

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN:
“EVALUACION TECNICA DE LAS VIAS DE CONCRETO
HIDRAULICO DEL BARRIO EL CENTRO DEL MUNICIPIO
DE ANTIGUO CUSCATLAN”**

**PRESENTADO POR:
BR. HERNÁNDEZ BARAHONA, JORGE
BR. SORIANO MELARA, FRANCISCO JAVIER**

**DOCENTES DIRECTORES:
ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES
ING. MARLON EBIEZER VIGIL SÁNCHEZ**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACION TECNICA DE LAS VIAS DE CONCRETO
HIDRAULICO DEL BARRIO EL CENTRO DEL MUNICIPIO
DE ANTIGUO CUSCATLAN”**

PRESENTADO POR:
JORGE HERNÁNDEZ BARAHONA
FRANCISCO JAVIER SORIANO MELARA

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO :
LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL :
DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :
ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :
ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR :
ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:
INGENIERO CIVIL

Título :

**“EVALUACION TECNICA DE LAS VIAS DE CONCRETO
HIDRAULICO DEL BARRIO EL CENTRO DEL MUNICIPIO
DE ANTIGUO CUSCATLAN”**

Presentado por :

**JORGE HERNÁNDEZ BARAHONA
FRANCISCO JAVIER SORIANO MELARA**

Trabajo de Graduación aprobado por :

Docentes asesores :

**ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES
ING. MARLON EBIEZER VIGIL SÁNCHEZ**

San salvador, marzo 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docentes asesores :

ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES

ING. MARLON EBIEZER VIGIL SÁNCHEZ

DEDICATORIA

Dedico este logro en primer lugar a Dios, sin Él no hubiese sido posible, ya que me ha brindado a lo largo de mi carrera y de mi vida, salud, sabiduría, serenidad y perseverancia.

Dedicatoria especial a Mis padres: Julio Cesar y Miriam, por su apoyo incondicional en todo momento, por brindarme su confianza, creer en mí y darme la oportunidad de superarme académicamente; así también dedico este logro a cada uno de mis hermanos y hermanas por estar conmigo y darme los ánimos necesarios para seguir adelante sin desmayar.

A Katherine Merino, por acompañarme y compartir conmigo en el camino de mi carrera, por escucharme y tomarse su tiempo para aconsejarme y hacerme ver siempre lo mejor.

A todos mis amigos y compañeros, por compartir juntos buenos momentos y estar a disposición cuando los necesite.

A mis asesores, por brindarnos su tiempo, colaboración y conocimientos, para alcanzar los objetivos trazados y desarrollar con éxito nuestro trabajo de graduación.

JORGE HERNÁNDEZ BARAHONA

DEDICATORIA

Cuando comencé mis estudios en esta Universidad, lleno de sueños y propósitos, siempre pensé en lo gratificante que sería el momento en el que mi carrera estaría concluida, en estos años supere muchos desafíos y hoy que concluí mi carrera, hoy que estoy viviendo ese día no es como lo imagine, es mucho mejor.

Dedico este logro principalmente y de forma muy especial a mis padres: Artemio Soriano y Reina Esperanza Melara quienes me brindaron su apoyo incondicional en todo momento a pesar de las adversidades, siempre confiaron en mí y me motivaron a seguir adelante. Gracias por cuidarme, aconsejarme y corregirme. Son un ejemplo a seguir para mí.

A mis hermanas, quienes compartieron esta gran etapa de mi vida como estudiante y me dieron su apoyo en todo momento.

A mi hija quien representa mi deseo de superación y me incentiva a seguir adelante sin desmayar y a su madre a quien le debo este gran tesoro, el máspreciado en mi vida.

A todos mis compañeros y amigos con quienes compartí todo estos años como estudiante universitario y que me ayudaron en momentos que lo necesite.

A mis asesores por guiarnos con paciencia durante el desarrollo de nuestro trabajo de graduación y por compartimos sus amplios conocimientos.

FRANCISCO JAVIER SORIANO MELARA

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES A:

- Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto (ISCYC)
- Ing. Marlon Ebiezer Vigil Sánchez
- Ing. Edgar Alfredo Gavidia Paredes
- Miguel Ángel Martínez
 - Director de Planificación de Obras Públicas (MOP)
- Ing. Nelson Maldonado
 - Director de Mantenimiento de la Obra Pública (MOP)
- Ing. Carlos Alfredo Zaldaña Trigueros
- Ing. Alex Javier Pineda Mancía
- Fondo de Conservación Vial (FOVIAL)
 - Ing. Víctor Orellana
- Ing. Jorge Oswaldo Rivera Flores
- Secretaria de Escuela de Ingeniería Civil
 - Roxana López Galicia (Roxanita)

