16-17																						
17-18																						
18-19																						
19-20																						
20-21																						
21-22																						
22-23																						
23-24																						
TOTALES	435		142	65	81	1	61	9													1	

ENCUESTADOR: Yanet R. Holina A.

JEFE DE BRIGADA: Berly Tour B.

ING. RESPONS.: MSC. Ingrid Angel Hugo Vilchez Rivera
 RESPONSABLE DE LABORATORIO: UNSCH

SUPERV. MTOC: _____



FORMULARIO N° 7

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA		Derecha	
SENTIDO		De Los Rosales de Villa Son Cristóbal	
UBICACIÓN		P.S. Vilho de Son Cristóbal	
ESTACION DIA		Moises	
FECHA		02/07/2014	

HORA	MOTOS	AUTO	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER		
				PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
0-1																	
1-2																	
2-3																	
3-4																	
4-5																	
5-6																	
6-7		11	11														
7-8		11	11														
8-9		11	11														
9-10		11	11														
10-11		11	11														
11-12		11	11														
12-13		11	11														
13-14		11	11														
14-15		11	11														
15-16		11	11														
16-17		11	11														
17-18		11	11														
18-19		11	11														
19-20		11	11														
20-21		11	11														
21-22		11	11														
22-23		11	11														
23-24		11	11														
TOTALES		418	188	104	68	2											


ENCUESTADOR: *[Signature]* **Gerard Tojar B**

JEFE DE BRIGADA: *[Signature]* **Billy Tojar B**

ING. RESPONS: *[Signature]*

RESPONSABLE DE LABORATORIO: *[Signature]* **MS. Ing. Angel Hugo Viquez Irujo**

SUPERV. MTC: *[Signature]* **UNSCI**



MTC
Ministerio de Transportación y Comunicaciones

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION
DIA
FECHA

P.S. Villoson Cristobal
Martes
02/07/2019

FORMULARIO N° 168

TRAMO DE LA CARRETERA: IZQUIERDA

UBICACION: Jr. Los Rosales de Villoson San Cristobal

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
7-8		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
8-9		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
9-10		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
10-11		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
11-12		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
12-13		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
13-14		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
14-15		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
15-16		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
16-17		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
17-18		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
18-19		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
19-20		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
20-21		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
21-22		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
22-23		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
23-24		PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11	PAU 011 11
TOTALES		375	87	67	52	163	56	11										2

ENCUESTADOR: [Signature]

Jefe de Brigada: [Signature]
Boris Tovar B.

RESPONSABLE DE LABORATORIO: [Signature]
MSc. Inge. Hugo Vilchez Peña
UNSCH

SUPERV.MTCC: _____



FORMULARIO Nº 9

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Derecha		
SENTIDO	Jr. Los Rosales de villa San Cristobal		
UBICACIÓN	P.S. Villa de San Cristobal		
ESTACION	DIA		
DIA	FECHA		
FECHA	03/07/2019		

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL		RURAL Combi	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES		388	189	73	67	2		58	11									

ENCUESTADOR: *Betty Torres B*

JEFE DE BRIGADA: *Betty Torres B*

ING. RESPONS. RESPONSABLE DE LABORATORIO: *MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Lara*

SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO Nº 10

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

ESTACION: Ps. Villa San Cristobal
 DIA: Miércoles
 FECHA: 03/07/2019

TRAMO DE LA CARRETERA: Izquierda
 UBICACIÓN: Jr. Los Rosales de Villa San Cristobal.

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		RURAL Combi	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL			2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES		390	137	63	42	167				49	9							

ENCUESTADOR: Berly Torr B.

JEFE DE BRIGADA: Berly Torr B.

ING. RESPONS.: MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Jara
 RESPONSABLE DE LABORATORIO: UNSCI

SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO Nº 11

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA		Devesha	
SENTIDO		Jr. Los Rosales de Villa San Cristobal	
UBICACION		Devesha	
ESTACION		Ps. Villa San Cristobal	
DIA		Jueves	
FECHA		04/07/2019	

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1																					
1-2																					
2-3																					
3-4																					
4-5																					
5-6		||||	||	||																	
6-7		||||	||	||																	
7-8		||||	||	||																	
8-9		||||	||	||																	
9-10		||||	||	||																	
10-11		||||	||	||																	
11-12		||||	||	||																	
12-13		||||	||	||																	
13-14		||||	||	||																	
14-15		||||	||	||																	
15-16		||||	||	||																	
16-17		||||	||	||																	
17-18		||||	||	||																	
18-19		||||	||	||																	
19-20		||||	||	||																	
20-21		||||	||	||																	
21-22		||||	||	||																	
22-23		||||	||	||																	
23-24		||||	||	||																	
TOTALES		402	166	69	68	3					44	B									1

ENCUESTADOR: *Betty Tour* Betty Tour Bejarano

JEFE DE BRIGADA: *Betty Tour* Betty Tour Bejarano

ING. RESPONS.: *MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Ruiz* MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Ruiz SUPERV. MTCO: RESPONSABLE DE LABORATORIO



