

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN-RURD
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
CARRERA INGENIERIA CIVIL.



SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL.

Tema:

“Diseño geométrico y propuesta de una estructura de pavimento rígido, en un tramo de vía de 500 M del Bo Frawley D-III del municipio de Managua, 2016 aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4 “.

Nombres de los autores:

No de carnet

❖ BR. Jennifer Patricia López García

12041778

❖ BR. Darwin Ernesto Parrales Solís

12042065

Tutor:

- MSC .Ing. .Wilber Javier Perez Flores.

Asesor Metodológico:

- MSC .Ing. .Sergio Ramírez Lanza.

Managua, Nicaragua año 2016

DEDICATORIA.

Por Darwin Ernesto Parrales solis:

Para empezar dedico este presente trabajo de seminario de graduación a Jehová Dios, misericordioso, e omnipotente, seguidamente tengo sin lugar a dudas demasiado que agradecer ciertamente a mis padres Rodrigo Alonso Parrales medina y a mi mama Olga Cesilia Solís Hernández.

Continuando prosigo y también dedico este trabajo en memoria de mi gran amigo Josué Joel González Villanueva sin duda un amigo sincero del que no me olvido aun logrando una de las metas que previamente nos habíamos comentados.

También sin dejarte afuera a ti querida amiga compañera Jennifer Patricia López García que sin tus méritos este trabajo no pudiera haber sido concebido de manera tan completa.

Para finalizar quiero dedicar este trabajo a todos aquellos que de alguna manera influyeron en mi formación profesional, y a todos aquellos que alguna vez han pensado que han perdido la batalla hoy les digo que no importa cuántas veces te caigas lo importante es que siempre te levantes recordemos que la fortaleza viene de DIOS.

Además también sin olvidar a una persona tan bella y maravillosa, como mi señora, amiga y confidente Jennifer Flores, a quien también dedicare este logro que se consuma siendo un motor e impulso en mi vida a diario, gracias por estar conmigo, sos un tesoro que guardaré muy bien.

Por Jennifer Patricia López García:

Dedico primeramente el Presente Trabajo de Seminario de Graduación al más grande amor de mi vida a ti Dios que siempre me ha guiado en cada decisión que eh tomado, y que ha emprendido cada camino que eh recorrido sosteniéndome en cada momento bueno y malo hasta el día de hoy ,tu sabes que este triunfo es tuyo .Seguidamente a las dos pilares fundamentales de mi vida a mis padres Eddy Antonio López y Isabel Concepción García ellos son el tesoro más grande que Dios me regalo, y desde que tengo uso de razón se han dedicado a impulsarme por conseguir mis sueños, metas y ambiciones, este logro es de ustedes.

A mi hermano Roberto Carlos López García, mi cómplice en la vida y mi apoyo en cada decisión que emprendo, a mis abuelos: Lucrecia Montes y Leonel Urbina (Q.E.P.D) mis segundos padres, mi guías y consejeros para lograr cada sueño que me propongo, mis abuelos Socorro López y Eddy López y Tio Hugo López piedras de aliento y apoyos fundamentales en mi vida.

A los hermanos que la vida me regalo a pesar de no ser de sangre para mi no son amigos son hermanos,impulsores fundamentales a exigirme a lograr lo que me propongo: Giovanni Velásquez, kelvin Carranza, Kevin Perez y a todos los amigos y compañeros que la vida me regalo que están y no están conmigo en especial a ti Josué Joel González Villanueva (Q.E.P.D) este logro tu sabes donde quiera que estés, esta dedicado a ti mi hermano. A mi novio y mejor amigo Eduardo Escobar mi motivador y impulsador en cada situación que eh pasado, en cada sueño y meta que eh emprendido. A todos y cada uno de los docentes del departamento de construcción de la UNAN-Managua guias fundamentales y facilitadores en estos 5 años para concluir esta meta, verdaderamente gracias, Dios los bendiga a todos.

Cita Bíblica:

El señor dice: Yo te instruiré, yo te mostrare el camino que debes seguir, yo te daré consejos y velare por ti. Salmos 32:8

AGRADECIMIENTOS.

Por Darwin Ernesto Parrales Solis:

Primeramente doy las gracias a Jehová Dios misericordioso sabio y omnipotente por permitirme ver consumar este logro y darme el conocimiento y la fuerza necesaria para llegar el.

Agradezco a mi familia por estar a través de lo largo de esta etapa de mi vida, apoyándome a papa y a mama y mis hermanos. Agradezco a los integrantes docentes de esta institución que a través de los 5 años de esta ardua carrera estuvieron ahí siendo un portal del conocimiento de maneras realmente dignas de antemano gracias.

De igual manera le agradezco a los docentes que nos han facilitado información ya sea de manera concluyente y metodológica, así como lo fue, el Profesor Ing.: Wilber Pérez, el Prof. Ing. Sergio Ramírez Lanzas, Ing. Janixa Palma supervisión de proyectos de ALMA, el diseñador de la alcaldía de Managua del D-III Ing. William, y así también la Ing. Scarlet Tapia de la misma Institución y al Ing. Carlos López diseñador del plantel de Infraestructura de Managua.

He de estar muy muy agradecido por los compañeros que he tenido a los largos de esto años, en especial por un amigo que hoy por hoy vive más que nunca Josué Joel González un amigo sincero.

¡ Un paso es el inicio para un camino de 1000 Km !.

Por Jennifer Patricia López García:

Agredezco en primer lugar a ti Dios por permitirme llegar hasta donde estoy por cada bendición que me das, por sostenerme, guiarme en cada etapa de mi vida, gracias por emprender esta meta conmigo. A mis padres Eddy López y Isabel Garcia ,los mejores padres del mundo por enseñarme que el limite de mis sueños y ambiciones los pongo yo ,por darme con cada sacrificio que hacen y con amor todo lo que tienen para impulsarme en la vida y por enseñarme que la humildad ,el amor ,el respeto y la familia es lo mas importante ,son la bendición mas grande que Dios me dio este logro es de ustedes .

A mi hermano Roberto Carlos gracias por amarme como los haces por guiarme y impulsarme .Tambien a mi abuela Lucrecia Montes mi segunda madre gracias por hacerme ver que mis limites son los que yo me ponga , por apoyarme ,por motivarme y amarme a como lo haces ,por ser de las benciones mas bellas que Dios me dio .Agradesco al Ing .Msc Wilber Perez flores tutor del presente trabajo y docente facilitador de conocimiento a lo largo de estos 5 años motivador a enamorarnos mas de esta hermosa carrera, a los docentes: Ing sergio Lanzas ,Ing Bayardo altamirano ,Ing Cordero Andrade,Ing evert López,,Ing Oswaldo Balmaceda ,Ing Edwin Obando,Ing Carlos López guias en conocimiento practico y metodologico para alcanzar la meta propuesta .

A los Ingenieros de ALMA y el plantel de Infraestructura por la información,ayuda y guia para la elaboración de el presente trabajo Ing . Janixa Palma,Ing willian ,Ing scarleth Leiva,Ing Carlos López Dios los bendiga grandemente a cada uno docentes y facilitadores .A mi hermano Giovani velasquez gracias por impulsarme y apoyarme en todo lo que me propongo ,a mi novio Eduardo Escobar gracias por años de apoyarme, y impulsarme en cada meta que me eh propuesto hasta el momento en mi vida .A mi angel de la guarda Josue Gonzalez (Q.E.P.D) gracias por impusarme y motivarme a ser mejor dia a dia .

TABLA DE CONTENIDO.

Dedicatoria	II
Agradecimientos.....	IV
Tabla de contenido.....	VI
Listado de tablas	XIII
Listado de ecuaciones	XVI
Listado de figuras	XVIII
Resumen.....	XXII
Glosario de Terminos.....	XXIII

INDICE DE CONTENIDO.

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
4.1 Caracterización del problema.....	5
4.2 Delimitación del problema	5
4.3 Formulación del problema	5
4.4 Sistematización del problema	5
5. OBJETIVOS	7
5.1 Objetivo General	7
4.4 Objetivos Específicos.	7
6. MARCO TEORICO	8
6.1 Condiciones de los pavimentos rígidos en Nicaragua.	8
6.1.2 Clasificación de los pavimentos rígidos en Nicaragua.	8
6.1.3 Elementos que integran la estructura de pavimentos rígidos en Nicaragua.	8
6.1.4 Diseños utilizados en Nicaragua	9
6.1.6 Criterios Técnicos y de Tecnología en la construcción en la carpeta de rodamiento de pavimento rígido	10
6.1.7 Requisitos de los agregados de la mezcla de concreto para el pavimento rígido.	10
6.1.8 Relación entre Resistencia y Relación Agua-Material Cementante	11
6.2 Estudios Técnicos para el Diseño de una Estructura de pavimento rígido.	12
6.2.1 Estudios de suelos	12
6.2.2 Ensayo granulométrico.....	12
6.2.3 Ensayo del contenido de humedad	14
6.2.4 Ensayo de los límites de Atterberg.....	14

6.2.5 Ensayo de compactación del proctor.....	15
6.2.6 Ensayo de valor soporte California C.B.R	16
6.2.7 Ensayo del Módulo de Reacción	19
6.2.8 Ensayo de los agregados.....	22
6.2.9 Estudios de suelo para la evaluación de los elementos que integran la estructura de pavimento rígido.	24
6.2.10 Modulo de Resilente (MR).....	25
6.2.11 Evaluación de la base	26
6.2.12 Ensayos realizados al concreto Hidráulico	27
6.2.13 Ensayo de Resistencia a la flexión	27
6.2.14 Estudio de Transito.....	28
6.2.15 Tipo de Transito	28
6.2.16 Tipos de Volúmenes de transito	29
6.2.17 Variación de los volúmenes de transito	29
6.2.18 Patrones de los volúmenes de tránsito.....	29
6.2.19 Estudio Diseño Geométrico	31
6.2.20 Normas generales para alineamiento horizontal	32
6.2.21 Normas generales para alineamiento Vertical	33
6.3 Diseño de la Capa de rodamiento con Pavimento Rígido	
Método AASHTO93 y el software 1.04	33
6.3.1 Variables de diseño respecto al tiempo.....	34
6.3.2 Variables a Considerar en el Método AASTHO93.....	34
6.3.3 Software EqAASTHO93.	37
6.3.4 Software WINPASS 1.0.4.....	39
6.3.5 Ficha del proyecto	40
6.3.6 Estimación ficha ESALs	41
6.3.7 Diseño/Ficha de Evaluación	41
6.3.8 El diseño de los pavimentos rígidos/Análisis en WINPASS	41
6.3.9 Pavimento Rígido y asfalto Diseño/Análisis (Side-by-side).	42
6.3.10 Ensayos no destructivos (END) Backcalculation.....	43
6.3.11 NDT Backcalculation para pavimentos Rígidos.....	43
6.3.12 Ficha Costos del ciclo de vida	44

6.3.13 Ficha informes.....	44
7. HIPÓTESIS.....	45
8. DISEÑO METODOLOGICO.....	46
8.1 Tipo de estudio.....	46
8.2 Área de estudio.....	46
8.3 Universo y Muestra.....	46
8.4 Definición y operalización de variables (MOVI).....	47
8.5 Métodos y técnicas de recolección de datos.....	56
8.6 Procedimientos para la recolección de datos e información.....	57
8.7 Plan de tabulación y análisis.....	58
9.INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	60
9.1 Estudio de caso.....	60
9.2 Extensión.....	60
9.3 Clima.....	60
9.4 Macro localización de la vía.....	61
9.5 Densidad poblacional.....	62
9.6 Descripción de la estructura de rodamiento existente.....	62
9.7 Derecho de vía y otras obras.....	63
9.8 Características geométricas actuales.....	64
9.9 Estado físico de la vía.....	65
10. ANALIS Y RESULTADOS POR CAPITULO.....	67
10. 1.CAPITULO I : CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES Y ADITIVOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CARPETA DE RODAMIENTO DE PAVIMENTO RIGIDO.....	68
10.1.1 Criterios para la selección de cemento portland.....	68
10.1.2 Criterios físicos en la selección de cemento portland.....	69

10.1.3 Criterios en la selección de los componentes y diseños de mezclas de concreto Hidráulico.....	70
10.1.4 Criterios en la elección de las características de la mezcla.	70
10.1.5 Criterios en la elección de los aditivos a utilizarse en la mezcla.	72
10.1.6 Criterios tomando en cuenta la relación entre resistencia y relación agua cementante.	74
10.1.7 Criterios tomados en el curado del Concreto.	75

10. 2. CAPITULO II: ESTUDIOS TECNICOS INGENIERILES REALIZADOS EN LA VÍA DEL BARRIOFRWLEY D-III , MUNICIPIO DE MANAGUA.....77

10.2.1 Estudios de suelos.....	78
10.2.2 Trabajos de campo.....	78
10.2.3 Trabajos de Laboratorio	78
10.2.4 CALIFORNIA BEARING RATIO	79
10.2.5 Análisis de los resultados obtenidos	81
10.2.6 Estudios de Transito	85
10.2.8 Análisis de Transito: Clasificación de la vía: colectora secundaria “Barrio Frawley del D-III del municipio de Managua.”	85
10.2.9 Clasificación Vehicular	86
10.2.10 Determinación del TPDA	89
10.2.11 Periodo de diseño	97
10.2.12 Factor de crecimiento anual.....	97
10.2.13 Estudios de Diseño geométrico	99
10.2.14 Determinación de la superficie y el eje de la vía	99
10.2.15 Trazado de las curvas horizontales.....	102
10.2.16 Datos de diseño de las curvas horizontales	102
10.2.17 Perfil longitudinal del terreno	104
10.2.18 Curvas verticales.....	105
10.2.19 Secciones transversales.....	107

**10.3. CAPITULO III: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO
POR EL METODO AASTHO93 Y EL SOFTWARE WINPASS 1.0.4..... 110**

10.3.1 Consideraciones para el diseño	110
10.3.2 Periodo de Diseño.....	110
10.3.3 Calculo de los ESALs de diseño	111
10.3.4 Índice de Serviciabilidad	112
10.3.5 Índice de Serviciabilidad presente.....	112
10.3.6 Confiabilidad.....	112
10.3.7 Desviación estándar	113
10.3.8 Módulo Resiliente para sub-rasante.....	114
10.3.9 Módulo de elasticidad del concreto.	114
10.3.10 Módulo de ruptura del concreto a flexión	114
10.3.11 Módulo de elasticidad de la capa base.....	115
10.3.12 Módulo Reacción de la sub-rasante.	115
10.3.13 Módulo de poisson para el concreto.....	116
10.3.14 Coeficientes de drenaje.....	116
10.3.15 Variables climáticas.....	116
10.3.16 Calculo de los Espesores de la estructura de pavimento rígido.....	119
10.3.17 Aspectos complementarios al diseño	120
10.3.18 Modulación de losas.....	120
10.3.19 Diseño de juntas.....	122
10.3.20 Diseño de las barras de amarre.....	123
10.3.21 Diseño de pasajuntas.....	124
10.3.22 Propuesta de pavimento rígido con base granular.....	127
10.3.23 Propuesta de una estructura de rodamiento con pavimento rígido para la vía principal del Barrio Frawley del D-III Municipio de Managua utilizando el software winpass 1.0.4.	129
10.3.23 Ficha de proyecto	129
10.3.24 Estimación ficha ESALs.	129

10.3.25 ESALs total de diseño por tipo de vehículo	130
10.3.26 Diseño del pavimento rígido/Ficha de Evaluación.	131
10.3.27 NDT Backcalculation para pavimentos rígidos	132
10.3.28 Ficha Costos del ciclo de vida.....	132
10.3.29 Información de costo del pavimento	133
10.3.30 Reportes del diseño de pavimento	135
11. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	137
12. CONCLUSIONES.....	141
13. RECOMENDACIONES.....	144
14. BIBLIOGRAFIA.....	145
15. ANEXOS.....	146
Anexos capítulo II	170
Anexos capítulo III	207

LISTADO DE TABLAS.

TABLA 6.1.5 Geometría de las vías con concreto hidráulico en Nicaragua	9
TABLA 6.1.6 Composición del concreto de cemento portland para pavimento según la resistencia.....	147
TABLA 6.1.7 Granulometría para Agregado Fino en Mezclas de Concreto Hidráulico.....	147
TABLA 6.1.8 Relación agua-cemento y resistencia a la compresión.....	148
TABLA 6.1.9 Composición del concreto de cemento Hidráulico para Pavimentos.....	148
TABLA 6.2.2 Tamices y su numeración	13
TABLA 6.2.6 Valores de C.B.R para capas subyacentes de pavimento	18
TABLA 6.2.7 Tabla de K y C.B.R para varios tipos de suelos	20
TABLA 6.2.10 Modulo resiliencia en función del clima y la calidad de la Subrasante.....	25
TABLA 6.3.1. Limites Peso por eje.....	153
TABLA 6.3.2 Calculo de Factor camión.....	153
TABLA 6.3.3 Factores de crecimiento de Tráfico.....	155
TABLA 6.3.4 Factores de distribución por carril.....	156
TABLA 6.3.6 Valores de z_r en dependencia de la confiabilidad.....	156
TABLA 6.3.7 Coeficientes de drenaje.....	157
TABLA 6.3.8 Coeficientes de Carga.....	157
TABLA 6.3.9 Factor Equivalente de carga para ejes simples $pt=2$	158
TABLA 6.3.10 Factor Equivalente de carga para ejes tándem $pt=2$	158
TABLA 6.3.11 Factor Equivalente de carga para ejes tridem $pt=2$	161
TABLA 6.3.12 Factor Equivalente de carga para ejes simples $pt=2.5$	163
TABLA 6.3.13 Factor Equivalente de carga para ejes tándem $pt=2.5$	164
TABLA 6.3.14 Factor Equivalente de carga para ejes tridem $pt=2.5$	166
TABLA 10.1.4 Granulometría para agregado fino en mezclas de concreto.....	71

TABLA 10.1.6 Características del agua utilizada en las mezclas de concreto	75
TABLA 10.2.3 Normativa ASTM para ensaye de suelos	79
TABLA 10.2.4 Clasificación de suelos según la AASTHO	170
TABLA 10.2.6 Resultados de los ensayos de suelos	171
TABLA 10.2.7 Informe de pruebas de CBR para la muestra N° 1	173
TABLA 10.2.8 Informe de pruebas de CBR para la muestra N° 10.....	174
TABLA 10.2.9 Informe de pruebas de CBR para la muestra N° 13.....	175
TABLA 10.2.10 Informe de pruebas de CBR para la muestra N° 14.	176
TABLA 10.2.11 Clasificación funcional del sistema vial para el área de municipio de Managua.....	177
TABLA 10.2.12 Estimación de la Tasa de Crecimiento.....	178
TABLA 10.2.13 Datos de aforo.....	179
TABLA 10.2.14 Datos de aforo	180
TABLA 10.2.15 Datos de aforo	181
TABLA 10.2.16 Datos de aforo	182
TABLA 10.2.17 Datos de aforo.....	183
TABLA 10.2.18 Datos de aforo.....	184
TABLA 10.2.19 Resultados de la composición Vehicular en la Vía del Barrio Frawley D-III.....	87
TABLA 10.2.20 Resultados de la composición Vehicular en la Vía del Barrio Frawley D-III.....	88
TABLA 10.2.21 Resultados del TPDA del Barrio Frawley D-III.....	90
TABLA 10.2.22 Resultados del TPDA del Barrio Frawley D-III.....	90
TABLA 10.2.23 Resultados totales de tránsito del Barrio Frawley D-III.....	91
TABLA 10.2.24 Resultados composición vehicular del Tránsito diario anual del Barrio Frawley D-III.....	93
TABLA 10.2.25 Resultados composición vehicular del Tránsito diario anual del Barrio Frawley D-III.....	95
TABLA 10.2.26 Levantamiento topográfico.....	185

TABLA 10.2.27 Velocidad de Diseño en dependencia del TPDA.....	102
TABLA 10.3.2: Periodo de diseño según clasificación funcional de concreto hidráulico.....	110
TABLA 10.3.3 .Calculo de ESALS de diseño.....	111
TABLA 10.3.6: Niveles de confiabilidad, Guía AASHTO 1993.....	112
TABLA 10.3.7: Valores de ZR en función de valores porcentuales de la confiabilidad.....	113
TABLA 10.3.8 : valores para calcular la desviación estándar.....	113
TABLA 10.3.12 : Módulo de elasticidad y coeficiente de fricción por tipo de base.....	115
TABLA : 10.3.16 Resumen de los parametros del Diseño del pavimento Rígido.....	118
TABLA 10.3.20 Resumen de especificaciones para la colocación de juntas.....	207
TABLA 10.3.21 Recomendaciones de espaciamiento máximo para barras de amarre.....	208
TABLA 10.3.22 Diametro y longitudes en pasajunta.....	208
TABLA 10.3.23 Espesores recomendados para la capa Base en dependencia del número ESA's.....	127
TABLA 10.3.24 Resultados obtenidos sobre los espesores de la estructura de pavimento rígido.....	128

LISTADO DE ECUACIONES.

ECUACIÓN 6.2.1 masa acumulativa.....	13
ECUACIÓN 6.2.2 porcentaje de fino	13
ECUACIÓN 6.2.3 coeficiente de uniformidad.....	13
ECUACIÓN 6.2.4 coeficiente de curvatura.....	14
ECUACIÓN 6.2.5 porcentaje de humedad.....	14
ECUACIÓN 6.2.6 peso unitario húmedo de compactación.....	16
ECUACIÓN 6.2.7 energía de compactación proctor estándar.....	16
ECUACIÓN 6.2.8 energía de compactación proctor modificado.....	16
ECUACIÓN 6.2.9 C.B.R.....	17
ECUACIÓN 6.2.10 Modulo de resiliente saturado	19
ECUACIÓN 6.2.11 Modulo de resiliente seco.....	19
ECUACIÓN 6.2.12 coeficiente de Balasto (K) no corregido por saturación.....	19
ECUACIÓN 6.2.13 coeficiente de elasticidad del suelo (E).....	19
ECUACIÓN 6.2.14 porcentaje retenido parcial (PRP).....	22
ECUACIÓN 6.2.15 porcentaje retenido acumulado (PAR)....	22
ECUACIÓN 6.2.16 porcentaje que pasa la malla #4	22
ECUACIÓN 6.2.17 Modulo de finura.....	22
ECUACIÓN 6.2.18 Gravedad especifica	23
ECUACIÓN 6.2.19 porcentaje de absorción.....	23
ECUACIÓN 6.2.20 peso unitario seco suelto y seco compacto.....	23
ECUACIÓN 6.2.21 porcentaje de desgaste.....	23
ECUACIÓN 6.2.22 Modulo de resiliente.....	25
ECUACIÓN 6.2.23 Modulo de resiliente para C.B.R menores a 7.2%.....	25
ECUACIÓN 6.2.24 Modulo de resiliente para C.B.R mayores a 7.2% y menores a 20%.....	25
ECUACIÓN 6.2.27 resistencia a la compresión.....	27
ECUACIÓN 6.2.28 resistencia a la flexión.....	27
ECUACIÓN 6.2.29 resistencia a la flexión.....	28
ECUACIÓN 6.2.30 volumen de tránsito.....	28

ECUACIÓN 6.2.31 T.P.D.A.....	28
ECUACIÓN 6.2.32 T.P.D.M.....	28
ECUACIÓN 6.2.33 T.P.D.S.....	28
ECUACIÓN 6.2.34 factor de hora pico	29
ECUACIÓN 6.2.35 factor de hora pico para 15 min.....	29
ECUACIÓN 6.2.36 factor de hora pico para 5 min.....	29
ECUACIÓN 6.2.37 incremento de tránsito.....	30
ECUACIÓN 6.2.38 Transito desarrollado	30
ECUACIÓN 6.2.39 factor de proyección.....	30
ECUACIÓN 6.2.40 tránsito futuro.....	31
ECUACIÓN 6.3.1 ecuación básica de pavimentos rígidos AASTHO93.....	33
ECUACIÓN 6.3.2 factor equivalente de carga.....	35
ECUACIÓN 6.3.3 variación del índice de Serviciabilidad.....	36
ECUACIÓN 6.3.4 Modulo de rotura.....	37

LISTADO DE FIGURAS.

FIGURA 1 curva de flujo para la delimitación del límite líquido	15
FIGURA 2 curvas de penetración para distintos tipos de suelo	17
FIGURA 3 grafica de determinación de C.B.R.....	18
FIGURA 4 diagrama semilogaritmico de los áridos.....	149
FIGURA 5 granulometría para áridos	149
FIGURA 6 peso máximo por vehículos permisibles	154
FIGURA 7 secciones típicas según el tipo de vía.....	150
FIGURA 8 parámetros geométricos según el tipo de vía	151
FIGURA 9 clasificación del sistema vial urbano	151
FIGURA 10 clasificación del sistema vial urbano	152
FIGURA 11 periodos de diseño recomendado según la clasificación de las carreteras.....	152
FIGURA 12 ábaco para estimar el módulo de resiliente efectivo.....	26
FIGURA 13 módulo de reacción o coeficiente de basalto (k).....	26
FIGURA 14 interfaz del software EqAASTHO93.....	38
FIGURA 15 interfaz del software EqAASTHO93.....	38
FIGURA 16 inicio de WINPASS.....	39
FIGURA 17 menú de unidades de WINPASS.....	39
FIGURA 18 menú de ayuda de WINPASS.....	40
FIGURA 19 menú principal de WINPASS.....	40
FIGURA 20 ficha de proyecto WINPASS.....	40
FIGURA 21 estimación ESALs WINPASS.....	41
FIGURA 22 ficha de diseño y evaluación de WINPASS	41
FIGURA 23 diseño de pavimentos rígidos WINPASS.....	42
FIGURA 24 análisis side by side WINPASS.....	43

FIGURA 25 análisis en pruebas no destructivas en pavimentos rígidos WINPASS.....	44
FIGURA 26 análisis de costos en WINPASS.....	44
FIGURA 27 Macro localización del proyecto.....	61
FIGURA 28 condiciones actuales de la vía	63
FIGURA 29 entrada a la vía banco central.....	64
FIGURA 30 condiciones físicas de la vía barrio Frawley D-III	66
FIGURA 31 Determinación de la superficie y Eje central de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D	100
FIGURA 32 Determinación de la superficie de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D.	100
FIGURA 33 Delimitación del corredor de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D	101
FIGURA 34 Delimitación del corredor de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D	101
FIGURA 35 Curvas horizontales de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D	103
FIGURA 36 Datos de Curvas horizontales de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D	103
FIGURA 37 Datos de Curvas horizontales de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D.	104
FIGURA 38 Delimitación del perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D	104
FIGURA 39 Delimitación del perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.....	105
FIGURA 40 Delimitación la Rasante en perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D.....	105
FIGURA 41 Creación del perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.	106

FIGURA 42 Creación del perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.....	106
FIGURA 43 Creación de la sección típica de concreto de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.....	107
FIGURA 44 Creación y definición de las secciones transversales de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.....	108
FIGURA 45 Elaboración de los reportes y tablas de Movimiento de tierra de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.....	108
FIGURA 46 Módulo de reacción k combinado (valor seasonal).....	116
FIGURA 47 Resolución de la ecuación del Método de la AASTHOO93 para obtener el espesor D.....	119
FIGURA 48 Dimensionamientos de las juntas.....	123
FIGURA 49 Dimensionamientos de las pasajuntas.....	125
FIGURA 50 Dimensionamientos de la losa y sus elementos.	125
FIGURA 51 Sección típica de la vía	126
FIGURA 52 Reporte del Proyecto estructura de pavimento de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.	129
FIGURA 53 Reporte del Tráfico de la vía de 500m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.....	130
FIGURA 54 ESALs de diseño, Proyecto estructura de pavimento de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.....	130
FIGURA 55 Diseño de la estructura de pavimento rígido del Proyecto estructura de pavimento de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.	131
FIGURA 56 Pruebas NTD del Proyecto estructura de pavimento de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.	132
FIGURA 57 Reporte de Costo del Proyecto estructura de pavimento rígido de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.....	133

FIGURA 58 .Reporte de Costo del Proyecto estructura de pavimento rígido de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.134

FIGURA 59 Costo en dólares del Proyecto estructura de pavimento rígido de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.....134

FIGURA 60 Estructura de pavimentos rígidos con sus espesores.128

RESUMEN.

La Tesis a presentar esta orientada al **“Diseño geométrico y Propuesta de una estructura de pavimento rígido, en un tramo de vía de 500 M del Bo Frawley D-III del municipio de Managua, 2016 aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4”**.El documento esta constituido por tres partes: la primera conformada por la aspectos introductorios y metodológicos, la segunda conformada por el desarrollo del de la tesis y la tercera que comprende las conclusiones y recomendaciones.

El desarrollo del documento está integrado por III capítulos:

Capítulo I : criterios para la selección de materiales y aditivos a utilizarse en una carpeta de rodamiento construida con la Tecnología de Concreto Hidráulico.se desarrolla mediante normativas de calidad y selección de los componentes de las estructuras de pavimentos rígidos normativas de calidad de concretos desarrolladas por Asociaciones Internacionales como la ACPA y la ASTM.

Capítulo II: los estudios técnicos correspondientes de suelo, tráfico, y diseño geométrico, para el diseño de una estructura de rodamiento con pavimento rígido.

Estudio de Suelos, trata sobre los trabajos de campo para la obtención de las muestras de suelos, así como los trabajos de laboratorio para determinar las propiedades de las muestras como son la granulometría, límites de Atterberg y C.B.R. de muestras saturadas al 90%, 95% y 100% de compactación. La metodología para la determinación del C.B.R. de diseño está basado en los

resultados obtenidos por el laboratorio “Ingeniería de Materiales y Suelos” (I.M.S.).

Estudio de Tránsito, abarca los conceptos de tráfico, composición, volúmenes, tránsito promedio diario anual, tasa de crecimiento y clasificación funcional del tramo en estudio según plan regulador de la alcaldía de Managua. **El Diseño Geométrico** basado en las normativas del Reglamento del diseño vial de la ALMA y la Normativa SIECA.

Capítulo III: Diseño de la estructura de rodamiento con pavimento rígido, resistente al volumen de tráfico que circula en la vía principal del Barrio Frawley del D-III Municipio de Managua, aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4. Tomando en cuenta también de los criterios usados para elegir el valor de las variables, la descripción de cada una de ellas y como estas influyen en la determinación del espesor de la losa. De igual manera se definen los elementos complementarios al diseño: dimensionamiento de losas, pasajuntas y barras de amarre.

Conclusiones y recomendaciones: Las conclusiones se fundamentan en los resultados obtenidos en los estudios anteriores y el diseño. Las recomendaciones deberán ser tomadas en cuenta para la futura construcción del tramo en mención y a la vez para la planificación de los futuros trabajos de mantenimiento del tramo.

Al final del documento se muestran las referencias bibliográficas, así como todos los anexos relacionados con el desarrollo de este estudio.

GLOSARIO DE TERMINOS.

A

Aforo: acción y efecto de determinar la cantidad y valor de los géneros o mercancías que haya en un determinado lugar.

Agrietamiento: acción y efecto de abrir grietas o hendiduras que afecta la solidez o unidad de algo.

Arcén: márgenes reservados a un lado y otro de la calzada para uso de peatones.

Avenida: camino que conduce a un pueblo o paraje determinado.

B

Berma: borde, margen u orilla de algo.

C

Cemento Portland: consisten en mezclas de silicato tricíclico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), aluminato tricíclico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) y silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) en diversas proporciones, junto con pequeñas cantidades de compuestos de hierro y magnesio. Para retardar el proceso de endurecimiento se suele añadir yeso.

Confort: aquello que produce bienestar y comodidades.

Correlación: correspondencia o relación recíproca entre dos o más cosas o series de cosas.

D

Desconchada: parte de una superficie que ha perdido su enlucido o revestimiento.

Descuento: rebaja o compensación de una parte de la deuda. Desmesurado: excesivo, mayor de lo común.

Distrito: cada una de las demarcaciones en que se subdivide un territorio o una población para distribuir y ordenar el ejercicio de los derechos civiles y políticos, o de las funciones públicas, o de los servicios administrativos.

E

Erosión: desgaste o destrucción producidos en la superficie de un cuerpo por la fricción continúa o violenta de otro.

Escalonamiento: acción o efecto de discontinuidad, uniformidad o desigualdad.

Desnivel entre dos superficies del pavimento.

Estándares: que sirven como tipos, modelos, normas, patrones o referencias.

Exógenos: de origen externo.

Explanada: espacio de terreno allanado o conforme.

F

Fatiga: pérdida de la resistencia mecánica de un material, al ser sometido largamente a esfuerzos repetidos.

G

Geotécnico: aplicación de principios de ingeniería a la ejecución de obras públicas en función de las características de los materiales de la corteza terrestre.

Diseño de Estructura de Pavimento Rígido. Tramo: Intersección ENEL – Rotonda Rigoberto López Pérez. Municipio de Managua.

J

Juntas: todo que forma varias cosas unidas o agregadas unas a otras. Unión de dos o más cosas. Espacio que queda entre las superficies.

L

Ligante: que se logre mezclar.

M

Mantenimiento: conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente. Efecto de conservar, perseverar, no variar de estado.

P

Pavimentos: sistema de revestimiento que conforma el suelo transitable de cualquier espacio construido.

R

Rígido: que no se puede doblar, riguroso, severo, firme.

Rutinario: secuencia invariable de instrucciones que forma parte de un programa y que se puede utilizar repetidamente.

S

Scooters: motocicleta ligera o ciclomotor, con ruedas pequeñas, que tiene una plataforma para apoyar los pies y una plancha protectora en su parte delantera.
Sub – rasante: lo que esta bajo la línea de una calle o camino considerada en su inclinación o paralelismo respecto del plano horizontal.

T

Tamiz: Cedazo muy tupido.

W

Whitetopping: Recubrimiento de hormigón de cemento portland construido sobre un pavimento asfáltico existente.

INTRODUCCION.

El presente trabajo consiste en el diseño geométrico y una propuesta de estructura de rodamiento con pavimento rígido, resistente al volumen de tráfico que circulara en un periodo de diseño para 20 años en la vía principal del Barrio Frawley, localizado en el Distrito tres del D-III Municipio de Managua, (ALCALDIA DE MANAGUA 2015). Sobre la base de los conocimientos técnicos adquiridos en la facultad de la carrera de Ing. Civil, de la universidad la UNAN - MANAGUA.

Para el análisis de esta alternativa propuesta se utilizará el método aplicado de las normas AASHTO, en relación al diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y funcional al usuario (AASHTO93).

El desarrollo de este documento Monográfico tiene el propósito de dar a conocer los tipos de pavimentos rígidos, así mismo se describirá de forma general cada uno de los parámetros y criterios necesarios para el diseño de la carpeta superficial de rodamiento, así como las funciones de cada capa misma (SIECA, 2002).

Se indicará los materiales y aditivos que deben ser usados en la capa rodamiento de pavimento rígido. Por último se abordan los procedimientos y especificaciones para el diseño de las mezclas y construcción además, se indican los equipos requeridos para la construcción de este tipo de pavimentos

2. ANTECEDENTES.

De acuerdo a la expansión o desarrollo urbano de la ciudad de Managua trae consigo la creación de centros poblacionales que generan la necesidad de crear nuevas vías de enlace para facilitar la movilidad de los usuarios, es decir que la ciudad de Managua ha evolucionado urbanísticamente y en términos económicos el sector comercio y servicios, ha experimentado un auge paulatino, siendo determinantes la movilidad a través de la infraestructura vial, el tipo de revestimiento ha perdido la vida útil, sumando a esto un programa de mantenimiento más apropiado para conservar la estructura del rodamiento.

En la universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN –MANAGUA la facultad de ciencias e Ingenierías especificando la carrera de Ingeniería civil ha desarrollado trabajos investigativos y Monográficos sobre el diseño de las estructuras de pavimentos en Nicaragua entre algunos retomamos los siguientes como punto de partida en el desarrollo de nuestro proceso investigativo “COMPARACION TECNICO-ECONOMICA DEL USO DE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE EN NICARAGUA.ESTUDIO DE CASO: TRAMO UNIKWAS-MULUKUKU” elaborado por los ingenieros Marlon Ruiz y Julio Rodriguez en el mes de febrero del año 2016, “MANUAL PARA PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA PAVIMENTOS DE CARRETERAS DE CONCRETO HIDRAULICO” ,elaborado por los siguientes Tecnicos superior en Construcción Sara Gomez y Marcus Gonzalez en el mes septiembre del año 2015 .

Según el inventario realizado por el MTI en el año 2014, Nicaragua tiene una revial de aproximadamente 23897 km de carretera entre los cuales 3282 km son pavimentados, de estos, 2319.15 km son de carpeta de rodamiento asfáltica, 80.44km de pavimento rígido, implementado por primera vez en el año 2000 también se tiene un registro de 882.41km de carretera con carpeta de rodamiento adoquín, el restante corresponde a caminos revestidos con

materiales granulares de todo tiempo y caminos de verano. El pavimento que más se a utilizado en Nicaragua es el pavimento flexible elaborado con mezclas asfálticas caliente construido en vías de transporte continuo con volúmenes de transito moderado.

En zonas donde el volumen de transito está constituido por vehículos carga se están construyendo carreteras de pavimento rígido, también en vía interurbanas donde se requiere que el pavimento dure muchos años ya que tiene mayor vida útil y es más resistente al paso de cargas ocasionado por los vehículos además, tiene menos costos de mantenimiento.

3. JUSTIFICACIÓN.

Con la realización de este estudio en la vía principal del barrio Frawley de D-III siendo un acceso a una de las vías más importantes del sistema vial de Managua que conecta la carretera sub-urbana con la intersección del 7 sur implica conocer las alternativas constructivas y ventajas económicas que conlleva el uso de pavimento hidráulico como tendencia constructiva en las carreteras de Nicaragua y poder contar con carreteras con ciclos de vida de entre 20 a 40 años. (ALCALDIA DE MANAGUA 2015).

El estado físico actual de la vía principal del barrio Frawley es de estado natural lo que hace de ella más vulnerable a los factores erosivos y estancamiento de las escorrentías superficiales en temporada lluviosa, dificultando el acceso peatonal vehicular y provocando severas inundaciones e incluso accidentes de tránsito. (ALCALDIA DE MANAGUA 2015).

Este tramo de 500 metros es utilizado no solo por los pobladores del mismo barrio, sino también por conductores que hace uso de la vía, como alterna para evitar los embotellamientos vehiculares que se dan en los diferentes puntos entre el 7 sur y la carretera suburbana y que posee una proyección como parte de la vía cardenal Obando con un derecho de vía de 50 m lo que le dará una importancia mayor contemplado en los planes futuros de proyectos de la alcaldía de Managua. (ALCALDIA DE MANAGUA 2015).

El revestimiento de esta vía con concreto hidráulico proporcionará el acceso con más confort a los usuarios de vehículos y desplazamiento peatones que transitan. Así como también mejorará la calidad de vida de los pobladores del barrio y del entorno. (2014, MTI Red Vial de Nicaragua).

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA.

La vía principal del barrio Frawley posee una longitud de 500 m se encuentran en estado natural sin revestimiento, es ocupada como punto de atajo de carretera sur hacia la pista suburbana, pero debido a los deterioros por los factores climáticos es casi imposible la transición en esta misma de vehículos y peatones ya que cuando llueve muchos sedimentos arrastrados por las corrientas obstruyen el paso en la misma por ende se necesita un revestimiento para mejorar el uso de la misma y optimizar el nivel de servicio que posee .

4.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

El barrio Frawley del D-III posee una vía de 500 m que interconecta dos de las vías más importantes del sistema vial de Nicaragua la pista suburbana- carretera sur afectando a los usuarios tanto conductores como peatones que desean tomar este punto de interconexión para llegar más rápido a su destino.

4.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Con el desarrollo de la propuesta de una capa de rodamiento con pavimento rígido, aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4 en un tramo de vía de 500 m del Barrio Frawley D-III del Municipio de Managua mejorara el nivel de servicio que ofrece a usuarios y peatones?.

4.3 SISTEMACIZACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuáles son los criterios para la selección de materiales y aditivos a utilizarse en una estructura de carpeta de rodamiento construida con la Tecnología de Concreto Hidráulico?.

¿Cuáles son los estudios técnicos correspondientes de suelo y tráfico, son necesarios para el diseño de una carpeta de rodamiento con pavimento rígido?

¿Cuál es el Diseño adecuado para una estructura de rodamiento con pavimento rígido, resistente al volumen de tráfico que circula en la vía principal del Barrio Frawley del D-III, Municipio de Managua, aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4 ?.

5. OBJETIVOS.

5.1. OBJETIVO GENERAL.

- Proponer el diseño geométrico y una estructura de pavimento rígido en un tramo de vía de 500 m del Barrio Frawley D-III del Municipio de Managua 2016, aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4.

5.2 OBJETIVO ESPECIFICOS.

- Mencionar los criterios para la selección de materiales y aditivos a utilizarse en una carpeta de rodamiento construida con la Tecnología de Concreto Hidráulico.
- Desarrollar los estudios técnicos correspondientes de suelo, tráfico, y diseño geométrico para el diseño de una estructura de rodamiento con pavimento rígido.
- Diseñar una estructura de rodamiento con pavimento rígido, resistente al volumen de tráfico que circula en la vía principal del Barrio Frawley del D-III Municipio de Managua , aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4.

6. MARCO TEORICO.

6.1 Condiciones de los Pavimentos Rígidos en Nicaragua.

La red vial de Nicaragua hasta el 2009 estaba constituida por estructuras de pavimento flexible, adoquinado, caminos revestidos y caminos de verano sin embargo, en el 2009 se incorpora una nueva clasificación por tipo de superficie, el pavimento rígido utilizando concreto hidráulico simple esto se comenzó a utilizar en la zona Norte debido a las condiciones climáticas, En los últimos años el auge del concreto hidráulico simple es notorio en los barrios de la capital y municipios donde se requiere un largo periodo de vida útil (MTI, Anuario Estadístico de Transporte, 2014).

6.1.2 Clasificación del pavimento rígido.

Pavimento de rígido sin refuerzo (concreto hidráulico simple): No posee armadura en losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño entre 2.5 y 4.5 m, las juntas pueden no tener dispositivos de transferencias de cargas dovelas. El estudio se basara en este tipo de pavimento (SIECA, 2002).

Pavimento rígido con refuerzo Consiste: En losas de concreto con espaciamientos mayores entre juntas entre (6 y 36 m) y llevan armadura distribuida en la losa a efectos de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción. (SIECA, 2002).

6.1.3 Elementos que integran la estructura de pavimento Rígido.

- **Superficie de rodadura.**

Consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o sub-base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el

pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de ruedas, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub- rasante. (Fonseca, 1998) .

- **Base.**

Es una capa de muy alta estabilidad y densidad. Su principal propósito es el de distribuir los esfuerzos creados por las cargas rodantes que actúan sobre la superficie de rodamiento para que los esfuerzos transmitidos a la sub- rasante no sean tan grandes que den por resultado una excesiva deformación o desplazamiento de la capa de cimentación (Fonseca, 1998) .

- **Sub-rasante.**

La sub-rasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. Su función es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte. (Rondon, 2015) .

6.1.4 Diseños utilizados en Nicaragua.

En nuestro país el Ministerio de Transporte en Infraestructura, como ente normador en materia de infraestructura vial, cumple con las especificaciones técnicas y normas de diseño, establecidas para nuestra región como son las de la SIECA y LA AASHTO.

Tabla. 6.1.5 Geometría de las vías con pavimento rígido en Nicaragua.

Característica	Rango
<i>Ancho de corona</i>	<i>7.6-10.9 m</i>
<i>Ancho de calzada</i>	<i>6.7-8.4 m</i>
<i>Derecho de vía</i>	<i>29.3-40 m</i>
<i>Bombeo</i>	<i>2-3 %</i>
<i>Velocidad de diseño</i>	<i>30-90 km/h</i>
<i>Pendiente máxima</i>	<i>3-8 %</i>
<i>Pendiente ponderada</i>	<i>0.5-5.4 %</i>
<i>Carga de puente</i>	<i>HS-20-44+25%</i>

Fuente: (MTI, Manual para la revision de Diseños de Pavimentos , 2009).

6.1.6 Criterios de selección técnica y de tecnología en la construcción en la carpeta de rodamiento de pavimento rígido.

Diseño de mezclas de concreto hidráulico.

La mezcla de concreto debe diseñarse de acuerdo con la Sub-sección 901 de las Especificaciones Generales de la AASHTO 1993. La mezcla diseñada deberá Cumplir con los parámetros que se presentan en la tabla siguiente (ver Anexo, Tabla 6.1.6) (Association, 2002 Potrland Cement Association).

Elección de las características de la mezcla.

Antes que se pueda determinar las proporciones de la mezcla, se seleccionan sus características considerándose el uso que se propone dar al concreto, las condiciones de exposición, tamaño y forma de los elementos y las propiedades físicas del concreto (Association, 2002 Potrland Cement Association).

Dosificación, mezclado, transporte y manejo del concreto.

Las especificaciones normalmente requieren que los materiales se midan para revolturas individuales con la siguiente precisión: material cementante $\pm 1\%$, agregados $\pm 2\%$, agua $\pm 1\%$ y aditivos $\pm 3\%$. (Association, 2002 Potrland Cement Association).

6.1.7 Requisitos de los agregados de la mezcla de concreto para el pavimento rígido.

Agregado fino.

Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M-6, agregado fino para concreto de cemento Portland. El módulo de finura (MF) debe estar comprendido entre 2.3 y 3.1. Debe arrojar un Porcentaje de pérdida de 10% máximo, cuando se usa SO_4Na_2 y de 15% máximo cuando se usa SO_4Mg . (Association, 2002 Potrland Cement Association). (Ver tabla 6.1.7).