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	21
1.1 ANTECEDENTES	21
1.1.1 DESARROLLO DE LA PAVIMENTACIÓN EN EL SALVADOR	21
1.1.2 DESARROLLO Y CONSERVACIÓN DE LAS CARRETERAS	22
1.1.3 GESTIÓN DE PAVIMENTOS EN EL SALVADOR	24
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.3 OBJETIVOS	28
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	28
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	29
1.4.1 ALCANCES	29
1.4.2 LIMITACIONES	29
1.5 JUSTIFICACIONES	30
CAPÍTULO II: COMPORTAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS PAVIMENTOS	32
2.1 COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS	32
2.1.1 Etapa de construcción	33
2.1.2 Etapa de deterioro lento y poco visible	33
2.1.3 Etapa de deterioro acelerado y de quiebre	34
2.1.4 Etapa de descomposición total	35
2.2 DETERIORO SUPERFICIAL	36
2.2.1 Antecedentes generales	36
2.2.2 Deterioro de pavimentos	36
2.2.3 Manifestación del deterioro en pavimentos rígidos	37
2.3 CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO	51
2.3.1 Mantenimiento rutinario	52

2.3.2	Mantenimiento periódico	52
2.3.3	Refuerzo de los pavimentos.....	53
2.3.4	Rehabilitación de los pavimentos	54
2.4	SISTEMAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	55
2.4.1	Gestión de Pavimentos	55
2.4.2	Sistema de Gestión de pavimentos.....	56
2.4.3	Niveles de gestión de pavimentos	58
2.4.3.1	Gestión de pavimentos a nivel de red	59
2.4.3.2	Gestión de pavimentos a nivel de proyecto	61
2.4.4	Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos.....	63
2.4.5	Desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos.....	67
2.5	EVALUCIÓN TÉCNICA COMO PARTE DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS	69
	CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE PAVIMENTOS	72
3.1	Introducción	72
3.2	Descripción del estado actual del pavimento.....	73
3.3	Requerimientos de información	74
3.3.1	Importancia de los datos de construcción y solicitud	80
3.3.2	Importancia del comportamiento de los pavimentos en la evaluación	81
3.4	Solicitaciones.....	82
3.4.1	Solicitaciones de tránsito	83
3.4.1.1	Efectos de las cargas en los pavimentos.....	84
3.4.1.2	Características del tránsito	88
3.4.1.2.1	Censo de tránsito	88
3.4.1.2.2	Concepto de eje equivalente	91
3.4.1.2.3	Proyección del tránsito	92
3.4.2	Solicitaciones del clima	93
3.4.2.1	Efectos de la temperatura	93

3.4.2.2 Efectos de la humedad.....	94
3.4.3 Efectos del tránsito y clima	95
3.5 Evaluación funcional	96
3.5.1 Serviciabilidad de pavimentos	96
3.5.1.1 Concepto de serviciabilidad y comportamiento.....	97
3.5.1.1.1 Serviciabilidad y curva de comportamiento	101
3.5.2.1 Métodos para medir la regularidad superficial de los pavimentos	103
3.5.2.2 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	105
3.5.2.3 Equipos para evaluar la rugosidad	106
3.5.2.3.1 Medición del IRI por métodos perfilométricos.....	106
3.5.3 Relación entre PSI e IRI	111
3.6 Evaluación estructural.....	112
3.6.1 Deterioro superficial	112
3.6.1.1 Auscultación visual de fallas	112
3.6.1.2 Índice de deterioro de pavimentos.....	113
3.6.2 Evaluación estructural.....	116
3.6.2.1 Métodos de evaluación estructural de pavimentos.	117
3.6.2.1.1 Métodos destructivos	117
3.6.2.1.2 Métodos no destructivos	118
3.6.2.1.2.1 La deflexión como parámetro de evaluación estructural.....	118
3.6.2.2 Equipos de evaluación estructural no destructivos.....	119
3.6.2.3 Aplicaciones de la evaluación estructural en la gestión de pavimentos ...	123
3.6.2.3.1 Aplicaciones a nivel de red.....	124
3.6.2.3.2 Aplicaciones a nivel de proyecto	125
CAPÍTULO IV: OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO PARA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL PAVIMENTO	128
4.1 Descripción del proyecto y recopilación de datos de diseño	128
4.1.1 Ubicación y área de estudio	128