FORMULARIO Nº 12

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		RURAL Cambi	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	PANEL			2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T3	
0-1																			
1-2																			
2-3																			
3-4																			
4-5																			
5-6																			
6-7																			
7-8																			
8-9																			
9-10																			
10-11																			
11-12																			
12-13																			
13-14																			
14-15																			
15-16																			
16-17																			
17-18																			
18-19																			
19-20																			
20-21																			
22-23																			
23-24																			
TOTALES		428	172	46	43	155			36	10									

ENCUESTADOR: *Berly Toros Bergara*
 JEFE DE BRIGADA: *Berly Toros Bergara*
 ING. RESPONS.: *MS. Ing. Angel Hugo Viquez / S. SUPERV. MTCC.*
 RESPONSABLE LABORATORIO: *UNSCH*



FORMULARIO N° 13

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Izquierda	
SENTIDO	Sr. Los Rosales de Villa Son Cristóbal.	
UBICACIÓN		
ESTACION	P.S. Villa Son Cristóbal	
DIA	viernes	
FECHA	05/07/2019	

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		BUS		CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES		369.	118	40	27	132				32	12							1

ENCUESTADOR: *Berly Tour B.*

JEFE DE BRIGADA: *Berly Tour B.*

ING RESPONS: *MS. Ingrid Hugo Villalva*
 RESPONSABLE DE LABORATORIO: *UNSC*
 SUPERV.MTCO: _____



FORMULARIO Nº 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Derecha	
SENTIDO	Jr. Los Rosales de la Villa San Cristóbal	
UBICACIÓN	Derecha	

ESTACION	P.S. Villa San Cristóbal	
DIA	Sábado	
FECHA	29/06/2019	

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	PANEL		RURAL Combi	2 E	3 E	3 E	4 E	25/252	253	35/352	>= 353	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES		406	161	51	28	7			52	16								0

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 Jefe de Brigada: *[Signature]*
 ING. RESPONSABLE: *[Signature]*
 SUPERV. MTCC: _____



FORMULARIO N° 2

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	I 2401404	
SENTIDO	S r. Los Rosales de la villa San Cristobal	
UBICACION	P.S. Villa San Cristobal Setebado 29/06/2019	

HORA	MOTOS	AUTO	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER		TRAYLER			
				PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T3		
0-1																	
1-2																	
2-3																	
3-4																	
4-5																	
5-6																	
6-7																	
7-8																	
8-9																	
9-10																	
10-11																	
11-12																	
12-13																	
13-14																	
14-15																	
15-16																	
16-17																	
17-18																	
18-19																	
19-20																	
20-21																	
21-22																	
22-23																	
23-24																	
TOTALES		358	123	20	16	114		77	9								1

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 JEFES DE BRIGADA: *[Signature]* / *[Signature]*
 ING. RESPONSABLE: *[Signature]*
 SUPERVIMTCC: _____

MSc. Ing. Hugo Vichez Pich
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 ING. RESPONSABLE: *[Signature]*
 SUPERVIMTCC: _____



FORMULARIO Nº 3

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	ESTACION
SENTIDO	DIA
UBICACION	FECHA

IZQUIERDO
 Sr. Los Rosales de Villa San Cristóbal
 P.S. Villa San Cristóbal
 Domingo
 30/06/2019

HORA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7																		
7-8																		
8-9																		
9-10																		
10-11																		
11-12																		
12-13																		
13-14																		
14-15																		
15-16																		
16-17																		
17-18																		
18-19																		
19-20																		
20-21																		
21-22																		
22-23																		
23-24																		
TOTALES		258	96	31	16	104			14	7								

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 Jefe de Brigada: *[Signature]* Betty Tover B.
 ING. RESPONSABLE DE LABORATORIO: *[Signature]* MSC. Miguel Hugo Vichez Peña
 SUPERV. MTC: _____
 UNSCH



FORMULARIO Nº 4

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Derecha		
SENTIDO	Jr. Los Rosales de Villa San Cristóbal		
UBICACIÓN			
ESTACION	P.S. Villo San Cristóbal		
DIA	Domingo		
FECHA	30/06/2019		

HORA	MOTOS	AUTO	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
				PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6		1																
6-7		11																
7-8		11																
8-9		11																
9-10		11																
10-11		11																
11-12		11																
12-13		11																
13-14		11																
14-15		11																
15-16		11																
16-17		11																
17-18		11																
18-19		11																
19-20		11																
20-21		11																
21-22		11																
22-23		11																
23-24		11																
TOTALES		233	74	22	17	4												

ENCUESTADOR: *[Signature]*
 JEFES DE BRIGADA: *[Signature]* Betty Tovar B.
 ING. RESPONSABLE DE LABORATORIO: *[Signature]* MSc. Ing. Abel Hugo Viquez Peña
 SUPERV. MTC: _____
 UNSCH