Agregado grueso.

Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M 80, la que indica que para la elaboración del concreto se recomienda que entre más grande sea el agregado grueso mejor, el concreto será más económico y menos susceptibles a los cambios volumétricos,. (Association, 2002 Potrland Cement Association).

6.1.8 Relación entre Resistencia y Relación Agua-Material Cementante.

Resistencia a la compresión y flexión.

El ACI 318 requiere que el sea, por lo menos, 180 kg/cm² o 17.5 MPa (2500 lb/pulg²). Ninguna prueba individual (promedio de dos cilindros) puede tener resistencia de 36 kg/cm² o 3.5 MPa (500 lb/pulg²) inferior a la resistencia especificada. (Civilgeeks, 2015). La resistencia de diseño del concreto a la tensión por flexión (S'c) o el módulo de ruptura especificado a los 28 días, se establece para el proyecto en 640 psi (aproximadamente 45 kg/cm²). (Civilgeeks, 2015).

Relación Agua-Material Cementante.

Se puede reducir aproximadamente 10 kg/m³ (20 lb/yd³) para el agregado subangular, 20 kg/m³ (35 lb/yd³) para grava con algunas partículas trituradas y 25 kg/m³ (45lb/yd³) para grava redondeada, para que se obtenga el revenimiento enseñado. (Rondon, 2015). (Ver anexo tabla 6.1.8).

Requisitos para la clase y resistencia del concreto.

El concreto de cemento hidráulico para pavimentos debe ser como promedio mínimo de 24.5 MPa (3500psi) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78) promedio mínima de 3.8 MPa (350psi). (Rondon, 2015). (Ver tabla 6.1.9).

6.2 Estudios Técnicos para el Diseño de una Estructura de pavimento Rígido.

6.2.1 Estudio de Suelos.

Los Ensayos de Laboratorio de suelos son de vital importancia para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales son su composición granulométrica, su estabilidad y su capacidad de soporte. Las propiedades de los suelos para subrasante, subbase y base son datos importantes para realizar los diseños de pavimento flexible y rígido mediante el Método AASHTO 1993 y el Método PCA. Estos ensayos se acompañan de otros adicionales que son necesarios, los cuales son los siguientes:

- Ensayo de Granulometría.
- Ensayo de Contenido de Humedad.
- Ensayo de los Limites Atterberg.
- Proctor Estándar y Modificado.
- Ensayo del Valor Soporte California.
- Ensayo Modulo de Reacción.
- Ensayo Modulo Resiliente.

6.2.2 Ensayo granulométrico.

Existen diferentes procedimientos para la determinación de la composición granulométrica de un suelo. El procedimiento mas común es el tamizado asi también es posible su clasificación mediante los Sistemas de Clasificación de Suelos AASHTO, SUCS y HRB.

Análisis de Tamices

Para obtener la distribución de tamaños de las partículas se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente. El tamiz de tamaño más pequeño que se debe utilizar para este tipo de prueba es el tamiz N° 200. Los tamices tienen su numeración y abertura indicadas en la tabla siguiente:

Tabla.6.2.2 Tamices y su numeración.

N° Tamiz	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

FUENTE: (Rondon, 2015)

Masa Acumulativa (MA).

$$MA = MA_{anterior} + MA_{actual}$$

Ecuación 6.2.1

Porcentaje de Fino (F).

$$F = \frac{\sum MATotal - MA_{porTamiz}}{\sum MATotal}$$

Ecuación 6.2.2

La curva de distribución de tamaño de partículas puede ser utilizada para comparar diferentes sólidos. A partir de estas curvas pueden determinarse también tres parámetros básicos de suelos que se usan para clasificar granular mente los suelos, estos tres parámetros son: Tamaño Efectivo, coeficiente de Uniformidad, coeficiente de Gradación.

Coeficiente de uniformidad .

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

Ecuación 6.2.3

Coefficiente de curvatura .

$$CC = \frac{D30^2}{D60 \times D10}$$

Ecuación 6.2.4

D30: diámetro correspondiente al 30% más fino en la curva de distribución.

D60: diámetro correspondiente al 60% más fino en la curva de distribución.

6.2.3 Ensayo del contenido de humedad.

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas o sea:

$$w(\%) = \frac{(WTara + WsueloHumedo) - (WTara + WSuelosecadoalhorno)}{(WTara + WsueloSecadoalHorno) - WTara} \times 100$$

Ecuación 6.2.5

6.2.4 Ensayo de los Límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos a través de la transición entre los estados sólido, semisólido, plástico y líquido, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo.

- **Límite Líquido (LL):** Límite entre los estados líquido y plástico, expresado en porcentaje. Si el LL>50% Se tiene un CBR de 2 a 5%. Si el LL<50% el CBR es de 5 a 15%
- **Límite Plástico (LP):** Límite entre los estados plásticos y semisólido, expresado en porcentaje.
- **Límite de Contracción (LC):** Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.

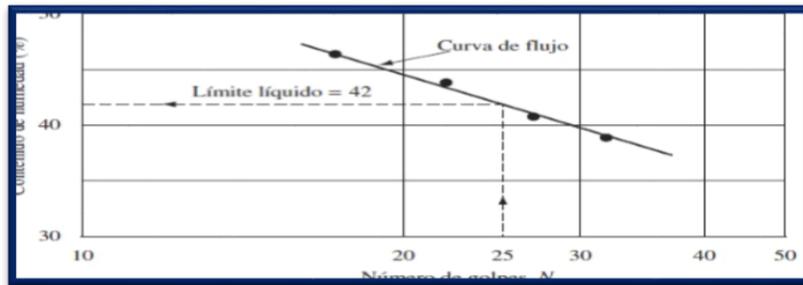


Figura 1 .Curva Flujo para la Determinación del Límite Líquido. Fuente: (Fonseca, 1998).

Al graficar los datos de humedad vrs Numero de golpes para cada muestra, se traza una recta desde el dato de 25 golpes a tocar la curva de flujo y luego se proyecta hacia la izquierda y el dato de humedad que intersecta es nuestro limite liquido (ver fig 1).

6.2.5 Ensayo de Compactación Proctor.

Es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada. Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Standard" y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos se encuentra en la energía utilizada, la cual se modifica según el caso variando el número de golpes, el pisón (cambia altura y peso), el molde y el número de capas. Ambos ensayos se deben al ingeniero que les da nombre, Ralph R. Proctor (1933).

Prueba Proctor estándar.

La Prueba Proctor Estándar esta dada por las Normas ASTM D-698 y AASHTO T-99, y consiste en compactar una muestra de suelo en un molde que tenga un volumen de 943.3cm³. El diámetro del molde es de 101.16mm (10.16cm). Durante la prueba de laboratorio el molde se une a una placa de base en la parte inferior y a una extensión en la parte superior. El suelo se mezcla con cantidades variables de agua y luego es compactado en tres capas iguales por un martillo que agrega

25 golpes a cada capa. El martillo debe pesar 24.4N (masa = 2.5kg) y tener una caída de 304.8mm (30.488cm). Para cada prueba el peso unitario húmedo de compactación γ se puede calcular como:

$$\gamma = \frac{W}{VolMolde}$$

Ecuación 6.2.6

Donde:

E_d = Peso Unitario Seco,

γ = Peso Unitario de Compactación y

W (%) = Porcentaje de Contenido de Humedad.

Efectos del Esfuerzo de Compactación.

La energía de compactación por unidad de volumen "E" usada en la prueba Proctor Estándar se describe mediante la siguiente ecuación:

$$E = \frac{(NGC)(NC)(PM)(ACM)}{VolMolde}$$

Ecuación 6.2.7

Donde:

NGC = Numero de Golpes por Capa, NDC = Numero de Capas,

ACM = Altura de Caída del Martillo. Vol., Molde = Volumen del Molde.

6.2.6 Ensayo de Valor Soporte California (CBR).

El CBR de un material es en función de su densidad, textura, humedad de compactación, humedad después de la saturación, su "grado de alteración", y su granulometría, normalmente se determina a dos profundidades de penetración del pistón normalizado de 3 pulgadas cuadradas de área (a 0,1 pulgada y a 0,2 pulgadas), seleccionando el mayor de los dos valores.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria Patron}} \times 100 (\%)$$

Ecuación 6.2.9

El procedimiento del ensayo CBR, ha sido normalizado por la ASTM D-1883 y por la AASHTO T-93, y en forma resumida.. En la Figura 2 se muestran curvas de penetración para distintos tipos de suelo.

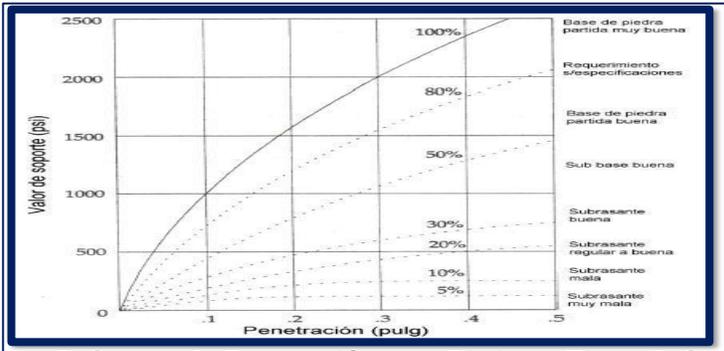


Figura 2. Curvas de Penetración para Distintos Tipos de Suelos

Fuente: (CivilGeeks, Capacidad de Soporte CBR del Suelo, 2015).

Para material de fundación es decir suelos finos: Realizar el ensayo de Densidad-Humedad correspondiente al Proctor Estándar (AASHTO T-99). Para materiales de sub-base y/o base, es decir suelos gruesos y realizar el ensayo de Densidad-Humedad correspondiente al Proctor Modificado (AASHTO T-180).

Procedimiento de realización del ensayo CBR.

- Compactación de tres muestras, cada una a la humedad óptima determinada en el paso anterior, en un molde de dimensiones estándar de 15 cm de ancho y aproximadamente 11,5 cm de altura. Se emplea un martillo de 10 libras de peso y de 18 pulgadas de caída para compactar cada muestra en cinco (5) capas. Una briqueta se compacta con 56 golpes por capa, la otra con 25 golpes por capa, y la última con 12 golpes por capa. A cada una de estas muestras se le determina su peso unitario seco. Las tres muestras se someten a un proceso

de inmersión total durante cuatro días, al final de los cuales se determina nuevamente su humedad.

- Previamente se ha determinado la variación en altura de las muestras. El incremento de altura multiplicado por cien y dividido entre la altura inicial, se define como el “hinchamiento”. Durante el periodo de inmersión se coloca sobre cada muestra una sobre-carga de 10 libras de peso.

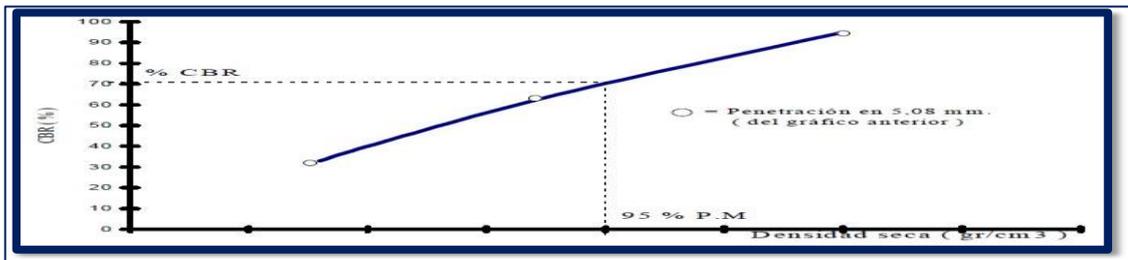


Figura .3 Grafica de Determinación de CBR

Fuente: (CivilGeeks, Capacidad de Soporte CBR del Suelo, 2015).

Tabla 6.2.6 Valores de CBR para Capas Subyacentes de pavimento.

CBR	Clasificación Cualitativa del Suelo	Uso
0 – 5	Mala	Sub-rasante
5 – 10	Regular	Sub-rasante
10 – 20	Buena	Sub-rasante
20 – 30	Muy buena	Sub-rasante
30 – 50	Buena	Sub-base
50 – 80	Buena	Base
80 – 100	Muy buena (Excelente)	Base

Fuente: (Universidad Católica del Norte, Chile, 2015).

- En algunas oportunidades no pueden ejecutarse los ensayos de CBR en cada una de las condiciones de humedad deseadas. En estos casos se recurre a ecuaciones de correlación como las siguientes:

Módulo Resiliente saturado = 20 a 30% del Módulo Resiliente del material en estado

Ecuación 6.2.10

Módulo Resiliente seco = 1.6 * Módulo Resiliente húmedo.

Ecuación 6.2.11

6.2.7 Ensayo del Módulo de Reacción (Placa de Carga).

Los ensayos de placa de carga permiten determinar las características de resistencia-deformación de un terreno.

- Determinación del módulo de reacción o coeficiente de Balasto (K) no corregido por saturación.

$$K_u = \frac{70kpa}{(Deflexión\ promedio)(mm)} = (Mpa/mm)$$

Ecuación 6.2.12

- Determinación de las características de la curva carga contra deformación del suelo y Obtención del Coeficiente de Elasticidad del Suelo (E).

$$E = \left(\frac{q}{s}\right) \times \left(\frac{D}{4}\right) \times (1-u^2) \times \pi$$

Ecuación 6.2.13

Donde:

$\left(\frac{q}{s}\right)$ = tangente a la curva carga deformación del ensayo.

S= asiento de la placa producido por una carga q (cm), q =Carga aplicada (kg/cm²).

D= diámetro de la placa (cm), u = Coeficiente poison del suelo

Tabla 6.2.7 Rango de Valores “K” y “CBR” para Varios Tipos de Suelo.

Clasificación AASHTO	Descripción	Clasificación Sistema Unificado	Densidad Seca (lb/ft ³)	CBR (%)	Valor "K" (psi/in)
Suelos de Granos Gruesos.					
A - 1 - a, Bien Graduada	Grava	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 - 450
A - 1 - a, Pobrememente Graduada			120 - 130	35 - 60	300 - 400
A - 1 - b	Arena Gruesa	SW	110 - 130	20 - 40	200 - 400
A - 3	Arena Fina	SP	105 - 120	15 - 25	150 - 300
Suelos A-2 (Materiales Granulares con Alto Contenido de Finos).					
A - 2 - 4, Gravoso	Grava Limosa	GM	130 - 145	40 - 80	300 - 500
A - 2 - 5, Gravoso	Grava Areno Limosa				
A - 2 - 4, Arenoso	Arena Limosa	SM	120 - 135	20 - 40	300 - 400
A - 2 - 5, Arenoso	Arena Gravo Limosa				
A - 2 - 6, Gravoso	Grava Arcillosa	GC	120 - 140	20 - 40	200 - 450
A - 2 - 7, Gravoso	Grava Areno Arcillosa				

A - 2 - 6, Arenoso	Arcilla Arenosa	SC	105 - 130	10 - 20	150 - 350
A - 2 - 7, Arenoso	Arcilla Grava Arenosa				
Suelos de Grano Fino.					
A - 4	Limo	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 - 165
	Mezclas de Limo/Arena/Grava		100 - 125	5 - 15	40 - 220
A - 5	Limo mal Graduado	MH	80 - 100	4 - 8	25 - 190
A - 6	Arcilla Plástica	CL	100 - 125	5 - 15	25 - 255
A - 7 - 5	Arcilla Elástica Moderadamente Plástica	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 - 215
A - 7 - 6	Arcilla Elástica Muy Plástica	CH, OH	80 - 110	3 - 5	40 - 220
Valor "K" de Suelo de Grano Fino es Altamente Dependiente de Grado de Saturación.					

Tabla 6.2.3 Rango de Valores "K" y "CBR" para Varios Tipos de Suelo.

Fuente: (Fonseca, 1998)

6.2.8 Ensayos de los Agregados.

Los agregados tienen dos usos principales dentro del campo de la ingeniería civil: Primero como material base para cimientos y pavimentos; también como ingrediente del concreto hidráulico. (SIECA, 2002).

Ensayo Granulométrico.

La especificación que rige este ensayo es la (ASTMC-136). Los resultados de los análisis granulométricos normalmente se dibujan en una gráfica semilogarítmica (ver Anexo fig. 4 y 5).

Peso Retenido (gr).

Porcentaje Retenido Parcial (PRP) (%).

$$PRP = \frac{PR}{PT} * 100$$

Ecuación 6.2.14

Porcentaje Retenido Acumulado (PAR) (%).

$$PRA = PRA_{anterior} + PRP_{actual}$$

Ecuación 6.2.15`

Porcentaje que Pasa cada malla #4 (%).

$$\%QP = 100 - PRA$$

Ecuación 6.2.16

Módulo de Finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado desde el tamiz N}^\circ 4 \text{ hasta el N}^\circ 100}{100}$$

Ecuación 6.2.17

Ensayo del contenido de humedad de los agregados.

La especificación que detalla este ensayo es la ASTM C 566-84. La determinación del contenido de humedad de los agregados gruesos y finos se realiza de la misma manera que para los suelos, con la acepción de los pesos recomendados a usar en el ensayo acorde a los tamaños máximos de las partículas, esto se muestra en la tabla siguiente. (Ver Anexo fig. 6). (Fonseca, 1998).

Gravedad Específica y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso.

La gravedad específica y la absorción de los áridos se determinan de acuerdo con la especificación ASTM C127. (Fonseca, 1998).

$$G_s (\text{aparente}) = \frac{A}{B - C}$$

Ecuación 6.2.18

Porcentaje de Absorción.

$$\text{Porcentaje}_{\text{Absorción}} = \frac{B - A}{A} * (100)$$

Ecuación 6.2.19

Donde

B: Peso de la muestra en condición de saturada superficialmente seca

A: Peso Seco de la muestra.

Ensayo de los Pesos Unitarios Seco Suelto y Seco Compacto.

Los pesos unitarios secos sueltos y secos compactos se calculan estrictamente en laboratorio empleando la siguiente ecuación: (Fonseca, 1998).

$$PVSS \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(W_{\text{material suelto}} + W_{\text{recipiente}}) - (W_{\text{recipiente}})}{(V_{\text{recipiente}})}$$

Ecuación 6.2.20

Ensayo de Desgaste Mediante la Máquina de los Ángeles.

El ensayo de Abrasión Los Ángeles con especificación de diseño (ASTM C131, C535) evalúa la tenacidad y la resistencia a la abrasión de los agregados (Fonseca, 1998).

$$\text{Porcentaje}_{\text{Desgaste}} = \left(\frac{P_1 - P_2}{P_1} \right) * 100$$

Ecuación 6.2.21

Donde

P1: masa de la muestra seca antes del ensayo,

P2: masa de la muestra seca después del ensayo.

6.2.9 Estudios de suelo para la evaluación de los elementos que integran la estructura de pavimento Rígido .

Evaluación de la Sub-rasante.

Es la capa en la que se apoya la estructura de pavimento, la propiedad que define la característica de los materiales se conoce como módulo de Resiliencia esta propiedad depende de la granulometría, plasticidad, clasificación del suelo, además de realizar ensayos de carga estática de baja deformación como estudios por CBR, ensayos de compresión simple, y determinación de los límites de atterberg, (Rondon, 2015). Los materiales preferentes para sub-rasante son los suelos granulares según la AASHTO T193 que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentren presentes en el tramo, de acuerdo con la AASHTO M145 .Grupo A-1: Mezclas bien graduadas de roca triturada o grava de gruesa a fina con un ligante no plástico o ligeramente plástico. Sin embargo este grupo también incluye suelos gruesos sin ligante (Rondon, 2015).

Valores de CBR que indican la calidad del material que se debe colocar en la base.

- Un CBR de 0-5 indica que la sub-rasante es mala y que se debe remover o tratar el suelo con productos estabilizadores. Si el valor del CBR es de 5-10 indica que la sub-rasante es regular y que se debe estabilizar es decir, mejorar con productos estabilizadores. Si el valor del CBR es de 10-20 indica que el material existente es apto para ser usado como sub-rasante y se clasifica como sub-rasante buena. Si el CBR está entre 20-30 el material es bueno, puede ser usado como sub-rasante y se clasifica como sub-rasante muy buena. (Método de Diseño de Pavimentos Flexibles para vías de bajo volumen de tráfico., 1990).

6.2.10 Módulo Resiliente (Mr).

El módulo de elasticidad se denomina "Módulo Resiliente (Mr se define como la relación entre el esfuerzo repetido masivo (σ) y la deformación axial recuperable (Σa) (SIECA, 2002).

$$Mr = \sigma / \Sigma a \quad \text{Ecuación 6.2.22.}$$

Para CBR iguales o menores a 7.2%.

$$MR = 1.500 * CBR$$

Ecuación 6.2.23.

Para CBR mayores a 7.2% e iguales o menores a 20%

$$MR = 3.000 * CBR^{0.65} \text{ (psi)}$$

Ecuación 6.2.24.

Para CBR mayores a 20%

$$MR = 4.326 * \ln CBR + 241 \text{ (psi)}$$

Ecuación 6.2.25.

Tabla 6.2.10 Módulo de Resiliencia en función del clima y la calidad de la sub- rasante.

Clima	Valores Aproximados de Módulos de Resiliencia (Mr)				
	Calidad Relativa del Material de Fundación				
	Muy Pobre	Pobr	Regular	Buen	Muy Buena
Cálido -Húmedo	2800	3700	5000	6800	9500
Árido - Seco	3200	4100	5600	7900	11700
Valor de Mr en Libras por Pulgada Cuadrada (psi)					

Fuente: (Ing. Gustavo Corredor, Apuntes de pavimentos, 2004).

Proceso Alternativo para el Cálculo del Mr.

Se determina el Mr para cada para mes del Año en campo y en laboratorio, el módulo resiliente se debe ajustar. El Mr se determina mediante el siguiente ábaco:

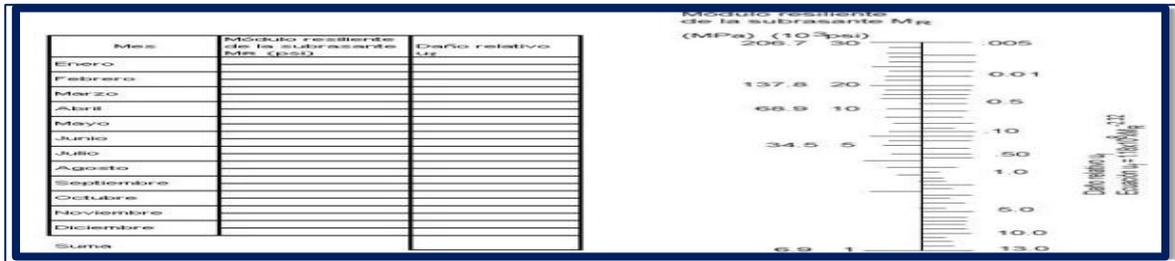


Figura 12. Abaco para Estimar el Modulo Resiliente Efectivo.

Fuente: (SIECA, 2002).

Daño Relativo

El Mr Efectivo de la subrasante es el que corresponde al Uf promedio ya determinado y este es el valor a considerar en el diseño de un pavimento.

$$U_f = 1.18 \times 10^8 \times M_r^{2.32}$$

Ecuación 6.2.26

Módulo de Reacción o Coeficiente de Balasto (K).

Para los suelos del tipo A-6, el valor k depende del grado de saturación en que estos se encuentran, de acuerdo a los resultados del cálculo de humedad natural in situ.

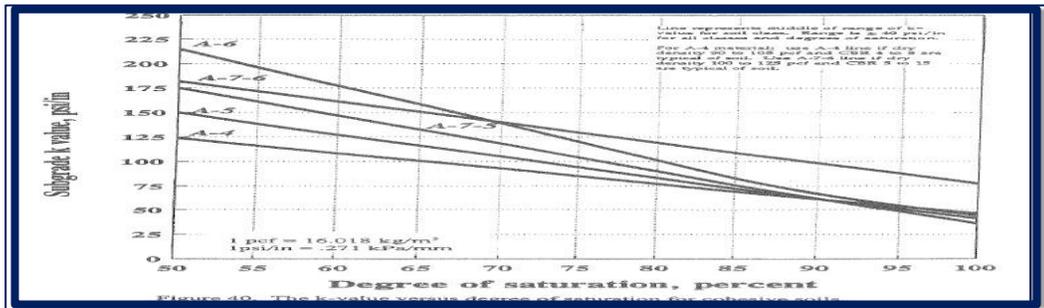


Figura 13. Módulo de reacción o Coeficiente de Balasto (K).

Fuente: (Civilgeeks, 2015).

6.2.11 Evaluación de la base.

Material constituido por piedra de buena calidad triturado y mezclado con material de relleno o bien por una combinación de piedra y grava con arena o suelo en estado natural. Debe cumplir con el valor soporte CBR para piedra triturada y grava, compactación AASHTO T180 e hinchamiento según AASHTOT193 material libre de impurezas y residuos orgánicos.

Valores de CBR que indican la calidad del material que se debe colocar en la base.

Un suelo con un CBR de 50-80 se considera un suelo apto para ser utilizado como base sin embargo esto está en función del tránsito y de la importancia de la carretera por lo que se considera como base buena. Si el valor del CBR del material es de 80-100 se considera base muy buena y se utiliza en caso que la carretera tenga un alto volumen de tránsito.

6.2.12 Ensayos realizados al Concreto Hidráulico.

Ensayo de Resistencia a la Compresión.

Los requerimientos para la en uso de pavimentos y 4000 psi para estructuras de pavimentos. (AASHTO93) La resistencia a la compresión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{P}{A}$$

Ecuación 6.2.27

Donde:

P: Carga máxima aplicada (kg)

A: área de la sección transversal (cm²)

RC: resistencia a la compresión del cilindro en ($\frac{kg}{cm^2}$)

6.2.13 Ensayo de Resistencia a la Flexión.

La prueba de resistencia a la flexión (ASTM C78) es importante para el diseño y la construcción de carreteras y pavimentos de concreto hidráulico, debido a que nos da un indicativo de cómo se comporta a la flexión el pavimento y donde sufrirá las grietas debido a las cargas de los vehículo, (AASHTO93).

$$R = \frac{M_c}{I} = \frac{P * L}{b * d^2}$$

Ecuacion 6.2.28

Donde:

R: resistencia a la flexión (MPa, psi), **M:** momento flector máximo ($\frac{PL}{6}$) (Lb*plg).

c: (mm, plg), **I:** momento de inercia ($\frac{bh^4}{12}$) (mm⁴, plg⁴).

$$R = (0.62 \text{ a } 0.83) * (\sqrt{f'_c}) \text{ (Mpa) ; para unidades del sistema internacional.}$$
$$R = (7.5 \text{ a } 10) * (\sqrt{f'_c}) \text{ (psi) ; para unidades del sistema inglés.}$$

Ecuacion 6.2.29

6.2.14 Estudio de Transito.

Volumen de transito

Se define como el número de vehículos o peatones que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado de tiempo (SIECA, 2002) y se expresa:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Ecuacion 6.2.30

6.2.15 Tipos de Transito.

Transito promedio diario.

Se define el volumen de transito diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día dividido entre el número de días del periodo (SIECA, 2002).

Transito promedio diario Anual.

El TPDA se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de un año.

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

Ecuacion 6.2.31

Transito promedio diario mensual (TPDM).

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

Ecuacion 6.2.32

Transito promedio diario semanal (TPDS).

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Ecuación 6.2.33

6.2.16 Tipos de Volúmenes de Transito.

Los volúmenes horarios se utilizan para proyectar detalles geométricos de la vía, efectuar análisis de circulación y regular el tránsito (SIECA, 2002).

Volumen horario de proyecto o tránsito de la hora pico o de punta (VHP) .

La determinación de el volumen de tránsito de la hora pico o 30HD se grafica la curva de datos de volúmenes de transito horarios registrados durante todo un año en una estación permanente de registro. (SIECA, 2002) .

6.2.17 Variación de los volúmenes de tránsito.

Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.

La hora de máxima demanda, FHMD, o factor de hora pico, se define como el flujo máximo, que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora.

$$FHMD = \frac{VHMD}{N_{Q_{max}}}$$

Ecuación 6.2.34.

Los periodos dentro de una hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10, 15 minutos utilizándose este último con mayor frecuencia. El factor de la hora máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{MAX})} \quad \text{para periodos de 15 minutos}$$

Ecuación 6.2.35.

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(Q_{MAX})} \quad \text{para periodos de 5 minutos}$$

Ecuación 6.2.36.

6.2.18 Patrones de los volúmenes de Transito.

Volúmenes de transito futuro.

Los volúmenes de transito futuro (TF), se derivan a partir del tránsito actual (TA) y del incremento de tránsito (IT), seleccionado se tiene que conocer que una carretera

nueva se proyecta para 20 años. Para reconstrucción y rehabilitación se proyectan para 10 años. (Fonseca, 1998) .

El incremento del tránsito (IT)

Es el volumen de tránsito que se espera use la carretera en el año futuro seleccionado como de proyecto. Este incremento se compone del crecimiento normal del tránsito, CNT, del tránsito generado, TG, y del tránsito desarrollado, TD. Por lo tanto, el incremento del tránsito, IT se expresa así:

$$IT = CNT + TG + TD$$

Ecuación 6.2.37.

CNT: Crecimiento Normal de Transito

TG: Transito Generado

TD: Transito Desarrollado

Crecimiento Normal de Tránsito (CNT)

Transito Desarrollado (TD).

En carreteras construidas con altas especificaciones, el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápidamente de lo normal, generando un tránsito adicional el cual se considera como tránsito desarrollado, con valores del orden del 5% del tránsito actual. Se define por la siguiente formula.

$$TD = 5\%TA$$

Ecuación 6.2.38.

Factor de proyección (FP)

El valor utilizado en el pronóstico del tránsito futuro para nuevas vías sobre la base de un período de proyecto de 20 años en el intervalo de 1.5 a 2.5. (Fonseca, 1998) para proyecciones de 20 años.

$$FP = \frac{TF}{TA}$$

Ecuación 6.2.39.

Conocido FP el tránsito futuro (TF) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$TF = FP(TA)$$

Ecuación 6.2.40.

6.2.19 Estudio de Diseño Geometrico.

Para la definición de los parámetros geométricos se utilizo el Manual de la SIECA y el Reglamento vial de la Alcaldia de Managua (ver anexos figura 7 - figura 11).

6.2.20 Normas generales para alineamiento horizontal.

Estas normas generales están reconocidas en la práctica y son importantes para lograr una circulación cómoda y segura entre las cuales se pueden citar las siguientes (SIECA, 2002):

1. La seguridad del tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener la preferencia.
2. La topografía condicionada muy especialmente los radios de la curvatura y velocidad de proyecto.
3. La distancia de visibilidad debe de ser tomada en cuenta en todos los casos por que con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en si.
4. El alineamiento debe de ser tan direccional como sea posible sin dejar de ser consistente con la topografía 8na línea que se adapta al terreno natural es preferible a otras con tangentes largas pero con repelidos cortos y rellenos.
5. Para una velocidad de proyecto dada debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible .el proyectista debe tener en lo general a usar curvas suaves dejando las de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe tender, en lo general en ángulo central en cada curva debe de

ser tan pequeño como lo permitan las condiciones físicas de manera que la carretera tenga el trazado más directo posible. este ángulo central debe ser resuelto con las curvas más largas posibles.

6. Debe de procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves u otros de curvas forzadas .donde hay que introducir curvas cerradas, se hará la aproximación desde l zona de curvatura más suaves, por medio de curvas cada vez más cerrada.
7. En rellenos altos y largos solo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura, pues es muy difícil parar un conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.

6.2.21 Normas Generales para el alineamiento vertical

En el perfil longitudinal de una carretera, la sub-rasante es la línea de referencia que define alineamiento vertical. La posición de la sub-rasante depende principalmente dela topografía de la zona atravesada, pero existen otros factores que deben considerarse (SIECA, 2002):

1. La condición topográfica del terreno que influye en diversas formas al definir las sub-rasante, así, en terrenos planos, la altura de la sub-rasante sobre el terreno es regulada generalmente por el drenaje.
2. Una sub-rasantes suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno, a esta clase de proyecto debe darse la preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes de longitudes cortas, los valores de diseño son la pendiente máxima y la longitud critica, pero la manera en que estos se aplican y se adaptan al terreno formando

una línea continua, determina la adaptabilidad y la apariencia de grupo terminado.

- 3. Deberá evitarse la sub-rasante tipo “montaña rusa” o de depresión escondida tales perfiles ocurren generalmente en alineaciones en planta relativamente rectas y donde el perfil de la carretera se ciñe mucho a la línea ondulada natural del terreno. estos son estéticamente desagradable y peligrosas, las depresiones escondidas contribuyen a aumentar los accidentes en la maniobra de paso.

6.3 Diseño de la Capa de rodamiento con Pavimento Rígido Método AASHTO93 y el software WINPASS 1.0.4.

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes para el diseño de pavimentos rígidos. A continuación, se describirán brevemente cada uno de los factores o parámetros necesarios para el diseño de pavimentos rígidos según el método AASHTO 93. La Ecuación Básica para el Diseño de Pavimento Rígido es la siguiente. (AASHTO93).

$$\begin{aligned}
 \text{Log}(W_{18}) = & Z_R * s_o + 7.35 * \text{Log}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \\
 & + (4.22 - 0.32p_t) * \text{Log} \left[\frac{[S'_c * C_d * D^{0.75}] - 1.132}{215.63 * J * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / k)^{0.25}} \right]} \right]
 \end{aligned}$$

Labels in the diagram: Variable Z (Conf:R) points to Z_R; Desvío Estándar Global points to s_o; Espesor points to D; Serviciabilidad Final points to p_t; Módulo de Rotura points to S'_c; Coeficiente de drenaje points to C_d; Transferencia de Carga points to J; Módulo de elasticidad points to E_c; Módulo de reacción points to k.

Ecuación 6.3.1

6.3.1 Variables de diseño respecto al tiempo.

Periodo de Diseño.

El periodo de diseño es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento está en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente. (AASHTO93). La vida útil del pavimento, es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de Serviciabilidad. (Ver anexo fig. 8).

6.3.2 Variables a Considerar en el Método AASTHO93.

Volúmenes de Camiones

Los camiones llevan distintas cargas, el uso del porcentaje de camiones para calcular el número de ESAL's debe ser hecho a partir de determinaciones precisas de los diferentes tipos de camiones en el flujo del tránsito (AASHTO93).

Peso de Camiones.

Los factores necesarios que se deben conocer son: Peso Total del Camión Distribución por Ejes de este Peso. (Ver Anexo fig 6).

Ejes Simples Equivalentes de 18klb a lo largo del Período de Diseño.

Los ejes simples equivalentes es la cantidad pronosticada de repeticiones del Eje **18klb** de Carga Equivalente de 18 kips (8,16 ton = 80 kN) para un periodo determinado conforme el número de carriles en ambas direcciones para efectos de diseño, el tránsito que se debe de tomar en cuenta es el que utiliza el carril objeto de análisis (AASHTO93).

Calculo de los ESAL's.

El proceso de convertir un transito mixto en un numero de ESAL's de 18000Lbs es una tarea compleja y fue desarrollado por el Road Test de AASHO. El transito es reducido a un numero equivalente de ejes de una determinada carga que produzcan

el mismo daño queda la composición del tránsito. (Fonseca, 1998) .La conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga, denominados LEF por sus siglas en inglés (“Load Equivalent Factor”) o Factor Equivalente de Carga (AASHTO93).(ver anexo tabla 6.3.2) .

Factor Equivalente de Carga.

El factor equivalente de carga (LEF) es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de servicio causada por una carga de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 18000lb en el mismo eje (AASHTO93),(ver anexos tab 6.3.9-6.3.15).

$$LEF = \frac{\text{Nº de ESAL's 18000lb que producen una pérdida de serviciabilidad}}{\text{Nº de ejes de X Lbs que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

Ecuación 6.3.2.

Factor de Camión.

Los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados para determinar el daño producido por el vehículo total; de esta manera surge el concepto de Factor de Camión (F.C) que está definido como el número de ESAL's por vehículo (AASHTO93). A continuación se muestra la manera del cálculo del Factor Camión (Ver Tabla 6.3.3).

Factor de Distribución por Dirección.

Es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección (MTI, Manual para la revisión de Diseños de Pavimentos , 2009). (Ver anexo Tablas 6.3.3 y 6.3.4).

Factor de Distribución por Carril.

Se define por el Carril de Diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de 2 carriles, (ver anexos tabla 6.3.5) cualquiera de los dos puede ser el

carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril (MTI, Manual para la revisión de Diseños de Pavimentos , 2009).

Desviación Normal Estándar Zr.

El tránsito que puede soportar el mismo a lo largo de un período de diseño sigue una ley de distribución normal con una media Mt y una desviación típica S . Esta desviación se calcula mediante la Tabla 8 mostrada en el diseño de pavimentos flexibles (AASHTO93). (ver Anexo fig 12 tabla 6.3.6).

Error Estándar Combinado S.

El error estándar combinado es la variable que acota la variabilidad de todos los factores dentro de unos límites permisibles, con el fin de asegurar que la estructura del pavimento se comporte adecuadamente durante su periodo de diseño, Considerando las recomendaciones anteriores, se establece un valor 0.35 para Pavimentos de Concreto Hidraulico (AASHTO93).

Espesor Tentativo D.

Es el valor del espesor tentativo de la capa de rodamiento que brinde el equilibrio de la ecuación básica de diseño de pavimento rígido. (AASHTO93).

Variación del Índice de Serviciabilidad ΔPSI .

El índice de Serviciabilidad final de un pavimento es el valor más bajo de deterioro a que puede llegar el mismo, P Llego a un valor de 4.5 para pavimentos de concreto hidráulico. (AASHTO93).

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Ecuación 6.3.3

Coefficiente de drenaje.

Este depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje. Para el caso se definen varias calidades de drenaje, como se muestra en (la tabla 6.3.7 mostrada en anexos). (AASHTO93).

Coeficiente de Transmisión de Carga (J).

La capacidad de una estructura de pavimento de concreto para transferir (distribuir) cargas a través de juntas o grietas es tomado en cuenta en el método AASHTO 93 por medio del coeficiente de transferencia de carga J (ver tabla 6.3.8 en anexos). (AASHTO93).

Módulo de Elasticidad del Concreto Ec.

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tienen losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación (AASHTO93).

Módulo de Rotura (S'c).

Es un parámetro muy importante como variable de entrada para el diseño de pavimentos rígidos, y controlara el agrietamiento por fatiga del pavimento, El módulo de rotura de diseño es el valor medio determinado después de 28 días (AASHTO93).

Estimación a través de la resistencia de compresión del concreto. $S'_c = k * (f'_c)^{0.5} \quad 7 < k < 12;$ Donde: f'_c : resistencia a compresión del concreto (psi).
--

Ecuación 6.3.4

6.3.3 Software EqAASHTO93.

Es un programa desarrollado en visual Basic 6.0 para Windows, su objetivo primordial es resolver las ecuaciones de la GUIA ASTHOO93 para pavimentos rígidos y flexibles.

Operación del software.

Los pasos a seguir para el análisis de la estructura de pavimentos rígidos:

1. Definir el tipo de pavimento a analizar flexible o rígido.
2. Seleccione la confiabilidad (R%) y la desviación estándar de diseño (so) del diseño y defina niveles de Serviciabilidad inicial y final.

3. Ingrese el valor del módulo de reacción de la subrasante (k) en pci para pavimentos rígidos.
4. Aparte de los parámetros anteriores de la Guía AASTHOO93 se deben suministrar los siguientes parámetros Modulo de elasticidad del concreto (Ec) en psi, Modulo de rotura de concreto (Sc) psi, Coeficiente de transmisión de carga (J), Coeficiente de drenaje (Cd).
5. Especificar el cálculo a realizarse si es el espesor de la losa en pavimento rígido (D) o el número de ejes equivalente de 18,000 lb (W18) que soporta una configuración estructural de cualquier tipo.

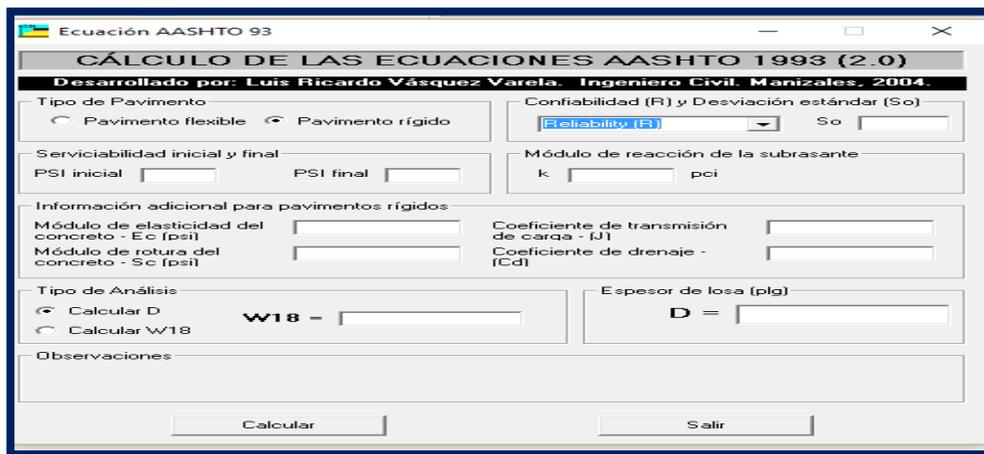


Figura 14. Interfaz del software EqAASHTO93.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

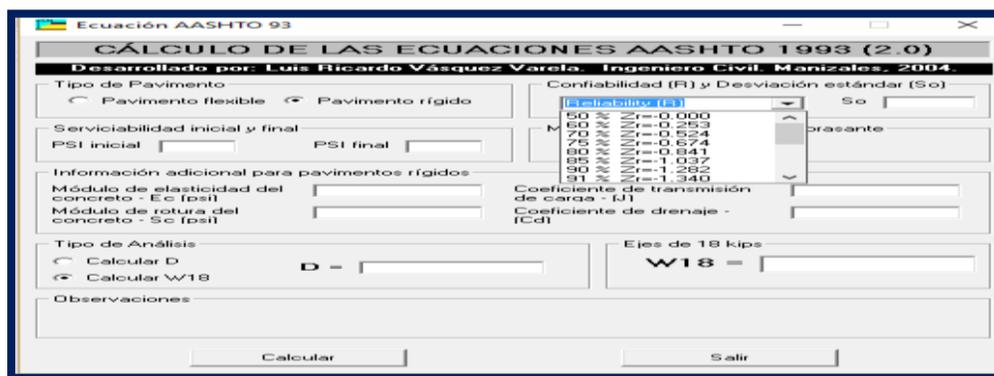


Figura 15. Interfaz del software EqAASHTO93.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

6.3.4 Software WINPASS 1.0.4.

WinPAS es un programa de ordenador con menús para diseñar y analizar sistemas de pavimento mediante el AASHTO 1993 Guía para el diseño de estructuras de pavimentos. Es un programa independiente que consta de los siguientes módulos:

1. La identificación de proyectos,
2. Análisis de tráfico,
3. Diseño y evaluación de pavimentos
4. Diseño y evaluación de superposición
5. Análisis de coste de ciclo de vida
6. La presentación de informes

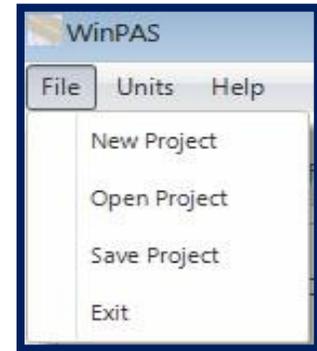


Figura 16.Inicio WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015)

Menú de unidades.

El menú de unidades tiene dos opciones, permitiendo seleccionar las unidades **inglesas** o **métricas** en el que desea trabajar.

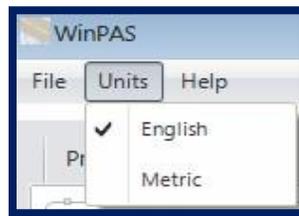


Figura 17.Menu de unidades WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

Menú Ayuda.

El menú Ayuda tiene dos opciones. **Sobre WinPAS** identifica la versión de que está utilizando. **Guía 12 WinPAS** enlaces a este documento, que proporciona ayuda adicional y discusión para muchos de las entradas de diseño.



Figura 18. Menu de ayuda WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015)

Menú principal

Permiten acceder a cada módulo incluido en el software. El **proyecto** es la ficha predeterminada seleccionada cuando el programa esté abierto. Para abrir un proyecto existente, vaya al menú **Archivo** y seleccione **Abrir proyecto**.



Figura 19. Menu principal WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015)

6.3.5 Ficha del proyecto

La ficha Proyecto permite introducir información general para su proyecto. WinPAS muestra la información general de esta pantalla en la parte superior de todos los informes impresos.