4.1.2	Datos de diseño.....	129
4.1.3	Características de la subrasante	133
4.1.4	Cálculo del espesor	135
4.2	Metodologías para obtención de datos de campo	138
4.2.1	Metodología de la normativa ASTM D6433-07 para levantamiento de deterioros.....	138
4.2.1.1	Unidades de muestreo	139
4.2.1.2	Determinación de las unidades de muestreo para evaluación	139
4.2.1.3	Aspectos a considerar en la evaluación de la condición del pavimento ...	139
4.2.1.4	Catálogo de deterioros.....	140
4.2.2	Metodología de aforo vehicular.....	149
4.2.3	Metodología de evaluación estructural.....	151
4.2.3.1	Ensayos de campo y evaluación cuantitativa de las condiciones existentes en las vías	151
4.2.3.1.1	Extracción de núcleos	151
4.2.3.1.2	Ubicación de dovelas	157
4.2.3.2	Equipo y personal.....	157
4.3	Resultados y procesamiento de información	158
4.3.1	Resultados del levantamiento de deterioros y cálculo del PCI.....	158
4.3.2	Resultados de aforos de tránsito y cálculo de cargas vehiculares.....	175
4.3.2.1	Factores de Expansión	179
4.3.2.2	Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).....	181
4.3.2.3	Tasas de Crecimiento por tipo de vehículo.....	183
4.3.2.4	Cálculo de ESAL's	184
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS		193
5.1	Análisis de cargas vehiculares	193
5.1.1	Proyecciones de cargas vehiculares para el año 2015 según el diseño.....	193
5.1.2	Cargas vehiculares obtenidas.....	195

5.2 Análisis estructural	201
5.2.1 Espesor de pavimento.....	201
5.2.2 Correlación entre Resistencia a la compresión y módulo de ruptura	203
5.2.3 Prueba de pulso ultrasónico de núcleos	205
5.2.4 Prueba de carbonatación	206
5.3 Análisis de resultados del levantamiento de deterioros	208
5.3.1 Índice de condición de pavimentos	208
5.3.3 Deterioros más frecuentes en la estructura de pavimento.....	213
5.3.3.1 Escalonamiento en juntas	213
5.3.3.2 Parche grande	214
5.3.3.3 Despostillamientos de juntas.....	215
5.3.3.4 Despostillamiento de esquina.....	217
5.3.3.5 Agrietamiento de esquina.....	218
5.3.4 Consecuencias de las deficiencias del sello de juntas	219
5.3.4 Tramos más deteriorados de la vía	220
5.3.5 Alternativas de procesos de intervención	224
CONCLUSIONES	235
RECOMENDACIONES.....	237
BIBLIOGRAFÍA.....	238
ANEXOS.....	242

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Etapas del deterioro del pavimento a través del tiempo.	32
Figura 2.12: Diagrama simplificado de principales actividades que componen un sistema	57
Figura 2.13: Mapa de la red vial del Área Metropolitana de San Salvador.	58
Figura 2.14: Proyecto en estudio, Antiguo Cuscatlán.	59
Figura 2.15: Elementos básicos de un sistema de gestión de pavimentos.	64
Figura 2.16: Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos.	66
Figura 2.17: Evaluación técnica como parte de un sistema de gestión de pavimentos.	70
Figura 3.2: Interacción de las distintas variables asociadas al diseño del pavimento, y su desempeño en el tiempo. [Manual del usuario IMT- PAVE 1.1, Paul Garnica Anguas, Roberto Hernández Domínguez].	82
Figura 3.3: Tránsito, Antiguo Cuscatlán	83
Figura 3.4: Solicitación de tránsito [Gestión de infraestructura vial, Hernán de Solminihac T. 3a Edición (2001)].	84
Figura 3.6: Configuración de ejes comúnmente utilizados.	86
Figura 3.7: Pesos máximos regulados para El Salvador	87
Figura 3.8: Alabeo de losas por gradientes de temperatura	94
Figura 3.9: Efecto conjunto del tránsito y el clima (AASTHO, 1993).	96
Figura 3.10: Curva de comportamiento de un pavimento (Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac T. 3a Edición (2001)).	101
Figura 3.11: Rugosidad de pavimentos.	102
Figura 3.12: Índice de Rugosidad Internacional.	106
Figura 3.13: Levantamiento con mira y nivel.	108
Figura 3.14: Face Dipstick	109
Figura 3.15: Perfilógrafo	110
Figura 3.16: Perfilómetro laser	111
Figura 3.17: Correlación entre PSI e IRI	112
Figura 3.18: Extracción de núcleos de concreto	117
Figura 3.19: Viga Benkelman	120
Figura 3.20: Deflectómetro de impacto FWD	123
Figura 4.1: Área en estudio, Antiguo Cuscatlán, La libertad	128
Figura 4.2: Estructuras de pavimentos preexistentes.	134
Figura 4.3: Estructuras de pavimentos.	135
Figura 4.4: Estructuras de pavimentos.	137
Figura 4.5: Formato de exploración de condición para pavimentos de concreto rígido.	138
Figura 4.6: Puntos de conteo vehicular	150
Figura 4.7: Ubicación de puntos de extracción de núcleos	152
Figura 4.8: Núcleos de concreto de 4" de diámetro, extraídos del pavimento en estudio	157