Anexo F

MEDICIONES DE LOSAS DE PAVIMENTACIÓN

ESTUDIO DE MEDICIONES DE LOSAS DE PAVIMENTO					
ZONA DE ESTUDIO:		Jr. 26 de Enero			
SENTIDO:		Derecha		Izquierda	
Nº LOSA	KM.	LARGO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)
1	0+0	3.95	2.95	3.90	2.90
2	0+30	3.00	2.90	4.20	3.00
3	0+60	3.05	3.10	4.10	3.00
4	0+90	2.90	3.15	3.95	3.15
5	0+120	4.00	3.20	3.95	3.20
6	0+150	3.97	3.12	2.98	3.15
7	0+180	4.00	3.20	2.97	3.16
8	0+210	4.00	3.19	2.98	3.18
9	0+240	-	-	-	-
10	0+270	-	-	-	-
11	0+300	-	-	-	-
12	0+330	-	-	-	-
13	0+360	3.89	3.15	3.95	3.18
14	0+390	3.95	3.20	3.97	3.20
15	0+420	2.99	3.15	2.96	3.18
16	0+450	2.96	2.18	3.95	3.17
17	0+480	2.97	3.18	2.98	3.20
18	0+510	3.98	3.15	4.04	3.23
19	0+540	3.99	3.15	3.96	3.22
20	0+570	3.95	3.14	3.98	3.20
21	0+600	3.98	3.15	4.00	3.19
22	0+630	3.97	3.18	3.99	3.20
23	0+660	3.98	3.17	3.97	3.19
24	0+690	4.00	3.19	4.00	3.20
25	0+720	3.98	3.20	3.99	3.19
26	0+750	3.99	3.18	4.00	3.19
PROMEDIO		3.95	3.15	4.00	3.20


 Tesista
 Berdy Tovar Bergara


 MSc. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 UNSCH.

ESTUDIO DE MEDICIONES DE LOSAS DE PAVIMENTO					
ZONA DE ESTUDIO:		Jr. Los Rosales de Villa San Cristobal			
SENTIDO:		Derecha		Izquierda	
Nº LOSA	KM.	LARGO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)
1	0+0	3.00	3.15	3.04	3.15
2	0+30	3.00	3.14	3.00	3.15
3	0+60	3.10	3.10	3.08	3.10
4	0+90	3.15	3.15	3.13	3.14
5	0+120	3.15	3.12	3.14	3.10
6	0+150	3.05	3.18	3.00	3.20
7	0+180	3.00	3.20	2.98	3.24
8	0+210	2.98	3.25	2.95	3.25
9	0+240	2.95	3.25	2.94	3.24
10	0+270	2.95	3.22	2.95	3.25
11	0+300	3.00	3.23	3.00	3.24
12	0+330	3.00	3.24	3.02	3.25
13	0+360	3.10	3.00	3.08	2.98
14	0+390	3.10	3.00	3.00	2.99
15	0+420	3.07	2.98	3.05	3.00
16	0+450	3.10	3.02	3.10	3.00
17	0+480	3.00	3.00	3.00	3.07
18	0+510	2.99	3.00	3.00	3.00
19	0+540	2.98	2.97	2.96	2.97
20	0+570	3.15	3.00	3.14	2.98
21	0+600	3.00	3.00	3.10	3.00
22	0+630	2.99	3.00	3.02	2.99
23	0+670	2.95	2.99	3.00	2.97
PROMEDIO		3.00	3.10	3.00	3.10



 Tesista
 Berilly Tovar Bergara.



 MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 UNSCH.

Anexo G

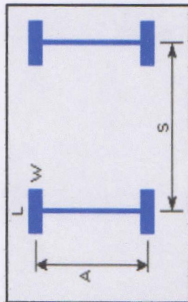
MEDICIONES ELEMENTALES DE NEUMÁTICOS DE EJES VEHICULARES

MEDIDAS ELEMENTALES DE NEUMÁTICOS DE EJES VEHICULARES

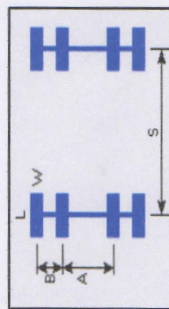
Ancho de Neumáticos	W Autos	0.15	L Autos	0.12
	W Camionetas	0.20	L Camionetas	0.18
	W Microbus	0.18	L Microbus	0.18
	W Camion C2	0.25	L Camion C2	0.30
	W Camion C3	0.25	L Camion C3	0.30
	W Semitrailer T2S2	0.25	L Semitrailer T2S2	0.30
	W Semitrailer T2S3	0.25	L Semitrailer T2S3	0.30



Ancho de Eje a Eje	A Autos	1.50	S Autos	2.70
	A Camionetas	1.60	S Camionetas	3.00
	A Microbus	1.65 / 1.25	S Microbus	3.90
	A Camion C2	1.65 / 1.35	S Camion C2	4.00
	A Camion C3	2.0 / 1.90	S Camion C3	1.35
	A Semitrailer T2S2	2.0 / 1.50	S Semitrailer T2S2	1.35
	A Semitrailer T2S3	2.0 / 1.50	S Semitrailer T2S3	1.35



Distancia de Neumatico a Neumatico en eje Tandem y Tridem	B Microbus	0.25
	B Camion C2	0.30
	B Camion C3	0.30
	B Semitrailer T2S2	0.35
	B Semitrailer T2S3	0.35




[Signature]
Tesista
 Berilly Toover Bergura.