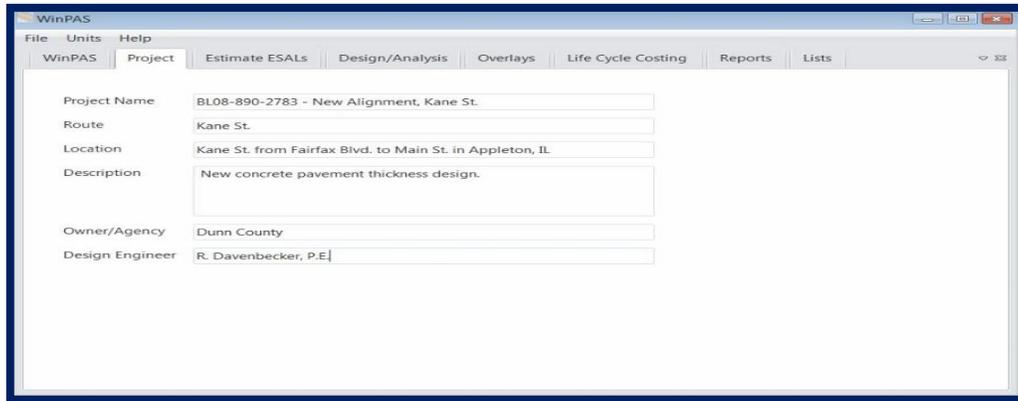


Figura 20. Ficha de Proyecto WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

6.3.6 Estimación ficha ESALs

Convierte el tráfico tráfico mixto en ESALs según el método AASHTO. Puede determinar el diseño ESALs utilizando los datos de eje, el tipo de vehículo, datos o factor de tráfico de datos. Sin embargo, para determinar ESALs por cualquiera de estos métodos, primero debe proporcionar cierta información en la pantalla de Entradas de cálculo ESALs.



Figura 21. Estimación ESALs WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

6.3.7 Diseño/Ficha de Evaluación

Diseño y evaluación módulo puede diseñar nuevas aceras o analizar las aceras. Pavimentos de Hormigón y asfalto pueden diseñarse por separado, o en conjunto.



Figura 22. Ficha de Diseño y evaluación WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

6.3.8 El diseño de los pavimentos rígidos/Análisis en WINPASS

Esta pantalla muestra y resuelve las entradas en el pavimento de hormigón AASHTO ecuación de rendimiento. Información necesaria incluye el espesor de losa de hormigón (D), el total de ESALs rígido, fiabilidad (R), en general la desviación estándar (s_0), 28 días de media resistencia de flexión (f_c'), 28 días de media de módulo de elasticidad (e_c), el coeficiente de transferencia de

carga (J), promedio de reacción subgrade módulo estático (valor k), coeficiente de drenaje (Cd), y inicial, Servicio de terminal (PO Y Pt).Las losas de pavimento de hormigón en la AASHO Road Test fueron entre 2,5 y 12,5. (64 y 318 mm) de espesor. La ACPA recomienda un mínimo espesor de losa de hormigón de 5 in. (127 mm) para calles y 4. (102 mm).El total ESALs rígido de entrada proviene de la estimación en la ficha ESALs WinPAS, aunque puede sobrescribir este valor y resolver las ESALs permisible para un determinado espesor de losa y otros insumos.

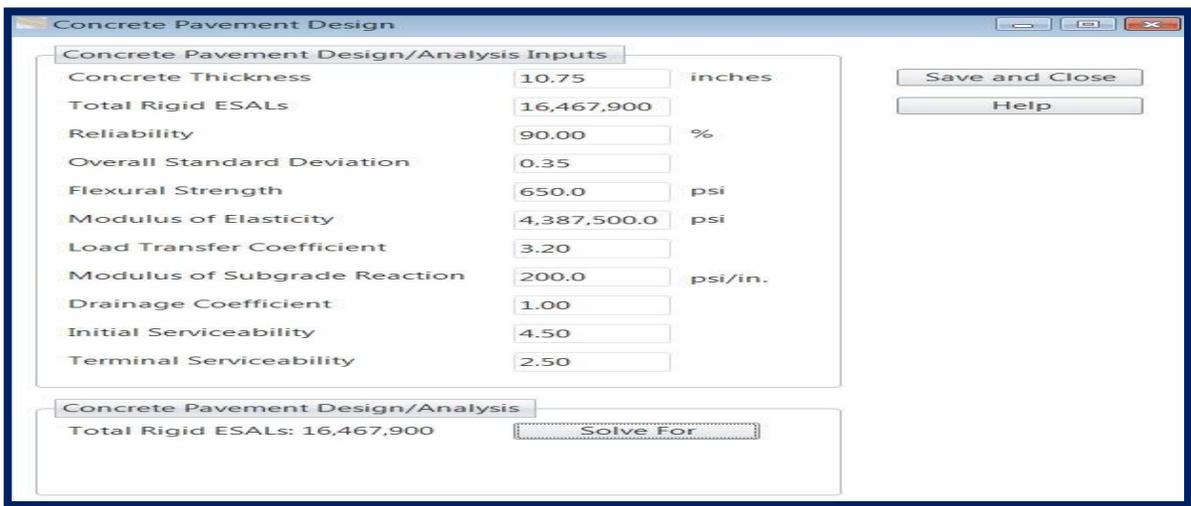


Figura 23. Diseño de pavimentos Rígidos en WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

6.3.9 Pavimento Rígido y asfalto Diseño/Análisis (Side-by-side).

Esta pantalla realiza las mismas funciones que el diseño de los pavimentos de hormigón y asfalto de análisis/ Análisis/diseño de pantallas. Le permite desarrollar diseños de lado a lado, de modo que usted puede fácilmente hacer comparaciones de los dos diseños de pavimento alternativo.

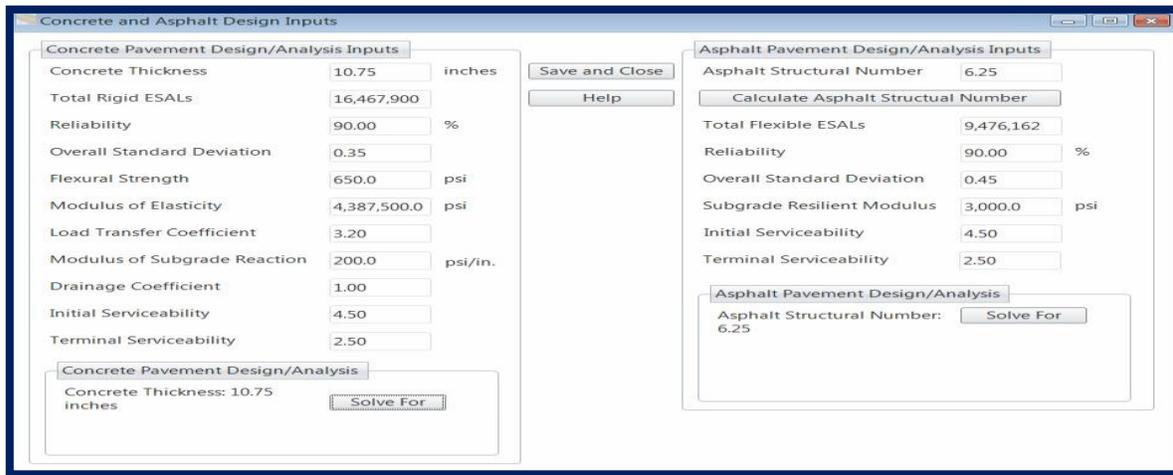


Figura 24. Analisis side by side (lado a lado) WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

6.3.10 Ensayos no destructivos (END) Backcalculation

WinPAS proporciona usar backcalculation para análisis de datos de pruebas de deflexión destructiva puede ser extremadamente valiosa y rápida forma de comprobación. Para pavimentos de hormigón, NDT es útil para examinar la transferencia de carga en las articulaciones y grietas, estimar el módulo de subrasante (valor k) y estimar el módulo de elasticidad.

6.3.11 NDT Backcalculation para pavimentos Rígidos.

Para determinar el valor k subrasante y el módulo elástico de la losa de concreto, WinPAS requiere entradas para el espesor de losa existente, el coeficiente de Poisson del concreto (normalmente de 0.15 a 0.20), el radio de la FWD (placa de carga 5.9. [150 mm]), la carga y la deflexión de datos.

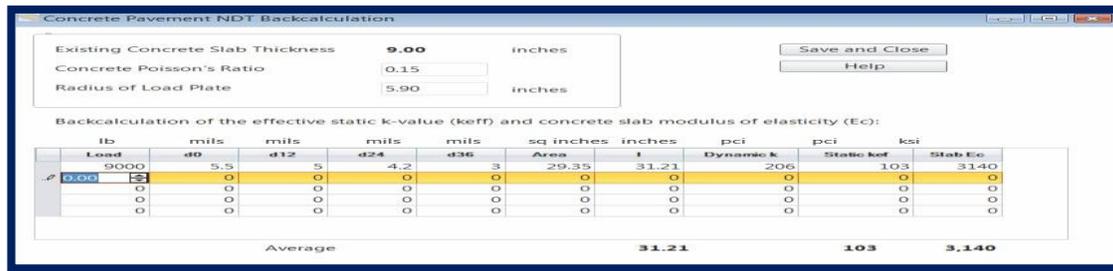


Figura 25. Analisis pruebas No destructivas en pavimentos rígidos WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

6.3.12 Ficha Costos del ciclo de vida

Permite dar cuenta de los costos totales de construcción, mantenimiento y rehabilitación de ambos sistemas de concreto y asfalto, aunque el análisis no se limita a la comparación de pavimentos de hormigón y asfalto.

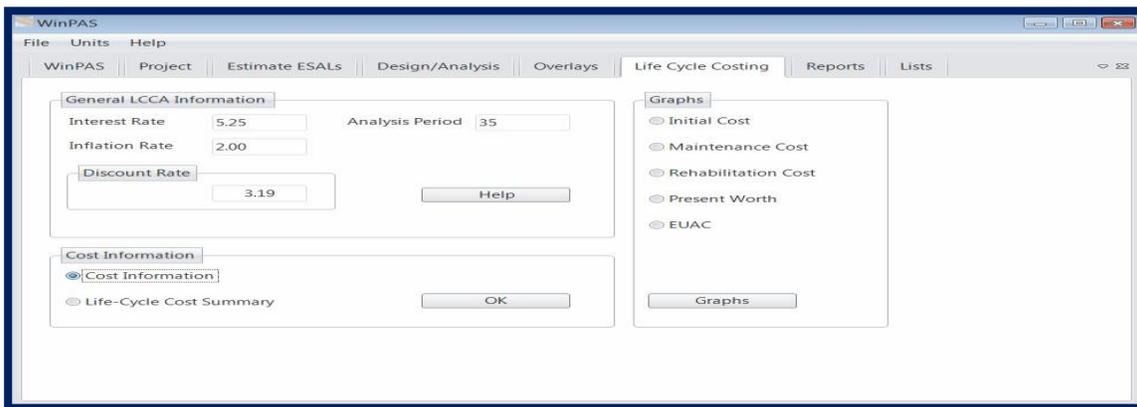


Figura 26. Analisis de costos de WINPASS.

Fuente: (Manual WINPASS 1.0.4, 2015).

6.3.13 Ficha nformes

La ficha Informes le permite imprimir o guardar los resultados de los análisis realizados con WinPAS. Informes personalizados en nuevos diseños de pavimento, superponer diseños, cálculos ESAL rígidos y flexibles, o análisis de coste de ciclo de vida puede ser impreso.

7. HIPÓTESIS.

Con la Propuesta de una estructura de pavimento rígido, aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4 en un tramo de vía de 500 m del Barrio Frawley D-III del Municipio de Managua mejorara el nivel de servicio que ofrece esta vía a usuarios y peatones por ende aumentara su importancia dentro del sistema vial de Managua.

8. DISEÑO METODOLOGICO.

8.1 Tipo de Estudio.

El tipo de investigación es analítico por que recoge información de parámetros y cálculos que se realizan para el diseño de la propuesta de estructura de pavimento rígido y de corte transversal por estar definido su tiempo de ejecución esta delimitado en un periodo corto de 3 meses. El tipo de enfoque es cuantitativo por los análisis y cálculos realizados para la propuesta de la estructura de pavimento.

8.2 Área de estudio.

El área de estudio esta delimitada bajo el eje de la línea de investigación materiales y suelos para la construcción entrando en este punto los pavimentos rígidos.

8.3 Universo y Muestra.

El universo para determinar parámetros, variables y estudios técnicos para el Diseño de la propuesta de carpeta será el Distrito III de la ciudad de Managua, departamento de Managua.

La muestra para la realización del presente trabajo no es una muestra dependiente de la probabilística y está constituida por vía principal de 3000 m² del Barrio Frawley D-III del Municipio de Managua.

8.4 Definición y Paralización de variables (MOVI).

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariable o Dimensiones	Variable Operativa Indicador	Técnicas de recolección de Datos e Información y Actores Participantes.					
				Encuesta	Entrevista	G-Focal	Experimento	Lab	Análisis Documental.
1. Mencionar los criterios para la selección de materiales y aditivos a utilizarse en una carpeta de rodamiento construida con la Tecnología de Concreto Hidráulico.	criterios para la selección de materiles y aditivos	1.1 Normativa ASTM para material concreto y aditivo.	Estándares y especificaciones en formas de libros llamados normas ASTM (American Society for Testing and Materials) para materiales, que son utilizados en la construcción.						✓

		1.2 Manual del método de la PCA para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.	Libros publicados por la asociación de cemento porland especificando criterios y estándares de calidad en materiales de carácter constructivo tanto en obras verticales como horizontales.						
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariable O Dimensiones	Variable Operativa Indicador	Técnicas de recolección de Datos e Información y Actores Participantes.					
				Encuesta	Entrevista	G-Focal	Experimento	Lab	Analisis Documental.
2. Desarrollar los estudios técnicos correspondientes de suelo y tráfico, para el diseño de una carpeta de rodamiento con pavimento rígido.	Estudios Técnicos ingenieriles	2.1 Normativas de la AASHTO	Libros con normas de diseño y parámetros para la realización de estudios técnicos previos al diseño, estas desarrolladas por la organización AASTHO.					✓	✓

		2.2Reglamento de la SIECA (secretaria de integración económica Centroamérica).	Reglamento que rige el diseño geométrico vial y posee información sobre los estudios de tráfico y suelo a realizarse previo al diseño, el nombre del documento es "Manual Centroamerican o para diseño vial".						
--	--	--	---	--	--	--	--	--	--

		2.3 Anuario de Trafico y Manual de diseño de infraestructura vial del MTI	Publicaciones anuales del Mtl (Ministerio de transporte e infraestructura) de Nicaragua donde se recopilan resultados de aforos y recomendacion es técnicas para los estudios de transito necesarios en el diseño de una estructura de pavimento.						
--	--	---	---	--	--	--	--	--	--

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariable o Dimensiones	Variable Operativa Indicador	Tecnicas de recolección de Datos e Información y Actores Participantes.					
				Encuesta	Entrevista	G-Focal	Experimento	Lab	Analisis Documental.
3. Diseñar una estructura de rodamiento con pavimento rígido, resistente al volumen de tráfico que circula en la vía principal del Barrio Frawley del D-III Municipio de Managua ,aplicando el método de la AASTHO 93 y el software WINPASS 1.0.4.	Diseño de la estructura de pavimento Rígido.	3.1 normativa de la AASTHO 93.	Método desarrollado por la organización AASTHO (American Association Of State Highway And Transportation Officials) para diseño de estructuras de pavimento rigido. Programa desarrollado por la ACPA (Asociación		✓				✓

		3.2 Software Winpass 1.0.4.	Americana de Concreto), para diseño de estructuras de pavimentos basándose en parámetros obtenidos de los estudios técnicos y métodos de diseños como el AASTHOO93 Y PCA.						
--	--	--------------------------------	---	--	--	--	--	--	--

		3.3 Software EqAASHT93 2.0.	Programa que se desarrolla en Visual Basic 6.0 para Windows teniendo como objetivo principal resolver la ecuación de la Guía Método AASTHO y determinar el número estructural (SN), el espesor (D), y los ejes equivalentes (W18).						
--	--	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariable o Dimensiones	Variable Operativa Indicador	Técnicas de recolección de Datos e Información y Actores Participantes.					
				Encuesta	Entrevista	G-Focal	Experimento	Lab	Analisis Documental.
4. Determinar los costos de la obra vial, estructura de rodamiento con pavimento rígido, resistente al volumen de tráfico que circula en la vía principal del Barrio Frawley del D-III Municipio de Managua.	Costos de la Obra vial estructural de pavimento rígido	4.1 Convenio colectivo de Nicaragua 2016. 4.2 Informe Mensual portal de la construcción.	Documento anual que especifica los costos de mano de obra constructiva operacional en Nicaragua. Especifica el rango de precios y demanda de los materiales de construcción en Nicaragua.		✓				✓

8.5 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Entrevista.

Utilizada como técnica para el desarrollo de la presente investigación en desarrollo en este caso fue definida con anticipación delimitando los ejes centrales de interés siendo estos el diseño estructural de pavimento rígido y el diseño geométrico propuesto para la vía de 500 m en el barrio Frawley, los entrevistados fueron el Ing. Carlos López diseñador vial con Maestría en Diseño de pavimentos del plantel de Infraestructura de Managua, y el Ing. William diseñador vial y especialistas en Diseños Horizontales y estructuras de pavimentos de ALMA (Alcaldía de Mangua).

Observación en campo del participante.

Esta técnica se utilizó periódicamente desde el inicio al final de la recolección de datos siendo como punto central recolectar información para conocer, la problemática, condiciones que enfrenta la vía en estudio, y para dar una noción del diseño y materiales adecuados que poseera la estructura de pavimentos rígido planteada como solución en el presente trabajo investigativo .

Revisión Bibliografica.

Para el desarrollo de la presente investigación se conto con una amplio y concreto apoyo bibliográfico iniciándose con la Normativa ASTM y Normativa AASTHO para definir criterios para los materiales constituyentes de la estructura de pavimentos rigidos, libros como pavimentos Materiales de Construcción y diseño en conjunto con Normativas de la PCA, el Manual centroamericano SIECA, y el Anuario estadístico de Trafico e Informe vial de Nicaragua del MTI , definirán criterios ,aspectos y procedimientos específicos para la realización de los estudios técnicos ingenieriles previos al diseño.

Para el diseño de pavimentos rígidos se utilizo la bibliografía el Método de la ASTHOO93, el libro Ingeniería Pavimentos de Fonseca Alfonso Montejo, y el Manual de diseño de pavimentos rígidos de Civil geeks serán el eje principal que servirán de guía para el correcto y eficiente diseño de la estructura de pavimento rígido a desarrollarse en el presente trabajo Investigativo.

Revisión documentación e Información Digital.

Esta se basara en el enfoque en el estudio técnico diseño geométrico y el diseño de la estructura de pavimentos rígidos, esto por medio de manuales y tutoriales para conocer la utilización del CIVIL3D, WINPASS 1.0.4, y EqAASTH93.

8.6 Procedimientos para la recolección de Datos e Información.

El proceso de recolección de datos se llevara a cabo utilizando las técnicas de recolección ya antes mencionadas pero siguiendo un orden cronológico coherente para obtener la mayor eficiencia en el proceso.

- La primera técnica en emplarse será una combinación en conjunto de la observación en campo y la entrevista en la vía en estado natural de 500 m en el barrio Frawley del D-III de Managua y identificar la problemática factores y condiciones de la muestra en estudio y de las entrevistas a ingenieros diseñadores viales del plantel de Infraestructura y la Alcaldía de Managua.
- La próxima utilización será la revisión bibliográfica y la entrevista estas para acompañarse del análisis de laboratorio y por medio de softwares como CIVIL 3D Y AUTOCAD nos brinde como finalización los estudios técnicos ingenieriles necesarios previos al diseño.

- El siguiente procedimiento será la combinación de la revisión bibliográfica y digital para combinar conocimientos teóricos con aplicaciones de software para obtener el diseño final de la estructura y comprobaciones del mismo por medios de los programas como WINPASS 1.0.4.
- Por último se hará uso de la entrevista y documentación bibliográfica para la obtención de un costo de obra para el diseño y proyecto presentado en el presente documento investigativo.

8.7 Plan de tabulación y análisis.

El análisis de las variables se hará bajo guía principal de cada objetivo específico siguiendo el presente orden:

La primera variable es criterios para la selección de materiales y aditivos de origen cualitativa y se analizarán los resultados por medio de estadística descriptiva y representando los datos por medio de graficas de barras representando las categorías a tomarse en cuenta para seleccionar los materiales y aditivos que componen una estructura de pavimento rígido.

Como segunda variable se tiene los estudios técnicos ingenieriles, esta es de origen cuantitativa y cualitativa ya que se describirán los procedimientos de laboratorio para los estudios de suelo, tráfico y diseño vial y se obtendrán datos numéricos concretos que servirán como parámetros para el posterior diseño de la estructura de pavimento rígido se describirán además de por medio de tablas también por graficas de barras y de pastel para saber variaciones y categorías obtenidos en los estudios pasados.

La tercera variable es Diseño de la estructura de pavimento rígido es una variable cuantitativa ya que se obtendrán datos numéricos que describirán las características y parámetros de diseño de pavimento rígido planteado y también se utilizarán tablas de resultados y estadística descriptiva como gráfico de barra para mostrar las

variaciones en el diseño elaborado por el Método AASTHOO93 y los software utilizados.

Como última variable tenemos Costos de la obra vial estructura de pavimento rígido es una variable meramente cuantitativa que brindara datos de aproximación de un monto monetario que será el costo de la estructura de pavimento rígido la estadística descriptiva a utilizarse serán tablas de materiales a utilizarse con sus costos y gráficos pastel para saber que porcentajes de materiales serán los más utilizados en el proyecto en estudio.

9. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

9.1 Estudio de Caso.

Diseño de la estructura de pavimento rígido de la vía colectora secundaria del barrio Frawley del D-III.

9.2 Extensión.

El Proyecto se localiza en la parte sur de la Ciudad de Managua, sobre el la intersección pista suburbana y la salida a la pista Juan Pablo II (longitud de 500 m), entre el Barrio Frawley posee las coordenadas geográficas siguientes Latitud: 12°07'16.85" en el hemisferio norte y longitud: 86°18'43.75" en el hemisferio occidental. El final del tramo coincide con la salida a carretera vieja león.

9.3 Clima.

La temperatura promedio anual del aire en esa región es de 79.97°F. La precipitación media anual es de 8.81" y la velocidad de viento promedio anual es de 8.94 Millas/hora. Estos datos fueron monitoreados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en esa región durante todo el año de 2015 y son los que se utilizaran para el diseño de las estructuras de pavimento con concreto Hidráulico.

9.4 Macro localización del tramo de 500 m del Barrio Frawley D-III, Municipio de Managua, Departamento de Managua.

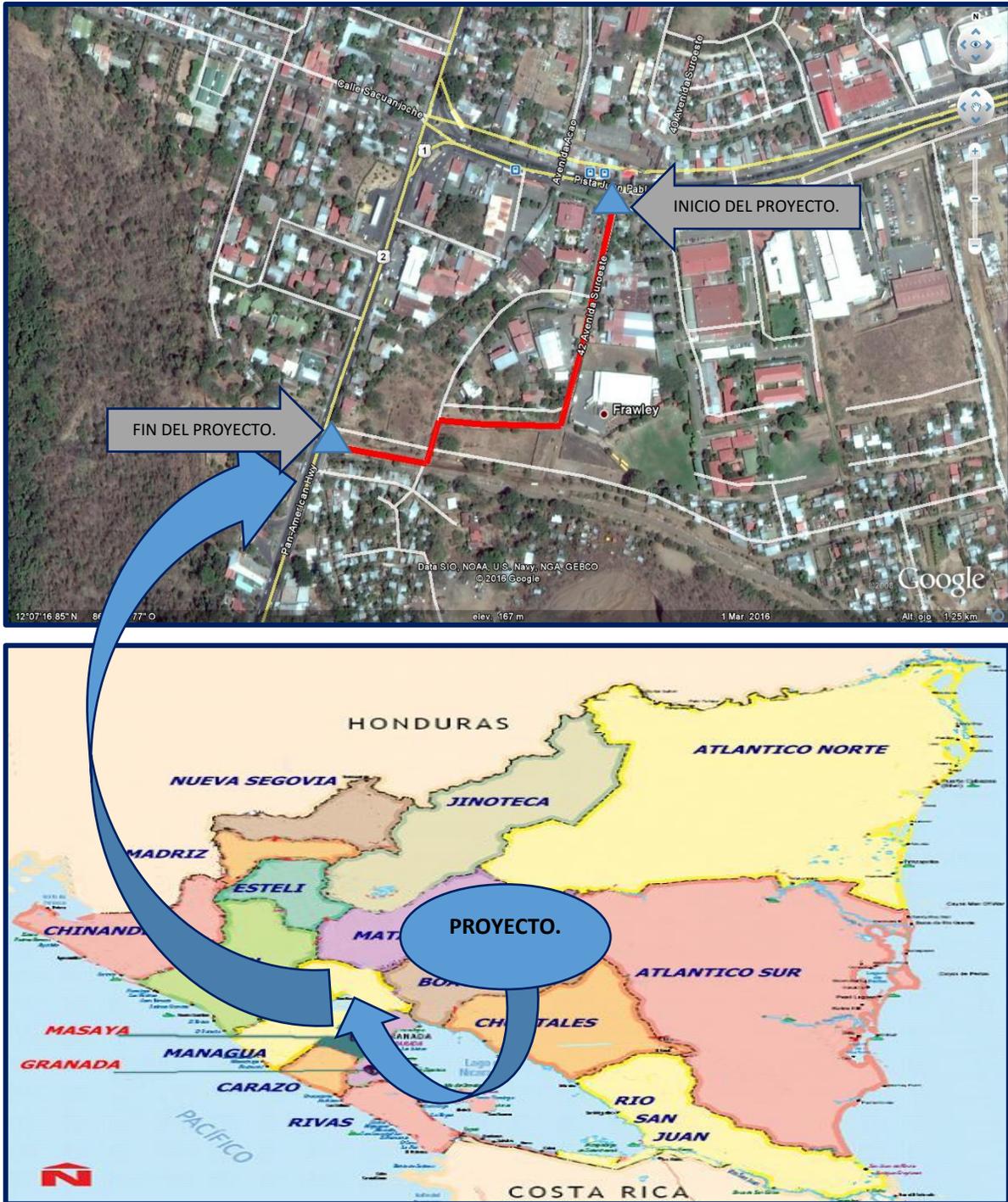


Figura 27 .Macro localización del proyecto.
Fuente: Elaboración propia del autor.

9.5 Densidad poblacional.

Este proyecto esta ubicado en el D-III en el barrio Frawley y es considerada la vía principal del mismo esta conformada por 225 familias, según un censo elaborada por la alcaldía de Managua en conjunto de la dirección de formulación de proyectos del mismo ente público.

9.6 Descripción de la estructura de rodamiento existente

La estructura de pavimento existente consiste en una superficie de rodamiento en terreno natural compuesta por material de buena a regulara capacidad de soporte (suelos gravosos, arenosos y limosos). No posee ninguna estructura hidráulica como cunetas, ni andenes.

Se ha encontrado de manera general las siguientes observaciones en relación al camino:

- El ancho de rodamiento de la superficie exstente corresponda a 1 calzada con 2 carriles en dos sentidos de circulación.
- Capa de rodamiento existente conformada con materiales una capacidad soporte (sub- rasantes buena –regular), lo cual es un punto ah favor en el diseño.
- Existencia de los servicios básicos como lo son los alcantarillados sanitarios, aguas pluviales y acueducto.
- Falta de drenaje y manteninimento en el cauce nejapa lo que ocasiona severos daños (grietas longitudinales y transversales, cárcavas, etc.) en la calzada del camino en épocas de invierno.

En general, todos estos factores han contribuido, al deterioro de la plataforma y estructura de pavimento que conforman el camino.



*Figura 28 .condiciones actuales de la vía.
Fuente: Elaboración propia del autor.*

9.7 Derecho de Vía y otras obras

En el proyecto se observa la existencia de un derecho de vía de 7.30 m de amplio, de acuerdo a la concepción del proyecto se espera que no existan problemas con relación al derecho de vía especificado en el Reglamento vial de Nicaragua de la Alcaldía de Mangua, que especifica que la sección típica de una vía es de 3.60 m, clasificando a la carretera como una colectora secundaria.

Si bien es cierto los volúmenes de tráfico justifican esta clasificación, el mal estado del camino y importancia estratégica también poseen factores influyentes en su clasificación., la cual será más relevante con los futuros proyectos de desarrollo del país, como es el paso a desnivel de las piedrecitas, en este orden de idea, una clasificación colectora secundaria es adecuada para este tramo.



Figura 29 .Entrada a la vía, Banco central.
Fuente: Elaboración propia del autor.

9.8 Características geométricas actuales.

La carretera discurre mayoritariamente a través de una topografía plana, con pocos sectores ligeramente ondulados. El alineamiento horizontal está constituido por curvas y tangentes lo que propicia el desarrollo de velocidades superiores a 45 Km/h. En lo que respecta al alineamiento vertical no se presenta pendientes fuertes, siendo el rango de pendientes entre 0.5 y 3 %. El derecho de vía es amplio y el ancho del camino actual (calzada) es superior a los 6.60 metros.

9.9 Estado físico de la vía.

Básicamente la estructura del camino no tiene sub-base ni base, solo una superficie revestida con material granular de buena calidad como lo son fragmentos de grava, arena y piedra y en algunos sitios se ha perdido la capa de rodamiento.

La superficie de rodamiento se encuentra deteriorada, presentando algunas zonas inestables, baches y otras donde el material revestido ha perdido el material fino, lo que ocasiona grandes molestias al usuario y tiempos de recorridos excesivos.

Considerando los datos de los aforos de tráfico el vehículo representativo de la composición del tránsito es el liviano de eje simples y el liviano de carga en conjunto con el C2, no obstante, con el objeto de proveer una mayor seguridad y comodidad a los usuarios según la designación de la AASHTOO Se toma el C2.

Ancho de corona (7.30 metros): La distribución de los metros de corona es la siguiente 0.30 metros de hombros, 0.15 metros a cada lado, más 7.00 metros de rodamiento. Se consideró el establecimiento de pequeños acotamientos para evitar la tradicional tentación de los conductores de convertir los caminos de dos carriles con acotamientos anchos en caminos de tres carriles, aumentando de esta manera los riesgos.

Ancho de rodamiento (7.00 metros en zona rural y 6.40 metros en zona urbana es el factor que más influye en el costo, pero también garantizar seguridad y comodidad al usuario.

Derecho de Vía: El derecho de Vía se fijó en una franja de 50 metros (25 metros a cada lado del eje de la carretera) en correspondencia con lo establecido en las Normas SIECA, las cuales establecen un derecho de vía entre 40 y 50 metros. Se utilizó el rango inferior considerando que la carretera es una troncal secundaria y no una carretera principal, que justifica un derecho de vía de 50 metros.



***Figura 30 .Condiciones físicas de la vía Barrio Frawley D-III .
Fuente: Elaboración propia del autor.***

CAPITULO I:
CRITERIOS TECNICOS PARA LA SELECCIÓN DE
MATERIALES Y ADITIVOS EN LA
CONSTRUCCIÓN DE LA CARPETA DE
RODAMIENTO DE PAVIMENTO RIGIDO.



Los Criterios para la selección de Materiales y aditivos para la construcción de pavimentos Rígidos es una de las variables más importantes en el diseño de una vía, ya que se debe de conocer que parámetros correctos tendrá la estructura de pavimento para obtener la máxima eficiencia desde simples recomendaciones constructivas hasta parámetros que deben cumplirse con exigencia para que los materiales tengan la más adecuada operación, lo anterior vinculado a los diseños y estudios técnicos ingenieriles nos brindaran una estructura de pavimento eficiente.

10.1 Criterios técnicos para la selección de materiales y aditivos a utilizarse en una estructura de rodamiento con tecnología de concreto hidráulico.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la recolección de los principales parámetros, para establecer criterios para la selección de los Materiales Constructivos y aditivos a utilizarse en la construcción de pavimentos con tecnología de concreto Hidráulico específicamente en la capa de rodamiento , esto nos permitió obtener de manera resumida que factores principales se toman en cuenta como Indicadores de calidad y utilidad que brindaran mayor eficiencia al implementarse en los pavimentos rígidos.

10.1.1 Criterios para la selección del cemento portland.

- Los cementos hidráulicos deben ajustarse a las Normas AASHTO M-85 para los Cementos Portland y a las normas AASHTO M-240, para Cementos Hidráulicos Mezclados. Debe cumplir con las especificaciones indicadas en la tabla 10.1.1.

Tabla 10.1.1. Especificaciones para el Cemento Portland ASTM C150.

Requisito	Valor
Oxido de Magnesio (MgO),max%	6.0
Trióxido de azufre (SO ₃),max%	
Si 3CaO.Al ₂ O ₃ es 8% o menor	3.0
Si 3CaO .Al ₂ O ₃ es mayor 8%	3.5
Perdida por ignición ,max %	3.0
Residuo insoluble,max %	0.75

Fuente: (Association, 2002 Potrland Cement Association).

- Indicar su clase de resistencia en MPa o, según sea el caso, 21, 28, 35 y 42 MPa (3000, 4000, 5000 y 6000 lb/pulg²), que corresponde a una resistencia lbs/pulg mínima a 28 días.
- Cuando no se especifique el cemento a usar, éstos deberán tener una clase de resistencia de 28 MPa (4000 lb/pulg²) o mayor.
- El cemento a utilizar en proyectos con Tecnología de pavimentos rígidos será de bajo calor de hidratación y por tanto se establece como Tipo GU o Tipo II: Cemento que ofrece protección contra el ataque moderado de los sulfatos contenidos en el suelo o en el agua subterránea.

10.1.2 Criterios físicos en la elección del cemento portland.

- El peso específico del cemento se encuentra entre 3.0 y 3.15 gr/cm³. Es utilizado en el cálculo de proporciones de una mezcla de hormigón.
- La Finura del cemento brindara porcentajes de Hidratación cercanos, Puesto que a mayor mayor será la cantidad de que se hidratara, pues la superficie total expuesta será mayor. (ASTM -151).
- La finura también brinda porcentajes de resistencia, entre más fino sea se desarrollará mayor resistencia en menor tiempo.
- Según especificaciones, el tiempo de fraguado inicial para un cemento normal debe ser superior a 45 minutos. Para permitir un buena manejabilidad del Concreto.

10.1.3 Criterios en la selección de los componentes y diseños de mezclas de concreto hidráulico.

- La mezcla de concreto debe diseñarse de acuerdo con la Sub-sección 901 de las especificaciones Generales de la AASHTO 1993 (ver tabla 6.1.4 en anexos).
- Se debe tomar en cuenta la evaporación del concreto ya que los valores de temperatura no siempre serán constante todos los días de trabajo.
- Los valores de revenimiento que se indican en la tabla están susceptibles a cambios según el rendimiento de los equipo de trabajo ya que de esto depende el diseño de la mezcla.
- Selección del asentamiento (slump) Se escoge de acuerdo con las características de la obra por construir, para pavimentos es de 75 mm máximo y 25 mínimo.

10.1.4 Criterios en la elección de las características de la mezcla.

- Antes que se pueda determinar las proporciones de la mezcla, se seleccionan sus características considerándose el uso que se propone dar al concreto, las condiciones de exposición, tamaño y forma de los elementos y las propiedades físicas del concreto (tales como resistencia a la congelación y resistencia mecánica) requeridas para la estructura de Pavimento.
- Para Dosificación las especificaciones normalmente requieren que los materiales se midan para revolturas individuales con la siguiente precisión: material cementante $\pm 1\%$, agregados $\pm 2\%$, agua $\pm 1\%$ y aditivos $\pm 3\%$.
- El Agregado fino. Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M-6, agregado fino para concreto de cemento Portland.

- Se recomienda que no sea mayor de 1/3 del espesor del pavimento por construir.
- Las partículas que conformen el agregado fino deberán ser limpias, duras, resistentes, sanas, estables, libres raíces y de restos vegetales. No contendrán otras sustancias nocivas que pudiesen perjudicar al concreto.

Tabla 10.1.4. Granulometría para agregado fino en mezclas de concreto hidráulico.

Características	Límite
Terrones de arcilla y partículas deleznable	$\leq 1 \%$
Material que pasa por el tamiz No. 200	$\leq 5 \%$
Cantidad de partículas livianas	$\leq 0,5 \%$
Contenido de sulfatos (SO ₄)	$\leq 1,2 \%$

Fuente: (Association, 2002 Potrland Cement Association).

- El módulo de finura (MF) debe estar comprendido entre 2.3 y 3.1. Y el equivalente de arena (AASHTO T 175) deberá ser mínimo de 75%.
- El Agregado Grueso para la elaboración del concreto se recomienda cumpla con las especificaciones de la AASHTO M 80.
- Entre más grande sea el agregado grueso mejor, el concreto será más económico y menos susceptibles a los cambios volumétricos, la AASHTO M43 propone la malla No. 57 y la No. 67 sin embargo esto también se podría evaluar a través de una curva granulométrica.

- La composición del Agregado Grueso debe consistir en grava o piedra triturada, trituradas parcialmente o sin triturar.
- La resistencia al desgaste de un agregado se usa con frecuencia como Indicador general de la calidad del agregado. Las especificaciones limitan el porcentaje de desgaste a máximo 40%.
- Las partículas livianas afectan la resistencia y la durabilidad del concreto así como la manejabilidad de las mezclas y pueden producir concretos de mala apariencia. agregado grueso es 0.5%.
- Partículas deleznable el carbón de piedra o lignito, terrones de arcilla u otros materiales que se desmoronan fácilmente afectan la resistencia y la durabilidad del concreto; si estas impurezas están cerca de la superficie pueden reventarse, desintegrarse, o producir manchas. 1.0% y para agregado grueso 0.25%.

10.1.5 Criterios en la elección de los aditivos a utilizarse en la mezcla.

- Los Aditivos Químicos deben usarse cuando se necesita ayuda en los diferentes procesos de construcción, siendo estos: inclusores de aire según AASHTO M-159, reductores de agua según AASHTO M-194, acelerantes y desacelerantes de fraguado según AASHTO M-194.
- Se emplearan Adiciones como material inerte, para corregir la carencia de finos de la arena (adición). (ASTM C618).
- Se emplearan Aditivos como complemento del efecto ligante del cemento, que aporta resistencia al final del período. (ASTM C618).

En el concreto fresco y concreto Endurecido se utilizan los siguientes razonamientos para hacer aplicación de los mismos:

- En pavimentos, el aditivo más empleado es el inclusor de aire para mejorar la durabilidad del concreto.
- Los aditivos modificadores del fraguado (acelerantes y retardantes) y los reductores de agua o plastificantes solo se emplean en circunstancias específicas.
- Aditivo inclusor de aire Solo se emplea para proteger el concreto del daño causado por los ciclos de congelamiento / descongelamiento.
- Aditivo acelerante del fraguado acelera los procesos normales de fraguado y desarrollo de la resistencia del concreto. Este tipo de aditivo se emplea en climas muy fríos o cuando hay premura por abrir la vía al tránsito
- Aditivo retardante del fraguado su empleo es en pavimentos construidos en climas cálidos o cuando las distancias de transporte del concreto entre la producción y la puesta en obra son excepcionalmente largas.
- Se recomienda emplear aditivos de un solo fabricante y siempre respetándolas máximas dosificaciones recomendadas por el mismo.

10.1.6 Criterios tomando en cuenta la relación entre resistencia y relación agua cementante.

La resistencia (compresión o flexión) es el indicador de la calidad del concreto más universalmente utilizado. Es proporcional a la relación agua cemento o agua-material cementante.

- La dureza de las partículas del agregado influye en la resistencia del concreto, si el material está compuesto por una cantidad apreciable de partículas blandas la resistencia disminuirá como mínimo debe presentar el 5.0 %.
- El concreto de cemento hidráulico para pavimentos debe ser como mínimo clase 24.5 (3500) con una resistencia a la compresión AASHTO T22 (ASTM C 39) promedio mínimo de 24.5 MPa (3500 psi) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78) promedio mínima de 3.8MPa (350 psi), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) Y T 23 (ASTM C 31) ensayados a los 28 días.
- La relación agua-material cementante elegida para un diseño de mezcla debe ser el menor valor necesario para resistir a las condiciones de exposición anticipadas.
- El Agua permite la hidratación del cemento y hacer manejable la mezcla. Debe ser limpia y libre de cualquier sustancia perjudicial al pavimento terminado.
- En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano o potable.

Tabla 10.1.6: Características del agua utilizada en el mezclas de concreto.

Características	Límite
pH	≥ 5
Sustancias disueltas	≤ 15 g/l
Contenido de sulfatos (SO ₄)	≤ 1 g/l
Sustancias orgánicas solubles en éter	≤ 15 g/l
Contenido de ion cloro	≤ 6 g/l
Hidratos de carbono (azúcares) 0	0

Fuente: (Association, 2002 Potrland Cement Association).

- El agua de mar y de pantanos, no deben usarse para concreto y el agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos.
- En el clima frío, se deben realizar, anticipadamente, medida para el calentamiento, la cobertura, el aislamiento del concreto o el cerramiento del ambiente.
- trabajo en clima cálido puede requerir cautelas especiales contra la evaporación y del secado rápido y altas temperaturas.

10.1.7 Criterios tomados en el curado del Concreto.

- El curado deberá hacerse inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial. Esta operación se efectuara siguiendo uno de los métodos establecidos, por membrana impermeable o por humedad.

- Para el curado de la superficie del concreto recién colada deberá emplearse un líquido de color claro, el que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la norma ASTM C171.

- Un curado interino y excepcional y será efectuado mediante el rocío de agua en forma de neblina



CAPITULO II:
ESTUDIOS TECNICOS INGENIERILES REALIZADOS
EN LA VÍA DEL BARRIO FRAWLEY D-III, MUNICIPIO
DE MANAGUA.

Los estudios técnico ingenieriles son de suma importancia para conllevar un diseño correcto en tomando en cuenta todos los parámetros necesarios para el mismo entre los estudios técnicos necesarios están los estudios de suelo, y estudio de tránsito en este caso se tomó en cuenta también el diseño geométrico de la vía para manejar todos los parámetros necesarios de la vía útiles para el diseño de la estructura de pavimento rígido.

10.2 Estudios técnicos ingenieriles correspondientes de suelo y tráfico, para el diseño de una carpeta de rodamiento con pavimento rígido.

10.2.1 Estudio de Suelos.

En este capítulo se presentan los resultados del estudio de suelos, efectuado a lo largo de la vía colectora secundaria de 500m del Bo Frawley de D-III del Municipio de Managua a .Estos datos se obtuvieron del estudio geotécnico realizado por la empresa consultora: **Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS)** a solicitud de la **Alcaldía de Managua (ALMA)** a través de la **Dirección General de Desarrollo Urbano.**

10.2.2 Trabajo de campo.

Consistió en la ejecución sistemática de perforaciones en el terreno con el objeto de determinar la cantidad, extensión de los diferentes tipos de suelos y la forma como estos están dispuestos en estratos.

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de 6 sondeos manuales, con una profundidad de 1.5 metros, distribuidos a lo largo del tramo en estudio. En todos los sondeos realizados fueron tomadas muestras de suelos encontrados, las cuales fueron trasladadas al laboratorio para su respectivo análisis.

10.2.3 Trabajos de Laboratorios.

Las muestras obtenidas en los sondeos realizados se sometieron a los siguientes ensayos de laboratorio, de acuerdo a las especificaciones ASTM cada uno de los procedimientos y criterios tomados con anterioridad en el marco teórico.

Tabla 10.2.3 Especificaciones ASTM para Ensaye de Suelos.

Tipo de Ensayo	Especificación ASTM
Análisis granulométrico de los suelos	D – 423
Limite liquido de los suelos	D – 423
Limite plástico e índice de plasticidad	D – 424
California Bearing Ratio (C.B.R.)	D – 1883

Fuente: Elaboración propia del autor.

En base a los resultados obtenidos, las muestras se clasificaron de acuerdo al sistema ASTM D – 3282. (Ver en anexos tabla 10.2.3 y tabla 10.2.4).

10.2.4 CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

Dos suelos diferentes constituidos por partículas diferentes, alcanzan densidades secas y humedades óptimas diferentes en el ensayo de compactación, por ello se hace necesario un parámetro adicional que considere la capacidad de soporte del suelo en sí mismo para esas condiciones de compactación.

El CBR como se explicó con anterioridad es obtenido como la relación de la carga unitaria (por pulgada cuadrada), para lograr una cierta profundidad de penetración dentro de la muestra de suelo compactada a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria, requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

El ensayo de CBR es ejecutado sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo determinado utilizando el ensayo de compactación Próctor estándar, se compactan dos moldes de suelo:

Uno para penetración inmediata y otro para penetración después de dejarlo saturar por un período de 96 horas; este último se sobrecarga con un peso similar al del pavimento pero en ningún caso menor que 4.5 kg. Es necesario durante este período tomar registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente.

En ambos ensayos, se coloca una sobrecarga sobre la muestra de la misma magnitud de la que se utiliza durante el ensayo de expansión. El ensayo sobre la muestra saturada cumple dos propósitos:

- Dar información sobre la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura.

- Dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

10.2.5 Análisis de los resultados obtenidos

Una vez obtenidos los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio las 16 muestras tomadas en los 7 sondeos, se conoció que pertenecen a suelos granulares y las 9 restantes a suelos finos, los cuales se detallan a continuación:

Suelos granulares: Son aquellos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos según el sistema de clasificación de la **AASHTO** pertenecen a los **grupos A – 1, A – 2 y A – 3**. Los que a su vez se consideran como muy buenos o buenos para ser utilizados en terracería de estructuras de pavimento.

Los suelos granulares que se encontraron en el informe de laboratorio que proporcionó el laboratorio I.M.S. se describen a continuación:

A – 1 – a: Dos muestras pertenecen a este sub – grupo, este tipo de suelo está conformado por fragmentos de grava, piedra y arena con o sin material ligante bien graduado. Cabe señalar que los valores de índice de plasticidad (IP) corresponden a 4 y 6 respectivamente. El índice de grupo (IG) para este tipo de suelos es cero.