Figura 4.9: Equipo para auscultación estructural	158
Figura 4.10: Factores de Expansión y TPDA para vías de Antiguo Cuscatlán.....	180
Figura 4.11: Prueba de pulso ultrasónico a núcleo extraído de la vía en estudio.	190
Figura 4.12: Núcleos sin presencia de carbonatación.....	191
Figura 5.1: Espesores de pavimento requeridos.....	203
Figura 5.2: Núcleos de concreto rociados con fenolftaleína (prueba de carbonatación).	208
Figura 5.3: Escalonamiento de junta de baja severidad, encontrado en la vía.	214
Figura 5.4: Despostillamiento de junta de severidad baja y media respectivamente	216
Figura 5.5: Despostillamiento de esquina de severidad media.	218
Figura 5.6: Grieta de esquina de baja severidad.....	219
Figura 5.7: Áreas débiles localizadas en la vía en estudio.	220
Figura 5.8: Tramo deteriorado 2. Figura 5.9: Losa dividida.	222
Figura 5.10: Tramo deteriorado 3.....	223
Figura 5.11: (Técnicas de reparación de pavimentos rígidos).	224

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Clases de datos de auscultación.....	76
Tabla 3.2: Clases de datos históricos.	78
Tabla 3.3: Clases de datos de tránsito.	79
Tabla 3.4: Clases de datos de medio ambiente	79
Tabla 3.5: Niveles de serviciabilidad	99
Tabla 3.6: Escala de clasificación de la serviciabilidad según AASHO 1962.....	100
Tabla 3.7: Rangos de clasificación PCI (Pavement Condition Index para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Ricardo López Varela, 2002).....	114
Tabla 4.1: Cálculo de ESAL para el período de diseño	131
Tabla 4.2: Clasificación de deterioros	141
Tabla 4.3: Niveles de severidad de los deterioros	144
Tabla 4.4: Formas de medir los deterioros	148
Tabla 4.10: Calificación PCI para el Tramo I.....	165
Tabla 4.11: Recomendaciones de reparación Tramo I.....	166
Tabla 4.12: Calificación PCI para el Tramo II.....	167
Tabla 4.13: Recomendaciones de reparación Tramo II.....	168
Tabla 4.14: Calificación PCI para el Tramo III.....	169
Tabla 4.15: Recomendaciones de reparación Tramo III	170
Tabla 4.16: Calificación PCI para el Tramo IV.....	171
Tabla 4.17: Recomendaciones de reparación Tramo IV	172
Tabla 4.18: Calificación PCI a nivel de proyecto.....	173
Tabla 4.19: Recomendaciones de reparación a nivel de proyecto	174
Tabla 4.20: Resultado de aforo de tránsito PUNTO 1.....	175
Tabla 4.21: Resultado de aforo de tránsito PUNTO 2.....	176
Tabla 4.22: Resultado de aforo de tránsito PUNTO 3 (Sobre bulevar Deininger hacia panamericana)	177
Tabla 4.23: Resultado de aforo de tránsito PUNTO 3 (Sobre bulevar Deininger hacia parque central).....	178
Tabla 4.24: Calculo de TPDA del proyecto	182
Tabla 4.26: TPDA y composición vehicular del 2010 y 2015.....	183
Tabla 4.25: TPDA y composición vehicular del 2005 y 2010.....	183
Tabla 4.27: Tasa de crecimiento del TPDA entre 2005 y 2010	184
Tabla 4.28: Tasa de crecimiento del TPDA entre 2010 y 2015	184
Tabla 4.29: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples, Pt=2.5	185
Tabla 4.30: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tándem, Pt=2.5.....	186
Tabla 4.31: Factores de Camión para cada tipo de vehículo	187
Tabla 4.32: Cálculo de cargas vehiculares acumuladas del año 2005 al 2010.....	188

Tabla 4.33: Cálculo de cargas vehiculares acumuladas del año 2010 al 2015.....	188
Tabla 4.34: ESAL´s acumulados hasta la actualidad.....	189
Tabla 4.35: Preparación y ensayo de núcleos de concreto.....	189
Tabla 4.36: Resultados de la prueba de pulso ultrasónico.	191
Tabla 4.37: Resultados de carbonatación en núcleos.....	191
Tabla 5.1: Estimación de cargas vehiculares para el año 2015.....	194
Tabla 5.2: ESAL´s acumulados del año 2005 al 2015	195
Tabla 5.3: Cantidad de vehículos que debían solicitar las vías para alcanzar la carga del año 2015.	197
Tabla 5.4: Cantidad estimada de vehículos para el año 2019.	198
Tabla 5.5: Proyección de carga para 6 años (Año 2021).....	200
Tabla 5.6: Proyección de carga para 7 años (Año 2022).....	200
Tabla 5.7: Proyección de carga para 10 años (Año 2025).....	201
Tabla 5.8: Comparación de espesores de la losa de concreto.....	202
Tabla 5.9: Resistencia a compresión de núcleos	203
Tabla 5.10: Resistencia a compresión y módulo de ruptura calculado por correlación.....	204
Tabla 5.11: Clasificación de la calidad del concreto por medio de la velocidad de pulso ultrasónico según Leslie y Cheesman.	205
Tabla 5.12: Calidad del concreto en función de velocidad de pulso ultrasónico	206
Tabla 5.13: Índice de condición de pavimento	209
Tabla 5.12: Alternativas de intervención de los deterioros.....	224