[Signature]
MSc. ING. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 UNSCH

Anexo H

MEDICIONES DE ESCALONAMIENTO EN LAS JUNTAS DE LOS PAVIMENTOS

ESTUDIO DE MEDICIONES DE ESCALONAMIENTO			
ZONA DE ESTUDIO:		Jr. 26 de Enero	
Nº LOSA	KM.	Derecha	Izquierda
1	0+0	1.0	2.0
2	0+30	3.0	2.0
3	0+60	2.0	2.0
4	0+90	3.0	4.0
5	0+120	4.0	1.0
6	0+150	3.0	3.0
7	0+180	3.0	1.0
8	0+210	3.0	5.0
9	0+240	4.0	3.0
10	0+270	3.0	2.0
11	0+300	2.0	1.0
12	0+330	3.0	1.0
13	0+360	1.0	2.0
14	0+390	8.0	5.0
15	0+420	4.0	5.0
16	0+450	1.0	3.0
17	0+480	4.0	2.0
18	0+510	4.0	3.0
19	0+540	3.0	4.0
20	0+570	6.0	6.0
21	0+600	3.0	2.0
22	0+630	7.0	3.0



Berly Tovar Bergara,
 Tesista


 MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 UNSCH.

Asesor

ESTUDIO DE MEDICIONES DE ESCALONAMIENTO			
ZONA DE ESTUDIO:		Jr. Los Rosales	
Nº LOSA	KM.	Derecha	Izquierda
1	0+0	7.0	6.0
2	0+30	11.0	9.0
3	0+60	8.0	4.0
4	0+90	10.0	5.0
5	0+120	5.0	7.0
6	0+150	7.0	5.0
7	0+180	8.0	10.0
8	0+210	6.0	4.0
9	0+240	10.0	6.0
10	0+270	6.0	8.0
11	0+300	5.0	6.0
12	0+330	6.0	9.0
13	0+360	8.0	5.0
14	0+390	6.0	7.0
15	0+420	5.0	6.0
16	0+450	7.0	8.0
17	0+480	4.0	5.0
18	0+510	6.0	9.0
19	0+540	8.0	11.0
20	0+570	8.0	7.0
21	0+600	9.0	5.0
22	0+630	9.0	10.0
23	0+660	6.0	6.0


 Berly Tovar Bergara.
 Tesista


 MSc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 UNSCH.

Asesor

Anexo I

OBSERVACIONES DE LAS LOSAS AGRIETADAS

I.1 Observaciones de losas agrietadas en el Av. 26 de Enero

OBSERVACIONES DE LOSAS AGRIETADAS							
ZONA DE ESTUDIO:		Jr. 26 DE ENERO					
Nº DE LOSA OBSERVADA		CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
LOSA DERECHO	LOSA IZQUIERDO	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina
1	1	-	-	-	-	-	-
2	2	-	-	-	-	-	-
3	3	-	-	-	-	-	-
4	4	-	-	-	-	-	-
5	5	-	-	-	-	-	-
6	6	-	-	-	-	-	-
7	7	-	-	-	-	-	-
8	8	-	-	-	-	-	-
9	9	-	-	-	-	-	-
10	10	-	-	-	-	-	-
11	11	-	-	-	-	-	-
12	12	-	-	-	-	-	-
13	13	-	-	-	-	-	-
14	14	-	-	-	-	-	-
15	15	-	-	-	-	-	-
16	16	-	-	-	-	-	-
17	17	-	-	-	-	-	-
18	18	-	-	-	-	-	-
19	19	-	-	-	-	-	-
20	20	-	-	-	-	-	-
21	21	-	-	-	-	-	-
22	22	-	-	-	-	-	-
23	23	-	-	-	-	-	-
24	24	-	-	-	-	-	-
25	25	-	-	-	-	-	-
26	26	-	-	-	-	-	-
27	27	-	-	-	-	-	-
28	28	-	-	-	-	-	-
29	29	-	-	-	-	-	-
30	30	-	✓	-	-	-	-
31	31	-	-	-	-	-	-
32	32	-	-	-	-	-	-
33	33	-	-	-	-	-	-
34	34	-	-	-	-	-	-
35	35	-	-	-	-	-	-
36	36	-	-	-	-	-	-
37	37	-	-	-	-	-	-
38	38	-	-	-	-	-	-
39	39	-	-	-	-	-	-
40	40	-	-	-	-	-	-
41	41	-	-	-	-	-	-
42	42	-	-	-	-	-	-
43	43	-	-	-	-	-	-

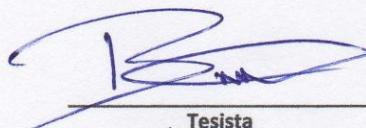


 Tesista
 Berilly Tovar Bergara.

 Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 CIP: 64442

 Asesor

OBSERVACIONES DE LOSAS AGRIETADAS							
ZONA DE ESTUDIO:		JR. 26 DE ENERO					
Nº DE LOSA OBSERVADA		CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
LOSA DERECHO	LOSA IZQUIERDO	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina
44	44	-	-	-	-	-	-
45	45	-	-	-	-	-	-
46	46	-	-	-	-	-	-
47	47	-	-	-	-	-	-
48	48	-	-	-	-	-	-
49	49	-	-	-	-	-	-
50	50	-	-	-	-	-	-
51	51	-	-	-	-	-	-
52	52	-	-	-	-	-	-
53	53	-	-	-	-	-	-
54	54	-	-	-	-	-	-
55	55	-	-	-	-	-	-
56	56	-	-	-	-	-	-
57	57	-	-	-	-	-	-
58	58	-	-	-	-	-	-
59	59	-	-	-	-	-	-
60	60	-	-	-	-	-	-
61	61	-	-	-	-	-	-
62	62	-	-	-	-	-	-
63	63	-	-	-	-	-	-
64	64	-	-	-	-	-	-
65	65	-	-	-	-	-	-
66	66	-	-	-	-	-	-
67	67	-	-	-	-	-	-
68	68	-	-	-	-	-	-
69	69	-	-	-	-	✓	-
70	70	-	-	-	-	-	-
71	71	-	-	-	-	-	-
72	72	-	-	-	-	-	-
73	73	-	-	-	-	-	-
74	74	-	-	-	-	-	-
75	75	-	-	-	-	-	-
76	76	-	-	-	-	-	-
77	77	-	-	-	-	-	-
78	78	-	-	-	-	-	-
79	79	-	-	-	-	-	-
80	80	-	-	-	-	-	-
81	81	-	-	-	-	-	-
82	82	-	-	-	-	-	-
83	83	-	-	-	-	-	-
84	84	-	-	-	-	-	-
85	85	✓	-	-	-	-	-
86	86	-	-	-	-	-	-

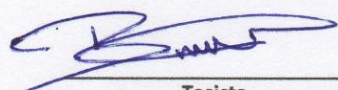


 Tesista
 Berly Tovar Bergara


 Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 CIP: 64442

 Asesor

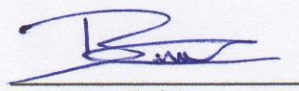
OBSERVACIONES DE LOSAS AGRIETADAS							
ZONA DE ESTUDIO:		JR. 26 DE ENERO					
Nº DE LOSA OBSERVADA		CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
LOSA DERECHO	LOSA IZQUIERDO	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina
87	87	-	-	-	-	-	-
88	88	-	-	-	-	-	-
89	89	-	-	-	-	-	-
90	90	-	-	-	-	-	-
91	91	-	-	-	-	-	-
92	92	-	-	-	-	-	-
93	93	-	-	-	-	-	-
94	94	-	-	-	-	-	-
95	95	-	-	-	-	-	-
96	96	-	-	-	-	✓	-
97	97	-	-	-	-	-	-
98	98	-	-	-	-	-	-
99	99	-	-	-	-	-	-
100	100	-	-	-	-	-	-
101	101	-	-	-	-	-	-
102	102	-	-	-	-	-	-
103	103	-	-	-	-	-	-
104	104	-	-	-	-	-	-
105	105	-	-	-	-	-	-
106	106	-	-	-	-	-	-
107	107	-	-	-	-	-	-
108	108	-	-	-	-	-	-
109	109	-	-	-	-	-	-
110	110	-	-	-	-	-	-
111	111	-	-	-	-	-	-
112	112	-	-	-	-	-	-
113	113	-	-	-	-	-	-
114	114	-	-	-	-	-	-
115	115	-	✓	-	-	-	-
116	116	-	-	-	-	-	-
117	117	-	-	-	-	-	-
118	118	-	-	-	-	-	-
119	119	-	-	-	-	-	-
120	120	-	-	-	-	-	-
121	121	-	-	-	-	-	-
122	122	-	-	-	-	-	-
123	123	-	-	-	-	-	-
124	124	-	-	-	-	-	-
125	125	-	-	-	-	-	-
126	126	-	-	-	-	-	-
127	127	-	-	-	-	-	-
128	128	-	-	-	-	-	-
129	129	-	-	-	-	-	-


 Tesista
 Berly Tour Bergara.


 Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 CIP: 64442
 Asesor


I.2 Observaciones de losas agrietadas en el Jr. Los Rosales

OBSERVACIONES DE LOSAS AGRIETADAS							
ZONA DE ESTUDIO:		JR. LOS ROSALES					
Nº DE LOSA OBSERVADA		CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
LOSA DERECHO	LOSA IZQUIERDO	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina
1	1	-	-	-	-	-	-
2	2	✓	✓	-	-	-	-
3	3	-	-	-	-	-	-
4	4	-	-	-	-	-	-
5	5	-	-	-	-	✓	-
6	6	-	-	-	-	-	-
7	7	-	-	-	-	-	-
8	8	-	-	-	-	-	-
9	9	-	-	-	-	-	-
10	10	-	-	-	-	-	-
11	11	-	-	-	-	-	-
12	12	-	-	-	-	-	-
13	13	-	-	-	-	✓	-
14	14	-	-	-	-	-	-
15	15	-	-	-	-	-	-
16	16	-	-	-	-	-	-
17	17	-	-	-	-	-	-
18	18	-	-	-	-	-	-
19	19	-	-	-	-	-	-
20	20	-	-	-	-	-	-
21	21	-	-	-	-	-	-
22	22	-	-	-	✓	-	-
23	23	-	-	-	-	-	-
24	24	-	-	-	-	-	-
25	25	-	-	-	-	-	-
26	26	-	-	-	-	-	-
27	27	-	-	-	-	-	-
28	28	-	-	-	-	-	-
29	29	-	-	-	-	-	-
30	30	-	-	-	-	-	-
31	31	-	-	-	-	-	-
32	32	-	-	-	-	-	-
33	33	-	-	-	-	-	-
34	34	-	-	-	-	-	-
35	35	-	-	-	-	-	-
36	36	-	-	-	-	-	-
37	37	-	-	-	-	-	-
38	38	-	-	✓	-	-	-
39	39	-	-	-	-	-	-
40	40	-	-	-	✓	-	-
41	41	-	-	-	-	-	-
42	42	-	-	-	-	-	-
43	43	-	-	-	-	-	-


 Tesista
 Berly Tavor Bergara.



 Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 CIP: 64442
 Asesor

OBSERVACIONES DE LOSAS AGRIETADAS							
ZONA DE ESTUDIO:		JR. LOS ROSALES					
Nº DE LOSA OBSERVADA		CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
LOSA DERECHO	LOSA IZQUIERDO	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina
44	44	-	-	-	-	-	-
45	45	-	-	-	-	-	-
46	46	-	-	-	-	-	-
47	47	-	-	-	-	-	-
48	48	-	-	-	-	-	-
49	49	✓	✓	-	-	-	-
50	50	-	-	-	-	-	-
51	51	-	-	-	-	-	-
52	52	-	-	-	-	-	-
53	53	-	-	-	-	-	-
54	54	-	-	-	✓	-	-
55	55	-	-	-	-	-	-
56	56	-	-	-	-	-	-
57	57	-	-	-	-	-	-
58	58	-	-	-	-	-	-
59	59	-	-	-	-	-	-
60	60	-	-	-	-	-	-
61	61	-	-	-	-	✓	-
62	62	-	-	-	-	-	-
63	63	-	-	-	-	-	-
64	64	-	-	-	-	-	-
65	65	-	-	-	-	✓	-
66	66	-	-	-	-	-	-
67	67	-	-	-	-	-	-
68	68	-	-	-	-	-	-
69	69	✓	-	-	-	-	-
70	70	-	-	-	-	-	-
71	71	-	-	-	-	-	-
72	72	-	-	-	-	-	-
73	73	-	-	-	-	-	-
74	74	-	-	-	-	-	-
75	75	-	-	-	-	-	-
76	76	-	-	-	-	-	-
77	77	-	-	-	-	-	-
78	78	-	-	-	-	-	-
79	79	-	-	-	-	-	-
80	80	-	-	-	-	-	-
81	81	-	-	-	-	-	-
82	82	-	-	-	-	-	-
83	83	-	-	-	-	-	-
84	84	-	-	-	-	-	-
85	85	-	-	-	-	-	-
86	86	-	-	-	-	-	-


 Tesista
 Berilly Tovar Bergara.

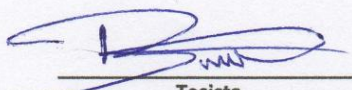

 Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 CIP: 64442
 Asesor

OBSERVACIONES DE LOSAS AGRIETADAS							
ZONA DE ESTUDIO:		JR. LOS ROSALES					
Nº DE LOSA OBSERVADA		CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
LOSA DERECHO	LOSA IZQUIERDO	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina
87	87	-	-	-	-	-	-
88	88	-	-	-	-	-	-
89	89	-	-	-	-	-	-
90	90	-	-	-	-	-	-
91	91	-	-	-	-	-	-
92	92	-	-	-	-	✓	-
93	93	-	-	-	-	-	-
94	94	-	-	-	-	-	-
95	95	-	-	-	-	-	-
96	96	-	-	-	-	-	-
97	97	-	-	-	-	-	-
98	98	-	-	-	-	-	-
99	99	-	-	-	-	-	-
100	100	-	-	-	-	-	-
101	101	-	-	-	-	-	-
102	102	-	-	-	-	-	-
103	103	-	-	-	-	-	-
104	104	✓	-	-	-	-	✓
105	105	-	-	-	-	-	-
106	106	-	-	-	-	-	-
107	107	✓	-	-	-	-	-
108	108	-	-	-	-	-	-
109	109	-	-	-	-	-	-
110	110	-	-	-	-	-	-
111	111	-	-	-	-	-	-
112	112	-	-	-	-	-	-
113	113	-	✓	-	-	-	-
114	114	-	-	-	-	-	-
115	115	-	-	-	-	-	-
116	116	-	-	-	-	-	-
117	117	-	-	-	✓	-	-
118	118	-	-	-	-	-	-
119	119	-	-	-	-	-	-
120	120	-	-	-	-	-	-
121	121	-	-	-	-	-	-
122	122	-	✓	-	-	✓	-
123	123	-	-	✓	-	-	-
124	124	-	-	-	-	-	-
125	125	-	-	-	-	✓	-
126	126	-	-	-	-	-	-
127	127	-	-	-	-	-	-
128	128	-	-	-	-	-	-
129	129	-	-	-	-	-	-


 Tesista
 Berly Tovar Berpota.


 Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 Asesor CIP: 64442

OBSERVACIONES DE LOSAS AGRIETADAS							
ZONA DE ESTUDIO:		JR. LOS ROSALES					
Nº DE LOSA OBSERVADA		CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
LOSA DERECHO	LOSA IZQUIERDO	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina	Agrietamiento Longitudinal	Agrietamiento Transversal	Agrietamiento Esquina
130	130	-	-	-	-	-	-
131	131	-	-	-	-	-	-
132	132	-	-	-	-	-	-
133	133	-	-	-	-	-	-
134	134	-	✓	-	-	-	-
135	135	-	-	-	-	-	-
136	136	-	-	-	-	-	-
137	137	-	-	-	-	-	-
138	138	-	-	-	-	-	-
139	139	-	-	-	-	-	-
140	140	-	-	-	-	-	-
141	141	-	-	-	-	-	-
142	142	-	-	-	-	-	-
143	143	-	-	-	-	-	-
144	144	-	-	-	-	-	-
145	145	-	-	-	-	-	-
146	146	-	-	-	-	-	-
147	147	-	-	-	-	-	-
148	148	-	-	-	-	-	-
149	149	-	-	-	-	-	-
150	150	-	-	-	-	-	-
151	151	-	-	-	-	-	-
152	152	-	-	-	-	-	-
153	153	-	-	-	-	-	-
154	154	-	-	-	-	-	-
155	155	-	-	-	-	-	-
156	156	-	-	-	-	-	-
157	157	-	-	-	-	-	-
158	158	-	-	-	-	-	-
159	159	-	-	-	-	-	-
160	160	-	-	-	-	-	-
161	161	-	-	-	-	-	-
162	162	-	-	-	-	-	-
163	163	-	-	-	-	-	-
164	164	-	-	-	-	-	-
165	165	-	-	-	-	-	-
166	166	-	-	-	-	-	-
167	167	-	-	-	-	-	-
168	168	-	-	-	-	-	-
169	169	-	-	-	-	-	-
170	170	-	-	-	-	-	-
171	171	-	-	-	-	-	-
172	172	-	-	-	-	-	-


 Tesista
 Berilly Tovar Berpara.


 Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña
 CIP: 64442
 Asesor

Anexo J

PANEL FOTOGRAFICO

J.1 Conteo vehicular Av. 26 de Enero



Figura 79 Conteo vehicular ida - Av. 26 de Enero



Figura 80 Conteo vehicular vuelta - Av. 26 de Enero

J.2 Conteo vehicular Jr. Los Rosales



Figura 81 Conteo vehicular ida - Jr. Los Rosales



Figura 82 Conteo vehicular vuelta - Jr. Los Rosales

J.3 Medición de las dimensiones de losa Av. 26 de Enero



Figura 83 Medición de losa - Av. 26 de Enero



Figura 84 Medición de losa - Av. 26 de Enero

J.4 Medición de las dimensiones de losa Jr. Los Rosales



Figura 85 Medición de losa - Jr. Los Rosales



Figura 86 Medición de juntas - Jr. Los Rosales

J.5 Medición de neumáticos de vehículos pesados



Figura 87 Medición de neumático de camión C2



Figura 88 Medición de neumático de camión C3

J.6 Observaciones de losa agrietadas



Figura 89 Agrietamiento longitudinal de losa Jr. Los Rosales



Figura 90 Agrietamiento en la esquina de losa Jr. Los Rosales

J.7 Observaciones del escalonamiento en juntas



Figura 91 Escalonamiento de Juntas Av. 26 de Enero

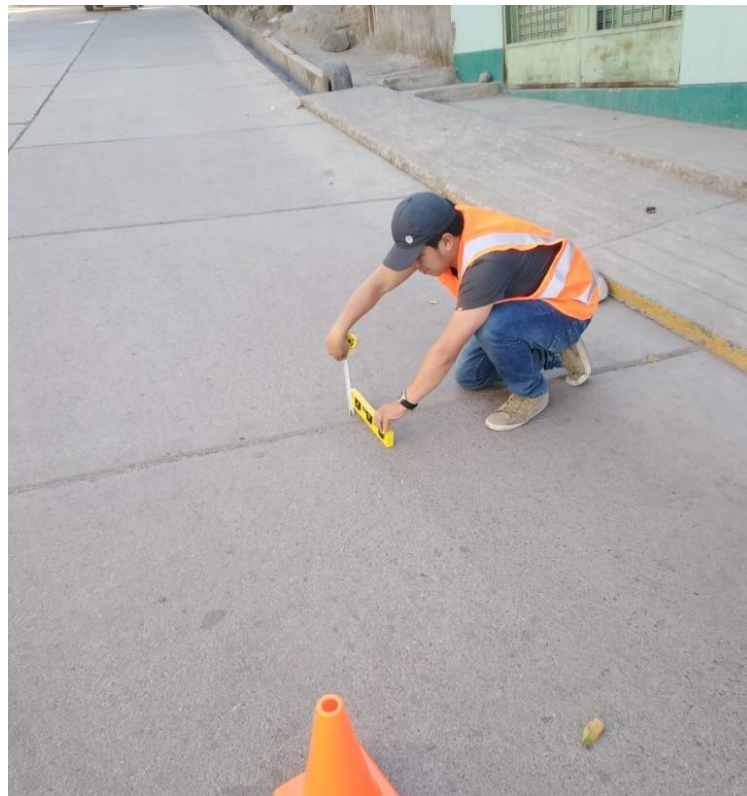


Figura 92 Escalonamiento de Juntas Jr. Los Rosales

Anexo K
PLANOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

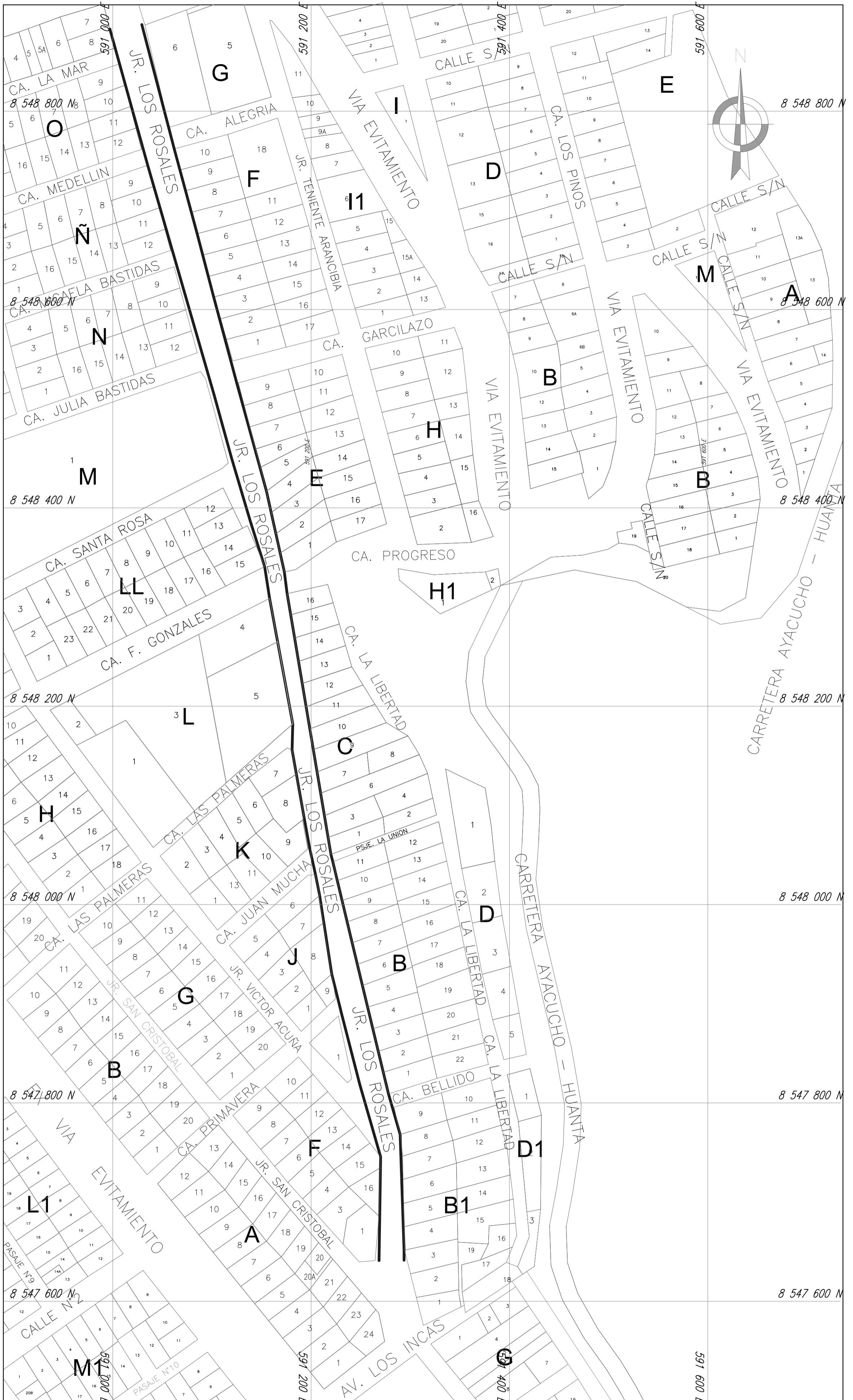
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: TESIS: DETERMINACION DE LOS NIVELES DE AGRIETAMIENTO
 CON EL METODO MEPCD EN PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE
 AYACUCHO

ELABORADO: BAHC. BERLLY TOVAR BERGARA
 ASESOR: MSC. ING. ANGEL H. VILCHEZ PEÑA
 PLANO: LOCALIZACION DE LA AV. 26 DE ENERO - AYACUCHO
 ESCALA: 1/5000
 FECHA:
 DIBUJO: B.T.B
 LAMINA: PC-1

LAMINA :

01





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA



FACULTAD DE INGENIERIA MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: TESIS: DETERMINACION DE LOS NIVELES DE AGRIETAMIENTO
 CON EL METODO MEPDG EN PAVIMENTOS RIGIDOS EN LA CIUDAD DE
 AYACUCHO

ELABORADO: BAHC. BERLLY TOVAR BERGARA
 ASESOR: MSC. ING. ANGEL H. VILCHEZ PEÑA
 PLANO: LOCALIZACION DEL JR. LOS ROSALES - AYACUCHO
 ESCALA: 1/5000
 DIBUJO: B.T.B
 FECHA:
 LAMINA: PC-2

LAMINA :
02