A – 1 – b: cinco muestras pertenecen a este sub – grupo, estos tipos de suelos están conformados por arena gruesa bien graduado con o sin material ligante. Los valores de índice de plasticidad (IP) corresponden a 6, 1, 5, 2 y 4 respectivamente. El índice de grupo (IG) para este tipo de suelos es cero.

Suelos Finos: se considera como fino cuando más del 35% del material pasa el tamiz No 200. Estos suelos constituyen los **grupos A – 4, A – 5, A – 6 y A – 7** se caracterizan como malos para ser utilizados como material de terracería en estructuras de pavimento.

A – 4: tres muestras pertenecen a este sub – grupo cuyas características son limosas poco o nada plástico, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N° 200. Además incluyen en este grupo las mezclas de limos con grava y arenas hasta en un 64%. Los valores del límite líquido (LL) corresponde a 30 y 39, los índices de plasticidad (IP) tienen un valor de 7, 10,4. Los valores de índice de grupo (IG) corresponden a 1 respectivamente.

A – 6: cinco muestras pertenecen a este tipo de suelo cuya composición típica es arcilla plástica. Por lo menos el 75% de estos suelos deben pasar el tamiz N°. 200 pero se incluyen también las mezclas arcillo arenosa cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Los valores del límite líquido (LL) corresponde a 34, 34, 38,39 y 34, los índices de plasticidad (IP) tienen un valor de 13, 11, 13,15 y 13.Los valores de índice de grupo (IG) corresponden a 1,0, 4,1 y1 respectivamente.

A – 7 – 5: Una muestra pertenece a este tipo de suelo; los suelos del grupo A – 7 son semejantes a los suelos A – 6, son elásticos, sus límites líquidos son elevados y los índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos. Los valores del límite líquido (LL) corresponde a 42, el valor del índice de plasticidad (IP) es de 13 y el índice de grupo (IG) corresponden a 6.

La clasificación y las características de los suelos ensayados se muestran detalladamente en (anexos tabla 10.2.6). El método seleccionado para la determinación del CBR de diseño, fue el de las secciones homogéneas. Este método consiste generalmente en agrupar muestras con las mismas características.

Se realiza un estudio a lo largo del alineamiento de la vía con el fin de identificar la extensión y la condición de los diferentes tipos de suelos que se encuentren, esto se realiza mediante perforaciones como mínimo 50 cm bajo el nivel de sub-rasante, en intervalos definidos de acuerdo con la variabilidad del terreno, la longitud y la importancia del proyecto.

A partir de las clasificaciones de los suelos de sub-rasante encontrados se elabora un perfil estratigráfico. Se determina la longitud en la cual predomina cada suelo y se delimitan áreas homogéneas de tipo longitudinal para efectos de diseño teniendo en cuenta el tránsito del proyecto.

El valor de CBR de diseño utilizado para la sub – rasante es de 53% obtenido a un 95% de compactación Próctor estándar, que corresponde al tipo de suelo A – 1 – b, de la muestra N° 1.

El informe de la prueba de CBR para la muestra N° 1 se muestra en (anexos tabla 10.2.5.) Además se muestran se muestra el método para clasificar los suelos usados (ver anexos tablas 10.2.4).

El método AASHTO-1993 sugiere que se utilice un valor de $MR=45\text{Kg/cm}^2$ para la superficie de rodamiento en el pavimento rígido. Los valores de CBR para las muestras N° 1, N°10, N°11 y N°12 se observan a manera de resumen en la tablas 10.2.7, 10.2.8, 10.2.9, 10.2.10).

Tabla 10.2.5 Resultados obtenidos de CBR según el informe de laboratorio de I.M.S.

Muestra N°	CBR Alcanzado a 95% de Compactación Próctor Estándar	Tipo de Suelo
1	53%	A - 1 - b (0)
10	7%	A - 7 - 5 (6)
13	22%	A - 4 (1)
14	75%	A - 1 - b 0)

Fuente: Informe de laboratorio IMS

10.2.6 Estudio de Transito.

La presente sección se basa en la determinación, proyección del volumen de tráfico y los tipos de vehículos que circulan por la vía colectora secundaria del Barrio Frawley del D-III del municipio, de Managua, fue por medio de la realización de un aforo en la ubicación: entrada intercección 7 sur y un aforo en la entrada Banco Central.

El conteo se ejecutó por 12 horas en un período de tres días continuos en los días que comprende el 7 ,14 de septiembre y el 10 de octubre del año 2016 para la entrada del 7 sur, y los días 05 ,26 y 27 de septiembre del 2016 en la entrada del banco central de esta manera analizándose los dos sentidos de la vía, (Ver anexos tablas de conteo por día anexos capitulo II 10.2.13, 10.2.14, 10.2.15 , 10.2.116, 10.2.17, 10.2.18).

10.2.7 Análisis de Transito: Clasificación de la vía: colectora secundaria “Barrio Frawley del D-III del municipio de Managua.”

El sistema funcional por medio del cual se organiza la vía en estudio, de acuerdo con el carácter de servicio que presta y los factores apropiados de tránsito y otras variables necesarias es la siguiente:

La vía colectora secundaria “Barrio Frawley del D-III del municipio de Managua.”, cuenta con dos sentidos de circulación y de superficie sin revestimiento es decir en terreno natural, la clasificación funcional de esta vía conforme al Plan Regulador de la Alcaldía de Managua es colector secundario, clasificación que utilizaremos a lo largo de este proyecto. (Ver en Anexos tabla 10.2.11).

10.2.9 Clasificación vehicular.

Los tipos de vehículos registrados en el aforo, se presenta a continuación por medio de la siguiente clasificación vehicular. (Ver Anexos tabla 10.2.12).

Motos: Son vehículos autopropulsados de dos ruedas con o sin transporte, scooters, motonetas, motocarros y otros triciclos a motor.

Vehículos Livianos: Son vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, automóviles, camionetas y microbuses de uso personal.

Vehículos Pesados de Pasajeros: Son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta de 15 pasajeros) y Microbuses Medianos de 25 pasajeros y los buses medianos y grandes.

Vehículos Pesados de carga: Son los vehículos destinados al transporte pesado de carga mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en 2, 3, 4, 5 y más ejes, estos vehículos incluyen: camiones de dos ejes (C2), camiones C3, C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3).

Otros tipos de vehículos: Es la clasificación de vehículos especiales, tales como Agrícolas y de Construcción.

En el siguiente cuadro se observan la cantidad de vehículos que fueron contabilizados por giros realizados siendo el día de máxima demanda de los 3 días de aforo días de aforo el día 04 de octubre del 2016 contabilizándose 12889 vehículos.

Tabla 10.2.19 Resultados de la composición Vehicular en la Vía del Barrio Frawley D-III.

Composición del tráfico día 04 octubre 2016 Tramo 36calle S.O-42Ave S.O/Bo. Frawley				
Tipo vehículo	NE	SE	Total	% tipo de vehículo
Moto	1388	1366	2163	25.595
Auto	1362	1267	2629	25.997
Jeep	1477	41	1518	17.962
camionetas	1060	72	1132	13.395
microbús	43	42	85	1.006
minibús	16	0	16	0.189
bus	8	22	30	0.355
liv.carga	18	0	18	0.213
C-2	335	74	409	13.714
C-3	23	25	48	0.568
Tx-Sx<4	7	0	7	0.083
Cx-Rx<4	0	0	0	0.000
Cx-Rx>5	0	0	0	0.000
V.A	0	0	0	0.000
V.C	0	0	0	0.000
OTROS	49	29	78	0.923
Total	6586	1865	8451	100.000

Fuente: Estudio de tránsito elaborado por Msc Ingeniera scarleth Leiva del Departamento de Vialidad de la alcaldía de Managua en conjunto con el autor.

Tabla 10.2.20 Resultados de la composición Vehicular en la Vía del Barrio Frawley D-III.

Composición del tráfico día 04 octubre 2016 Tramo 36calle S.O-42Ave S.O/Bo. Frawley				
Tipo vehículo	ES	EN	Total	% tipo de vehículo
Moto	548	571	1119	25.21
Auto	504	451	955	21.52
Jeep	49	44	93	2.10
camionetas	91	114	205	4.12
microbús	54	12	66	1.49
minibús	11	0	11	0.25
bus	11	10	21	0.47
liv.carga	10	10	20	0.45
C-2	174	225	399	42.61
C-3	12	26	38	0.86
Tx-Sx<4	0	0	0	0.00
Cx-Rx<4	0	0	0	0.00
Cx-Rx>5	0	0	0	0.00
V.A	0	0	0	0.00
V.C	0	0	0	0.00
OTROS	13	28	41	0.92
Total	2097	2341	4438	100

Fuente: Estudio de tránsito elaborado por Msc Ingeniera scarleth Leiva del Departamento de Vialidad de la alcaldía de Managua en conjunto con el autor.

10.2.10 Determinación del TPDA.

Para obtener el tránsito promedio diario anual, TPDA, es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante el año por el punto de referencia, mediante aforos continuos a lo largo de todo el año, ya sea en períodos horarios, diarios, semanales o mensuales.

En estas situaciones, muestras de los datos sujetas a las mismas técnicas de análisis permiten generalizar el comportamiento de la población. No obstante, antes de que los resultados se puedan generalizar, se debe analizar la variabilidad de la muestra para así estar seguros con cierto nivel de confiabilidad, que ésta se puede aplicar a otro número de casos no incluidos y que forman parte de las características de la población.

Por lo anterior, en el análisis de volúmenes de tránsito, se promedió los resultados del aforo y se indujeron los valores para complementar los resultados para 24 horas al carecer de datos de conteos anuales por ser la vía nueva y en estado natural sin estudios previos se trabajó con TPDA obtenido del promedio máximo de la composición vehicular y siempre considerando un tránsito atraído del 20% del tráfico de la entrada estación serrano, Bancentro y 7 sur obteniéndose un TPDA por.Tomando los TPDA por sentido se obtiene un valor para el TPDA de la vía 36672 vehículos mixtos días.

Tabla 10.2.21 Resultados del TPDA del Barrio Frawley D-III.

Entrada al Bo. Frawley- Pista Juan Pablo II		
SENTIDO	Volumen de tráfico actual	Volumen de tráfico atraído
	TPDA	TPDA
OE	9338	5854
OS	2731	2731
SO	1868	5860
SE	1641	5148
ES	1800	4901
EO	12405	9304
Total	29783	33798

Fuente: Estudio de tránsito elaborado por Msc Ingeniera scarleth Leiva del Departamento de Vialidad de la alcaldía de Managua en conjunto con el autor.

Tabla 10.2.22 Resultados del TPDA del Barrio Frawley D-III.

Entrada al Bo. Frawley- Carretera sur		
SENTIDO	Volumen de tráfico actual	Volumen de tráfico atraído
	TPDA	TPDA
NS	13175	10947
NE	3306	5738
SN	13734	10300
SE	1836	5270
EN	1855	4034
ES	1654	3598
	35560	39887

Fuente: Estudio de tránsito elaborado por Msc Ingeniera scarleth Leiva del Departamento de Vialidad de la alcaldía de Managua en conjunto con el autor.

Las siguientes tablas muestran la totalidad de los aforos desarrollado por sentido en 12 horas y luego inducido a 24 horas. Para obtener el tránsito de la vía tomando en cuenta el transito atraído obteniéndose la hora de máxima demanda en la vía con 784 vehículos.

Tabla 10.2.23 Resultados totales de tránsito del Barrio Frawley D-III.

Intersección: Entrada al Barrio Frawley Carretera Sur-Entrada al Barrio Frawley Conteo de tráfico actual (sin volumen Atraído)							
HORARIO	NS	NE	SN	SE	EN	ES	TOTAL
7:00 - 7:15	224	46	356	34	25	29	714
7:15 - 7:30	269	55	361	39	29	31	784
7:30 - 7:45	243	59	392	24	31	24	773
7:45 - 8:00	251	56	363	36	34	31	771
8:00 - 8:15	237	58	314	39	37	31	716
8:15 - 8:30	214	53	272	40	36	25	640
8:30 - 8:45	243	59	234	41	33	21	631
8:45 - 9:00	214	63	259	42	27	29	634
9:00 - 9:15	239	53	240	39	26	27	624
9:15 - 9:30	222	43	249	35	29	31	609
9:30 - 9:45	212	50	263	27	30	33	615
9:45 - 10:00	163	65	255	41	32	33	588
10:00 - 10:15	184	52	240	32	31	26	565
10:15 - 10:30	161	60	209	32	30	30	522
10:30 - 10:45	195	53	205	33	32	32	549
10:45 - 11:00	192	44	198	35	27	27	523
11:00 - 11:15	194	61	207	32	36	35	565
11:15 - 11:30	189	56	226	38	26	27	563
11:30 - 11:45	236	49	198	37	36	34	589
11:45 - 12 :00	206	64	204	28	34	25	561
12:00 - 12:15	230	50	217	27	36	31	590
12:15 - 12:30	235	57	221	36	29	37	615
12:30 - 12:45	248	48	234	24	25	30	609
12:45 - 1:00	238	50	230	41	24	28	611

1:00 - 1:15	204	51	247	26	31	29	588
1:15 - 1:30	215	52	223	26	29	27	572
1:30 - 1:45	174	69	220	32	28	21	544
1:45 - 2:00	199	57	239	35	33	23	586
2:00 - 2:15	220	66	246	26	36	28	622
2:15 - 2:30	205	58	258	25	39	18	603
2:30 - 2:45	193	52	232	30	34	29	570
2:45 - 3:00	184	53	227	23	37	34	557
3:00 - 3:15	165	55	221	22	33	24	520
3:15 - 3:30	184	52	245	22	37	25	564
3:30 - 3:45	186	63	224	27	36	25	561
3:45 - 4:00	158	53	215	26	35	27	514
4:00 - 4:15	157	69	212	28	29	20	515
4:15 - 4:30	187	76	221	25	26	30	565
4:30 - 4:45	206	60	207	31	38	29	571
4:45 - 5:00	241	68	204	30	30	36	609
5:00 - 5:15	282	62	185	34	39	28	631
5:15 - 5:30	404	49	245	32	31	31	792
5:30 - 5:45	357	60	215	40	33	30	735
5:45 - 6:00	373	56	192	37	35	33	726
6:00 - 6:15	353	69	202	39	38	28	729
6:15 - 6:30	305	60	228	29	32	31	685
6:30 - 6:45	314	75	211	27	36	34	698
6:45 - 7:00	277	62	178	27	37	32	613
volumen 12 horas	10978	2755	11445	1530	1546	1378	29632
Volumen 24 horas	13175	3306	13734	1836	1855	1654	35559

Fuente: Estudio de tránsito elaborado por Msc Ingeniera scarleth Leiva del Departamento de Vialidad de la alcaldía de Managua en conjunto con el autor.

Tabla 10.2.24 Resultados composición vehicular del Tránsito diario anual del Barrio Frawley D-III.

Intersección: Entrada al Barrio Frawley Pista Juan Pablo II-Entrada al Bo. Frawley Conteo de tráfico actual (sin volumen Atraído)							
HORARIO	OE	OS	SE	SO	ES	EO	TOTAL
7:00 - 7:15	215	53	37	33	31	163	531
7:15 - 7:30	205	50	37	40	32	185	549
7:30 - 7:45	197	51	38	29	28	157	500
7:45 - 8:00	190	43	35	42	36	172	518
8:00 - 8:15	199	52	35	41	39	206	572
8:15 - 8:30	188	55	27	42	31	202	545
8:30 - 8:45	175	50	28	43	29	211	536
8:45 - 9:00	168	60	38	39	40	183	528
9:00 - 9:15	172	71	29	38	32	219	561
9:15 - 9:30	189	53	24	38	42	175	522
9:30 - 9:45	161	58	31	30	38	184	502
9:45 - 10:00	172	60	47	42	40	199	561
10:00 - 10:15	164	53	29	35	34	186	501
10:15 - 10:30	187	43	26	33	32	189	510
10:30 - 10:45	193	37	20	33	34	183	500
10:45 - 11:00	182	48	27	36	29	189	511
11:00 - 11:15	181	61	34	43	43	201	563
11:15 - 11:30	186	47	30	42	35	230	570
11:30 - 11:45	194	42	28	37	36	210	547
11:45 - 12 :00	204	41	27	26	30	203	531
12:00 - 12:15	170	61	26	27	32	197	513
12:15 - 12:30	162	46	31	37	41	206	523
12:30 - 12:45	172	53	38	24	35	225	546
12:45 - 1:00	146	52	24	41	35	235	533
1:00 - 1:15	165	46	35	25	30	221	522
1:15 - 1:30	148	54	28	25	27	235	517
1:30 - 1:45	138	57	21	35	25	265	541
1:45 - 2:00	172	39	24	40	29	228	531
2:00 - 2:15	168	40	29	24	33	220	514
2:15 - 2:30	169	38	24	21	18	224	494
2:30 - 2:45	178	36	36	27	26	240	543

2:45 - 3:00	168	39	23	27	31	231	518
3:00 - 3:15	149	65	33	24	19	259	549
3:15 - 3:30	181	59	26	19	19	258	562
3:30 - 3:45	188	39	16	27	25	251	547
3:45 - 4:00	161	44	21	25	22	258	531
4:00 - 4:15	160	36	20	32	17	257	521
4:15 - 4:30	178	38	20	23	25	248	532
4:30 - 4:45	139	46	21	34	29	247	517
4:45 - 5:00	133	39	25	30	36	236	499
5:00 - 5:15	164	38	28	33	28	234	525
5:15 - 5:30	163	35	27	34	25	236	520
5:30 - 5:45	149	46	28	38	32	249	542
5:45 - 6:00	145	51	35	35	36	227	530
6:00 - 6:15	122	44	33	34	25	227	485
6:15 - 6:30	150	36	21	30	33	207	477
6:30 - 6:45	133	35	19	23	41	185	436
6:45 - 7:00	136	35	29	21	33	186	440
Volumen 12 horas	8128	2276	1368	1557	1500	10337	25166
Volumen 24 horas	9754	2731	1641	1868	1800	12405	30199

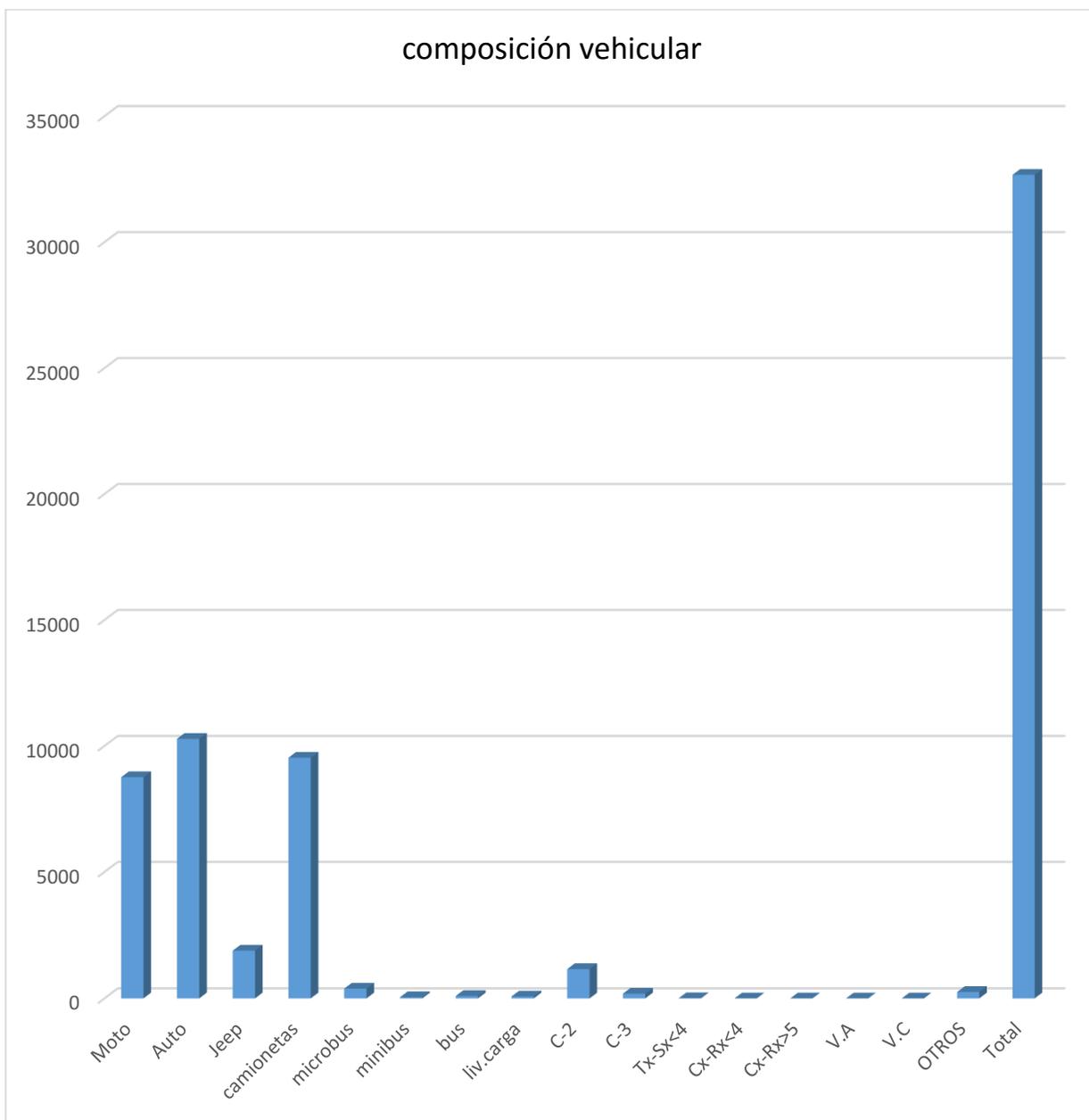
Fuente: Estudio de tránsito elaborado la Ingeniera scarleth Leiva Master en Tránsito de Departamento de Vialidad de la alcaldía de Managua en conjunto con el autor.

Una vez obtenido el TPDA, en base a los porcentajes de la composición vehicular del estudio de tránsito, se calcula para cada uno de los tipos de vehículos.

Tabla 10.2.25 Resultados composición vehicular del Tránsito diario anual del Barrio Frawley D-III.

Composición del tráfico		
Tramo 36calle S.O-42Ave S.O/Bo. Frawley		
Tipo vehículo	cantidad	% tipo de vehículo
Moto	8759	26.80
Auto	10282	31.5
Jeep	1887	6
camionetas	9532	29.17
microbús	387	1.18
minibús	47	0.14
bus	95	0.29
liv.carga	75	0.22
C-2	1159	3.54
C-3	188	0.57
Tx-Sx<4	7	0.00
Cx-Rx<4	0	0.00
Cx-Rx>5	0	0.00
V.A	0	0.00
V.C	0	0.00
OTROS	254	0.92
Total	32672	100

Fuente: Estudio de tránsito elaborado la Ingeniera scarleth Leiva en conjunto con el autor.



Grafica de composición vehicular TPDA.

Fuente: Estudio de tránsito elaborado la Ingeniera scarleth Leiva en conjunto con el autor.

10.2.11 Período de Diseño.

Puesto que es difícil predecir el tránsito con suficiente aproximación para un tiempo largo, comúnmente se toma un lapso de 20 años como período para el diseño de pavimentos rígidos, sin olvidar que en determinados casos, puede resultar económicamente justificado el empleo de períodos menores o mayores.

La selección definitiva del período de diseño para un proyecto específico debe basarse tanto en el juicio ingenieril como en un análisis económico de los costos del pavimento y el servicio que este proporcione a lo largo de todo el período. Por lo tanto se tomará como período de diseño 20 años.

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentaje. En el presente proyecto se calculó la tasa de crecimiento de 1.32% (Ver Anexos tabla 10.2.12) que se aplicó al crecimiento normal, producto de la evaluación de correlaciones de series históricas de las siguientes variables macroeconómicas:

- Población de Managua.
- Producto Interno Bruto.
- Valor Bruto de producción de obras de Ingeniería.
- Compra de bienes y servicios de la Alcaldía de Managua.

10.2.12 Factor de crecimiento anual.

Una vez estimada la tasa de crecimiento, es probable que se incremente la cantidad de vehículos livianos más rápidamente y en menor escala vehículos tales como buses, C2, C3, entre otros. Cabe destacar que al diseñar para tráfico pesado, el tráfico liviano no tiene incidencia alguna en el comportamiento del pavimento.

Se procede a realizar una estimación del crecimiento del tráfico por cada tipo de vehículo, también es necesario realizar la estimación del peso de los vehículos por ejes y la clasificación de acuerdo con la Tabla de Pesos y Dimensiones del MTI (Ver anexos tabla 10.2.11).

Una vez obtenido el TPDA para el diseño, se procede a proyectar el tránsito durante un período de diseño “n” de 20 años, considerando una tasa de crecimiento anual “g”, TCA del 1.32% que según los economistas es muy baja debido a la crisis financiera global que se atraviesa actualmente y que repercute en nuestro país.

10.2.13 Estudio Diseño Geométrico.

En este capítulo se presenta el diseño geométrico de la vía en estudio desarrollado en su totalidad en el software CIVILCAD ya que se consideró este estudio como aspecto importante previo al diseño de la estructura de pavimento ,al no poseer esta vía un estudio de Diseño geométrico el presente fue elaborado de manera concreta basándose en la normativa de la SIECA y el Reglamento vial de la Alcaldía de Managua para el Departamento de Managua el presente diseño toma a lo largo de la vía de 500m del Bo Frawley de D-III del Municipio de Managua .

10.2.14 Determinación de la superficie y el eje de la vía.

La superficie se generó por el levantamiento topográfico (Ver anexos tabla 10.2.26) , es decir gracias a los puntos elevaciones y coordenadas obtenidas a través del estudio elaborado a lo largo del eje de la vía, posteriormente se definió la superficie automáticamente bajo el nombre de Terreno Natural y la definición de sus bordes y límites para obtener la superficie de trabajo. Para el trazado del eje central de la vía en este caso estará compuesto por el Eje 1 y por el Eje 2 compuesto por 1 calzada de 7.30 m y cada carril de 3.30 m, posteriormente se definieron las curvas de nivel a cada 5 m y se definió la interpolación y triangulación para obtener la superficie sobre el cual se definirá el corredor (ver planos 1 planímetro y plano 2 Altimétrico).

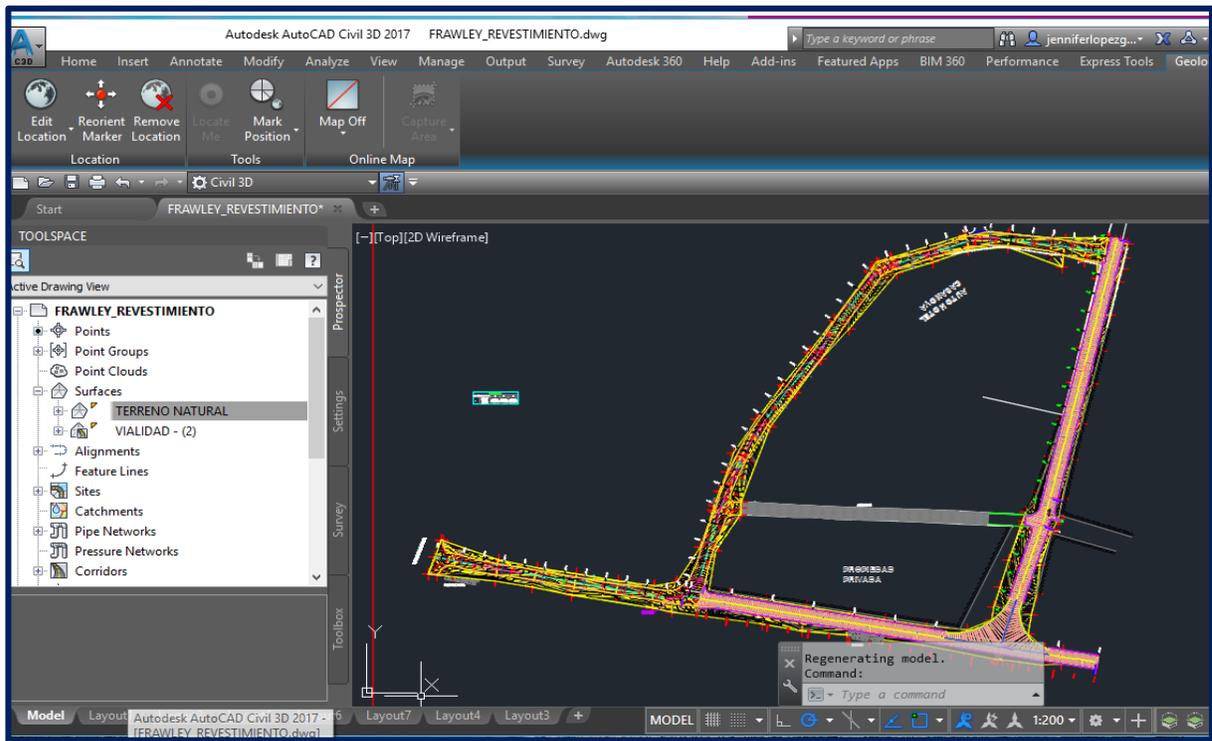


Figura 31 .Determinación de la superficie y Eje central de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D .

Fuente: Elaboración propia del autor.

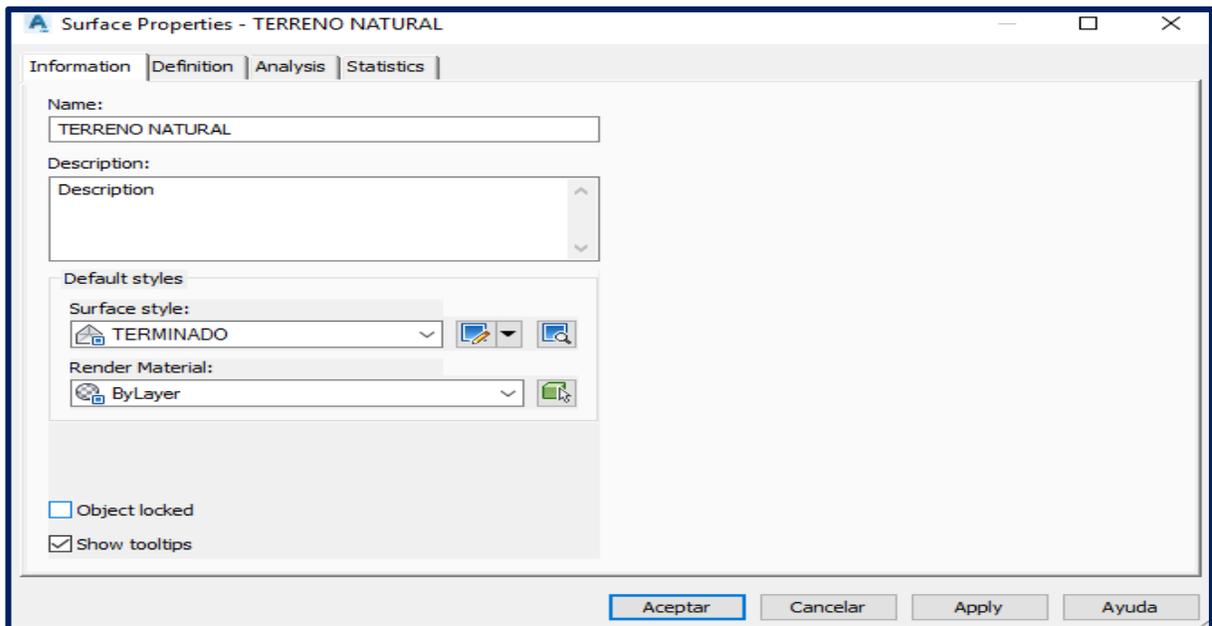
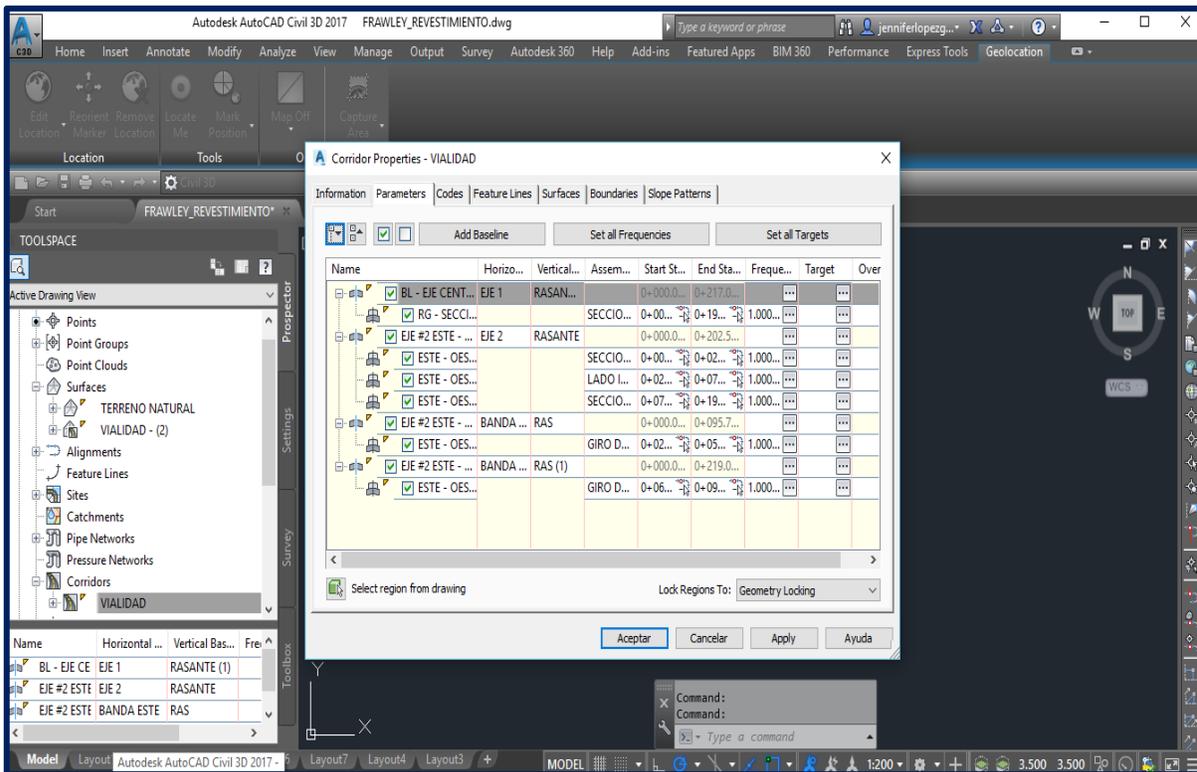
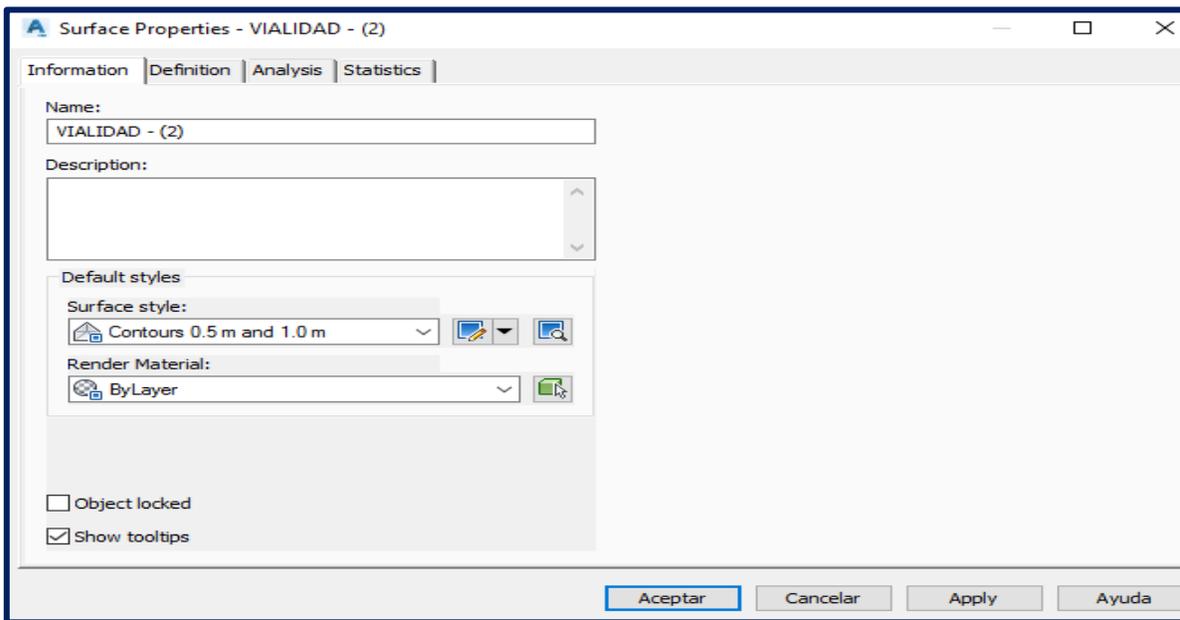


Figura 32 .Determinación de la superficie de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D.

Fuente: Elaboración propia del autor.



**Figura 33 .Delimitación del corredor de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D .
Fuente: Elaboración propia del autor.**



**Figura 34 .Delimitación del corredor de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D.
Fuente: Elaboración propia del autor.**

10.2.15 Trazado de curvas horizontales.

En el trazado de curvas horizontales se identificaron y calcularon los parámetros de grados de curvatura, peralte de la curva, sobre ancho, longitud de transición, etc., además la velocidad de proyecto para cada curva se hizo en base al TPDA obtenido en el estudio de aforo realizado y en el que se trabajó con las normas del SIECA. A su vez para el trazado utilizamos en el Cálculo de velocidades de proyecto en curvas, el programa CivilCAD3D en las Curvas horizontales de diseño simple, es utilizado en el editor de la geometría del alineamiento.

10.2.16 Datos de diseño de las curvas horizontales.

La velocidad de proyecto tomada para el diseño de las curvas horizontales se tendrían que haber tomado a partir del tipo de relieve, zona y el TPDA proyectado para la vía, de acuerdo a esto la velocidad de proyecto sería de 60 km/hr, sin embargo debido a que nuestra ruta es una vía existente nos vimos obligados a tomar la decisión de modificar esta velocidad por una de 45 km/hr que sería de ahora en adelante la velocidad de diseño definitiva ya que después de haberse estructurado su revestimiento con pavimento rígido esta entraría en la clasificación de vía colectora secundaria con parámetros de diseños ya establecidos en la siguiente tabla.

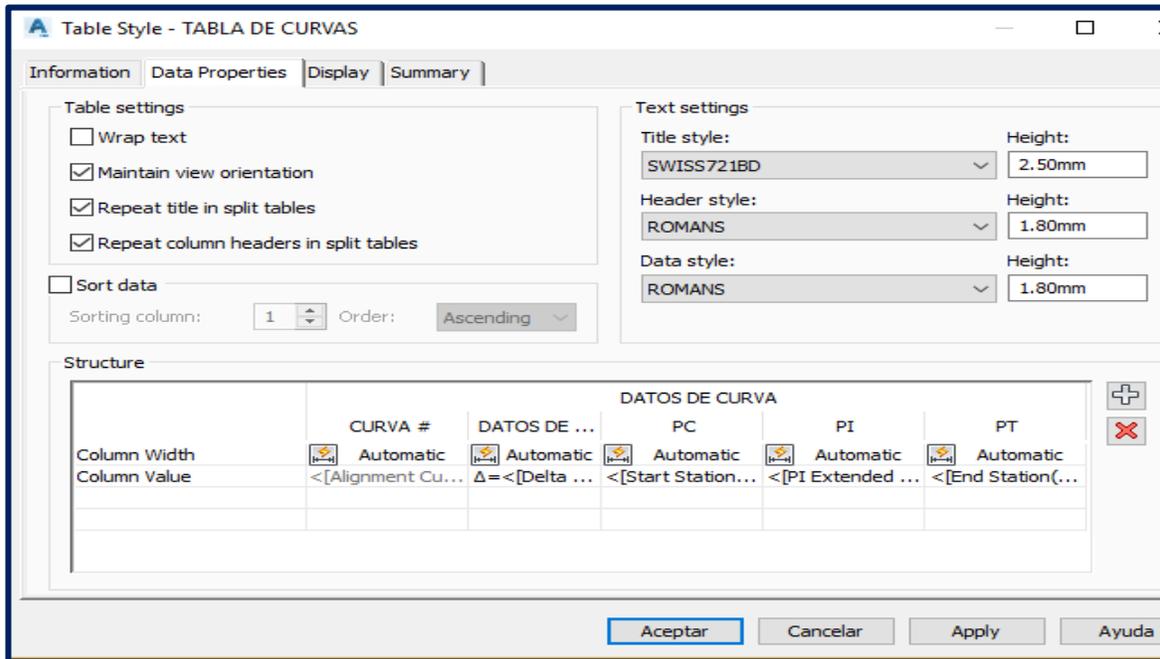
Tabla 10.2.27 Velocidad de Diseño en dependencia del TPDA.

Velocidad de diseño (Vd) (Km/h)				
Tipo de terreno	TPDA			
	>20000	20000-10000	10000-3000	3000-500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

Fuente: (SIECA, 2002)

A continuación se presenta los resultados de cada parámetro y elemento de la curva para una velocidad de diseño de 60 km/hr. En el presente estudio de caso según el alineamiento y las condiciones del terreno es casi plano las curvas sencillas que se

presentan es 1 presentando sus datos de composición de sus elementos a continuación (ver plano 1 planimetrico, datos de curvas horizontales):



**Figura 35 .Curvas horizontales de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D .
Fuente: Elaboración propia del autor.**

No.	Type	Tangency Constraint	Parameter Constrai...	Parameter Constraint	Length	Radius	Direction	Start Station
1	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	137.415m		S13° 39' 46"W	0+000.00m
2	Curve	Constrained on Both Sides (Free)		Radius	14.575m	200.000m		0+137.41m
3	Line	Not Constrained (Fixed)		Two points	65.020m		S17° 50' 18"W	0+151.99m

**Figura 36 .Datos de Curvas horizontales de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D .
Fuente: Elaboración propia del autor.**

No.	er Constraint	Length	Radius	Direction	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length	Degree of Curvature by Arc
1	Two points	137.415m		S13° 39' 46"W	0+000.00m	0+137.41m			
2	Radius	14.575m	200.000m		0+137.41m	0+151.99m	4.1754 (d)	14.572m	8.5944 (d)
3	Two points	65.020m		S17° 50' 18"W	0+151.99m	0+217.01m			

Figura 37 .Datos de Curvas horizontales de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D.
Fuente: Elaboración propia del autor.

10.2.17 Perfil longitudinal del terreno.

En la realización de este proceso se obtuvo el perfil longitudinal de la carretera siguiendo los ejes 1 y 2 el cual se muestra a continuación,(ver plano 3 y 4 planta perfil):

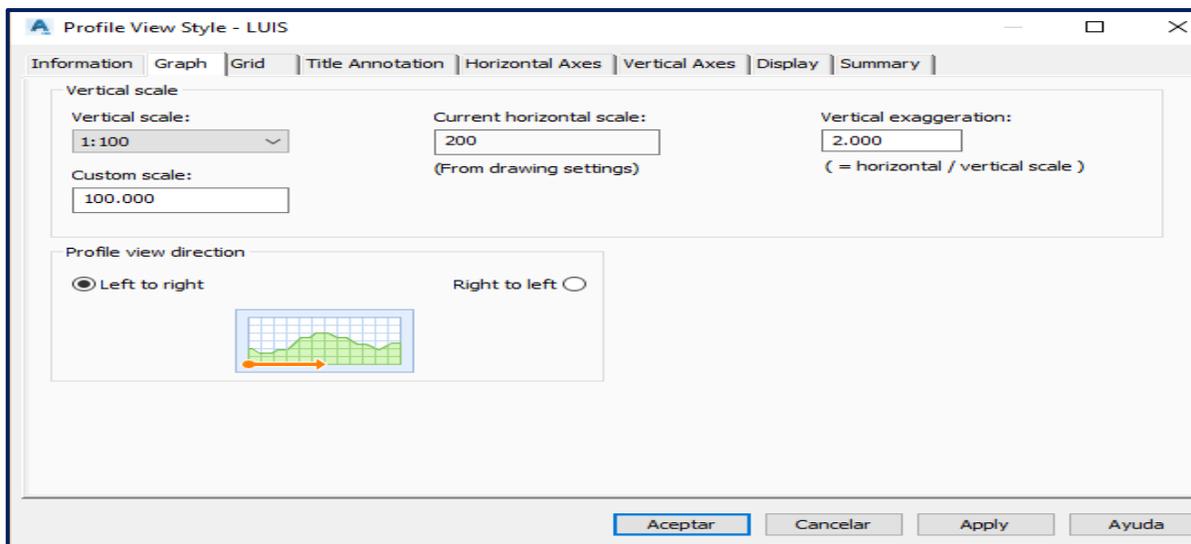


Figura 38 .Delimitación del perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.

Fuente: Elaboración propia del autor.