INTRODUCCIÓN

La tarea del pasado era solo construir un sistema de carreteras y caminos, la tarea de hoy es además conservar este sistema y adaptarlo a las necesidades de los usuarios. Bajo esta perspectiva nacen lo que conocemos como Sistemas de Gestión de Pavimentos, que tienen como principal objetivo conservar por un período de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad, capacidad y nivel de servicios adecuados para la circulación, soportando las condiciones climáticas del entorno, minimizando los costos ambientales, sociales y económicos.

Al evaluar un pavimento se busca calificar y cuantificar la capacidad de este para continuar proporcionando un buen servicio a los usuarios, con las tasas de tránsito presentes. A través de la evaluación del pavimento se pueden determinar deficiencias e insuficiencias, proporcionar soluciones y proyectar el comportamiento futuro.

La evaluación técnica del pavimento, tanto desde el punto de vista del nivel de servicio que otorga al usuario, como de la capacidad de resistir las solicitaciones de cargas durante un periodo de su vida útil; es el paso fundamental para asignar las acciones de conservación más adecuadas que deben ser aplicadas en el pavimento a evaluar. El diagnóstico de las condiciones del pavimento comprende básicamente una evaluación del estado funcional del pavimento y una evaluación de las condiciones estructurales de este.

La evaluación funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos factores que afectan negativamente a la serviciabilidad, seguridad y costos del usuario.

La evaluación estructural del pavimento, tiene por objeto la determinación de la capacidad estructural del pavimento. La falta de capacidad estructural de un pavimento genera en este un deterioro progresivo que se manifiesta en niveles excesivos de agrietamientos y deformaciones, no recuperables a través de la simple aplicación de acciones de conservación preventivas.

Este documento presenta la investigación orientada al desarrollo de la evaluación técnica de los pavimentos de concreto hidráulico del barrio el centro del municipio de Antigua Cuscatlán y con la información obtenida de dicha evaluación se verificara el desempeño que las estructuras de pavimento han proporcionado en el tiempo.

CAPÍTULO I

“GENERALIDADES”

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 DESARROLLO DE LA PAVIMENTACIÓN EN EL SALVADOR

El inicio de las carreteras en El Salvador se dio a partir de la fundación de la Villa de San Salvador en 1528, con lo cual fueron trazadas las calles, plazas e iglesias. En aquellos días las calles eran únicamente de tierra, y sólo las principales eran reforzadas con piedras debido a que el transporte utilizado eran los carretones y los caballos.

Los trabajos de pavimentación en la red vial de San Salvador comenzaron en 1912 por parte de la firma inglesa S. Pearson & Sons, pero estos fueron interrumpidos debido a la primera guerra mundial y a la falta de fondos. Con la llegada del automóvil alrededor del año 1915, y poco después del camión y del autobús, se motivaron las primeras mejoras significativas de las arterias y fue así como en 1916 se construyó la que se considera la primera carretera de nuestro país, siendo la que de San Salvador conduce al Puerto de La Libertad, posteriormente se construye la Carretera Panamericana.

A partir de 1920 partes del centro de San Salvador se pavimentaron con asfalto y otras utilizando concreto. Luego, entre los años de 1921 y 1928 se dio un gran avance en la construcción de pavimentos, tanto del tipo asfáltico como de concreto hidráulico.

En el año 1930 se construye la carretera Troncal del Norte, que parte desde San Salvador y conduce a la frontera con Honduras, nueve años más tarde se construye la Ruta Militar, que de San Miguel conduce a Santa Rosa de Lima, pasando por El Divisadero y uniendo la carretera Panamericana.

Las carreteras construidas tenían como período de diseño 20 años, y la mayoría contaban con una superficie de tierra o empedrados, luego se incorporó el macadam, que en la actualidad ha sido reemplazado por el concreto asfáltico, mezclas en frío y concreto hidráulico.

1.1.2 DESARROLLO Y CONSERVACIÓN DE LAS CARRETERAS

La red de carreteras de un país forma la espina dorsal de su economía y representan una inversión enorme en millones de dólares, que permite el movimiento seguro y eficiente de la gente y de mercancías. Las decisiones económicamente factibles y técnicas sanas sobre diseño, la construcción, el mantenimiento, la rehabilitación, y la reconstrucción de los pavimentos son cruciales para preservar la red de carreteras en condiciones aceptables.

Históricamente, el diseño y la construcción de pavimentos se han basado en especificaciones metódicas, y las funciones del mantenimiento fueron tratadas sobre todo sobre una base de avisos que reflejaba la experiencia local.

En las épocas modernas el desarrollo económico primario se centra en el público en general y los usuarios comerciales que se benefician de una red bien mantenida de carreteras.

El concepto del Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) se desarrolló en los años 60's y años 70's. Se considera que un sistema de gestión de pavimentos es el conjunto de operaciones que tienen como objeto conservar por un periodo de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural de un pavimento, adecuadas para la circulación. Desde entonces se ha reconocido a los SGP como la manera más eficaz de seleccionar las estrategias rentables para construir y mantener los pavimentos en condiciones útiles dentro de los apremios de fondos disponibles. Esto es un logro notable, en la década de los años 80's, el concepto de los SGP no era sabido ni fue aceptado extensamente por la mayoría de las agencias de la carretera.

La Primera conferencia principal sobre la Gestión de Pavimentos fue realizada en 1985 en Toronto por el Ministerio del Transporte en Ontario, Canadá, seguido por la Segunda Conferencia en 1987 en la misma ciudad. La Gestión de Pavimentos se convirtió desde entonces en un acontecimiento internacional importante con la Tercera Conferencia en 1994 en San Antonio, Texas, E.E.U.U. organizados por el Consejo de Investigación del Transporte.

El trabajo duro de mucha gente a través del mundo ha hecho a los SGP un sistema confiable para las necesidades de cuantificación del mantenimiento,

evaluación y funcionamiento del pavimento, mientras que se relaciona con la gestión rentable de las redes del camino y de la carretera.

1.1.3 GESTIÓN DE PAVIMENTOS EN EL SALVADOR

A partir de las primeras pavimentaciones que se llevaron a cabo en el país, se pudo apreciar la importancia del mantenimiento de las obras viales, a las que en un principio les dio seguimiento la Dirección General de Obras Públicas, mediante la sección de caminos, puentes y calzadas.

En El Salvador, la planificación, ejecución de proyectos y conservación de la red vial principal, se lleva a cabo de forma coordinada entre el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL). El primero se encarga de la planificación y desarrollo de Red Vial Nacional, así como los mejoramientos de vías existentes. Mientras que el segundo, determina estrategias de conservación de los pavimentos de la red vial prioritaria y las ejecuta. En cuanto a la red vial municipal esta corresponde a las alcaldías por lo que son estas las encargadas de velar por su buen funcionamiento.

La expansión y mantenimiento de la red vial de nuestro país se vio reducida durante la década de los 80's, debido a múltiples factores que surgieron en esa época y que provocaron una gran pérdida de la serviciabilidad de nuestros caminos. Posteriormente, en años recientes, las inversiones en infraestructura vial cobraron fuerza debido a la necesidad de nuevas carreteras, además, el

aumento de la población y de las actividades productivas, así como la entrada en vigencia de tratados de libre comercio, ha hecho que muchas de las vías de circulación existentes ya no tengan la suficiente capacidad para prestar sus servicios adecuadamente.

Los recursos económicos del país no son suficientes como para hacer grandes inversiones en proyectos viales costeándolos con las recaudaciones de impuestos, lo que ha hecho que desde 1954 deban negociarse préstamos con instituciones financieras internacionales, como el Banco Mundial; siendo éste hasta la fecha, uno de los bancos que más apoyo ha dado a los gobiernos de países en vías de desarrollo.

En nuestro país, se ha adoptado un sistema de gestión vial creado específicamente para nuestras condiciones, este es el Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial de El Salvador (SIGESVIES). Ha sido implementado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP). Dicho sistema sirve como herramienta para apoyar la planificación de las intervenciones a realizar en las carreteras para su mantenimiento, rehabilitación y construcción, priorizando las intervenciones sobre una base eminentemente técnica. En cuanto a los caminos administrados por gobiernos municipales, el mantenimiento de éstos se realiza por medio de una metodología de respuesta, en aquellas vías cuya importancia amerite una intervención inmediata, mientras que en caminos de menor categoría el mantenimiento es aplicado en periodos de tiempo muy extensos o no se aplican.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde principios de la década de los 90's, se ha visto un aumento considerable en los proyectos de pavimentación en vías urbanas e interurbanas de nuestro país, a la vez que se le ha dado mayor importancia a la conservación adecuada de la red vial existente, esto se debe entre otros factores, al auge vehicular, la entrada en vigencia de tratados de libre comercio, al crecimiento de los núcleos urbanos, y al cumplimiento del período de vida útil de muchas estructuras de pavimentos antiguos. Lo anteriormente expuesto ha llevado a una demanda de mayores niveles de serviciabilidad en los pavimentos de la red vial; lo cual, a su vez vuelve más rigurosos los estándares de mantenimiento y conservación que se aplican a las vías según su importancia por medio de la implementación de los sistemas de gestión vial.