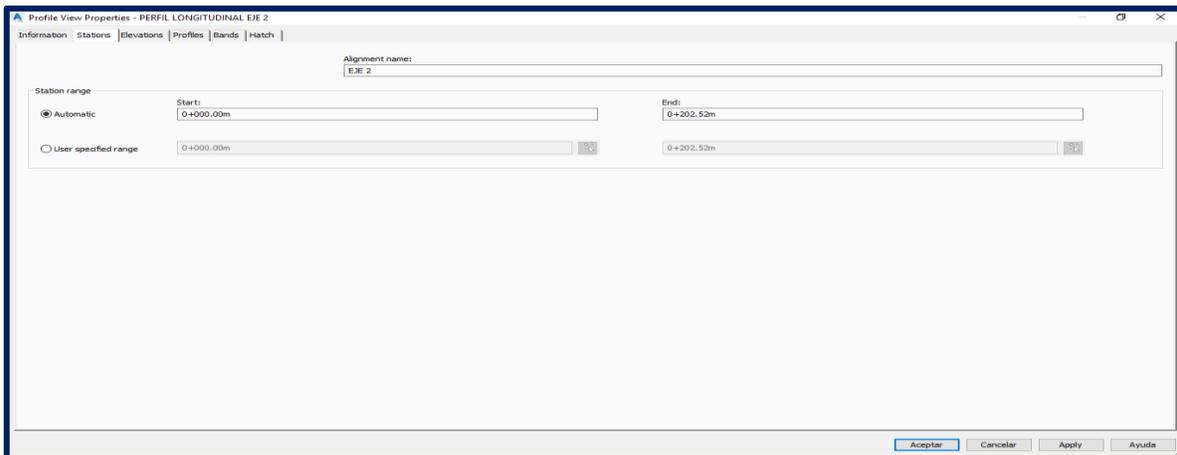


Figura 39 .Delimitación del perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.

Fuente: Elaboración propia del autor.

10.2.18 Curvas verticales.

Para la obtención de las curvas verticales se trazó primeramente la rasante de la vía posteriormente, se definió el margen del terreno natural y la rasante definida, posteriormente esto nos definirá secciones en donde abran curvas cuyos datos y pendientes fueron obtenidos y mostrados en los perfiles (ver plano 3 y 4 planta perfiles) a continuación se resume el procedimiento por medio de imágenes:

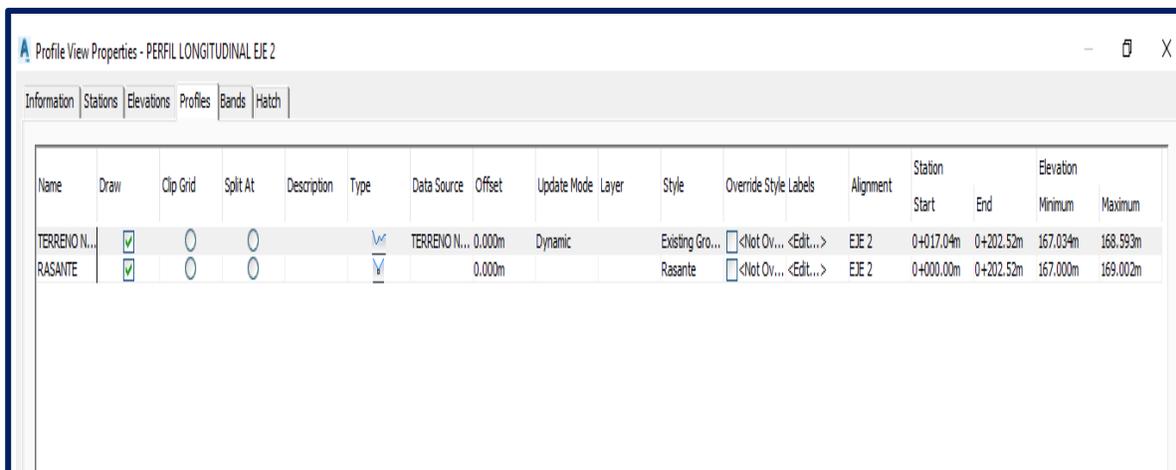


Figura 40 .Delimitación la Rasante en perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D.

Fuente: Elaboración propia del autor.

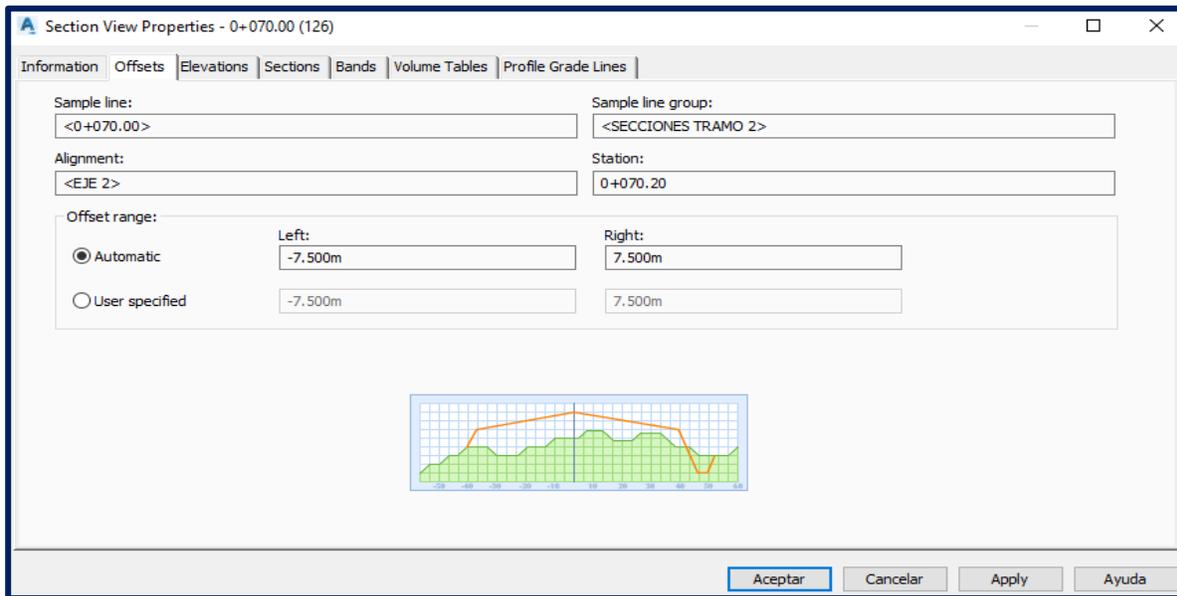


Figura 41 .Creación del perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.
Fuente: Elaboración propia del autor.

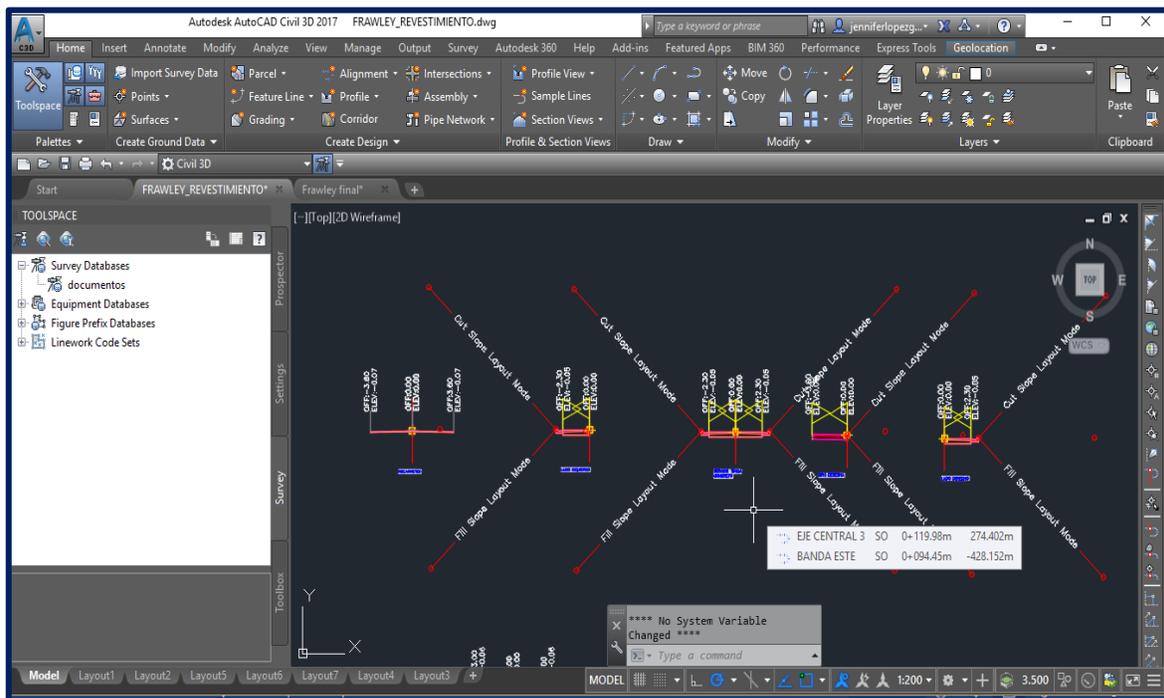


Figura 42 .Creación del perfil longitudinal de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.
Fuente: Elaboración propia del autor.

10.2.19 Secciones transversales.

Para la obtención de los cortes transversales de la vía en estudio lo primero que se hizo haciendo uso del software CIVILCAD3D fue la definición de la sección típica de una estructura de pavimento rígido utilizando las dimensiones geométricas para las secciones típicas y sus obras hidráulicas como las cunetas, definidas mediante el reglamento vial de la alcaldía de Managua ALMA para una vía con condiciones de tráfico parecidas a la vía en estudio (ver plano 7 y 8 secciones transversales).

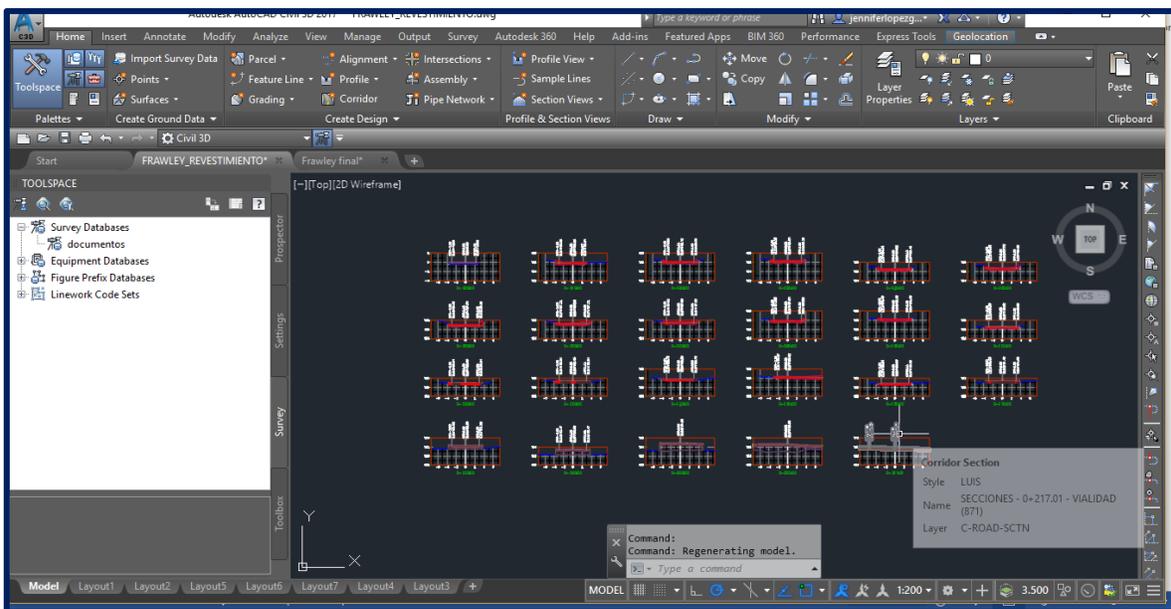


Figura 43 .Creación de la sección típica de concreto de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Posteriormente se procedió al calculo de secciones transversales definiendo en esta la sección típica establecida con anterioridad y definiendo el margen del terreno natural y la rasante para calcular los volúmenes de corte Y relleno .para que la estructura de pavimento definida sea ensamblada a lo largo de los ejes de la vía ,con la obtención de las tablas de movimiento de tierra y consolidado y con la verificación de uso de los reglamentos para el diseño vial ,el diseño de la vía en estudio queda finalizado.

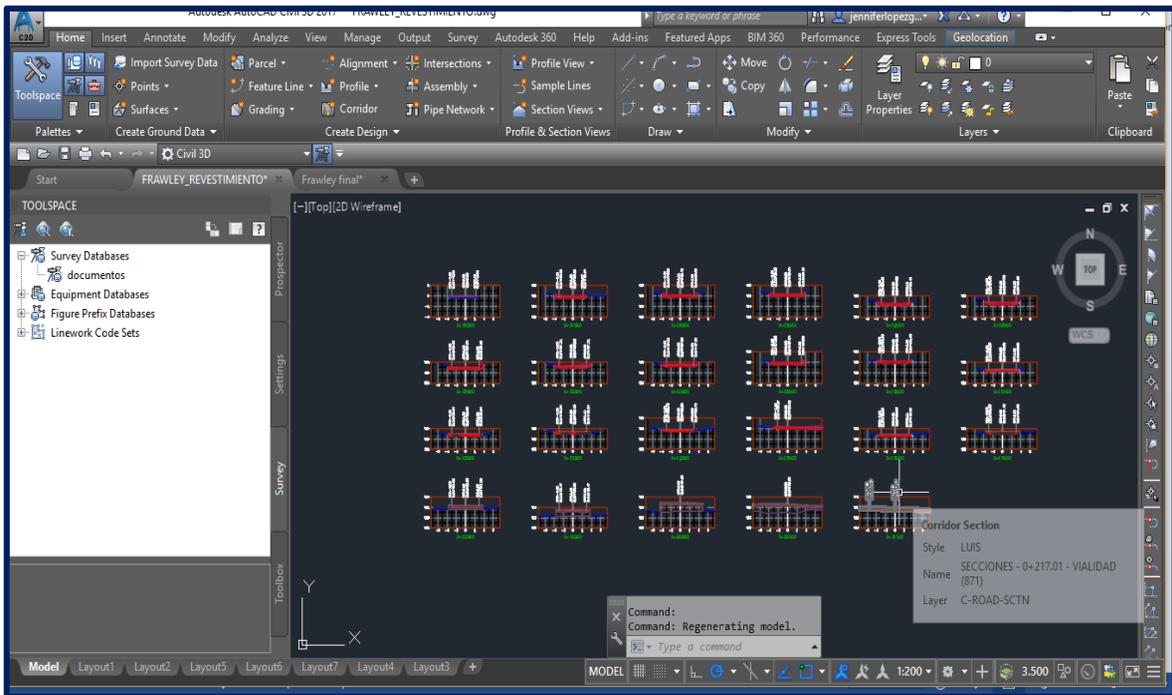


Figura 44 .Creación y definición de las secciones transversales de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.
Fuente: Elaboración propia del autor.

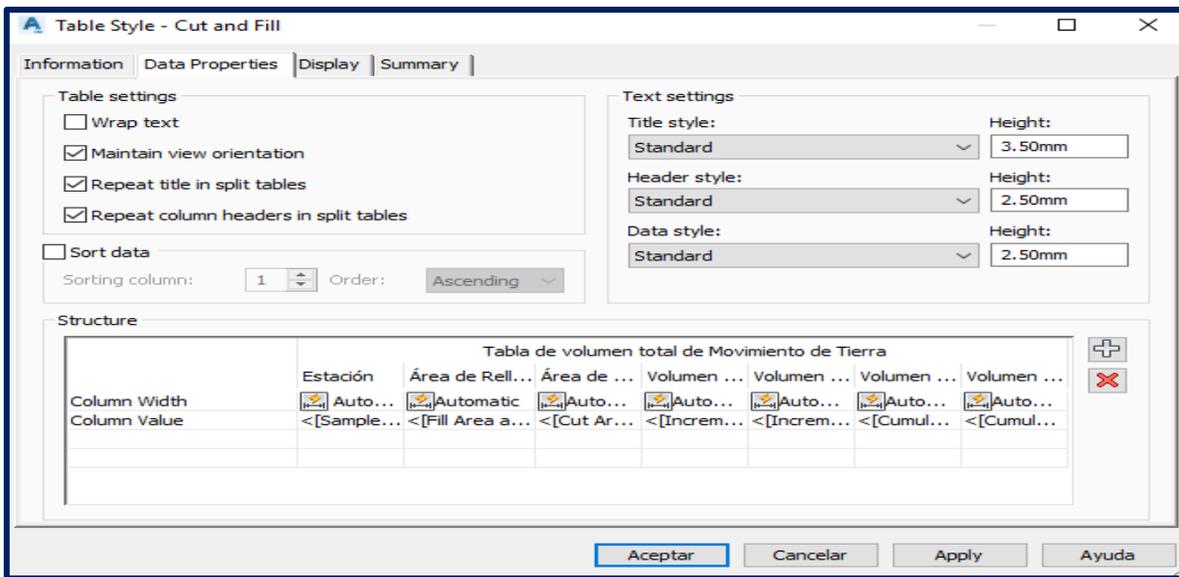


Figura 45 .Elaboración de los reportes y tablas de Movimiento de tierra de la vía Barrio Frawley D-III en CIVIL 3D por eje.
Fuente: Elaboración propia del autor

CAPITULO III:

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO POR EL METODO AASTHO93 Y EL SOFTWARE WINPASS 1.0.4.



El método de diseño de AASTHO93 es un método de diseño desarrollado para pavimentos rígidos fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois, para desarrollar representaciones ensayadas y adaptarse a otras condiciones ,este método hace la diferencia de otros métodos ,ya que introduce el concepto de Serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario.

El Software de Análisis de Pavimentos para Windows (WinPAS) es un programa de computadora desarrollado por La American Concrete Pavement Association basado en menús para diseñar y analizar sistemas de pavimentos utilizando la Guía AASHTO de 1993.

10.3 Propuesta de una estructura de rodamiento con pavimento rígido para la vía principal del Barrio Frawley del D-III Municipio de Managua.

10.3.1 Consideraciones para el diseño.

En el diseño de pavimento rígido debemos considerar las siguientes variables de diseño: Período de Diseño, Ejes Equivalentes Esal's, nivel de Serviciabilidad, Confiabilidad, Desviación Estándar, Módulo Resiliente de la sub rasante, Módulo de elasticidad del Concreto, Módulo de ruptura de concreto a flexión. Módulo de elasticidad de la capa de base, Módulo de reacción de la Sub rasante, Módulo de Reacción K compuesto, Módulo de Poisson, Coeficiente de Drenaje ,la temperatura.

10.3.2 Periodo de diseño.

El periodo de diseño será de 20 años siguiendo las especificaciones del SIECA, ya que la carretera se ha clasificado como una colectora sub-urbana, mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 10.3.2: Periodo de diseño según clasificación funcional de concreto hidráulico.

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Auto pista Regional	20 a 40 años
Troncales , Sub- urbanas	15 a 30 años
Troncales rurales	15 a 30 años
Colectoras , sub - urbanas	10 a 20 años
Colectoras rurales	10 a 20 años

Fuente: (AASHTO93).

10.3.3 Calculo de ejes equivalentes (ESALS).

El dato para el Esal's y proviene de estudios de tránsito realizados por el autor en conjunto con la alcaldia de managua y normandose por el procedimiento que rige la Normativa ASTHOO93.

Tabla 10.3.3 .Calculo de ESALS de diseño.

TIPO DE VEHICULO	PESO DE EJE (KIP)	Cantidad de Vehículos Diarios	Factor de Crecimiento	Tránsito de diseño	Factor ESAL	ESAL DISEÑO
AUTO	2.00	10,282.00	21.56	80,913,171	0.0002	16,183
	2.00				0.0002	16,183
JEEP	2.00	1,887.00	21.56	14,849,558	0.0002	2,970
	2.00				0.0002	2,970
CAMIONETA	2.00	9,532.00	21.56	75,011,121	0.0002	15,002
	4.00				0.0020	150,002
MICRO-15	4.00	387.00	21.56	3,045,458	0.0020	6,091
	6.00				0.0100	30,455
MICRO+15	6.00	47.00	21.56	369,862	0.0100	3,699
	8.00				0.0330	12,205
BUS	10.00	95.00	21.56	747,593	0.0840	62,798
	12.00				0.1800	134,567
C2-LIV	8.00	75.00	21.56	590,205	0.0330	19,477
	10.00				0.0840	49,577
C2	10.00	1,159.00	21.56	9,120,635	0.0840	766,133
	19.80				1.5040	13,717,434
C3	11.00	188.00	21.56	1,479,447	0.1320	195,287
	35.00				2.1550	3,188,209
T3-S2	11.00	7.00	21.56	55,086	0.1320	7,271
	35.00				2.1550	118,710
	35.00				2.1550	118,710
					ESALs de Diseño =	18,633,952
Factor carril =	0.77	0.77	ESALs por carril =		0.77 x 0.5 x 18,633,952=7,174,072	
Factor dirección =	0.50					

Fuente: Elaboración Propia del autor.

10.3.4 Índice de serviciabilidad.

Serviciabilidad inicial. el valor que se determinó fue de $P_o = 4.5$,para pavimentos rígido en este diseño.**Serviciabilidad final.** $P_t = 2.0$ ó más para caminos muy importantes o principales.

10.3.5 Índice de serviciabilidad presente.

El índice de Serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo ,un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de Serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (Perfecto); y un pavimento en franco deterioro con un valor de 0 (Pésimas condiciones).

A la diferencia entre estos dos valores se le conoce como la pérdida de Serviciabilidad (PSI) o sea el índice de Serviciabilidad presente. Este valor se cuantifico en el valor de 2.

10.3.6 Confiabilidad

La confiabilidad está definida como la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación.En la Tabla siguiente se dan valores de R recomendados por AASHTO 93 , y valores de Z_r .

Tabla 10.3.6: Niveles de confiabilidad, Guía AASHTO 1993.

Clasificación General	Niveles de confiabilidad R . recomendados	
	Urbano	Rural
carreteras regionales	80-99	75-95
carreteras troncales	80-95	75-95
carreteras colectoras	80-95	75-95
carreteras locales	50-80	50-80

Fuente: (AASHTO93)

Tabla 10.3.7 : Valores de ZR en función de valores porcentuales de la confiabilidad.

Confiabilidad (R) en %	Desviación Estándar normal
50	-0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
99.99	-3.75

Fuente: (AASHTO93).

El valor de este parámetro tomando en cuenta que es una colectora secundaria cuantificó en el valor de confiabilidad de 80% con lo cual el valor de z se cuantifica en 0.841.

10.3.7 Desviación estándar.

Tabla 10.3.8 : valores para calcular la desviación estándar

Condición de diseño	Desviación estándar So	
	Pavimento Rígido	Pavimento
Variación en la predicción del Comportamiento de pavimento Sin errores en el transito	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento de pavimento con errores en el tránsito	0.39	0.49
Pavimentos Nuevos	0.30 – 0.40	0.40 – 0.50

Fuente: (AASHTO93).

La desviación estándar tomada es el valor de 0.35 que es el valor intermedio que AASHTO recomienda para un pavimento nuevo.

10.3.8 Módulo Resiliente para sub-rasante.

El método AASHTO considera que la propiedad fundamental para caracterizar los materiales constitutivos de la sección de una carretera es el parámetro denominado módulo Resiliente, la Sub rasante se determina por la correlación con el callifornia Bearing Ratio (C.B.R.) En vista que el C.B.R. de diseño es de 53, el cálculo del valor del módulo de rescilencia de la capa de sub rasante será la siguiente:

Utilizando la condición de que si el CBR mayores que el 20% utilizar un valor de:

$$MR = 4,326 * \ln 53+241 \text{ (psi)} = 17,416 \text{ psi}$$

10.3.9 Módulo de elasticidad del concreto.

El Módulo de elasticidad del concreto, se utiliza en las estimaciones de espesores de losa de concreto y su valor se determina tomando en cuenta las especificaciones del ACI 318, el cual da la siguiente ecuación:

$$E_c = (wC)^{1.5} * 0.043 * (f'_c)^{0.5}$$

$$E_c = (2500)^{1.5} * 0.043 * (27.5788)^{0.5} = 125,000 * 5.25 * 0.043$$

$$E_c = 28,218.75 \text{ MPA Utilizando concreto de } 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 4,092, 784 \text{ PSI}$$

10.3.10 Módulo de ruptura del concreto a flexión

para este proyecto se utilizara la formula establecida por la PCA que determina lo siguiente.

$$M_{ruptura} = 10 \times \sqrt{f'_c} \text{ (pci)}$$

$$M_{ruptura} = 10 \times \sqrt{4000} \text{ (pci)} = 632 \text{ psi}$$

10.3.11 Módulo de elasticidad de la capa base.

El coeficiente estructural de la capa de base es seleccionado gracias al estudio de suelo al encontrarse que el tipo de suelo es un suelo bien granulado con fragmentos de arena se determino .

Tabla 10.3.12 : Módulo de elasticidad y coeficiente de fricción por tipo de base.

Tipo de base o interfaz de tratamiento	Módulo de Elasticidad	Rangos de coeficientes de Fricción		
		Bajo	Medio	Alto
Suelo bien granulado	3000-40000	0.5	1.3	2
Arena	10000-25000	0.5	0.8	1
Agregado	15000-45000	0.7	1.4	2
Capa de polietileno	NA	0.5	0.6	1
Arcilla estabilizada con cal	20000-70000	3	NA	5.3
Grava tratada con cemento	(500+CS)*1000	8	34	63
Grava tratada con asfalto	300000-600000	3.7	5.8	10
Uso de concreto	(500+CS)*1000	>36		
Uso de concreto con uno o doble capas	(500+CS)*1000	3.5		4.5

Fuente: (Rondon, 2015)

10.3.12 Módulo de reacción de la sub-rasante.

El Módulo de reacción de la sub rasante o en algunos casos conocida como sub base en los pavimentos rígidos (valor k) es definido por el módulo de reacción de la sub rasante en la cual ubicando el valor de C.B.R. de 53 obtenemos que K tiene un valor de 500 psi/in .

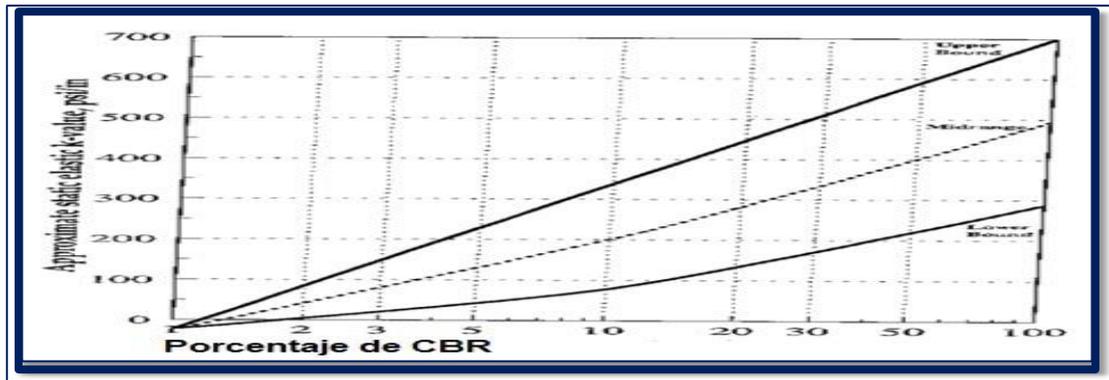


Figura 46. Módulo de reacción k combinado (valor seasonal).
Fuente: (Ing. Gustavo Corredor, Apuntes de Pavimentos Volumen I, 2004).

10.3.13 Módulo de Poisson para el concreto.

Este parámetro se determina normalmente de acuerdo a la norma ASTM C-469 durante una prueba de compresión de un cilindro estándar. Los valores del módulo o relación de Poisson varían entre 0.15 y 0.20. La Razón de Poisson para el hormigón en características normales del tramo en estudio es **0.15**.

10.3.14 Coeficientes de drenaje.

Se estudian estos valores con el método de AASHTO 93 y son los coeficientes de capa, los cuales se ajustan con factores mayores ó menores que la unidad para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están sometidas a niveles de humedad cerca de la saturación. El coeficiente de drenaje que se utilizara es 1.

10.3.15 Variables climáticas.

Las variables climáticas son parámetros que influyen en el comportamiento estructural de los pavimentos de concreto hidráulico. Los parámetros que utilizados en el diseño AASHTO son: la temperatura media anual, la precipitación media anual y la velocidad del viento media anual.

Los valores de estas variables a utilizar, fueron obtenidos de información suministrada por el Instituto Nicaragüense de estudios territoriales (INETER) las cuales son las siguientes:

- Temperatura media anual 79.97°F

- La precipitación media anual 8.81 pulgadas

- La velocidad del viento promedio anual 8.94 Millas/hora

La temperatura varía entre la parte superior y la parte inferior de la losa, produciendo estos cambios retracciones diferenciales entre las dos caras de la losa. Por ello se recomienda utilizar el criterio de 10°F y 10°F.

Tabla 10.3.16 : Resumen de los parametros del Diseño del pavimento Rígido.

parametros	Valor	
Índice de confiabilidad	80%	Esp. AASHTO 80-99.9
Indice de servicio inicial	P0=4.5	4.2- 4.5
Índice de servicio final	Pt=2	2- 2.5
Indice de servicio de diseño	2.5	P0- pt
Coefficiente de drenaje	1	1
Desviación estándar so	0.35	0.3- 0.4
Desviación estándar normal zr	-0.841	
Numero de ejes equivalentes	18,633,952 .	
CBR de diseño	53	
Módulo resiliente	17,416 psi	
Periodo de diseño años	20	
Módulo de elasticidad del concreto	4092784psi	
Módulo de ruptura del concreto a flexión	637 psi	
Módulo de reacción efectivo de sub-	220 psi	
Módulo de elasticidad de base granular	30000 psi	
Módulo de elasticidad de base	800000 psi	
Velocidad media anual del viento	8.94 mph	
Temperatura media anual del aire	80 0F	
Precipitación media anual	8.81 pulg	

Fuente : Elaboración Propia del Autor.

10.3.16 Calculo de los Espesores de la estructura de pavimento rígido.

Equilibrando la ecuación proponiendo valores para D con el Software EqqAstho093 encontramos el valor del espesor de la losa de concreto D=9.5 pulgadas= 24 cm, asumiremos de ese espesor.

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93" with a subtitle "CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)". The developer information is "Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004." The interface includes several input fields and buttons:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for "Pavimento flexible" and "Pavimento rígido" (selected).
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to "80 % Zr=-0.841" and a text box for "So" with the value "0.35".
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for "PSI inicial" (4.5) and "PSI final" (2).
- Módulo de reacción de la subrasante:** A text box for "k" with the value "220" and the unit "pci".
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi): 4097785
 - Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): 632
 - Coefficiente de transmisión de carga - (J): 2.7
 - Coefficiente de drenaje - [Cd]: 1
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for "Calcular D" (selected) and "Calcular W18". The result "W18 =" is shown as "18633952".
- Espesor de losa (plg):** The result "D =" is shown as "9.50".
- Observaciones:** An empty text area.
- Buttons:** "Calcular" and "Salir".

Figura 47 .Resolución de la ecuación del Método de la AASTHOO93 para obtener el espesor D.

Fuente: Elaboración propia del autor

10.3.17 Aspectos complementarios al Diseño.

En esta sección se definen aspectos que integran el diseño, por no estar directamente en el rubro del diseño de espesores.

10.3.18 Modulación de losas.

La modulación de la losa se refiere a definir la forma que tendrán los tableros de losas de pavimento. Esta forma se da en base a la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales.

La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. La siguiente expresión basada en el manual centroamericano de diseño de pavimentos permite dimensionar los tableros para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes. El procedimiento para obtener manualmente el espesor satisfactorio se muestra en la (ver anexos tabla 10.3.20).

Normalmente se utiliza el 21 cuando tenemos mayor fricción entre la sub – base y el pavimento de concreto, como en los casos en donde tenemos bases estabilizadas, bases con textura muy cerrada o whitetopping. El valor de 24 se utiliza cuando la fricción entre la sub – base y el pavimento corresponde a valores normales, como en el caso de sub – bases granulares.

En la modulación de losas se usara el valor de 24, debido que la sub – base (en contacto con la losa) es de material triturado. Como la junta longitudinal lo que hace es partir en dos tramos iguales la losa de concreto, y el carril tiene 7 .30 metros de ancho entre la cara de los bordillos, la mitad es 3.65 m. Esta es la dimensión Y. La

dimensión X es la separación entre las juntas transversales. $X \div Y$ debe de estar en los valores 0.71 y 1.40.

SJT: Separación de juntas transversales (≤ 5.0 m).

D: Espesor del Pavimento en metros (0.240m).

$$(21-24)*D = 5 \leq 5.5 \text{ m}$$

Para facilitar la ubicación de los cortes en el proceso constructivo de juntas transversales se considerará una longitud de 4.0 metros.

La otra dimensión relacionada con la modulación de losas es la separación de juntas longitudinales. La forma ideal de un tablero de losa es la cuadrada, sin embargo, debido a que el actual ancho de carril de la vía se encuentra ya definido en 3.65 metros, se considerará un tablero rectangular que cumple con la condición de diseño.

La relación entre largo ($L = 4.00$ m) y ancho ($A = 3.65$ m) de un tablero de losas no deberá estar fuera de los límites 0.71 a 1.4. En la modulación de losa la relación del tablero da como resultado:

$$0.71 \leq 1.3 \leq 1.4$$

10.3.19 Diseño de Juntas.

Tiene como objetivo principal el control de la figuración y agrietamiento natural que sufre el concreto durante el proceso constructivo y de uso. Además tiene las siguientes funciones:

- Controla el agrietamiento transversal y longitudinal.
- Divide el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo.
- Permite el movimiento y alabeo de las losas por efecto de las cargas de tránsito.
- Permite transferencias de cargas entre losas.

De acuerdo a la (tabla 4.8 en anexos y a la figura 48) se establece para un espesor de 10 pulgadas (24 cm) los siguientes dimensionamientos:

- La profundidad de corte de la junta (A), equivalente a $1/3$ del espesor de la losa, resultando 8 cms.
- El ancho del corte de la junta (B), equivalente a de $1/10$ de la profundidad de la junta, resultando 0.60 cms.
- La profundidad del material de sellado (C), es $1/4$ de la profundidad de la junta, resultando 1.5 cms.

El sellado tiene como propósito minimizar la filtración de agua superficial dentro de las juntas y las capas subyacentes. Así Como, la entrada de materiales incompresibles que puedan ocasionar fisuras en las esquinas y daños mayores.

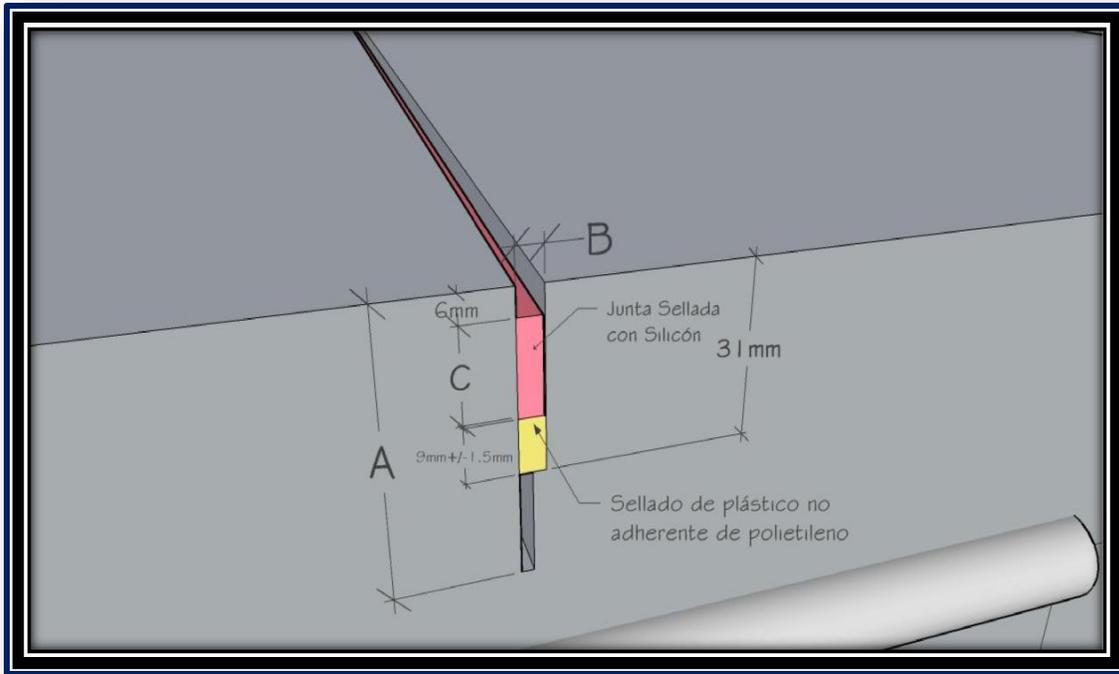


Figura 48. Dimensionamientos de las juntas.

Fuente: Elaboración propia del autor

10.3.20 Diseño de las barras de amarre.

Las barras de amarre se colocan en las juntas longitudinales y su función principal es mantener el alineamiento de dos losas longitudinales continuas (una de cada carril de rodaje) esto ayudado con la existencia de hombros de concreto a ambos lados de la vía que sirven como apoyo lateral a la estructura de pavimento.

Se usara barras #4¹⁰ corrugadas separadas cada 76 cms. en la junta longitudinal cercana al hombro y en la junta longitudinal que divide ambos carriles de circulación, todas estas barras serán de acero de grado 40 y longitud de 73 cms. Las barras de amarre se ubicaran a una profundidad de $\frac{1}{2}$ del espesor (Ver en anexos tabla 10.3.21 y figura 49).

10.3.21 Diseño de pasajuntas.

Las barras pasajuntas o dovelas se colocan en las juntas transversales y su función principal es transferir la carga de una losa a la otra, para que cuando pase el vehículo no exista lo que se conoce como escalonamiento; y la llanta del vehículo impacte con el canto o borde de la otra losa produciendo un descascamiento del borde y con el tiempo el fracturamiento de la losa en esa vecindad.

De acuerdo (a la tabla anexo 10.3.22) se establece para un espesor de 10 pulgadas (24 cm) los siguientes dimensionamientos:

- El diámetro de las pasajuntas(E) equivale a 1.25 pulgada (Varilla #10)
- El largo de las pasajuntas (F) 46 cms.
- La profundidad de instalación de las pasajuntas (G) es 1/2 del espesor de la losa (D), equivalente a 9 cms.
- La separación recomendable entre pasajuntas es de 30 cms.

No se propone otro diámetro, puesto que el método ya ha realizado una revisión integral para cada tipo de espesor y la barra a utilizar. (en la figura 50) se ilustra el dimensionamientos de la losa y sus elementos.

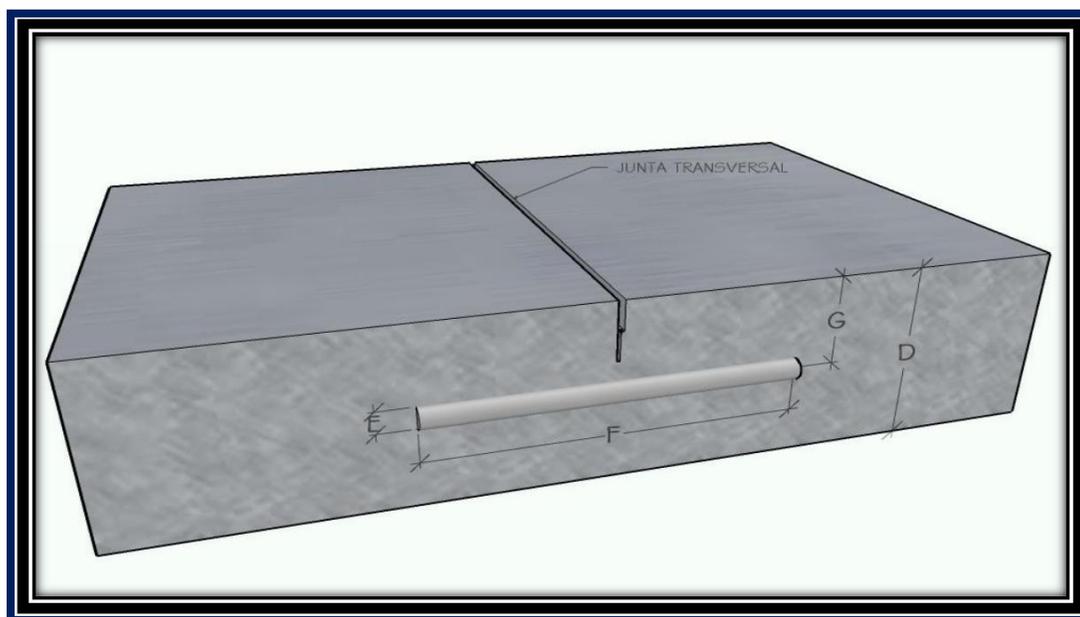


Figura 49 Dimensionamientos de las pasajuntas.

Fuente: Elaboración propia del autor.

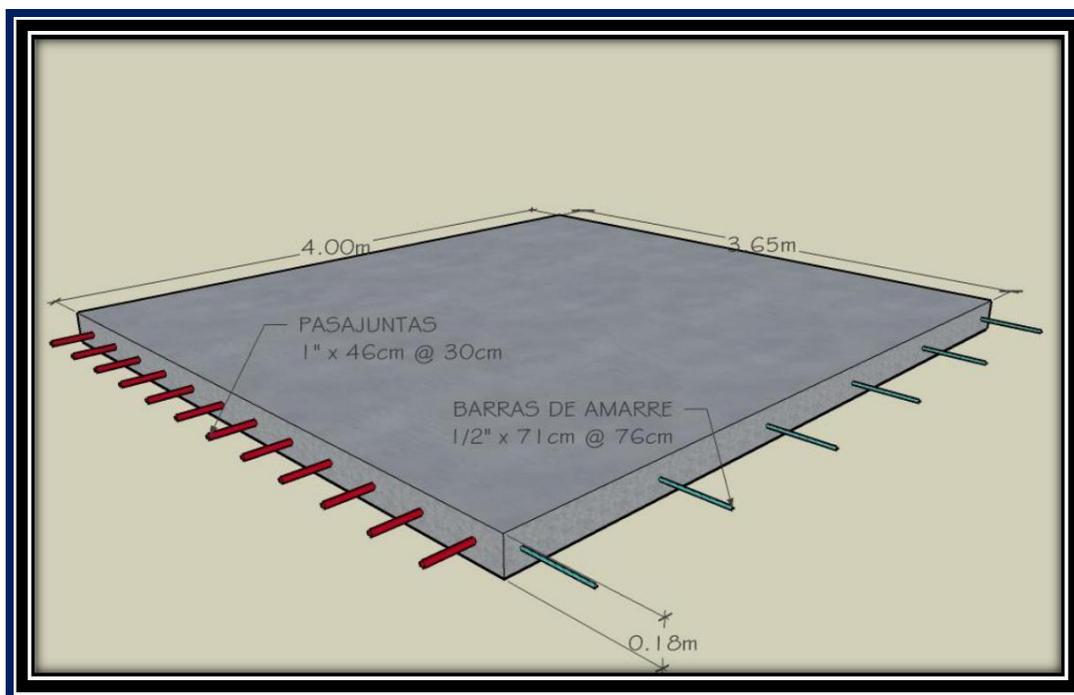


Figura 50 .Dimensionamientos de la losa y sus elementos.

Fuente: Elaboración propia del autor.



Figura 51. Sección típica de la vía

Fuente: Elaboración propia del autor

10.3.22 Propuesta de Pavimento rígido con Base granular .

Según las indicaciones por la guía de la AASHTO 93. El espesor mínimo sugerido para la capa base está en función del número de ESALS, indicando que para ESAL's de 2,000,000 a 7,000,000 el espesor mínimo debe ser 15 cm, en nuestro diseño de pavimento rígido tendremos un espesor de 25 cm, dándole utilidad al terreno natural que está presente en el sitio, en esta propuesta se trabajara con el terreno natural por lo q el valor de C.B.R es de 53% que nos indica un suelo útil para una buena base (ver estudios de suelos anexos tabla 10.2.5).

Tabla 10.3.23 Espesores recomendados para la capa Base en dependencia del número ESA'LS.

Numero de ESAL's	Espesor mínimo de la Base
Menos de 50000	10 cm
50000 – 150000	10 cm
150000 – 500000	10 cm
500000 – 2000000	15 cm
2000000 – 7000000	15 cm
Más de 7000000	15cm

Fuente: AASTHO93

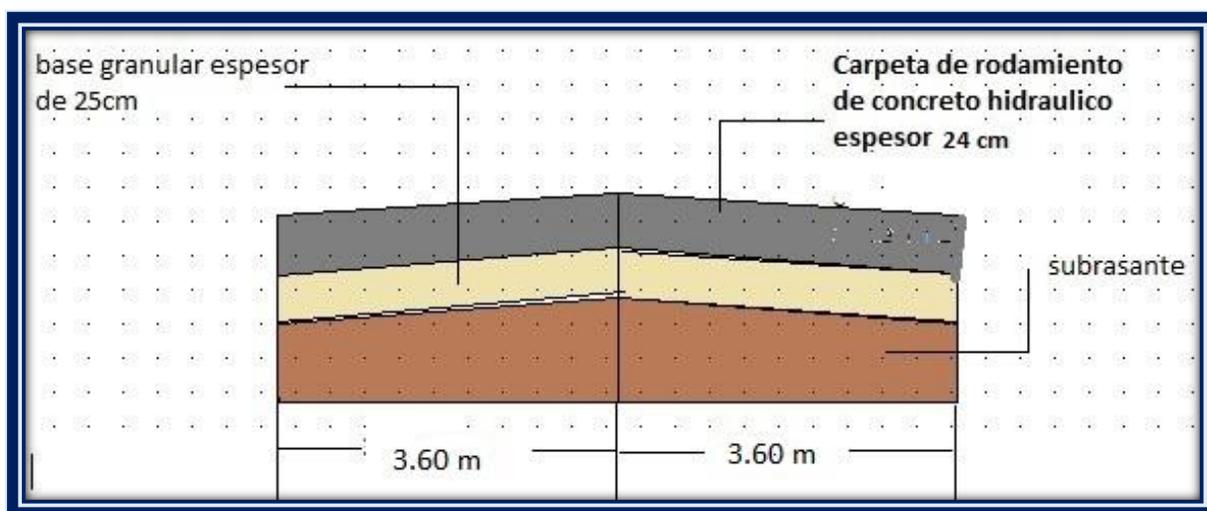


Figura 60 .Estructura de pavimentos rígidos con sus espesores.
 Fuente: Elaboración propia del autor.