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar a los usuarios, seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda que lo solicita. Dentro de este aspecto existe lo que se llama evaluaciones de las condiciones de un pavimento, la que se divide en dos grupos, evaluación funcional y evaluación estructural de pavimentos. La agregación de estas dos evaluaciones sintetiza la evaluación técnica de pavimentos, que a su vez solo constituye una parte de un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP).

Determinar las condiciones actuales a través de la evaluación técnica requiere de información principalmente de campo, para lo cual se pretende realizar la

recolección de datos de Auscultación y solicitudes de tránsito. El llevar a cabo una auscultación de los pavimentos en forma sistemática puede producir múltiples beneficios, entre los que destacan la determinación de la capacidad estructural y los índices de condición y comportamiento de los pavimentos.

Existen diversos tipos de información de auscultación de los pavimentos, los cuales se pueden clasificar en dos grandes grupos, la auscultación estructural y la auscultación funcional.

La auscultación estructural a desarrollar se basará principalmente en el levantamiento de deterioros, y la auscultación funcional en el índice de Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

En cuanto a las solicitudes de tránsito estas se medirán en puntos estratégicos donde se considere que circula la mayor cantidad de vehículos.

Por lo tanto, se ha decidido desarrollar una evaluación técnica, para obtener información de las condiciones actuales de la red vial de concreto hidráulico del barrio el centro del municipio de Antigua Cuscatlán, departamento de La Libertad, y dicha información permitirá tener criterios de decisión y definir alternativas realistas que contribuyan con la eficiencia en la toma de decisiones para trabajos de tratamiento y mantenimiento, de una manera dinámica y flexible y así garantizar la buena inversión de la administración pública.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar una evaluación técnica que nos permita conocer las condiciones actuales tanto funcionales como estructurales de las vías de concreto hidráulico del barrio el centro del municipio de Antigua Cuscatlán y realizar una evaluación del desempeño que estos pavimentos han proporcionado en el tiempo.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proveer a la alcaldía del municipio de Antigua Cuscatlán información de las condiciones actuales del pavimento, para que con medidas y herramientas complementarias se puedan desarrollar estrategias de conservación de la red vial de concreto hidráulico.
- Obtener y analizar información del diseño de las estructuras de pavimento de concreto hidráulico del Barrio El Centro del municipio de Antigua Cuscatlán y los procesos constructivos realizados.
- Verificar el desempeño en el tiempo de las estructuras de pavimento de concreto hidráulico del Barrio El Centro del municipio de Antigua Cuscatlán.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 ALCANCES

- Desarrollar una evaluación técnica de los pavimentos de concreto hidráulico del barrio el centro del municipio de Antigua Cuscatlán, La Libertad, para así conocer las condiciones actuales de estos, a partir de los resultados se podrá hacer una evaluación sobre el desempeño en el tiempo que están proporcionando dichas vías.
- Demostrar que con la correcta aplicación de gestión de pavimentos en cada una de las etapas de un proyecto vial se pueden mejorar la eficiencia de los procesos en cada una de estas y garantizar el buen funcionamiento de las estructuras de pavimento.

1.4.2 LIMITACIONES

- Para la auscultación visual de fallas únicamente se aplicará el método SHRP de auscultación visual, debido a que este método ha sido el más aplicado en estudios similares de nuestro país.
- No se realizara análisis de deflectometría como parámetro de evaluación estructural, debido a que no se cuenta con el equipó para su realización.
- Por las condiciones de las vías en estudio solo se podrá utilizar equipos de medición estáticos para la evaluación del IRI.

1.5 JUSTIFICACIONES

En El Salvador muchas veces las municipalidades en cuanto a conservación de los pavimentos se refiere, no realizan las evaluaciones adecuadas a fin de conocer el estado real de los pavimentos antes de proponer una solución a los deterioros en estos; debido principalmente a los costos que dichos estudios conllevan; es por ello que los trabajos de reparación realizados no tienen la efectividad que permita a estos proporcionar el nivel de servicio para el cual fueron diseñados, de manera que muchas vías proporcionan niveles de servicio por debajo de lo deseable o conveniente. Como consecuencia, se producen grandes pérdidas monetarias en sobrecostos de operación vehicular, rehabilitaciones y mantenimientos, las cuales se hubieran podido evitar o disminuir con una adecuada evaluación técnica de las vías.

Por lo tanto el cimiento para la mejor inversión de los recursos financieros en la conservación de los pavimentos en óptimas condiciones es poner en práctica la gestión de pavimentos por medio de la realización de evaluaciones que nos permitan conocer el estado funcional y estructural actual de los pavimentos de concreto hidráulico y en este caso aplicado en El Barrio El Centro del municipio de Antiguo Cuscatlán, la Libertad.