Tabla 10.3.24 Resultados obtenidos sobre los espesores de la estructura de pavimento rígido.

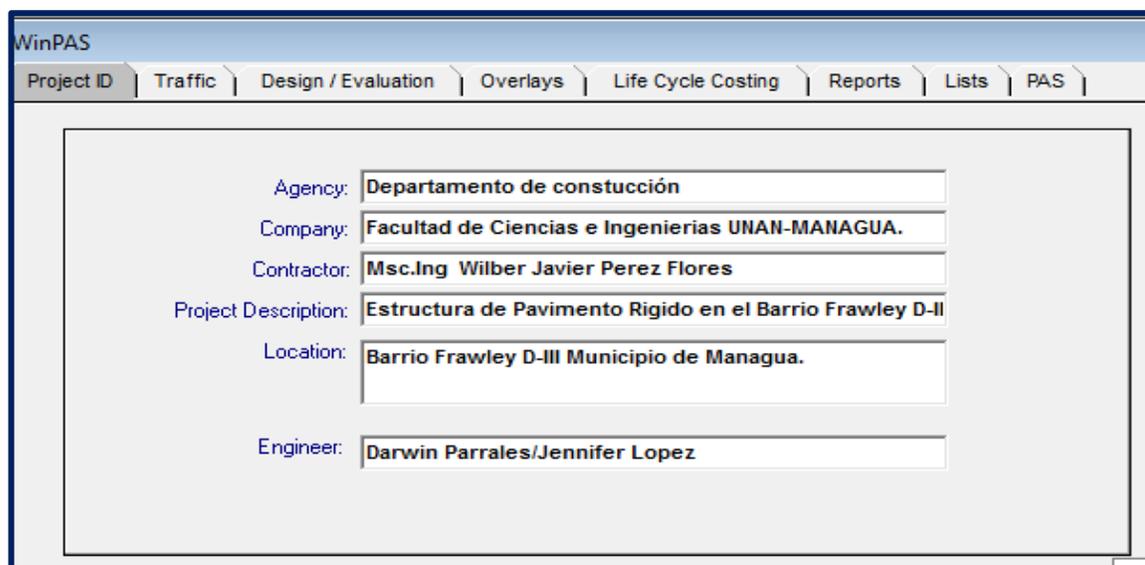
Concepto	Espesor en Pulgadas	Espesor en Centímetros
Losa de concreto	10	24
Base Granular	11	25
TOTAL	21	49

Fuente: Propia del autor.

10.3.22 Propuesta de una estructura de rodamiento con pavimento rígido para la vía principal del Barrio Frawley del D-III Municipio de Managua utilizando el software winpass 1.0.4.

10.3.23 Ficha del proyecto.

Se definió para el inicio del Diseño los parámetros iniciales de ubicación y propósito de la estructura de pavimento del Barrio Frawley del D-III Municipio de Managua.



The screenshot shows the WinPAS software interface with a menu bar at the top containing: Project ID, Traffic, Design / Evaluation, Overlays, Life Cycle Costing, Reports, Lists, and PAS. The main window displays a form with the following fields:

Agency:	Departamento de constucción
Company:	Facultad de Ciencias e Ingenierias UNAN-MANAGUA.
Contractor:	Msc.Ing Wilber Javier Perez Flores
Project Description:	Estructura de Pavimento Rigido en el Barrio Frawley D-II
Location:	Barrio Frawley D-III Municipio de Managua.
Engineer:	Darwin Parrales/Jennifer Lopez

Figura 52. Reporte del Proyecto estructura de pavimento de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.

Fuente: Elaboración propia del autor.

10.3.24 Estimación ficha ESALs.

Para el inicio del diseño se definió el Módulo que convierte el tráfico mixto en ESALs según el método AASHTO. Primero debe proporcionar cierta información en la pantalla de Entradas de cálculo ESAL tomando en cuenta la línea de diseño, el periodo de Diseño se 20 años, y el crecimiento del tráfico obtenido en el estudio de tránsito del 1.32 %.

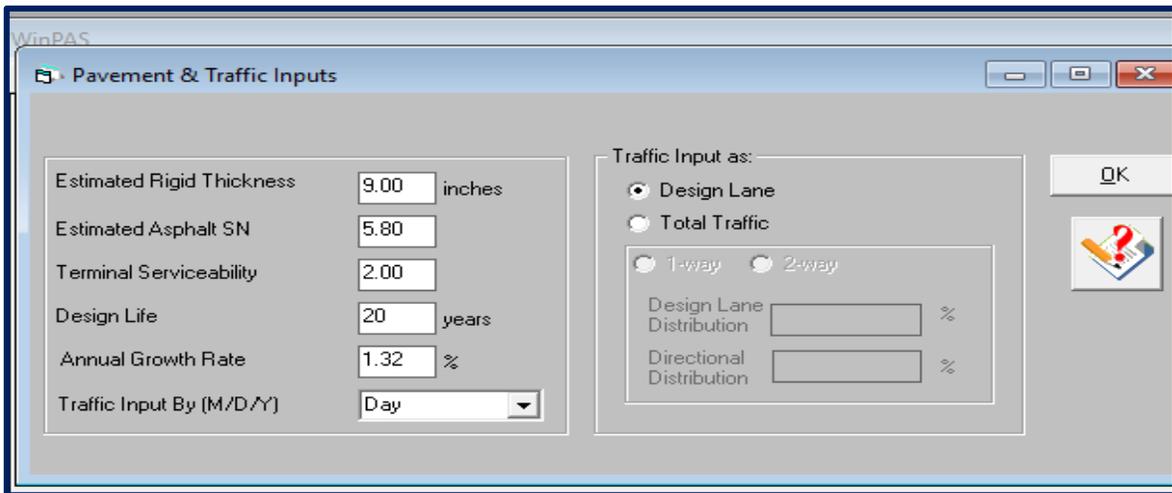


Figura 53. Reporte del Tráfico de la vía de 500m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.

Fuente: Elaboración propia del autor.

10.3.25 ESALs Total de diseño por tipo de vehículo.

Para el cálculo de los ESALS se eligió este apartado ya que este es muy metódico en cuanto al procesamiento de la cantidad de vehículos, pesos de ejes y número de vehículos contabilizados en el estudio de tránsito como lo rige el método de la AASTHOO que debe hacerse y se obtuvo un ESALS de diseño de 20, 073,499 repeticiones.

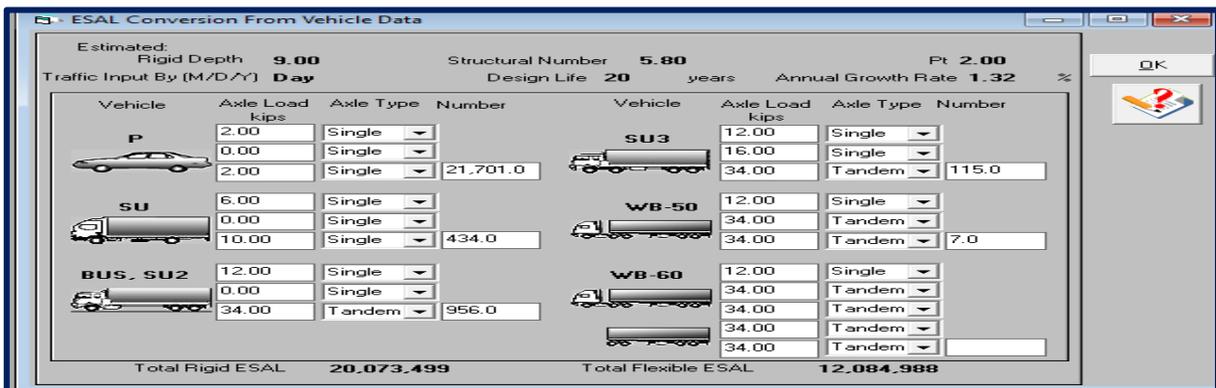


Figura 54. ESALs de diseño, Proyecto estructura de pavimento de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.

Fuente: Elaboración propia del autor.

10.3.26 Diseño del pavimento rígido/Ficha de Evaluación.

Después de obtener los ESALs el siguiente módulo es la evaluación de diseño de pavimento del WinPAS pavimentos de rígidos, para comprobar la eficiencia, se obtuvo cada uno de los campos a rellenarse de los parámetros establecidos de la AASTHOO93 y al final se calculó un espesor de losa de 9.6 in es decir 24 cm de espesor determinando el software la eficiencia correcta en la selección de parámetros escogidos para este diseño en particular.

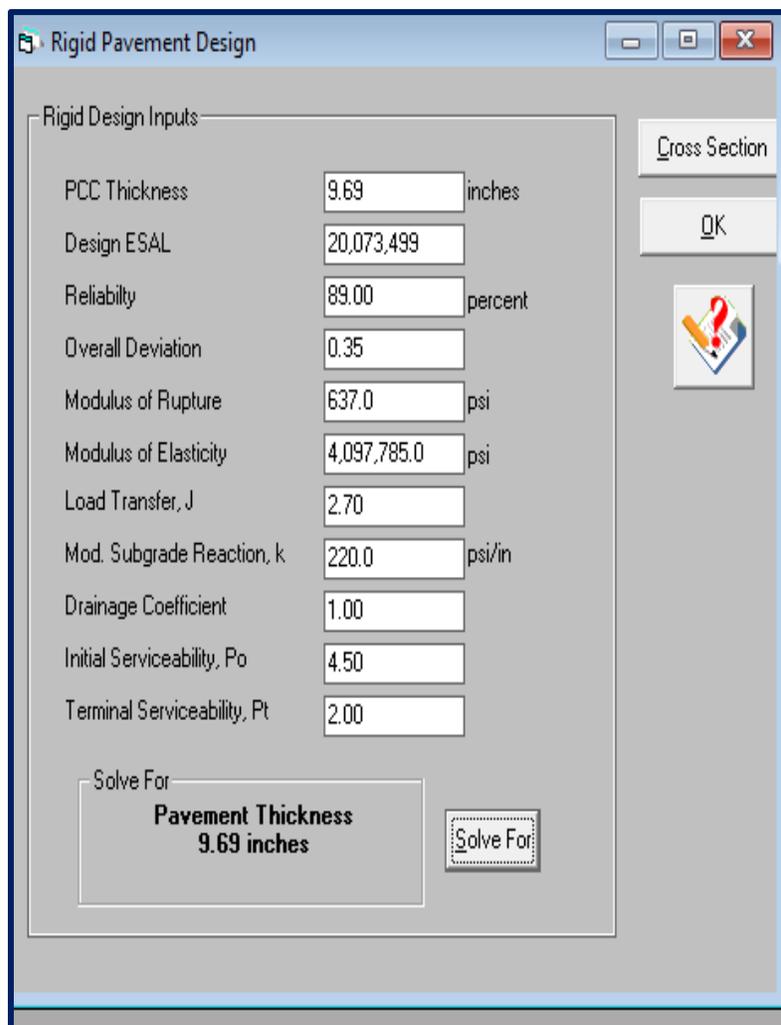


Figura 55. Diseño de la estructura de pavimento rígido del Proyecto estructura de pavimento de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.

Fuente: Elaboración propia del autor.

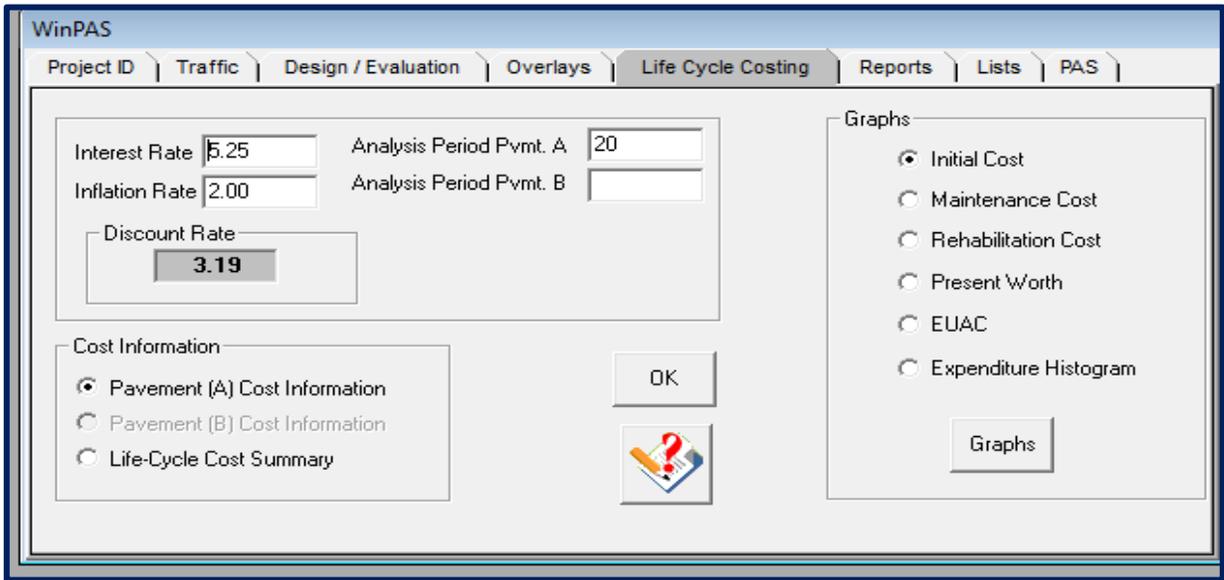


Figura 57. Reporte de Costo del Proyecto estructura de pavimento rígido de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.

Fuente: Elaboración propia del autor.

10.3.29 Información de costo del pavimento.

Se introdujo en tres subfichas (cada tipo de pavimento información de coste de pantallas son exactamente iguales). La subficha es para pavimento general información, mientras que el segundo y tercer subfichas son pantallas de cálculo de costos obteniéndose un costo de 208,201 \$ es decir un costo de 6,500,000 de córdobas. Al finalizar este módulo con resultados positivos y en congruencia del Diseño manual por el método de la AASTHOO93 se obtiene los reportes con los parámetros de diseño modelado en WINPASS presentados a continuación, obteniendo un diseño de 10 in con un eficiente modelamiento de diseño y costo.

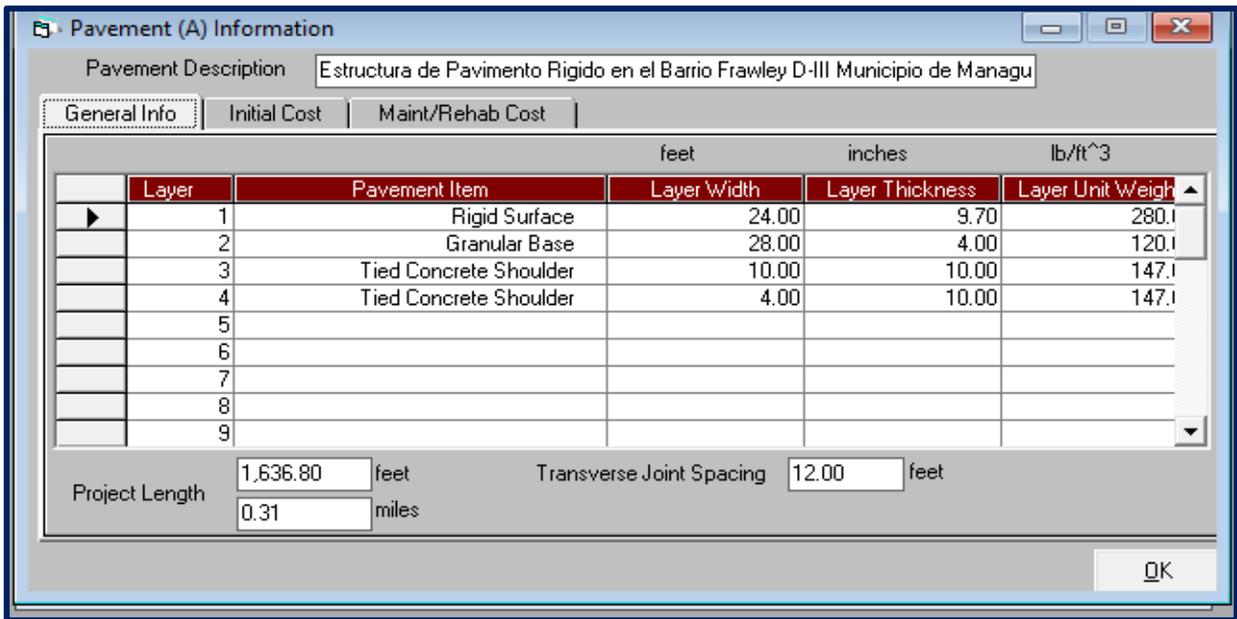


Figura 58. Reporte de Costo del Proyecto estructura de pavimento rígido de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.

Fuente: Elaboración propia del autor.

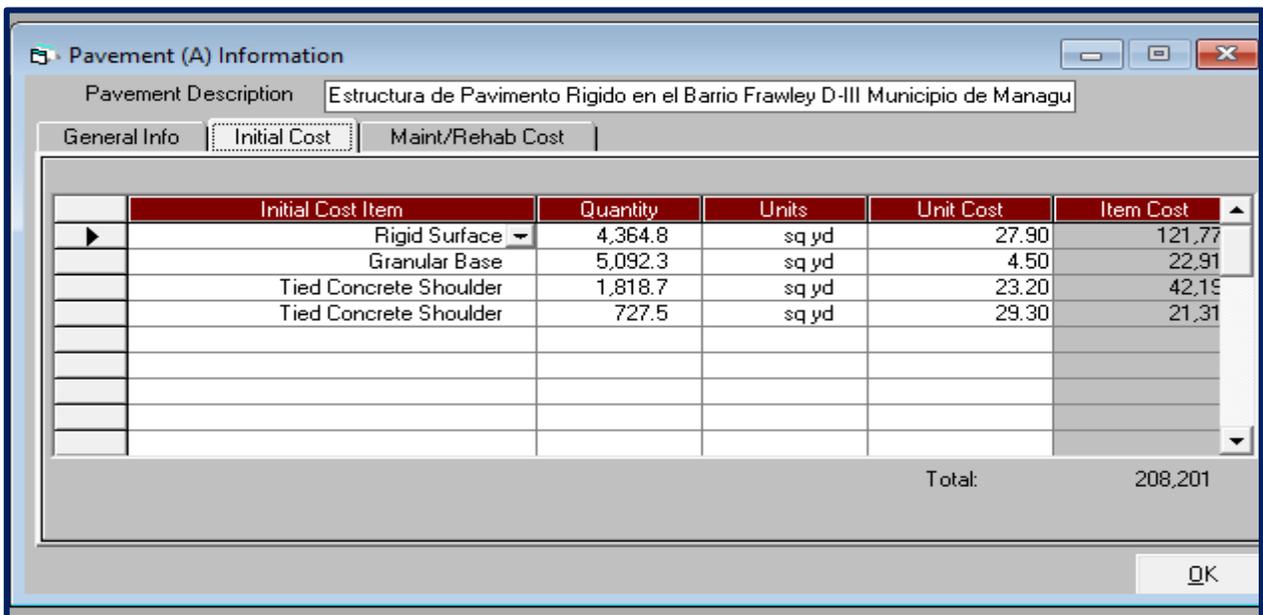


Figura 59. Costo en dólares del Proyecto estructura de pavimento rígido de la vía de 500 m del Barrio Frawley, procesamiento en WINPASS 1.0.4.

Fuente: Elaboración propia del autor.

WinPAS

Pavement Thickness Design According to
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures
American Concrete Pavement Association

Rigid Design Inputs

Agency: Departamento de construcción
Company: Facultad de Ciencias e Ingenierías UNAN-MANAGUA.
Contractor: Msc.Ing Wilber Javier Perez Flores
Project Description: Estructura de Pavimento Rígido en el Barrio Frawley D-III Municipio de Managua.
Location: Barrio Frawley D-III Municipio de Managua.

Rigid Pavement Design/Evaluation

PCC Thickness	9.96	Inches	Load Transfer, J	2.70
Design ESALs	23,742,239		Mod. Subgrade Reaction, k	220 psi/in
Reliability	89.00	percent	Drainage Coefficient, Cd	1.00
Overall Deviation	0.35		Initial Serviceability	4.50
Modulus of Rupture	637	psi	Terminal Serviceability	2.00
Modulus of Elasticity	4,097,705	psi		

Modulus of Subgrade Reaction (k-value) Determination

Resilient Modulus of the Subgrade 0.0 **psi**
Resilient Modulus of the Subbase 0.0 **psi**
Subbase Thickness 0.00 **Inches**
Depth to Rigid Foundation 0.00 **feet**
Loss of Support Value (0,1,2,3) 0.0

Modulus of Subgrade Reaction	220.00 psi/in
-------------------------------------	----------------------

WinPAS

Pavement Thickness Design According to
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures
 American Concrete Pavement Association

ESAL Data by Vehicle Type

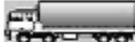
Agency: Departamento de construcción
 Company: Facultad de Ciencias e Ingenierías UNAN-MANAGUA.
 Contractor: Msc.Ing Wilber Javier Perez Flores
 Project Description: Estructura de Pavimento Rígido en el Barrio Frawley D-III Municipio de Managua.
 Location: Barrio Frawley D-III Municipio de Managua.

Traffic Factor

Estimated Rigid Thickness	9.00	Inches
Estimated Structural Number	0.0	
Terminal Serviceability	2.0	
Design Life	20	years
Annual Growth Rate	3.00	percent
Traffic Input by	Day	

Traffic Input by

Design Lane

Vehicle	Axle Load	Axle Type	Number	Vehicle	Axle Load	Axle Type	Number
	2.00	Single	21,701		12.00	Single	115
	0.00	Single			16.00	Single	
	2.00	Single			34.00	Tandem	
	6.00	Single	434		12.00	Single	7
	0.00	Single			34.00	Tandem	
	10.00	Single			34.00	Tandem	
	12.00	Single	956		12.00	Single	0
	0.00	Single			34.00	Tandem	
	34.00	Tandem			34.00	Tandem	
					34.00	Tandem	
					34.00	Tandem	
Total Rigid ESALs			23,742,239	Total Flexible ESALs			0

11. INTEPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el capítulo I se establecieron criterios para la selección de los Materiales Constructivos y aditivos a utilizarse en la construcción de pavimentos con tecnología de concreto Hidráulico, esto nos permitió obtener de manera resumida que factores principales se toman en cuenta como Indicadores de calidad y utilidad que brindaran mayor eficiencia al implementarse en los pavimentos rígidos .

Los factores Principales en la elección del cemento Portland son los siguientes:

- Verificación cumplimiento de las especificaciones Químicas y Físicas Técnicas establecidas.
- Cumplimiento de la Clase de Resistencia.
- Corroboración del Tipo de Concreto a Utilizarse.
- Tiempo de Fraguado y Manejabilidad.

En esta etapa los factores que influyen son relacionados directamente a la elección correcta de los Agregados a utilizarse en el Concreto.

- Cumplimiento del Agregado y Fino Grueso de las Especificaciones establecidas (Análisis de Laboratorio).
- Proporción Agregado –Espesor de Pavimento.
- Pureza y Resistencia de los Agregados.
- Verificación de la Resistencia al Desgaste de los agregados (Calidad).

Después de tomar en cuenta los factores anteriores se toman criterios de selección de aditivos según las necesidades presentes en uso de la tecnología de concreto Hidráulico.

- Cumplimiento de las especificaciones Técnicas regidas por la AASTHO M-194.
- Durabilidad del Concreto.
- Tiempo de Fraguado para la elección de acelerantes y Desacelerones.
- Congelamiento y Descongelamiento del Concreto.
- Temperatura y clima del Proyecto en estudio.
- Homogeneidad de los Aditivos.

Para obtener la máxima utilización y eficiencia de los Materiales utilizados en la Tecnología de Concreto Hidráulico es necesario tomar con consideración la Relación Agua cemento y Resistencia que tendrán los Materiales que seleccionaremos como utilidades constructivas .Entre se obtuvo las siguientes:

- Verificación de la Resistencia a Flexión o Compresión según ACI (318 Calidad del concreto)
- Dureza de las Partículas (Mayor Resistencia Obtenida)
- Temperatura y exposición Natural del Proyecto en estudio.
- Agua apta para utilizarse (calidad, Potable)

El proceso de Curado es lo que dará la optimización directa de los Materiales seleccionados anteriormente y por lo tanto se deben tener en cuenta factores que permitan que este proceso se efectuó de manera eficiente:

- Acción inmediata del curado después del acabado Final.
- La Membrana Impermeable debe cumplir con especificaciones Establecidas.
- Método de Curado por Roció o Vapor.
- Homogeneidad y Optimización de la selección de los Materiales por medio de Procesos Anteriores Intervendrán en un Correcto Curado.

Los resultados obtenidos en el informe de suelo nos brindaron resultados que nos darán una perspectiva para saber con qué tipo de suelo estamos tratando el cual a simple vista es tomado como un suelo gravoso según los resultados obtenidos el suelo de la subrasantes es de tipo los suelos A-1-b (o) son usados como material de excelentes a buenos para ser utilizados como material de estructura de subrasantes.

La granulometría nos brindó el resultado más a profundidad obteniéndose que el suelo Grava con fragmentos arena con grava ,arena y piedra y posteriormente se analizaron los limites de atterberg para analizar la plasticidad que al ser menor mayor 6 nos indica que el CBR sera mayor del 20% .

El valor obtenido en el ensayo de CBR esta en el rango de mayor del 20% lo que nos indica que es una subrasante es considerada idonea para la estructura de pavimento .

El CBR de diseño es elegido al indicar el valor más bajo de resistencia en el tipo de suelo predominante, el cual se considerará como crítico para el diseño de espesor de pavimento siendo de 53 %.

El estudio de tránsito nos permitió obtener un volumen total de vehículos que circulan en la vía en estudio siendo de 32762 vehículos en un periodo de 24 horas, se obtuvo que los vehículos predominantes son los tipos livianos y c-2 y c-3, utilizándose los camiones como vehículos de diseño de pavimentos al ser factores decisivos en el índice determinante del espesor.

El estudio de tránsito fue realizado por 3 días para la entrada del banco central y 3 días para la entrada a la intercesión 7 sur con un porcentaje de tráfico atraído 33798 y 39887 el porcentaje para calcular el tránsito atraído fue el 20% considerando 3 estaciones de conteo como lo son la estación serrano, la estación 7 sur y la estación Bancentro.

La hora de máxima demanda obtenida fue la de 7:00 am a 8:00 pm con un total de 3042 vehículos /mixtos y los quince minutos de máxima demanda son de 7:15 a 7:30 am, la tasa de crecimiento teniendo en cuenta la tasa económica, la tasa de crecimiento vehicular y poblacional y el crecimiento de la construcciones civiles en Nicaragua obteniendo un valor de 1.32 %. Posteriormente el diseño dejó como resultado un espesor de pavimento de 9.5 in, obtenido por la selección de parámetros en guía con datos obtenidos de los estudios técnicos y el Método de la AASTHO93 y el software EqqAstho93.

El índice de serviciabilidad nos indica valores por el tipo de pavimento de 4.5 y de 2 .el periodo de diseño obtenido por la clasificación de la via por ser una colectora suburbana obteniendose de 20 años ,desviación estandar de 0.35 para pavimento nuevos normado por la AASTHOO,resistencia del concreto de 4092 PSI .La capa base debido a su tipo nos brinda un modulo de elasticidad normado de 17,416 PSI indicando la calidad de la subrasante como buena –excelente .

Otro resultado obtenido para la determinación del espesor anteriormente descrito fue el ESALs de diseño con un valor de 18,633,952 repeticiones. La modulación de losas nos deajo comon resultado un tablero de losas de 4*3.65 m cada una a una separación de 1.3 m ,juntas selladas con silicon de 31 mm de profundidad,las barras de amarre seran No 4 a cada 76 cm y pasajuntas de 1 in * 46 cm a cada 30 cm.

El Diseño de la estructura de pavimento en el software Winpass 1.0.4 resulto con un margen minimo de error de menos de 32 porciento ya que el espesor de la losa fue de 9,7 in , el analisis del transito se hizo por el mas apegado al metodo de la astho93 por tipo de vehiculo utilizando el volumen diario,y proyectandose a 20 años obteniendose un ESALs de disseno de 20,073,499. Obteniendose tambien que para este diseño en valor idoneo de confiabilidad tiene que ser del 90 %.Para finalizar la propuesta de diseño se evaluo el costo del proyecto en el mismo software obteniendose un valor de 6,500,00 cs.

12. CONCLUSIONES.

El diseño de la estructura de pavimento rígido del tramo de 500m de Barrio Frawley del D-III, se basó en las siguientes conclusiones obtenidas en:

ESTUDIO DE SUELOS.

Se realizó una revisión de los estudios de suelos elaborados por el laboratorio Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS), análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, resultando que los materiales de la sub – rasante son suelos tipo A – 1 – b (0) y A – 1 – a (0) de características granulares, considerados en rangos que van de bueno a muy bueno como material de terracería de estructura de pavimento.

El CBR de diseño se obtuvo analizando las muestras representativas del tramo, siendo el tipo de suelo predominante catalogado como A – 1 – b encontrándose a profundidades que oscilan de 0.15 m a 0.60 m, con CBR para este tipo de suelos de 53% y 75%, obtenido a un 95% de compactación Proctor Estándar considerándose un valor conservador de CBR de diseño igual a 53% para capacidad de soporte del suelo donde se apoyará la losa.

Este valor de CBR se utilizó para correlacionarlo con el módulo de reacción de la sub – rasante (k), obteniéndose un valor de $K = 520$ PCI.

ESTUDIO DE TRANSITO.

Se realizó un conteo vehicular, el cual se ejecutó por 12 horas en un período de 3 días continuos, analizándose los dos sentidos de la vía y clasificando los vehículos según lo establece el MTI.

Si interpretamos todo lo descrito en esta tesis se puede llegar a la conclusión de que nuestro país está en constante conexión con las mejoras, desarrollos y utilización de nuevos sistemas constructivos que ayudan a mejorar o complementar los sistemas clásicos que han sido utilizados durante el desarrollo que se ha dado en nuestro país.

Uno de estos nuevos sistemas que se han estado llevando a cabo en nuestro país es, la utilización de concreto hidráulico como superficie de rodamiento para calles urbanas y carreteras interurbanas.

Es por esta razón que se ha planteado una serie de objetivos para nuestra tesis cumpliendo exitosamente el desarrollo de los estudios correspondientes de suelo y tráfico, que son los principales necesarios para lograr obtener un diseño que cumpla con las especificaciones para los diseños de mezclas de concreto hidráulico y demás especificaciones establecidas en la AASHTO 93 y tenga la capacidad de resistir el volumen de tráfico que a futuro tiende a incrementar de manera exponencial.

Finalizando con el diseño de la estructura de pavimento rígido tomando en cuenta además de los criterios anteriormente mencionados, los valores de temperaturas del país, precipitación media anual y CBR de los suelos, siendo estos los principales aspectos que se pueden toman en cuenta por su gran influencia pues con el tiempo son capaces de deteriorar la estructura. Es por esa razón y basados en la información presentada se logra obtener un resultado para el espesor de la superficie de rodamiento con un valor de 24 cm.

Por medio del conteo de el tránsito promedio diario anual TPDA de 37,692 vehículos mixtos / día. Se logró proyectar el volumen de tránsito para un periodo de 20 años con una tasa de crecimiento anual de 1.32%, considerada en base a las variables socioeconómicas del municipio y del país.

DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO.

El concreto utilizado para el diseño es de resistencia a la compresión de 4,092 PSI y un Módulo de Ruptura de 632 PCI.

Los resultados de los estudios anteriores sirvieron de parámetros de diseño para determinar el espesor necesario de la estructura de pavimento, obteniéndose un valor de 9.5 pulgadas que garantizan la seguridad del firme ante la erosión y fatiga, cumpliendo así con las exigencias del método AASTHOO 93 .No obstante, en el diseño se consideró elementos complementarios que coadyuvan a garantizar la calidad del pavimento como son las barras de amarre y las pasajuntas.

14. RECOMENDACIONES.

La capa de material a utilizar como terreno de apoyo necesita ser compactado al menos al 95% Proctor Estándar, con el propósito de garantizar los valores de soporte óptimos considerados en el diseño.

Se recomienda a través de la supervisión, cumplir estrictamente con el espesor de diseño de la estructura de pavimento propuesto, así como el valor de resistencia a la compresión del concreto y las dimensiones de los elementos complementarios al diseño, para así garantizar la calidad y la seguridad durante el periodo de diseño.

Por motivos de conclusión de una jornada laboral o por retraso de fabricación del concreto, se recomienda que las juntas de construcción coincidan con las juntas transversales y longitudinales del proyecto.

Con el fin de obtener una adherencia o fricción entre la superficie de contacto del neumático y el concreto, se recomienda aplicar texturizado a la superficie de la losa, este nos permitirá la rápida evacuación del agua de la superficie de rodamiento. La profundidad del texturizado se define de 3.0 mm a 6.0 mm.

Los cortes de las juntas de la losa, se deben realizar cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes que se produzcan agrietamientos no controlados, por lo general de 4 a 6 horas después del colado, según las condiciones atmosféricas. La profundidad de corte a considerar equivale a 1/3 del espesor de la losa.

15. BIBLIOGRAFIA.

- (2014, MTI Red Vial de Nicaragua).
- AASHTO93. (s.f.). Metodo AASHTO 93 Para el Diseño de Pavimento Rigido. Estados Unidos.
- (s.f.). ALCALDIA DE MANAGUA 2015.
- Association, P. C. (2002 Potrland Cement Association). Diseño y control de Mezclas de concreto.
- Civilgeeks. (2015). Manual de Diseño de Pavimentos Rigidos.
- Fonseca, A. M. (1998). Ingenieria de Pavimentos (Vol. 2).
- (2015). Manual WINPASS 1.0.4.
- MTI. (2009). Manual para la revision de Diseños de Pavimentos .
- MTI. (2014). Anuario Estadistico de Transporte.
- MTI. (2015). Red Vial de Nicaragua . Nicaragua .
- Rondon, H. A. (2015). Pavimentos Materiales de construccion y diseño .
- SIECA. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos Rigidos.

ANEXOS.



Tabla 6.1.6 Composición del concreto de cemento portland para pavimento según la resistencia.

Relación agua/cemento máxima	Temperatura del concreto	Revenimiento	Tamaño de agregado AASHTO M43	Resistencia a la compresión a los 28 días.	Resistencia a flexotracción
0.49	20-10 °C	60±20 mm	No. 57 o 67	28 mpa	4.5MPa

Fuente: (Association, 2002 Potrland Cement Association) .

Tabla 6.1.7 Granulometría para Agregado Fino en Mezclas de Concreto Hidráulico.

Numero de malla	% que pasa AASHT T27 y T11
9.5 mm	100
No. 4	95-100
No. 8	80-100
No. 16	50-85
No. 30	25-60
No. 50	10-30
No. 100	2-10

Fuente: (Association, 2002 Potrland Cement Association) .

Tabla 6.1.8 Relación agua-cemento y resistencia a la compresión.

Resistencia a la compresión a los 28 días		Relación agua-material cementante en masa			
Kg/cm ²	MPa	Concreto sin aire incluido		Concreto con aire incluido	
450	45	0.38	0.38	0.31	0.3
400	40	0.43	0.42	0.34	0.34
350	35	0.48	0.47	0.4	0.39
300	30	0.55	0.54	0.46	0.45
250	25	0.62	0.61	0.53	0.52
200	20	0.7	0.69	0.61	0.6
150	15	0.8	0.79	0.72	0.7

Fuente: (Association, 2002 Potrland Cement Association).

Tabla 6.1.9 Composición del concreto de cemento Hidráulico para Pavimentos.

Relación Agua/Cemento	Temperatura del Concreto	Asentamiento AASHTO T-119	Contenido de Aire Minimo	Tamaños de Agregados AASHTO M-43	Resistencia a la Compresión AASHTO T-22	Resistencia a la Flexión AASHTO T-97
0.49	20°C - 10°C	40±20	4.50%	N° 57 o N° 67	28Mpa (4000psi)	4.5MPa (650psi)

Fuente: (Association, 2002 Potrland Cement Association).

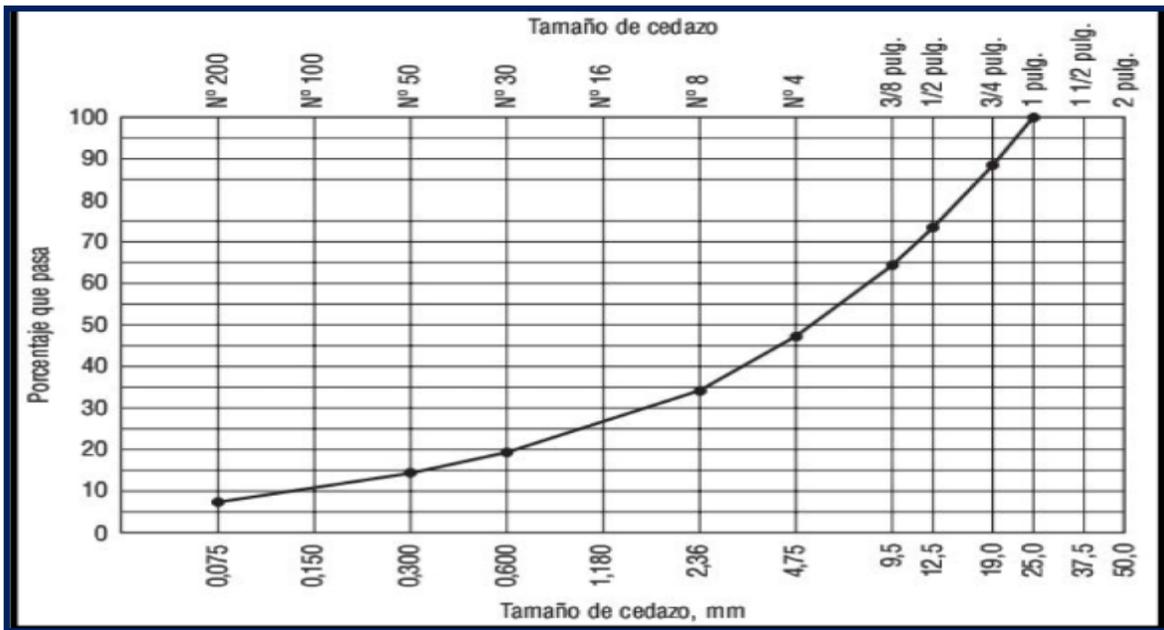


Fig. 4. Diagrama Granulométrico Semilogaritmico para Áridos
Fuente: (Fonseca, 1998).

Numeración y Abertura de Tamices			
Tamiz (ASTM)	Tamiz (mm)	Abertura Real (mm)	Tipo de Suelo
3"	80	76.12	Grava
2"	50	50.8	Grava
1 1/2"	40	38.1	Grava
1"	25	25.4	Grava
3/4"	20	19.05	Grava
3/8"	10	9.52	Grava
Nº 4	5	4.76	Arena Gruesa
Nº 10	2	2	Arena Media
Nº 20	0.9	0.84	Arena Media
Nº 40	0.5	0.42	Arena Media
Nº 60	0.3	0.25	Arena Fina
Nº 140	0.1	0.105	Arena Fina
Nº 200	0.08	0.074	Arena Fina

Fig 5. Granulométria para Áridos
Fuente: (SIECA, 2002)

Tamaño Máximo del Agregado (mm) (plg)	Peso Recomendado de Muestra Húmeda a Usar (kg)
4.75, 0.187 (N°4)	0.5
9.5, 0.375 (3/8")	1.5
12.5, 0.5 (1/2")	2
19, 0.75 (3/4")	3
25, 1 (1")	4
37.5, 1.5 (1 1/2")	6

Fig 6. Tamaño recomendado de muestra de acuerdo al Tamaño del Agregado

Fuente: (SIECA, 2002)

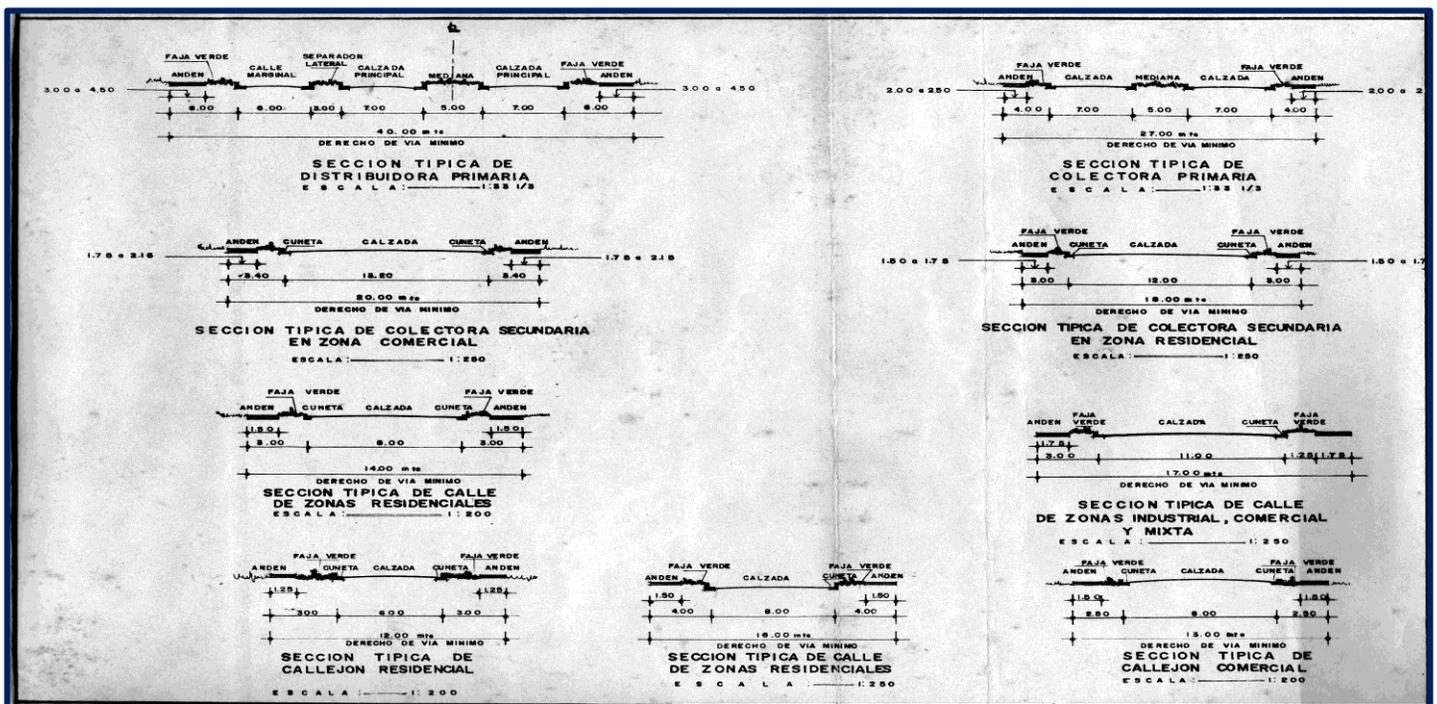


Fig 7. Secciones Típicas según Tipo de vía

Fuente:(Reglamento Vial de la Alcaldía de Managua).

RADIO DE CURVA DEL DERECHO DE VIA EN LAS INTERSECCIONES
(Deflexión de 90°)

TIPO DE VÍA	DISTRIBUIDORA PRIMARIA	COLECTORA PRIMARIA	COLECTORA SECUNDARIA	CALLE	CALLEJON
Distribuidora primaria	34.00 mts.	30.00 mts.	26.00 mts.	4.00 mts.	2.00 mts.
Colectora primaria	30.00 mts.	30.00 mts.	20.00 mts.	4.00 mts.	2.00 mts.
Colectora secundaria	26.00 mts.	20.00 mts.	10.00 mts.	4.00 mts.	2.00 mts.
Calle	4.00 mts.	4.00 mts.	4.00 mts.	4.00 mts.	2.00 mts.
Callejón Comercial ó Residencial	2.00 mts.	2.00 mts.	2.00 mts.	2.00 mts.	2.00 mts.

TABLA No. 3
RADIO DE CURVA DE CUNETAS EN LAS INTERSECCIONES
(Deflexiones a 90°)

TIPO DE VÍA	DISTRIBUIDORA PRIMARIA	COLECTORA PRIMARIA	COLECTORA SECUNDARIA	CALLE	CALLEJON
Distribuidora primaria	40.00 mts.	35.00 mts.	30.00 mts.	6.00 mts.	4.00 mts.
Colectora primaria	35.00 mts.	35.00 mts.	24.00 mts.	6.00 mts.	4.00 mts.
Colectora secundaria	30.00 mts.	24.00 mts.	12.00 mts.	6.00 mts.	4.00 mts.
Calle	6.00 mts.	6.00 mts.	6.00 mts.	6.00 mts.	4.00 mts.
Callejón Comercial ó Residencial	4.00 mts.	4.00 mts.	4.00 mts.	4.00 mts.	4.00 mts.

Fig 8. Parámetros Geométricos según el tipo de vía.
Fuente:(Reglamento Vial de la Alcaldía de Managua).

TABLA Nº 1
CLASIFICACION FUNCIONAL DEL SISTEMA VIAL URBANO

CRITERIOS	SISTEMA DISTRIBUIDOR PRIMARIO	SISTEMA COLECTOR PRIMARIO	SISTEMA COLECTOR SECUNDARIO	SISTEMA DE CALLES.	SISTEMA DE CALLEJONES	SISTEMA RECREACIONAL
Rango de Derecho de Vía	40 - 100 mts.	27 - 39 mts.	18 - 26 mts.	14 - 17 mts.	12 - 13 mts.	Variable
Elementos típicos considerados dentro del derecho de vía.	Calzadas, cunetas, bordillos, aceras, andenes, cajas de árboles, carriles para buses, mediana y separadores laterales.	Calzadas, cunetas, bordillos, aceras, andenes, cajas de árboles, paradas de buses y mediana.	Calzadas, cunetas, aceras, andenes, cajas de árboles, faja verde.	Calzadas, cunetas, aceras, andenes, cajas de árboles, faja verde.	Calzadas, cunetas, fajas verdes, aceras, andenes.	Elemento de ambientación, áreas verdes, calzada, aceras, andén, cunetas, miradores, bahías, carriles de estacionamiento.
	Gráfico MV - 01	Gráfico MV - 02	Gráfico MV - 03a y MV - 03b	Gráfico MV - 04a y MV - 04b	Gráfico MV - 05a y MV - 05b	Gráfico MV - 06
Sentido de Circulación.	Doble vía.	Doble vía.	Doble vía.	Doble vía.	Doble vía.	Doble vía.
Regulación sobre ciertos vehículos.	Permite circulación del transporte colectivo con alta frecuencia de operación; vehículos de servicio.	Permite circulación del transporte colectivo con alta frecuencia de operación; vehículos de servicio.	Permite circulación del transporte colectivo con baja frecuencia de operación; vehículos de servicios municipales.	No permite transporte colectivo, solamente buses escolares; vehículos de servicios municipales.	No permite transporte colectivo solamente vehículos de servicios.	No permite el tráfico de camiones ni buses de transporte urbano colectivo.

Fig 9. Clasificación del sistema vial urbano.
Fuente:(Reglamento Vial de la Alcaldía de Managua).

Tabla No. 1
CLASIFICACION FUNCIONAL DEL SISTEMA VIAL URBANO
(CONTINUACION)

CRITERIOS	SISTEMA DISTRIBUIDOR PRIMARIO	SISTEMA COLECTOR PRIMARIO	SISTEMA COLECTOR SECUNDARIO	SISTEMA DE CALLES	SISTEMA DE CALLEJONES	SISTEMA RECREACIONAL
Longitud de viaje	5 - 10 kms.	2 - 5 kms.	1 - 2 kms.	100 - 500 mts.	100 mts.	—
Velocidad de operación	50 - 65 kms/H.	50 - 65 kms/H.	40 - 50 kms/H.	20 - 30 kms/H.	Máxima 20 kms/H.	30 kms./H.
Demanda de viaje	20.000 - 40.000 veh/día	5.000 - 20.000 veh/día	3.000 - 8.000 veh/día	1.000 - 3.000 veh/día	200 veh/día	3.000 - 8.000 veh/día
Acceso a la propiedad privada,	Controlado por calles marginales y/o por normas estipuladas en el Reglamento de Estacionamiento de Vehículo.	Controlado por normas estipuladas en el Reglamento de Estacionamiento de Vehículo.	D I R E C T O		D I R E C T O	Controlado por normas estipuladas en el Reglamento de Estacionamiento de Vehículo.
Continuidad del sistema	Si	Si	Si	Si	No	Si
Estacionamiento en la calzada.	No se permite	No se permite	No se permite	Un carril de estacionamiento mínimo controlado bajo regulación.	Espacios de estacionamiento en ambos sentidos	Sólo en bahías especialmente diseñadas.
Retiros frontales	De acuerdo al Reglamento de Zonificación y Uso del Suelo para el Area del Municipio de Managua.					
Espaciamiento	1.5 kms.	Menos de 1.5 kms.	500 - 750 metros	100 - 200 metros	100 metros	No definido

Fig 10. Clasificación del sistema vial urbano.

Fuente: (Reglamento Vial de la Alcaldía de Managua).

Periodo de Diseño	
Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Autopista Regional	20 - 40 años
Troncales Suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 - 20 años
Colectoras Rurales	

Fig 11. Periodos de Diseño Recomendado Según la clasificación de las carreteras

Fuente: (AASHTO93)

Tabla 6.3.1. Límites Peso por eje.

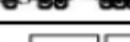
Límite de Peso por Eje								
Tipo de Vehículo	Tipo de Eje del Tractor				Tipo de Eje del Semirremolque			Total (Toneladas)
	Eje Simple Direccional	Eje de Tracción			Eje de Arrastre			
		Eje Simple	Doble Rueda	Triple Rueda	Eje Simple	Doble Rueda	Triple Rueda	
C2	5.00	10.00						15.00
C3	5.00		16.50					21.50
C4	5.00			20.00				25.00
T2-S1	5.00	9.00			9.00			23.00
T2-S2	5.00	9.00				16.00		30.00
T2-S3	5.00	9.00					20.00	34.00
T3-S1	5.00		16.00		9.00			30.00
T3-S2	5.00		16.00			16.00		37.00
T3-S3	5.00		16.00				20.00	41.00
Otros	5.00	-	-	-	-	-	-	Variable

Fuente: (AASHTO93)

Tabla 6.3.2 Cálculo de Factor camión.

Cálculo del Factor Camión			
Carga	LEF	N° EJES	N° ESAL's
Ejes Simples			
P-1	ES-LEF-1	ES - N1	
P-2	ES-LEF-2	ES - N2	
P-3	ES-LEF-3	ES - N3	
P-N	ES-LEF-N	ES - NN	
Tándem			
P-1	ETAN - LEF-1	ETAN - N1	
P-2	ETAN - LEF-2	ETAN - N2	
P-3	ETAN - LEF-3	ETAN - N3	
P-N	ETAN - LEF-N	ETAN - NN	
Tridem			
P-1	ETRI - LEF-1	ETRI - N1	
P-2	ETRI - LEF-2	ETRI - N2	
P-3	ETRI - LEF-3	ETRI - N3	
P-N	ETRI - LEF-N	ETRI - NN	
Total			

Fuente: (AASHTO93).

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	14.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	14.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	14.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	14.00		14.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00			20.00		41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	14.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	14.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : Eje sencillo llanta sencilla.
b : Eje sencillo llanta doble.

Fig 6. Peso Máximo Por vehículos Permisibles.

Fuente: (MTI, Red Vial de Nicaragua , 2015).

Tabla 6.3.3 Factores de crecimiento de Tráfico.

Periodo de Diseño (Años)	Factor de Crecimiento	Tasa de Crecimiento Anual (Porcentaje) r.						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: (MTI, Red Vial de Nicaragua , 2015).

Tabla 6.3.4 Factores de crecimiento de Tráfico

Factor de Distribución por Dirección	
Número de Carriles en Ambas Direcciones	LD (%)
2	50
4	45
6 o mas	40

Fuente: (AASHTO93).

Tabla 6.3.5 Factores de Distribución por carril.

Factor de Distribución por Carril	
Número de Carriles en una Sola Dirección	LC
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: (AASHTO93)

Tabla 6.3.6 Valores de z_r en dependencia de la confiabilidad.

Valores Z_r en Función de la Confiabilidad R	
Confiabilidad R (%)	Desviación Normal Estándar Z_r
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: (AASHTO93)

Tabla 6.3.7 Coeficientes de drenaje.

Cd	Tiempo Transcurrido para que el Suelo libere el 50% de su Agua Libre	Porcentaje de Tiempo en que la Estructura del Pavimento está expuesta a Niveles de Humedad cercanas a la Saturación.			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Calificación					
Excelente	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.1
Bueno	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1
Regular	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.9
Pobre	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.8
Muy Pobre	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.7

Fuente: (AASHTO93)

Tabla 6.3.8 Coeficientes de Carga.

Soporte Lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESAL's en Millones	Con pasadores con o sin Refuerzo de Temperatura		Con Refuerzo Continuo		Sin Pasadores (Fricción entre Agregados)		
Hasta 0.3	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y Caminos Vecinales
0.3 - 1.00	2.7	3.2	3	3.4	-	-	
1.00 - 3.00	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3.00 - 10.00	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos Principales y Autopistas
10.00 - 30.00	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	

Fuente: (AASHTO93)

Factores equivalentes de cargas para pavimento rígido.

Tabla 6.3.9 Factor Equivalente de carga para ejes simples pt=2.

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Simples), Pt=2.0										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (25.4mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	17.8	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
6	26.7	0.0110	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
8	35.6	0.0350	0.0330	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320
10	44.5	0.0870	0.0840	0.0820	0.0810	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800
12	53.4	0.1860	0.1800	0.1760	0.1750	0.1740	0.1740	0.1730	0.1730	0.1730
14	62.3	0.3530	0.3460	0.3410	0.3380	0.3370	0.3360	0.3360	0.3360	0.3360
16	71.2	0.6140	0.6090	0.6040	0.6010	0.5990	0.5990	0.5980	0.5980	0.5980
18	80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	89	1.5500	1.5600	1.5700	1.5800	1.5800	1.5900	1.5900	1.5900	1.5900
22	97.9	2.3200	2.3200	2.3500	2.3800	2.4000	2.4100	2.4100	2.4100	2.4200
24	106.8	3.3700	3.3400	3.4000	3.4700	3.5100	3.5300	3.5400	3.5500	3.5500
26	115.7	4.7600	4.6900	4.7700	4.8800	4.9700	5.0200	5.0400	5.0600	5.0600
28	124.6	6.5800	6.4400	6.5200	6.7000	6.8500	6.9400	7.0000	7.0200	7.0400
30	133.5	8.9200	8.6800	8.7400	8.9800	9.2300	9.3900	9.4800	9.5400	9.5600
32	142.4	11.9000	11.5000	11.5000	11.8000	12.2000	12.4000	12.6000	12.7000	12.7000
34	151.3	15.5000	15.0000	14.9000	15.3000	15.8000	16.2000	16.4000	16.6000	16.7000
36	160	20.1000	19.3000	19.2000	19.5000	20.1000	20.7000	21.1000	21.4000	21.5000
38	169.1	25.6000	24.5000	24.3000	24.6000	25.4000	26.1000	26.7000	27.1000	27.4000
40	178	32.2000	30.8000	30.4000	30.7000	31.6000	32.6000	33.4000	34.0000	34.4000
42	186.9	40.1000	38.4000	37.7000	38.0000	38.9000	40.1000	41.3000	42.1000	42.7000
44	195.8	49.4000	47.3000	46.4000	46.6000	47.6000	49.0000	50.4000	51.6000	52.4000
46	204.7	60.4000	57.7000	56.6000	56.7000	57.7000	59.3000	61.1000	62.6000	63.7000
48	213.6	73.2000	69.9000	68.4000	68.4000	69.4000	71.2000	73.3000	75.3000	76.8000
50	222.5	88.0000	84.1000	82.2000	82.0000	83.0000	84.9000	87.4000	89.8000	91.7000

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993)

Tabla 6.3.10 Factor equivalente de carga para ejes Tándem pt=2.

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tándem), Pt=2.0										
Carga por Ej		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
2	8.9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	17.8	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	26.7	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
8	35.6	0.0060	0.0060	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
10	44.5	0.0140	0.0130	0.0130	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120
12	53.4	0.0280	0.0260	0.0260	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
14	62.3	0.0510	0.0490	0.0480	0.0470	0.0470	0.0470	0.0470	0.0470	0.0470
16	71.2	0.0870	0.0840	0.0820	0.0810	0.0810	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800
18	80	0.1410	0.1360	0.1330	0.1320	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310
20	89	0.2160	0.2100	0.2060	0.2040	0.2030	0.2030	0.2030	0.2030	0.2030
22	97.9	0.3190	0.3130	0.3070	0.3050	0.3040	0.3030	0.3030	0.3030	0.3030
24	106.8	0.4540	0.4490	0.4440	0.4410	0.4400	0.4390	0.4390	0.4390	0.4390
26	115.7	0.6290	0.6260	0.6220	0.6200	0.6180	0.6180	0.6180	0.6180	0.6180
28	124.6	0.8520	0.8510	0.8500	0.8500	0.8500	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490
30	133.5	1.1300	1.1300	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400
32	142.4	1.4800	1.4800	1.4900	1.5000	1.5100	1.5100	1.5100	1.5100	1.5100
34	151.3	1.9000	1.9000	1.9300	1.9500	1.9600	1.9700	1.9700	1.9700	1.9700
36	160	2.4200	2.4100	2.4500	2.4900	2.5100	2.5200	2.5300	2.5300	2.5300
38	169.1	3.0400	3.0200	3.0700	3.1300	3.1700	3.1900	3.2000	3.2000	3.2100
40	178	3.7900	3.7400	3.8000	3.8900	3.9500	3.9800	4.0000	4.0100	4.0100
42	186.9	4.6700	4.5900	4.6600	4.7800	4.8700	4.9300	4.9500	4.9700	4.9700
44	195.8	5.7200	5.5900	5.6700	5.8200	5.9500	6.0300	6.0700	6.0900	6.1000
46	204.7	6.9400	6.7600	6.8300	7.0200	7.2000	7.3100	7.3700	7.4100	7.4300
48	213.6	8.3600	8.1200	8.1700	8.4000	8.6300	8.7900	8.8800	8.9300	8.9600
50	222.5	10.0000	9.6900	9.7200	9.9800	10.2700	10.4900	10.6200	10.6900	10.7300

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993).

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tándem), Pt=2.0

Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
52	231.4	11.9000	11.5000	11.5000	11.8000	12.1000	12.4000	12.6000	12.7000	12.8000
54	240.3	14.0000	13.5000	13.5000	13.8000	14.2000	14.6000	14.9000	15.0000	15.1000
56	249.2	16.5000	15.9000	15.8000	16.1000	16.6000	17.1000	17.4000	17.6000	17.7000
58	258.1	19.3000	18.5000	18.4000	18.7000	19.3000	19.8000	20.3000	20.5000	20.7000
60	267.0	22.4000	21.5000	21.3000	21.6000	22.3000	22.9000	23.5000	23.8000	24.0000
62	275.9	25.9000	24.9000	24.6000	24.9000	25.6000	26.4000	27.0000	27.5000	27.7000
64	284.7	29.9000	28.6000	28.2000	28.5000	29.3000	30.2000	31.0000	31.6000	31.9000
66	293.6	34.3000	32.8000	32.3000	32.6000	33.4000	34.4000	35.4000	36.1000	36.5000
68	302.5	39.2000	37.5000	36.8000	37.1000	37.9000	39.1000	40.2000	41.1000	41.6000
70	311.4	44.6000	42.7000	41.9000	42.1000	42.9000	44.2000	45.5000	46.6000	47.3000
72	320.3	50.6000	48.4000	47.5000	47.6000	48.5000	49.9000	51.4000	52.6000	53.5000
74	329.2	57.3000	54.7000	53.6000	53.6000	54.6000	56.1000	57.7000	59.2000	60.3000
76	338.1	64.6000	61.7000	60.4000	60.3000	61.2000	62.8000	64.7000	66.4000	67.7000
78	347.0	72.5000	69.3000	67.8000	67.7000	68.6000	70.2000	72.3000	74.3000	75.8000
80	355.9	81.3000	77.6000	75.9000	75.7000	76.6000	78.3000	80.6000	82.8000	84.7000
82	364.8	90.9000	86.7000	84.7000	84.4000	85.3000	87.1000	89.6000	92.1000	94.2000
84	373.7	101.0000	97.0000	94.0000	94.0000	95.0000	97.0000	99.0000	102.0000	105.0000
86	382.6	113.0000	107.0000	105.0000	104.0000	105.0000	107.0000	110.0000	113.0000	116.0000
88	391.5	125.0000	119.0000	116.0000	116.0000	116.0000	118.0000	121.0000	125.0000	128.0000
90	400.4	138.0000	132.0000	129.0000	128.0000	129.0000	131.0000	134.0000	137.0000	141.0000

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993).

Tabla 6.3.11 Factor equivalente de carga para ejes Tridem Pt=2.

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tridem), Pt=2.0										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
2	8.9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	17.8	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
6	26.7	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
8	35.6	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
10	44.5	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
12	53.4	0.0100	0.0100	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090
14	62.3	0.0180	0.0170	0.0170	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
16	71.2	0.0300	0.0290	0.0280	0.0270	0.0270	0.0270	0.0270	0.0270	0.0270
18	80	0.0470	0.0450	0.0440	0.0440	0.0430	0.0430	0.0430	0.0430	0.0430
20	89	0.0720	0.0690	0.0670	0.0660	0.0660	0.0660	0.0660	0.0660	0.0660
22	97.9	0.1050	0.1010	0.0990	0.0980	0.0970	0.0970	0.0970	0.0970	0.0970
24	106.8	0.1490	0.1440	0.1410	0.1390	0.1390	0.1380	0.1380	0.1380	0.1380
26	115.7	0.2050	0.1990	0.1950	0.1940	0.1930	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920
28	124.6	0.2760	0.2700	0.2650	0.2630	0.2620	0.2620	0.2620	0.2620	0.2610
30	133.5	0.3640	0.3590	0.3540	0.3510	0.3500	0.3490	0.3490	0.3490	0.3490
32	142.4	0.4720	0.4680	0.4630	0.4600	0.4590	0.4580	0.4580	0.4580	0.4580
34	151.3	0.6030	0.6000	0.5960	0.5940	0.5930	0.5920	0.5920	0.5920	0.5920
36	160	0.7590	0.7580	0.7570	0.7560	0.7550	0.7550	0.7550	0.7550	0.7550
38	169.1	0.9460	0.9470	0.9490	0.9500	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510
40	178	1.1700	1.1700	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800	1.1900
42	186.9	1.4200	1.4300	1.4400	1.4500	1.4600	1.4600	1.4600	1.4600	1.4600
44	195.8	1.7300	1.7300	1.7500	1.7700	1.7800	1.7800	1.7800	1.7900	1.7900
46	204.7	2.0800	2.0700	2.1000	2.1300	2.1500	2.1600	2.1600	2.1600	2.1700
48	213.6	2.4800	2.4700	2.5100	2.5500	2.5800	2.5900	2.6000	2.6000	2.6100
50	222.5	2.9500	2.9200	2.9700	3.0300	3.0700	3.0900	3.1000	3.1100	3.1100

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993).

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tridem), Pt=2.0										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
52	231.4	3.4800	3.4400	3.5000	3.5800	3.6300	3.6600	3.6800	3.6900	3.6900
54	240.3	4.0900	4.0300	4.0900	4.2000	4.2700	4.3100	4.3300	4.3500	4.3500
56	249.2	4.7800	4.6900	4.7600	4.8900	4.9900	5.0500	5.0800	5.0900	5.1000
58	258.1	5.5700	5.4400	5.5100	5.6600	5.7900	5.8700	5.9100	5.9400	5.9500
60	267.0	6.4500	6.2900	6.3500	6.5300	6.6900	6.7900	6.8500	6.8800	6.9000
62	275.9	7.4300	7.2300	7.2800	7.4900	7.6900	7.8200	7.9000	7.9400	7.9700
64	284.7	8.5400	8.2800	8.3200	8.5500	8.8000	8.9700	9.0700	9.1300	9.1600
66	293.6	9.7600	9.4600	9.4800	9.7300	10.0200	10.2400	10.3700	10.4400	10.4800
68	302.5	11.1000	10.8000	10.8000	11.0000	11.4000	11.6000	11.8000	11.9000	12.0000
70	311.4	12.6000	12.2000	12.2000	12.5000	12.8000	13.2000	13.4000	13.5000	13.6000
72	320.3	14.3000	13.8000	13.7000	14.0000	14.5000	14.9000	15.1000	15.3000	15.5000
74	329.2	16.1000	15.5000	15.4000	15.7000	16.2000	16.7000	17.0000	17.2000	17.3000
76	338.1	18.2000	17.5000	17.3000	17.6000	18.2000	18.7000	19.1000	19.3000	19.5000
78	347.0	20.4000	19.6000	19.4000	19.7000	20.3000	20.9000	21.4000	21.7000	21.8000
80	355.9	22.8000	21.9000	21.6000	21.9000	22.6000	23.3000	23.8000	24.2000	24.4000
82	364.8	25.4000	24.4000	24.1000	24.4000	25.0000	25.8000	26.5000	26.9000	27.2000
84	373.7	28.3000	27.1000	26.7000	27.0000	27.7000	28.6000	29.4000	29.9000	30.2000
86	382.6	31.4000	30.1000	29.6000	29.9000	30.7000	31.6000	32.5000	33.1000	33.5000
88	391.5	34.8000	33.3000	32.8000	33.0000	33.8000	34.8000	35.8000	36.6000	37.1000
90	400.4	38.5000	36.8000	36.2000	36.4000	37.2000	38.3000	39.4000	40.3000	40.9000

Fuente: (AASHTO, *Diseño de Estructuras de Pavimento*, 1993).

Tabla 6.3.12 Factores equivalentes de cargas para ejes simples pt=2.5

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Simples), Pt=2.5										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (25.4mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	17.8	0.0030	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
6	26.7	0.0120	0.0110	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
8	35.6	0.0390	0.0350	0.0330	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320
10	44.5	0.0970	0.0890	0.0840	0.0820	0.0810	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800
12	53.4	0.2030	0.1890	0.1810	0.1760	0.1750	0.1740	0.1740	0.1730	0.1730
14	62.3	0.3760	0.3600	0.3470	0.3410	0.3380	0.3370	0.3360	0.3360	0.3360
16	71.2	0.6340	0.6230	0.6100	0.6040	0.6010	0.5990	0.5990	0.5990	0.5980
18	80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	89	1.5100	1.5200	1.5500	1.5700	1.5800	1.5800	1.5900	1.5900	1.5900
22	97.9	2.2100	2.2000	2.2800	2.3400	2.3800	2.4000	2.4100	2.4100	2.4100
24	106.8	3.1600	3.1000	3.2200	3.3600	3.4500	3.5000	3.5300	3.5400	3.5500
26	115.7	4.4100	4.2600	4.4200	4.6700	4.8500	4.9500	5.0100	5.0400	5.0500
28	124.6	6.0500	5.7600	5.9200	6.2900	6.6100	6.8100	6.9200	6.9800	7.0100
30	133.5	8.1600	7.6700	7.7900	8.2800	8.7900	9.1400	9.3500	9.4600	9.5200
32	142.4	10.8000	10.1000	10.1000	10.7000	11.4000	12.0000	12.3000	12.6000	12.7000
34	151.3	14.1000	13.0000	12.9000	13.6000	14.6000	15.4000	16.0000	16.4000	16.5000
36	160	18.2000	16.7000	16.4000	17.1000	18.3000	19.5000	20.4000	21.0000	21.3000
38	169.1	23.1000	21.1000	20.6000	21.3000	22.7000	24.3000	25.6000	26.4000	27.0000
40	178	29.1000	26.5000	25.7000	26.3000	27.9000	29.9000	31.6000	32.9000	33.7000
42	186.9	36.2000	32.9000	31.7000	32.2000	34.0000	36.3000	38.7000	40.4000	41.6000
44	195.8	44.6000	40.4000	38.8000	39.2000	41.0000	43.8000	46.7000	49.1000	50.8000
46	204.7	54.5000	49.3000	47.1000	47.3000	49.2000	52.3000	55.9000	59.0000	61.4000
48	213.6	66.1000	59.7000	56.9000	56.8000	58.7000	62.1000	66.3000	70.3000	73.4000
50	222.5	79.4000	71.7000	68.2000	67.8000	69.6000	73.3000	78.1000	83.0000	87.1000

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993)

Tabla 6.3.13 Factores equivalentes de cargas para ejes Tándem pt=2.5.

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tándem), Pt=2.5										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
2	8.9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	17.8	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	26.7	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
8	35.6	0.0070	0.0060	0.0060	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
10	44.5	0.0150	0.0140	0.0130	0.0130	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120
12	53.4	0.0310	0.0280	0.0260	0.0260	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
14	62.3	0.0570	0.0520	0.0490	0.0480	0.0470	0.0470	0.0470	0.0470	0.0470
16	71.2	0.0970	0.0890	0.0840	0.0820	0.0810	0.0810	0.0800	0.0800	0.0800
18	80	0.1550	0.1430	0.1360	0.1330	0.1320	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310
20	89	0.2340	0.2200	0.2110	0.2060	0.2040	0.2030	0.2030	0.2030	0.2030
22	97.9	0.3400	0.3250	0.3130	0.3080	0.3050	0.3040	0.3030	0.3030	0.3030
24	106.8	0.4750	0.4620	0.4500	0.4440	0.4410	0.4400	0.4390	0.4390	0.4390
26	115.7	0.6440	0.6370	0.6270	0.6220	0.6200	0.6190	0.6180	0.6180	0.6180
28	124.6	0.8550	0.8540	0.8520	0.8500	0.8500	0.8500	0.8490	0.8490	0.8490
30	133.5	1.1100	1.1200	1.1300	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400
32	142.4	1.4300	1.4400	1.4700	1.4900	1.5000	1.5100	1.5100	1.5100	1.5100
34	151.3	1.8200	1.8200	1.8700	1.9200	1.9500	1.9600	1.9700	1.9700	1.9700
36	160	2.2900	2.2700	2.3500	2.4300	2.4800	2.5100	2.5200	2.5200	2.5300
38	169.1	2.8500	2.8000	2.9100	3.0300	3.1200	3.1600	3.1800	3.2000	3.2000
40	178	3.5200	3.4200	3.5500	3.7400	3.8700	3.9400	3.9800	4.0000	4.0100
42	186.9	4.3200	4.1600	4.3000	4.5500	4.7400	4.8600	4.9100	4.9500	4.9600
44	195.8	5.2600	5.0100	5.1600	5.4800	5.7500	5.9200	6.0100	6.0600	6.0900
46	204.7	6.3600	6.0100	6.1400	6.5300	6.9000	7.1400	7.2800	7.3600	7.4000
48	213.6	7.6400	7.1600	7.2700	7.7300	8.2100	8.5500	8.7500	8.8600	8.9200
50	222.5	9.1100	8.5000	8.5500	9.0700	9.6800	10.1400	10.4200	10.5800	10.6600

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993)

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tándem), Pt=2.5

Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
52	231.4	10.8000	10.0000	10.0000	10.6000	11.3000	11.9000	12.3000	12.5000	12.7000
54	240.3	12.8000	11.8000	11.7000	12.3000	13.2000	13.9000	14.5000	14.8000	14.9000
56	249.2	15.0000	13.8000	13.6000	14.2000	15.2000	16.2000	16.8000	17.3000	17.5000
58	258.1	17.5000	16.0000	15.7000	16.3000	17.5000	18.6000	19.5000	20.1000	20.4000
60	267.0	20.3000	18.5000	18.1000	18.7000	20.0000	21.4000	22.5000	23.2000	23.6000
62	275.9	23.5000	21.4000	20.8000	21.4000	22.8000	24.4000	25.7000	26.7000	27.3000
64	284.7	27.0000	24.6000	23.8000	24.4000	25.8000	27.7000	29.3000	30.5000	31.3000
66	293.6	31.0000	28.1000	27.1000	27.6000	29.2000	31.3000	33.2000	34.7000	35.7000
68	302.5	35.4000	32.1000	30.9000	31.3000	32.9000	35.2000	37.5000	39.3000	40.5000
70	311.4	40.3000	36.5000	35.0000	35.3000	37.0000	39.5000	42.1000	44.3000	45.9000
72	320.3	45.7000	41.4000	39.6000	39.8000	41.5000	44.2000	47.2000	49.8000	51.7000
74	329.2	51.7000	46.7000	44.6000	44.7000	46.4000	49.3000	52.7000	55.7000	58.0000
76	338.1	58.3000	52.6000	50.2000	50.1000	51.8000	54.9000	58.6000	62.1000	64.8000
78	347.0	65.5000	59.1000	56.3000	56.1000	57.7000	60.9000	65.0000	69.0000	72.3000
80	355.9	73.4000	66.2000	62.9000	62.5000	64.2000	67.5000	71.9000	76.4000	80.2000
82	364.8	82.0000	73.9000	70.2000	69.6000	71.2000	74.7000	79.4000	84.4000	88.8000
84	373.7	91.4000	82.4000	78.1000	77.3000	78.9000	82.4000	87.4000	93.0000	98.1000
86	382.6	102.0000	92.0000	87.0000	86.0000	87.0000	91.0000	96.0000	102.0000	108.0000
88	391.5	113.0000	102.0000	96.0000	95.0000	96.0000	100.0000	105.0000	112.0000	119.0000
90	400.4	125.0000	112.0000	106.0000	105.0000	106.0000	110.0000	115.0000	123.0000	130.0000

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993

Tabla 6.3.14 Factor equivalente de carga para eje tridem pt=2.5

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tridem), Pt=2.5										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
2	8.9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	17.8	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
6	26.7	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
8	35.6	0.0030	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
10	44.5	0.0060	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
12	53.4	0.0110	0.0100	0.0100	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090
14	62.3	0.0200	0.0180	0.0170	0.0170	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160	0.0160
16	71.2	0.0330	0.0300	0.0290	0.0280	0.0270	0.0270	0.0270	0.0270	0.0270
18	80	0.0530	0.0480	0.0450	0.0440	0.0440	0.0430	0.0430	0.0430	0.0430
20	89	0.0800	0.0730	0.0690	0.0670	0.0660	0.0660	0.0660	0.0660	0.0660
22	97.9	0.1160	0.1070	0.1010	0.0990	0.0980	0.0970	0.0970	0.0970	0.0970
24	106.8	0.1630	0.1510	0.1440	0.1410	0.1390	0.1390	0.1380	0.1380	0.1380
26	115.7	0.2220	0.2090	0.2000	0.1950	0.1940	0.1930	0.1920	0.1920	0.1920
28	124.6	0.2950	0.2810	0.2710	0.2650	0.2630	0.2620	0.2620	0.2620	0.2620
30	133.5	0.3840	0.3710	0.3590	0.3540	0.3510	0.3500	0.3490	0.3490	0.3490
32	142.4	0.4900	0.4800	0.4680	0.4630	0.4600	0.4590	0.4580	0.4580	0.4580
34	151.3	0.6160	0.6090	0.6010	0.5960	0.5940	0.5930	0.5920	0.5920	0.5920
36	160	0.7650	0.7620	0.7590	0.7570	0.7560	0.7550	0.7550	0.7550	0.7550
38	169.1	0.9390	0.9410	0.9460	0.9480	0.9500	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510
40	178	1.1400	1.1500	1.1600	1.1700	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800	1.1800
42	186.9	1.3800	1.3800	1.4100	1.4400	1.4500	1.4600	1.4600	1.4600	1.4600
44	195.8	1.6500	1.6500	1.7000	1.7400	1.7700	1.7800	1.7800	1.7800	1.7900
46	204.7	1.9700	1.9600	2.0300	2.0900	2.1300	2.1500	2.1600	2.1600	2.1600
48	213.6	2.3400	2.3100	2.4000	2.4900	2.5500	2.5800	2.5900	2.6000	2.6000
50	222.5	2.7600	2.7100	2.8100	2.9400	3.0200	3.0700	3.0900	3.1000	3.1100

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993)

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tridem), Pt=2.5										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
52	231.4	3.2400	3.1500	3.2700	3.4400	3.5600	3.6200	3.6600	3.6800	3.6800
54	240.3	3.7900	3.6600	3.7900	4.0000	4.1600	4.2600	4.3000	4.3300	4.3400
56	249.2	4.4100	4.2300	4.3700	4.6300	4.8400	4.9700	5.0300	5.0700	5.0900
58	258.1	5.1200	4.8700	5.0000	5.3200	5.5900	5.7600	5.8500	5.9000	5.9300
60	267.0	5.9100	5.5900	5.7100	6.0800	6.4200	6.6400	6.7700	6.8400	6.8700
62	275.9	6.8000	6.3900	6.5000	6.9100	7.3300	7.6200	7.7900	7.8800	7.9300
64	284.7	7.7900	7.2900	7.3700	7.8200	8.3300	8.7000	8.9200	9.0400	9.1100
66	293.6	8.9000	8.2800	8.3300	8.8300	9.4200	9.8800	10.1700	10.3300	10.4200
68	302.5	10.1000	9.4000	9.4000	9.9000	10.6000	11.2000	11.5000	11.7000	11.9000
70	311.4	11.5000	10.6000	10.6000	11.1000	11.9000	12.6000	13.0000	13.3000	13.5000
72	320.3	13.0000	12.0000	11.8000	12.4000	13.3000	14.1000	14.7000	15.0000	15.2000
74	329.2	14.6000	13.5000	13.2000	13.8000	14.8000	15.8000	16.5000	16.9000	17.1000
76	338.1	16.5000	15.1000	14.8000	15.4000	16.5000	17.6000	18.4000	18.9000	19.2000
78	347.0	18.5000	16.9000	16.5000	17.1000	18.2000	19.5000	20.5000	21.1000	21.5000
80	355.9	20.6000	18.8000	18.3000	18.9000	20.2000	21.6000	22.7000	23.5000	24.0000
82	364.8	23.0000	21.0000	20.3000	20.9000	22.2000	23.8000	25.2000	26.1000	26.7000
84	373.7	25.6000	23.3000	22.5000	23.1000	24.5000	26.2000	27.8000	28.9000	29.6000
86	382.6	28.4000	25.8000	24.9000	25.4000	26.9000	28.8000	30.5000	31.9000	32.8000
88	391.5	31.5000	28.6000	27.5000	27.9000	29.4000	31.5000	33.5000	35.1000	36.1000
90	400.4	34.8000	31.5000	30.3000	30.7000	32.2000	34.4000	36.7000	38.5000	39.8000

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993)

Tabla 6.3.15 Factor de equivalencia de carga para ejes simples pt=3

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Simples), Pt=3.0										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (25.4mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
2	8.9	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	17.8	0.0030	0.0030	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
6	26.7	0.0140	0.0120	0.0110	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
8	35.6	0.0450	0.0380	0.0340	0.0330	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320
10	44.5	0.1110	0.0950	0.0870	0.0830	0.0810	0.0810	0.0800	0.0800	0.0800
12	53.4	0.2280	0.2020	0.1860	0.1790	0.1760	0.1740	0.1740	0.1740	0.1730
14	62.3	0.4080	0.3780	0.3550	0.3440	0.3400	0.3370	0.3370	0.3360	0.3360
16	71.2	0.6600	0.6400	0.6190	0.6080	0.6030	0.6000	0.5990	0.5990	0.5990
18	80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	89	1.4600	1.4700	1.5200	1.5500	1.5700	1.5800	1.5800	1.5900	1.5900
22	97.9	2.0700	2.0600	2.1800	2.2900	2.3500	2.3800	2.4000	2.4100	2.4100
24	106.8	2.9000	2.8100	3.0000	3.2300	3.3800	3.4700	3.5100	3.5300	3.5400
26	115.7	4.0000	3.7700	4.0100	4.4000	4.7000	4.8700	4.9600	5.0100	5.0400
28	124.6	5.4300	4.9900	5.2300	5.8000	6.3100	6.6500	6.8300	6.9300	6.9800
30	133.5	7.2700	6.5300	6.7200	7.4600	8.2500	8.8300	9.1700	9.3600	9.4600
32	142.4	9.5900	8.4700	8.5300	9.4200	10.5400	11.4400	12.0300	12.3700	12.5600
34	151.3	12.5000	10.9000	10.7000	11.7000	13.2000	14.5000	15.5000	16.0000	16.4000
36	160	16.0000	13.8000	13.4000	14.4000	16.2000	18.1000	19.5000	20.4000	21.0000
38	169.1	20.4000	17.4000	16.7000	17.7000	19.8000	22.2000	24.2000	25.6000	26.4000
40	178	25.6000	21.8000	20.6000	21.5000	23.8000	26.8000	29.5000	31.5000	32.9000
42	186.9	31.8000	26.9000	25.3000	26.0000	28.5000	32.0000	35.5000	38.4000	40.3000
44	195.8	39.2000	33.1000	30.8000	31.3000	33.9000	37.9000	42.3000	46.1000	48.8000
46	204.7	47.8000	40.3000	37.2000	37.5000	40.1000	44.5000	49.8000	54.7000	58.5000
48	213.6	57.9000	48.6000	44.8000	44.7000	47.3000	52.1000	58.2000	64.3000	69.4000
50	222.5	69.6000	58.4000	53.6000	53.1000	55.6000	60.6000	67.6000	75.0000	81.4000

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993).

Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Rígidos (Ejes Tándem), Pt=3.0										
Carga por Eje		Numero Estructural (SN)								
KLB	KN	6plg (152.4mm)	7plg (177.8mm)	8plg (203.2mm)	9plg (228.6mm)	10plg (254mm)	11plg (279.4mm)	12plg (304.8mm)	13plg (330.2mm)	14plg (355.6mm)
2	8.9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	17.8	0.0007	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	26.7	0.0030	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
8	35.6	0.0080	0.0060	0.0060	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
10	44.5	0.0180	0.0150	0.0130	0.0130	0.0130	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120
12	53.4	0.0360	0.0300	0.0270	0.0260	0.0260	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
14	62.3	0.0660	0.0560	0.0500	0.0480	0.0470	0.0470	0.0470	0.0470	0.0470
16	71.2	0.1110	0.0950	0.0870	0.0830	0.0810	0.0810	0.0810	0.0800	0.0800
18	80	0.1740	0.1530	0.1400	0.1350	0.1320	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310
20	89	0.2600	0.2340	0.2170	0.2090	0.2050	0.2040	0.2030	0.2030	0.2030
22	97.9	0.3680	0.3410	0.3210	0.3110	0.3070	0.3050	0.3040	0.3030	0.3030
24	106.8	0.5020	0.4790	0.4580	0.4470	0.4430	0.4400	0.4400	0.4390	0.4390
26	115.7	0.6640	0.6510	0.6340	0.6250	0.6210	0.6190	0.6180	0.6180	0.6180
28	124.6	0.8590	0.8570	0.8530	0.8510	0.8500	0.8500	0.8500	0.8490	0.8490
30	133.5	1.0900	1.1000	1.1200	1.1300	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400	1.1400
32	142.4	1.3800	1.3800	1.4400	1.4700	1.4900	1.5000	1.5100	1.5100	1.5100
34	151.3	1.7200	1.7100	1.8000	1.8800	1.9300	1.9500	1.9600	1.9700	1.9700
36	160	2.1300	2.1000	2.2300	2.3600	2.4500	2.4900	2.5100	2.5200	2.5200
38	169.1	2.6200	2.5400	2.7100	2.9200	3.0600	3.1300	3.1700	3.1900	3.2000
40	178	3.2100	3.0500	3.2600	3.5500	3.7600	3.8900	3.9500	3.9800	4.0000
42	186.9	3.9000	3.6500	3.8700	4.2600	4.5800	4.7700	4.8700	4.9200	4.9500
44	195.8	4.7200	4.3500	4.5700	5.0600	5.5000	5.7800	5.9400	6.0200	6.0600
46	204.7	5.6800	5.1600	5.3600	5.9500	6.5400	6.9400	7.1700	7.2900	7.3600
48	213.6	6.8000	6.1000	6.2500	6.9300	7.6900	8.2400	8.5700	8.7600	8.8600
50	222.5	8.0900	7.1700	7.2600	8.0300	8.9600	9.7000	10.1700	10.4300	10.5800

Fuente: (AASHTO, Diseño de Estructuras de Pavimento, 1993).

ANEXOS DEL CAPITULO II

ESTUDIO DE SUELOS.

Tabla 10.2.4: Clasificación de suelos según AASHTO.

Clasificación General		Materiales Granulares que el 35% o menos del total pasa el tamiz N° 200							Materiales Limo – Arcillosos más del 35% del total pasa el tamiz N°200				
Clasificación de Grupo		A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
		A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
% Que Pasa Tamiz N°	10	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	30 máx.	50 máx.	51 min.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
	Limite Líquido (LL)	-	-	-	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	41 min.
Límites de Atterberg	Índice Plástico (IP)	6 máx.	6 máx.	N.P.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	11 min.
	Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	20 máx.
Características del Material		Fragmentos de Grava, Arena y Piedra		Arena Fina	Limo Arcilloso, Gravilla y Arena				Suelo Limoso		Suelo Arcilloso		
Calificación		Excelente a Bueno							Regular a Malo				

Fuente: Road Administration Classification System (ASTM D – 3282).

Estudio de Suelos.

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

Tabla 10.2.6 RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS SONDEOS MANUALES

Estación (km)	Desviación (m)	Profundidad (cm)	Espesor del Estrato (cm)	Muestra Nº	% Que Pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	Clasificación H.B.R.	Descripción del Suelo
					Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200				
Sondeo Nº 1												
		0- 35	40	1	82	66	24	8	23	6	A - 1-b (0)	Fragmento de grava, piedra y arena.
	1.50 Izquierda	35 - 55	15	2	90	83	66	42	35	7	A - 4 (1)	Suelo limosos
		55 - 75	20	3	78	69	50	37	34	13	A - 6 (1)	Suelo arcilloso
		75- 150	75	4	84	74	36	15	24	1	A - 1 - b (0)	Fragmento de grava, piedra y arena.
Sondeo Nº 2												
0+ 200	1.50 Derecha	0 - 68	60	5	73	52	14	4	24	5	A - 1 - b (0)	Fragmento de grava, piedra y arena.
		68- 130	37	6	80	72	52	36	34	11	A - 6 (0)	Suelo arcilloso
		130 - 150	53	7	94	88	69	50	38	13	A - 6 (4)	Suelo arcilloso
Sondeo Nº 3												
0+ 300	1.50 Izquierda	36 - 65	61	8	81	66	31	17	22	4	A - 1 - b (0)	Fragmento de grava, piedra y arena.
		65- 150	89	9	92	84	60	54	39	15	A - 6(1)	Suelo arcilloso

Continuación de la tabla anterior.
INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

Tabla 10.2.6 .RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS
SONDEOS MANUALES

Estación (km)	Desviación (m)	Profundidad (cm)	Espesor del Estrato (cm)	Muestra Nº	% Que Pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	Clasificación H.B.R.	Descripción del Suelo
					Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200				
Sondeo Nº 4												
	1.50 Izquierda	0 - 47	60	10	76	46	16	6	20	4	A - 1 - a (0)	Fragmento de grava, piedra y arena.
		47 - 85	35	11	93	82	66	57	42	13	A - 7-5 (6)	Suelo arcilloso
		75- 150	55	12	96	80	51	42	35	10	A - 4-(1)	Suelo limoso
Sondeo Nº 5												
0+ 420	1.50 Derecha	0 - 66	68	13	72	54	12	6	24	5	A - 1 - b (0)	Fragmento de grava, piedra y arena.
		66 - 150	82	14	75	67	50	35	34	13	A - 6 (1)	Suelo arcilloso
Sondeo Nº 6												
0+ 500	1.50 Izquierda	0 - 75	82	15	81	66	31	17	22	6	A - 1 - a (0)	Fragmento de grava, piedra y arena.
		75- 150	68	16	92	77	45	24	39	4	A - 4 (1)	Suelo limoso

Tabla 10.2.7 Informe de pruebas de CBR para la muestra N° 1.

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

Muestra N° 1

Análisis Granulométrico del Material.								
% Que Pasa Tamiz						L.L.	I.P.	Clasificación H.B.R.
3/4	3/8	N° 4	N°10	N° 40	N° 200			
93	85	82	66	24	8	23	6	A - 1 - b (0)

Prueba Próctor Estándar	
Peso Volumétrico Seco Máximo	1780 Kg/m ³
Humedad Optima	9.2 %

Pruebas C.B.R. Saturado			
Método de Compactación Empleado	Dinámica		
	% de Compactación	90	95
Peso Volumétrico Seco (Kg/m ³)	1520	1635	1725
C.B.R. Saturado	30	53	76
% Hinchamiento	0.06	0.03	0.02
Tiempo de Saturación (Hrs)	96	96	96

Fuente: Ingeniería de Materiales y Suelos. IMS

Tabla 10.2.8 Informe de pruebas de CBR para la muestra N° 10.

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

Muestra N° 11

Análisis Granulométrico del Material.								
% Que Pasa Tamiz						L.L.	I.P.	Clasificación H.B.R.
3/4	3/8	N° 4	N°10	N° 40	N° 200			
-	-	93	82	66	57	42	13	A - 7 - 5 (6)

Prueba Próctor Estándar	
Peso Volumétrico Seco Máximo	1450 Kg/m ³
Humedad Optima	28 %

Pruebas C.B.R. Saturado			
Método de Compactación Empleado	Dinámica		
	% de Compactación	90	95
Peso Volumétrico Seco (Kg/m ³)	1190	1285	1350
C.B.R. Saturado	5	7	9
% Hinchamiento	0.07	0.06	0.04
Tiempo de Saturación (Hrs)	96	96	96

Fuente: Ingeniería de Materiales y Suelos. IMS.

Tabla 10.2.9 Informe de pruebas de CBR para la muestra N° 13.

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

Muestra N° 13

Análisis Granulométrico del Material.								
% Que Pasa Tamiz						L.L.	I.P.	Clasificación H.B.R.
3/4	3/8	N° 4	N°10	N° 40	N° 200			
-	-	96	80	51	42	35	10	A - 4 (1)

Prueba Próctor Estándar	
Peso Volumétrico Seco Máximo	1560 Kg/m ³
Humedad Optima	17%

Pruebas C.B.R. Saturado			
Método de Compactación Empleado	Dinámica		
% de Compactación	90	95	100
Peso Volumétrico Seco (Kg/m ³)	1250	1370	1480
C.B.R. Saturado	15	22	30
% Hinchamiento	0.02	0.03	0.02
Tiempo de Saturación (Hrs)	96	96	96

Fuente: Ingeniería de Materiales y Suelos. IMS.

Tabla 10.2.10 Informe de pruebas de CBR para la muestra N° 14.

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

Muestra N° 14

Análisis Granulométrico del Material.								
% Que Pasa Tamiz						L.L.	I.P.	Clasificación H.B.R.
3/4	3/8	N° 4	N°10	N° 40	N° 200			
96	83	72	54	12	6	24	5	A - 1 - b (0)

Prueba Próctor Estándar	
Peso Volumétrico Seco Máximo	1720 Kg/m ³
Humedad Optima	15.5 %

Pruebas C.B.R. Saturado			
Método de Compactación Empleado	Dinámica		
	% de Compactación	90	95
Peso Volumétrico Seco (Kg/m ³)	1400	1585	1675
C.B.R. Saturado	50	75	99
% Hinchamiento	0.03	0.02	0.007
Tiempo de Saturación (Hrs)	96	96	96

Fuente: Ingeniería de Materiales y Suelos.

ESTUDIO DE TRANSITO.

Tabla 10.2.11 Clasificación funcional del sistema vial para el área de municipio de Managua.

SISTEMA DE TRAVESÍA	Es un sistema de vías compuesto por una calzada dividida por la mediana; de acceso totalmente controlado, de varios carriles, que presta servicio a grandes volúmenes de tráfico de vehículos interurbanos, los cuales viajan a velocidad relativamente alta y Realizan viajes de considerable longitud.
SISTEMA DISTRIBUIDOR PRIMARIO	Es un sistema de vías de calzadas separadas por los sentidos de circulación de tráfico, con un rango de derecho de vía entre cuarenta y cien metros, de acceso controlado a las propiedades Adyacentes a la vía mediante calles marginales. Presta Servicio a grandes volúmenes de tráfico de vehículos que viajan a velocidad relativamente alta y realizan viajes de larga distancia a nivel urbano.
SISTEMA COLECTOR PRIMARIO	Es un sistema de vías con calzadas separadas por los sentidos de circulación del tráfico con un rango de derecho de vía entre veintisiete y treinta y nueve metros, con acceso directo a las Propiedades adyacentes a la vía. Presta servicio especialmente a las rutas de transporte urbano colectivo.
SISTEMA COLECTOR SECUNDARIO	Es un sistema de vías de calzada única con un rango de derecho de vía entre dieciocho y veintiséis metros con acceso directo a las propiedades adyacentes a la vía.
SISTEMA DE CALLES	Es un sistema de vías con un rango de derecho de vía entre catorce y diecisiete metros, con acceso directo a las propiedades adyacentes a la vía.
SISTEMA DE CALLEJONES	Es un sistema de vía con un rango de derecho de vía entre doce y trece metros, y que tiene como función permitir el acceso a las propiedades adyacentes al callejón, no teniendo continuidad a través del sistema.
SISTEMA DE VIAS RECREACIONALES	Es un sistema de vías cuya finalidad primordial es la circulación de tránsito de tipo recreacional y turístico, con bahías especiales para miradores, diseñadas para velocidades moderadas de circulación y con frecuentes intersecciones.

Fuente: Plan Regulador de Managua. Reglamento del Sistema Vial.

Tabla 10.2.12 Estimación de la Tasa de Crecimiento.

Indicadores Macroeconómicos y Población										
Parámetro	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TASA CREC IM. PROM	
PIB a precios de 1994 (tasa de crecimiento)	3.00	0.80	2.50	5.30	4.30	3.90	3.80	3.37	2.01	
Valor bruto de producción: Obras de ingeniería civil (millones de córdobas 1994)	1,093.90	747.80	825.00	1,046.70	974.60	697.80	696.40	868.88	0.99	
Compra de Bienes y Servicios Alcaldía de Managua (millones de córdobas 1994)	105.90	100.10	153.80	221.80	270.00	338.40	405.80	227.97	1.17	
Población de Managua	879,721.0 0	-	-	-	973,087.00	-	-	-	1.11	
		Tasa de Crecimiento a Considerar								1.32

**Fuente: Anuario de Estadísticas Económicas. Banco Central de Nicaragua 2008.
Instituto Nicaragüense Estadísticas y
Censos.**

Tabla10.2.26 Levantamiento Topográfico.

Levantamiento Topográfico.				
punto	coordenada x	coordenada y	elevación	descripción
1	574622.479	1339622.058	166.125	35
2	574623.211	1339622.001	166.014	35
3	574623.324	1339620.46	166.125	35
4	574623.641	1339618.438	166.261	35
5	574625.44	1339616.656	166.345	35
6	574626.95	1339615.66	166.355	35
7	574620.521	1339616.411	166.449	35
8	574619.416	1339613.318	166.6	35
9	574618.398	1339610.163	166.742	35
10	574616.297	1339604.515	167.031	35
11	574620.656	1339603.953	166.997	35
12	574622.241	1339607.3	166.893	35
13	574625.053	1339608.53	166.647	35
14	574623.925	1339620.435	166.127	21
15	574624.526	1339620.505	166.138	21
16	574624.259	1339620.979	166.198	20
17	574624.895	1339619.352	166.421	22
18	574623.671	1339619.743	166.329	37
19	574624.876	1339618.559	166.356	37
20	574624.938	1339619.2	166.335	37
21	574626.305	1339618.473	166.399	37
22	574628.323	1339617.053	166.514	37
23	574633.454	1339613.964	166.739	23
24	574644.683	1339611.394	166.945	23
25	574665.132	1339608.141	167.33	23
26	574624.681	1339604.749	166.987	32
27	574636.826	1339602.429	167.057	32
28	574637.411	1339604.233	167.034	32
29	574640.923	1339603.538	167.27	32
30	574639.805	1339606.316	166.977	38
31	574635.468	1339607.03	166.911	38

32	574635.324	1339606.042	166.972	38
33	574636.437	1339607.486	166.912	40
34	574636.279	1339606.188	166.982	40
35	574638.843	1339605.851	166.996	40
36	574639.043	1339607.176	166.956	40
37	574616.295	1339604.48	167.041	2
38	574616.451	1339604.46	167.006	2
39	574620.626	1339603.976	167.001	2
40	574621.729	1339607.725	166.766	2
41	574622.256	1339607.027	166.954	2
42	574624.939	1339608.725	166.646	2
43	574619.4	1339613.343	166.6	2
44	574619.57	1339613.311	166.548	2
45	574622.453	1339622.036	166.123	2
46	574622.647	1339621.96	166.04	2
47	574623.242	1339621.711	166.005	2
48	574624.195	1339617.203	166.306	2
49	574626.953	1339615.753	166.329	2
50	574628.828	1339617.049	166.496	2
51	574631.498	1339615.775	166.468	2
52	574630.72	1339614.386	166.457	2
53	574630.475	1339614.043	166.398	2
54	574630.431	1339613.884	166.51	2
55	574629.208	1339611.019	166.638	2
56	574628.513	1339608.743	166.674	2
57	574628.309	1339606.431	166.843	2
58	574628.106	1339604.741	166.91	2
59	574648.394	1339600.937	168.244	2
60	574648.708	1339601.868	167.64	2
61	574648.961	1339602.763	167.185	2
62	574649.038	1339604.274	167.174	2
63	574649.064	1339607.153	167.168	2
64	574649.339	1339609.8	166.979	2
65	574650.245	1339611.859	166.948	2
66	574668.923	1339607.575	167.506	2
67	574668.609	1339606.385	167.295	2
68	574667.848	1339604.035	167.377	2
69	574667.181	1339601.6	167.367	2

70	574666.637	1339599.668	167.65	2
71	574666.259	1339598.044	167.745	2
72	574685.221	1339593.843	167.642	2
73	574686.016	1339595.773	167.55	2
74	574686.679	1339597.806	167.419	2
75	574686.984	1339600.049	167.462	2
76	574687.539	1339602.647	167.385	2
77	574687.863	1339604.658	167.398	2
78	574708.097	1339601.194	167.556	2
79	574707.855	1339599.323	167.474	2
80	574707.162	1339596.513	167.56	2
81	574706.782	1339594.346	167.526	2
82	574706.733	1339592.584	167.808	2
83	574630.28	1339614.655	166.442	35
84	574628.396	1339608.624	166.68	35
85	574639.77	1339611.994	166.745	35
86	574638.063	1339605.986	166.993	35
87	574648.496	1339604.29	167.174	35
88	574649.835	1339609.784	167.006	35
89	574657.937	1339602.897	167.336	35
90	574659.51	1339608.146	167.14	35
91	574666.975	1339601.372	167.411	35
92	574668.517	1339606.511	167.276	35
93	574676.727	1339599.483	167.443	35
94	574677.944	1339604.748	167.37	35
95	574686.521	1339597.867	167.477	35
96	574687.748	1339602.863	167.419	35
97	574696.303	1339596.182	167.541	35
98	574697.253	1339601.201	167.5	35
99	574695.911	1339603.357	167.831	23
100	574726.554	1339598.422	167.5	23
101	574707.237	1339599.522	167.534	35
102	574706.309	1339594.473	167.564	35
103	574716.287	1339598.28	167.478	35
104	574715.271	1339592.927	167.604	35
105	574725.134	1339596.799	167.365	35
106	574724.223	1339591.129	167.566	35
107	574733.074	1339596.041	167.117	35

108	574732.575	1339589.73	167.477	35
109	574739.262	1339588.649	167.347	35
110	574746.286	1339588.065	167.081	35
111	574748.29	1339594.825	166.659	35
112	574738.837	1339590.118	167.393	1
113	574724.362	1339590.31	167.671	2
114	574724.43	1339586.949	167.798	2
115	574724.551	1339591.292	167.527	2
116	574724.649	1339593.735	167.536	2
117	574724.964	1339596.633	167.363	2
118	574725.162	1339597.957	167.469	2
119	574725.212	1339598.656	167.641	2
120	574732.627	1339596.535	167.186	2
121	574732.799	1339595.574	167.198	2
122	574735.278	1339598.566	167.147	2
123	574735.426	1339597.581	167.15	2
124	574735.387	1339596.735	167.006	2
125	574735.301	1339594.785	167.154	2
126	574734.749	1339591.94	167.399	2
127	574734.296	1339589.443	167.432	2
128	574734.174	1339588.939	167.508	2
129	574733.951	1339587.377	167.504	2
130	574733.763	1339585.284	167.53	2
131	574744.882	1339584.72	167.127	2
132	574745.393	1339587.153	166.979	2
133	574745.748	1339588.669	167.154	2
134	574747.01	1339591.336	167.102	2
135	574742.631	1339591.976	167.131	2
136	574742.204	1339592.379	167.157	2
137	574747.805	1339594.718	166.718	2
138	574748.832	1339596.999	166.323	2
139	574740.234	1339594.896	166.89	2
140	574751.92	1339596.346	166.613	2
141	574749.611	1339596.827	166.224	2
142	574748.824	1339597.069	166.333	2
143	574746.389	1339597.651	166.355	2
144	574743.595	1339598.563	166.334	2
145	574740.299	1339599.507	166.255	2

146	574739.915	1339599.632	166.374	2
147	574738.733	1339599.935	166.836	2
148	574737.793	1339597.948	166.706	2
149	574737.46	1339598.743	166.916	2
150	574736.004	1339599.747	167.102	2
151	574736.531	1339600.639	166.747	2
152	574734.344	1339597.376	167.34	4
153	574738.462	1339599.995	166.843	23
154	574742.91	1339611.419	165.321	23
155	574740.711	1339602.786	165.997	21
156	574751.852	1339594.339	166.901	2
157	574751.868	1339594.103	166.863	2
158	574751.251	1339590.83	167.193	2
159	574750.685	1339587.497	167.415	2
160	574750.714	1339587.142	167.075	2
161	574749.844	1339584.192	166.804	2
162	574759.503	1339583.996	168.086	2
163	574759.989	1339585.903	167.859	2
164	574760.092	1339586.146	167.733	2
165	574760.564	1339588.371	167.664	2
166	574761.198	1339591.598	167.647	2
167	574761.267	1339592.328	167.697	2
168	574761.67	1339593.649	167.487	2
169	574761.858	1339594.408	167.305	2
170	574749.029	1339596.127	166.412	35
171	574734.538	1339596.337	167.052	35
172	574737.161	1339597.649	166.807	35
173	574740.127	1339599.683	166.32	35
174	574742.201	1339601.733	165.941	35
175	574745.579	1339609.239	165.108	35
176	574751.018	1339607.248	165.333	35
177	574748.23	1339618.832	164.464	35
178	574754.042	1339617.069	164.736	35
179	574757.206	1339625.997	164.408	35
180	574751.325	1339628.141	164.172	35
181	574759.283	1339631.888	164.22	35
182	574753.492	1339634.3	163.993	35
183	574761.585	1339634.24	164.165	35

184	574763.697	1339634.762	164.237	35
185	574754.436	1339637.012	163.91	35
186	574766.869	1339635.147	164.358	35
187	574767.134	1339641.557	164.221	35
188	574767.121	1339641.517	164.219	34
189	574766.947	1339635.21	164.359	34
190	574764.237	1339641.748	164.078	35
191	574762.536	1339642.509	164.002	35
192	574761.876	1339644.182	164.003	35
193	574762.158	1339645.663	163.932	35
194	574757.479	1339647.011	163.653	35
195	574765.536	1339654.699	163.736	35
196	574760.709	1339656.739	163.537	35
197	574769.816	1339663.503	163.444	35
198	574764.903	1339666.052	163.401	35
199	574760.411	1339657.375	163.611	2
200	574761.031	1339657.064	163.491	2
201	574763.009	1339655.788	163.67	2
202	574765.485	1339654.668	163.738	2
203	574766.22	1339654.166	163.921	2
204	574762.871	1339645.396	164.283	2
205	574761.969	1339645.643	163.929	2
206	574759.672	1339646.307	163.861	2
207	574757.614	1339647.068	163.633	2
208	574757.004	1339647.284	163.764	2
209	574762.605	1339643.756	164.356	2
210	574761.898	1339642.971	164.012	2
211	574764.232	1339641.721	164.085	2
212	574767.208	1339641.634	164.393	2
213	574767.185	1339641.544	164.232	2
214	574766.812	1339638.687	164.263	2
215	574766.818	1339635.156	164.507	2
216	574766.879	1339635.184	164.355	2
217	574763.294	1339638.55	164.07	2
218	574762.551	1339634.512	164.18	2
219	574761.983	1339633.372	164.434	2
220	574761.326	1339633.985	164.158	2
221	574760.064	1339635.017	164.173	2

222	574757.234	1339635.932	164.094	2
223	574754.906	1339636.79	163.947	2
224	574754.52	1339637.021	163.913	2
225	574753.922	1339637.337	164.118	2
226	574760.505	1339638.701	164.097	2
227	574758.075	1339639.01	164.037	2
228	574755.461	1339639.644	163.819	2
229	574754.923	1339639.836	163.995	2
230	574754.074	1339640.024	164.037	2
231	574747.761	1339618.654	164.512	2
232	574748.284	1339618.442	164.473	2
233	574748.821	1339618.224	164.545	2
234	574751.574	1339617.625	164.745	2
235	574753.647	1339616.876	164.777	2
236	574754.077	1339616.748	164.75	2
237	574754.789	1339616.515	164.822	2
238	574755.966	1339639.087	163.9	1
239	574787.733	1339692.713	161.966	1
240	574752.864	1339636.16	164.175	21
241	574753.052	1339638.928	163.959	18
242	574751.29	1339633.975	164.167	18
243	574767.339	1339641.907	164.404	18
244	574756.4	1339650.151	163.7	18
245	574754.369	1339642.906	163.962	23
246	574773.929	1339641.375	164.445	23
247	574762.333	1339634.121	164.228	4
248	574764.031	1339634.79	164.211	15
249	574763.997	1339634.776	164.356	15
250	574764.239	1339641.722	164.071	15
251	574764.301	1339641.778	164.191	15
252	574769.344	1339635.42	164.462	15
253	574769.337	1339635.368	164.622	15
254	574770.76	1339635.436	164.508	15
255	574770.76	1339635.385	164.675	15
256	574792.392	1339634.054	164.657	15
257	574792.393	1339634.019	164.83	15
258	574792.66	1339639.994	164.414	15
259	574792.679	1339640.044	164.553	15

260	574801.936	1339633.933	164.506	15
261	574801.939	1339633.906	164.68	15
262	574802.801	1339639.423	164.269	15
263	574802.806	1339639.433	164.398	15
264	574813.097	1339632.943	164.293	15
265	574813.091	1339632.858	164.426	15
266	574813.196	1339638.831	164.059	15
267	574813.214	1339638.867	164.186	15
268	574841.812	1339632.318	163.492	15
269	574841.765	1339632.249	163.67	15
270	574855.748	1339631.689	162.88	15
271	574855.741	1339631.649	163.011	15
272	574858.068	1339637.379	162.534	15
273	574858.032	1339637.449	162.74	15
274	574872.232	1339630.833	162.17	15
275	574872.237	1339630.767	162.338	15
276	574872.763	1339636.781	161.902	15
277	574872.804	1339636.78	162.041	15
278	574886.179	1339630.104	161.544	15
279	574886.172	1339630.068	161.668	15
280	574887.157	1339635.977	161.206	15
281	574887.155	1339636.007	161.281	15
282	574886.07	1339630.1	161.548	34
283	574886.637	1339636.029	161.236	34
284	574769.805	1339675.1	163.03	35
285	574774.351	1339671.558	163.162	35
286	574774.759	1339671.298	163.206	21
287	574770.796	1339675.788	163.005	11
288	574774.817	1339673.507	163.087	11
289	574771.416	1339677.182	162.954	11
290	574775.476	1339674.427	163.017	11
291	574775.604	1339684.799	162.694	23
292	574775.739	1339683.862	162.654	35
293	574780.177	1339681.134	162.641	35
294	574782.242	1339692.77	161.93	35
295	574786.274	1339690.033	162.083	35
296	574790.313	1339694.269	161.793	35
297	574790.795	1339694.639	161.752	20

298	574788.737	1339701.187	161.308	35
299	574792.612	1339698.025	161.499	35
300	574794.665	1339709.294	160.761	35
301	574798.544	1339706.302	160.87	35
302	574800.792	1339717.791	160.105	35
303	574805.106	1339715.092	160.295	35
304	574806.662	1339726.312	159.864	35
305	574811.41	1339723.687	159.534	35
306	574807.975	1339729.153	159.662	19
307	574815.219	1339728.917	159.312	21
308	574806.362	1339727.533	159.908	40
309	574800.04	1339718.607	160.296	22
310	574811.496	1339734.371	159.204	18
311	574812.533	1339735.249	159.192	35
312	574817.048	1339732.313	159.232	35
313	574817.719	1339743.374	158.324	35
314	574822.103	1339739.847	158.489	35
315	574823.237	1339751.146	157.83	35
316	574827.821	1339747.779	157.831	35
317	574829.91	1339759.959	157.347	35
318	574833.936	1339756.836	157.278	35
319	574829.5	1339759.229	157.397	11
320	574828.86	1339758.617	157.438	11
321	574832.461	1339756.221	157.32	11
322	574832.933	1339756.917	157.316	11
323	574829.291	1339760.711	157.28	2
324	574830.01	1339760.245	157.248	2
325	574830.088	1339760.197	157.339	2
326	574831.587	1339758.724	157.367	2
327	574833.29	1339757.26	157.313	2
328	574833.364	1339757.17	157.253	2
329	574834.091	1339756.624	157.328	2
330	574830.066	1339759.986	157.355	1
331	574821.695	1339736.585	158.907	4
332	574763.607	1339666.763	163.769	2
333	574764.903	1339666.018	163.399	2
334	574767.169	1339664.746	163.455	2
335	574769.503	1339663.466	163.426	2

336	574770.392	1339663.062	163.655	2
337	574774.879	1339684.588	162.992	2
338	574775.648	1339683.811	162.639	2
339	574778.185	1339682.294	162.727	2
340	574779.902	1339681.285	162.668	2
341	574781.246	1339680.45	162.651	2
342	574793.285	1339697.769	161.516	2
343	574792.533	1339698.387	161.508	2
344	574790.479	1339699.767	161.55	2
345	574788.939	1339700.983	161.422	2
346	574788.471	1339701.174	161.218	2
347	574788.08	1339701.407	161.364	2
348	574787.521	1339701.88	161.298	2
349	574799.991	1339718.864	160.199	2
350	574800.877	1339718.339	160.04	2
351	574801.416	1339718.093	160.183	2
352	574803.162	1339716.639	160.303	2
353	574805.215	1339715.254	160.29	2
354	574805.585	1339715.182	160.327	2
355	574812.181	1339735.353	159.237	2
356	574812.838	1339734.845	159.222	2
357	574813.399	1339734.564	159.063	2
358	574815.092	1339733.625	159.178	2
359	574817.152	1339732.627	159.222	2
360	574819.458	1339730.678	158.951	2
361	574835.38	1339758.529	157.214	35
362	574837.274	1339759.799	157.136	35
363	574832.066	1339762.913	157.157	35
364	574834.372	1339764.669	157.07	35
365	574837.87	1339766.178	156.956	35
366	574841.263	1339761.472	157.084	35
367	574839.901	1339761.205	157.098	11
368	574841.243	1339761.669	157.074	11
369	574839.382	1339766.289	156.977	11
370	574837.959	1339765.763	157.029	11
371	574842.293	1339759.604	157.255	2
372	574841.799	1339761.134	157.06	2
373	574840.796	1339764.068	157.018	2

374	574839.742	1339766.302	156.982	2
375	574839.71	1339766.47	156.922	2
376	574839.471	1339767.413	156.955	2
377	574838.257	1339758.27	157.295	2
378	574836.583	1339759.681	157.177	2
379	574835.178	1339761.789	157.2	2
380	574833.733	1339763.938	157.165	2
381	574832.479	1339765.122	157.205	2
382	574833.567	1339764.178	157.111	2
383	574833.996	1339765.298	157.12	19
384	574836.084	1339758.021	157.246	19
385	574848.14	1339768.716	156.792	35
386	574850.187	1339764.2	156.799	35
387	574857.837	1339771.462	156.508	35
388	574859.634	1339767.378	156.688	35
389	574832.922	1339766.075	157.144	30
390	574855.58	1339771.152	156.652	30
391	574857.166	1339771.732	156.716	2
392	574857.381	1339771.344	156.522	2
393	574858.5	1339769.19	156.686	2
394	574859.097	1339767.358	156.719	2
395	574859.115	1339767.211	156.706	2
396	574859.715	1339765.335	156.817	2
397	574866.12	1339774.718	156.349	35
398	574867.781	1339770.077	156.553	35
399	574875.58	1339778.039	156.2	35
400	574876.709	1339772.762	156.324	35
401	574875.264	1339779.408	156.221	2
402	574875.641	1339777.883	156.207	2
403	574876.136	1339775.998	156.298	2
404	574876.725	1339772.919	156.352	2
405	574877.026	1339771.528	156.363	2
406	574877.213	1339778.477	156.207	8
407	574877.114	1339779.842	156.167	15
408	574877.176	1339779.892	156.359	15
409	574879.061	1339780.526	156.087	14
410	574879.145	1339780.061	156.074	14
411	574886.327	1339781.129	156.066	14

412	574886.321	1339780.565	156.068	14
413	574879.243	1339780.722	156.082	15
414	574879.22	1339780.797	156.302	15
415	574877.191	1339778.463	156.212	1
416	574875.92	1339779.978	156.213	15
417	574875.947	1339780.011	156.423	15
418	574874.369	1339781.547	156.276	15
419	574874.41	1339781.578	156.47	15
420	574880.16	1339782.799	156.077	15
421	574880.153	1339782.823	156.288	15
422	574884.776	1339783.197	156.084	15
423	574884.787	1339783.204	156.273	15
424	574885.926	1339781.332	156.067	15
425	574885.985	1339781.369	156.277	15
426	574888.664	1339780.518	156.042	15
427	574888.657	1339780.551	156.305	15
428	574885.67	1339774.141	156.226	35
429	574885.515	1339780.538	156.07	35
430	574896.194	1339773.749	156.205	35
431	574896.09	1339772.829	156.264	2
432	574896.375	1339776.537	156.173	2
433	574896.591	1339779.628	156.009	2
434	574896.726	1339779.732	156.248	2
435	574906.432	1339772.436	156.238	35
436	574916.436	1339770.895	156.229	35
437	574916.419	1339769.501	156.384	2
438	574916.546	1339770.763	156.222	2
439	574917.17	1339773.621	156.113	2
440	574917.496	1339777.357	155.971	2
441	574917.514	1339777.455	156.176	2
442	574919.528	1339777.168	155.952	15
443	574919.532	1339777.205	156.131	15
444	574920.815	1339769.696	156.233	35
445	574921.301	1339768.664	156.339	35
446	574931.231	1339775.337	155.817	15
447	574931.234	1339775.376	155.988	15
448	574937.324	1339774.794	155.764	15
449	574937.314	1339774.785	155.938	15

450	574942.522	1339775.599	155.775	15
451	574942.515	1339775.604	155.919	15
452	574944.335	1339777.753	155.688	15
453	574944.322	1339777.747	155.824	15
454	574948.242	1339773.03	155.93	1
455	574944.695	1339772.056	155.941	8
456	574920.56	1339768.84	156.382	33
457	574893.476	1339773.17	156.275	33
458	574891.851	1339773.236	156.304	33
459	574868.962	1339769.499	156.555	33
460	574869.803	1339770.038	156.632	21
461	574870.289	1339770.35	156.567	20
462	574871.708	1339770.551	156.544	20
463	574870.847	1339770.057	156.637	18
464	574922.486	1339763.778	156.412	35
465	574929.911	1339765.32	156.19	35
466	574929.893	1339765.048	156.199	35
467	574934.777	1339766.42	156.143	35
468	574941.577	1339764.727	156.147	35
469	574942.05	1339764.158	156.165	35
470	574932.959	1339765.871	156.119	15
471	574933.014	1339765.846	156.443	15
472	574934.697	1339766.442	156.144	15
473	574934.687	1339766.402	156.398	15
474	574941.635	1339764.709	156.169	15
475	574941.583	1339764.666	156.429	15
476	574941.773	1339764.414	156.434	15
477	574941.855	1339764.522	156.19	15
478	574941.853	1339764.145	156.198	15
479	574941.818	1339764.149	156.438	15
480	574941.597	1339762.862	156.311	15
481	574941.554	1339762.822	156.432	15
482	574941.843	1339762.579	156.193	35
483	574947.499	1339761.496	156.142	35
484	574950.391	1339773.191	155.884	35
485	574953.325	1339784.834	155.687	35
486	574946.57	1339786.609	155.468	15
487	574946.516	1339786.642	155.646	15

488	574944.656	1339778.958	155.647	15
489	574944.607	1339778.993	155.754	15
490	574922.022	1339762.853	156.458	2
491	574922.539	1339769.089	156.228	2
492	574923.147	1339772.496	156.1	2
493	574923.643	1339776.455	155.858	2
494	574923.704	1339776.554	156.162	2
495	574932.957	1339765.913	156.102	2
496	574932.998	1339765.882	156.439	2
497	574933.275	1339768.181	156.06	2
498	574933.528	1339771.237	155.996	2
499	574934.163	1339775.028	155.784	2
500	574934.157	1339775.077	155.96	2
501	574940.115	1339774.77	155.917	2
502	574940.104	1339774.748	155.805	2
503	574939.945	1339772.729	155.89	2
504	574939.849	1339769.211	156.012	2
505	574939.084	1339765.314	156.152	2
506	574939.063	1339765.261	156.403	2
507	574941.838	1339764.626	156.148	2
508	574942.727	1339764.106	156.138	2
509	574945.391	1339763.497	156.159	2
510	574947.323	1339762.948	156.131	2
511	574948.217	1339762.658	156.332	2
512	574951.007	1339761.812	156.579	2
513	574948.88	1339768.554	156.054	2
514	574949.488	1339768.287	156.172	2
515	574952.348	1339767.563	156.515	2
516	574944.148	1339777.485	155.835	2
517	574944.208	1339777.42	155.702	2
518	574945.433	1339777.066	155.72	2
519	574948.049	1339776.432	155.826	2
520	574950.713	1339775.787	155.829	2
521	574953.558	1339774.814	155.832	2
522	574944.961	1339769.677	156.037	2
523	574952.702	1339775.249	155.835	18
524	574950.927	1339768.395	156.156	23
525	574940.356	1339765.241	156.115	37

526	574949.173	1339768.653	156.089	47
527	574952.399	1339767.673	156.512	47
528	574951.024	1339761.614	156.595	47
529	574947.781	1339762.213	156.195	47
530	574921.987	1339762.834	156.456	33
531	574933	1339765.755	156.116	33
532	574940.704	1339763.829	156.435	33
533	574953.517	1339772.183	156.274	33
534	574953.436	1339772.154	156.268	44
535	574951.362	1339772.265	156.013	44
536	574950.452	1339768.206	156.305	44
537	574952.424	1339767.691	156.514	44
538	574950.707	1339760.402	156.469	44
539	574948.759	1339760.792	156.452	44
540	574940.877	1339762.023	156.448	21
541	574941.939	1339731.925	157.274	44
542	574943.97	1339731.75	157.324	33
543	574943.736	1339731.551	157.439	33
544	574941.176	1339728.98	157.457	23
545	574939.217	1339753.521	156.605	42
546	574942.093	1339729.023	157.646	20
547	574934.879	1339736.459	157.034	21
548	574938.841	1339717.549	157.886	21
549	574931.883	1339722.619	157.752	21
550	574930.998	1339719.255	157.719	23
551	574937.775	1339714.665	157.872	4
552	574931.297	1339719.709	157.613	18
553	574930.521	1339709.163	157.419	47
554	574928.271	1339709.06	157.692	47
555	574927.15	1339704.059	157.686	47
556	574929.038	1339703.088	157.541	47
557	574927.045	1339703.455	157.882	2
558	574928.198	1339702.867	157.904	2
559	574928.306	1339702.781	157.634	2
560	574931.004	1339701.896	157.584	2
561	574934.291	1339701.103	157.519	2
562	574934.47	1339701.06	157.809	2
563	574936.572	1339702.596	157.866	2

564	574940.835	1339719.403	157.781	2
565	574939.287	1339719.817	157.548	2
566	574938.336	1339720.042	157.015	2
567	574935.412	1339720.424	156.999	2
568	574932.418	1339720.995	157.057	2
569	574931.863	1339721.182	157.69	2
570	574931.089	1339721.225	157.738	2
571	574935.347	1339739.864	156.932	2
572	574936.053	1339739.639	156.966	2
573	574936.679	1339739.577	156.669	2
574	574937.489	1339739.196	156.552	2
575	574939.867	1339738.96	156.548	2
576	574942.737	1339738.271	156.45	2
577	574942.918	1339738.202	156.898	2
578	574945.165	1339737.915	157.063	2
579	574939.267	1339757.007	156.663	2
580	574940.218	1339756.758	156.607	2
581	574941.086	1339756.555	156.246	2
582	574943.555	1339756.172	156.256	2
583	574946.763	1339755.245	156.226	2
584	574946.967	1339755.257	156.501	2
585	574949.265	1339754.78	156.587	2
586	574912.208	1339630.768	160.391	1
587	574935.653	1339703.872	157.637	29
588	574935.138	1339702.764	157.582	29
589	574936.181	1339701.099	157.926	29
590	574936.455	1339702.185	157.861	29
591	574936.452	1339702.177	157.535	28
592	574936.179	1339701.115	157.538	28
593	574935.092	1339702.913	157.495	28
594	574935.494	1339703.815	157.499	28
595	574927.751	1339700.001	157.624	28
596	574927.897	1339699.947	157.638	29
597	574927.474	1339700.054	157.726	29
598	574925.433	1339690.895	157.893	29
599	574924.764	1339691.129	157.901	29
600	574925.104	1339691.034	157.805	28
601	574931.561	1339688.694	157.951	23

602	574922.99	1339686.464	158.373	33
603	574922.978	1339686.362	158.312	30
604	574930.078	1339684.186	158.067	49
605	574930.211	1339684.167	158.202	49
606	574931.362	1339682.944	158.291	49
607	574931.501	1339683.01	158.298	30
608	574929.017	1339673	158.33	30
609	574925.715	1339663.016	158.769	40
610	574921.549	1339651.793	158.901	49
611	574923.946	1339651.399	158.919	49
612	574920.835	1339645.547	159.569	23
613	574919.267	1339638.59	159.975	18
614	574920.712	1339635.208	160.329	30
615	574908.426	1339639.993	160.192	30
616	574904.72	1339636.394	160.466	30
617	574904.871	1339635.999	160.499	18
618	574910.263	1339639.002	159.758	29
619	574911.462	1339640.112	159.576	29
620	574916.973	1339638.47	159.666	29
621	574916.427	1339637.522	159.732	29
622	574916.643	1339638.1	159.638	28
623	574911.154	1339639.601	159.562	28
624	574917.907	1339636.955	159.823	15
625	574917.938	1339636.97	160.145	15
626	574918.65	1339634.489	160.054	15
627	574918.659	1339634.474	160.378	15
628	574922.703	1339631.864	160.173	15
629	574922.707	1339631.905	160.487	15
630	574921.086	1339626.185	160.388	15
631	574921.073	1339626.197	160.648	15
632	574914.216	1339628.272	160.46	15
633	574914.217	1339628.112	160.687	15
634	574910.474	1339638.846	159.726	35
635	574910.248	1339636.313	159.989	35
636	574907.179	1339634.818	160.295	35
637	574905.292	1339631.434	160.552	35
638	574905.226	1339631.448	160.555	34
639	574905.454	1339634.988	160.454	34

640	574905.441	1339634.981	160.454	35
641	574915.349	1339630.905	160.261	35
642	574915.347	1339630.892	160.261	34
643	574916.916	1339630.828	160.233	34
644	574916.92	1339630.816	160.233	35
645	574917.177	1339635.104	159.94	35
646	574917.197	1339635.102	159.939	34
647	574916.44	1339637.383	159.749	35
648	574897.935	1339628.876	161.236	31
649	574898.075	1339629.332	160.997	15
650	574898.137	1339629.228	161.153	15
651	574898.643	1339635.272	160.714	15
652	574898.632	1339635.341	160.85	15
653	574917.313	1339626.13	160.63	31
654	574917.206	1339625.937	160.65	30
655	574922.437	1339684.585	158.494	2
656	574922.924	1339684.461	158.146	2
657	574923.111	1339684.396	158.099	2
658	574923.502	1339684.301	158.027	2
659	574923.844	1339684.18	158.108	2
660	574926.3	1339683.378	158.102	2
661	574929.696	1339682.57	158.107	2
662	574929.723	1339682.558	158.249	2
663	574931.43	1339681.929	158.283	2
664	574926.866	1339663.192	158.84	2
665	574924.507	1339663.736	158.726	2
666	574924.454	1339663.74	158.613	2
667	574923.959	1339663.928	158.494	2
668	574921.162	1339664.198	158.567	2
669	574917.703	1339665.11	158.543	2
670	574917.409	1339665.253	158.496	2
671	574917.164	1339665.352	158.745	2
672	574916.468	1339665.576	158.833	2
673	574910.588	1339646.635	159.838	2
674	574911.964	1339646.364	159.361	2
675	574912.473	1339646.134	159.23	2
676	574912.873	1339646.132	159.242	2
677	574915.673	1339645.469	159.28	2

678	574918.314	1339644.712	159.26	2
679	574919.56	1339644.244	159.435	2
680	574920.388	1339644.11	159.844	2
681	574922.485	1339643.298	159.642	2
682	574920.721	1339635.224	160.222	2
683	574920.057	1339635.116	160.558	2
684	574918.269	1339635.301	160.323	2
685	574918.125	1339635.311	159.978	2
686	574916.631	1339635.636	159.726	2
687	574916.457	1339635.683	159.907	2
688	574913.245	1339635.966	159.99	2
689	574910.364	1339636.057	160.056	2
690	574909.883	1339636.288	159.895	2
691	574908.439	1339636.451	160.236	2
692	574904.771	1339636.441	160.443	2
693	574904.846	1339635.149	160.57	2
694	574904.845	1339635.003	160.48	2
695	574904.279	1339631.758	160.659	2
696	574904.244	1339630.554	160.621	2
697	574903.968	1339628.937	160.795	2
698	574903.951	1339628.821	160.835	2
699	574903.735	1339626.901	161.034	2
700	574905.946	1339626.173	160.768	2
701	574909.681	1339627.98	160.577	2
702	574909.319	1339625.128	160.631	2
703	574913.305	1339624.832	160.566	2
704	574913.617	1339627.396	160.49	2
705	574914.258	1339627.229	160.636	2
706	574914.918	1339624.819	160.692	2
707	574917.204	1339626.307	160.615	2
708	574917.412	1339627.301	160.666	2
709	574917.465	1339627.3	160.418	2
710	574918.715	1339630.345	160.213	2
711	574920.128	1339633.092	160.099	2
712	574920.141	1339633.097	160.445	2
713	574911.714	1339631.785	160.344	2
715	574893.993	1339564.269	168.241	1
716	574896.572	1339611.827	161.764	2

717	574900.521	1339610.431	161.4	2
718	574904.063	1339609.378	161.157	2
719	574907.137	1339608.801	161.205	2
720	574911.639	1339609.456	161.119	2
721	574909.81	1339594.313	162.094	30
722	574908.41	1339594.756	162.162	31
723	574909.845	1339594.279	162.058	2
724	574903.189	1339595.384	162.208	2
725	574897.028	1339597.254	162.05	2
726	574892.457	1339597.873	162.527	2
727	574889.314	1339587.677	163.079	2
728	574894.526	1339586.755	162.962	2
729	574901.476	1339585.049	162.848	2
730	574907.459	1339583.651	162.981	2
731	574905.697	1339573.695	163.819	2
732	574899.562	1339574.512	163.984	2
733	574894.116	1339576.193	164.1	2
734	574892.335	1339579.672	164.015	2
735	574888.114	1339580.967	163.878	2
736	574886.928	1339570.864	167.653	31
737	574886.889	1339570.901	167.651	2
738	574886.749	1339570.105	167.878	2
739	574891.394	1339569.001	167.935	2
740	574891.758	1339570.435	167.625	2
741	574897.542	1339569.203	167.57	2
742	574897.252	1339568.404	168.064	2
743	574903.504	1339568.465	167.572	2
744	574903.231	1339567.79	168.283	2
745	574903.282	1339567.13	168.115	2
746	574902.759	1339564.24	168.282	2
747	574902.384	1339561.634	168.346	2
748	574901.533	1339559.295	170.171	2
749	574912.132	1339557.743	170.087	2
750	574912.544	1339559.638	168.316	2
751	574913.079	1339562.008	168.265	2
752	574913.688	1339564.746	168.108	2
753	574913.844	1339566.143	167.515	2
754	574922.85	1339564.811	167.381	2

755	574922.539	1339563.864	168.271	2
756	574922.519	1339563.414	168.152	2
757	574922.146	1339560.495	168.309	2
758	574921.83	1339558.1	168.374	2
759	574895.861	1339559.985	170.087	2
760	574887.469	1339562.363	169.904	2
761	574893.452	1339560.189	168.162	2
762	574889.393	1339560.73	168.17	2
763	574894.814	1339562.741	168.362	2
764	574889.215	1339564.259	168.171	2
765	574886.023	1339567.607	168.028	2
766	574885.342	1339564.91	168.101	2
767	574885.151	1339563.785	168.761	2
768	574872.813	1339576.371	166.178	30
769	574876.561	1339575.846	165.837	2
770	574876.263	1339573.409	167.097	2
771	574875.804	1339571.452	167.745	2
772	574875.468	1339569.296	167.866	2
773	574872.23	1339574.105	167.737	4
774	574874.952	1339566.543	167.948	2
775	574874.843	1339564.667	170.049	2
776	574865.479	1339571.04	167.819	2
777	574856.66	1339577.949	167.072	2
778	574856.414	1339576.611	167.706	2
779	574856.35	1339576.142	167.573	2
780	574855.699	1339573.106	167.783	2
781	574855.443	1339570.455	167.844	2
782	574854.808	1339568.199	169.288	2
783	574846.263	1339574.537	167.852	2
784	574833.735	1339580.6	168.071	4
785	574836.513	1339580.861	167.816	2
786	574836.422	1339579.109	167.923	2
787	574836.351	1339576.397	167.983	2
788	574836.166	1339573.148	168.064	2
789	574836.245	1339571.473	168.113	2
790	574826.588	1339577.931	168.217	2
791	574814.456	1339576.914	168.475	1
792	574825.575	1339574.878	168.22	57

793	574819.505	1339575.959	168.309	57
794	574818.826	1339571.745	168.259	57
795	574836.129	1339573.062	168.109	57
796	574835.281	1339568.764	168.452	57
797	574819.86	1339582.86	168.345	4
798	574819.868	1339583.907	168.151	2
799	574819.383	1339581.437	168.428	2
800	574818.91	1339578.822	168.413	2
801	574818.229	1339576.088	168.329	2
802	574817.973	1339573.286	168.225	2
803	574808.568	1339579.935	168.571	2
804	574801.54	1339585.196	168.462	4
805	574798.869	1339587.72	168.333	2
806	574798.623	1339586.764	168.231	2
807	574798.272	1339584.81	168.571	2
808	574798.124	1339581.803	168.612	2
809	574797.267	1339578.633	168.64	2
810	574796.769	1339575.316	168.424	2
811	574788.803	1339583.546	168.524	2
812	574777.633	1339578.616	168.511	2
813	574777.962	1339581.336	168.19	2
814	574778.979	1339584.921	168.319	2
815	574779.519	1339587.884	168.277	2
816	574779.754	1339591.075	168.073	2
817	574768.653	1339586.979	167.996	2
818	574767.912	1339591.795	168.012	4
819	574752.052	1339596.163	166.7	30

Tabla 10.3.20 Resumen de especificaciones para la colocación de juntas.

Espesor de Losa (cms.)	1	2	3	4
	Espaciamiento entre juntas (cms.)	Profundidad de corte de juntas (cms.)	Profundidad del material de sellado (cms.)	Ancho de corte para la junta (cms.)
15	360	5.00	1.00	0.50
16	384	5.33	1.07	0.53
17	408	5.67	1.13	0.57
18	432	6.00	1.20	0.60
19	456	6.33	1.27	0.63
20	480	6.67	1.33	0.67
21	504	7.00	1.40	0.70
22	528	7.33	1.47	0.73
23	552	7.67	1.53	0.77
24	576	8.00	1.60	0.80
25	600	8.33	1.67	0.83
26	624	8.67	1.73	0.87
27	648	9.00	1.80	0.90
28	672	9.33	1.87	0.93
29	696	9.67	1.93	0.97
30	720	10.00	2.00	1.00
31	744	10.33	2.07	1.03
32	768	10.67	2.13	1.07
33	792	11.00	2.20	1.10
34	816	11.33	2.27	1.13
35	840	11.67	2.33	1.17
Columna 1:	El espaciamiento entre las juntas, es 24 veces el espesor de la losa en centímetros.			
Columna 2:	La profundidad de corte de la losa en 1/3 del espesor de la losa en Centímetros.			
Columna 3:	La profundidad del material de sellado es 1/5 de la profundidad de la junta en centímetros.			
Columna 4:	El ancho del corte de la junta es 1/10 de la profundidad de la junta en centímetros.			

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Tabla 10.3.21 Recomendaciones de espaciamiento máximo para barras de amarre.

Espesor de pavimento (cms.)	Tamaño de varilla	Distancia al extremo libre			
		305 cms.	366 cms.	427 cms.	732 cms.
12.7	1.27x61	76 cms.	76 cms.2	76 cms.3	71 cms.
14.0	1.27x64	76 cms.	76 cms.	76 cms.	64 cms.
15.2	1.27x66	76 cms.	76 cms.	76 cms.	58 cms.
16.5	1.27x69	76 cms.	76 cms.	76 cms.	53 cms.
17.8	1.27x71	76 cms.	76 cms.	76 cms.	51 cms.
19.1	1.27x74	76 cms.	76 cms.	76 cms.	46 cms.
20.3	1.27x76	76 cms.	76 cms.	76 cms.	43 cms.
21.6	1.27x79	76 cms.	76 cms.	71 cms.	41 cms.
22.9	1.59x76	91 cms.	91 cms.	91 cms.	61 cms.
24.1	1.59x79	91 cms.	91 cms.	91 cms.	58 cms.
25.4	1.59x81	91 cms.	91 cms.	91 cms.	56 cms.
26.7	1.59x84	91 cms.	91 cms.	91 cms.	53 cms.
27.9	1.59x86	91 cms.	91 cms.	91 cms.	51 cms.
29.2	1.59x89	91 cms.	91 cms.	91 cms.	48 cms.
30.5	1.59x91	91 cms.	91 cms.	91 cms.	46 cms.

Fuente: Pavimentos de concreto. CEMEX.

Tabla 10.3.22. Diámetro y longitudes recomendadas en pasajuntas.

Espesor de losa		Barras pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
mm.	in.	mm.		cms.	in.	cms.	in.
13 a 15	5 a6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15

Fuente: Pavimentos de concreto. CEME