CAPÍTULO II

“COMPORTAMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LOS PAVIMENTOS”

CAPÍTULO II: COMPORTAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

2.1 COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS

El comportamiento de los pavimentos a lo largo de su vida útil es regido generalmente por un ciclo, el cual ha llegado a considerarse como normal debido a la frecuencia con que se presenta, los indicadores (deterioros del pavimento) de cada una de las etapas de este ciclo son diferentes según el tipo de pavimento, sin embargo, la tendencia en la evolución de la estructura a través del tiempo es común y puede describirse de la manera siguiente como se muestra en la Figura 2.1:

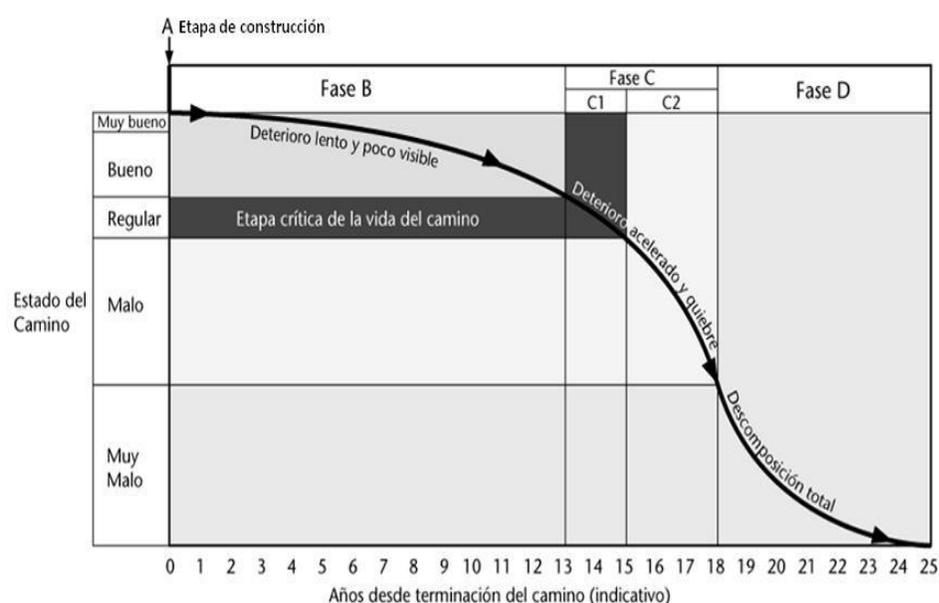


Figura 2.1: Etapas del deterioro del pavimento a través del tiempo.

[CAMINOS un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales" CEPAL 1994].

2.1.1 Etapa de construcción

Un pavimento puede haber tenido una buena construcción o haber presentado algunos defectos durante esta etapa, o bien haber sido claramente deficientes tanto la etapa de diseño como la de ejecución. De cualquier forma, cuando la estructura entra en servicio, esta suele encontrarse en excelentes condiciones, satisfaciendo plenamente las necesidades de los usuarios.

2.1.2 Etapa de deterioro lento y poco visible

Durante algunos años, el pavimento experimenta un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodamiento y en menor medida en el resto de su estructura. Este desgaste es producido por los diversos tipos de vehículos que circulan sobre él, también por la influencia que ejercen otros factores como el clima, la radiación solar, el agua de lluvias, cambios de temperatura, etc. La calidad de la construcción inicial también incide en la evolución del deterioro.

A través de toda esta etapa el pavimento se mantiene aparentemente en buen estado y el usuario no percibe el desgaste. A pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas, el camino sigue proporcionando buen servicio a los usuarios y está en condiciones de ser conservado.

2.1.3 Etapa de deterioro acelerado y de quiebre

Luego de varios años de uso, el pavimento entra en una etapa de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito. Al inicio de esta etapa, la estructura básica del pavimento se conserva intacta y las fallas en la superficie son menores, por eso el usuario común tiene la impresión que este se mantiene aún bastante sólido. Sin embargo, no es así, ya que cada vez se pueden observar más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, la cual no es visible.

Entonces, podemos asegurar que cuando en la superficie de un pavimento se detectan graves fallas a simple vista, la estructura básica del pavimento está seriamente dañada. Los daños al inicio son puntuales, pero luego se van extendiendo en la mayor parte del pavimento, cuando esto ocurre la destrucción es acelerada; si no se interviene en algún momento durante esta etapa el pavimento llega al punto de quiebre en el cual se produce una falla generalizada, tanto en la superficie como en la estructura básica. A medida que se desarrolla esta etapa, los vehículos circulan experimentando una cantidad creciente de molestias a causa de las irregularidades de la superficie, tales como: grietas, baches y deformaciones.

2.1.4 Etapa de descomposición total

Constituye la última etapa de la existencia de un pavimento, y puede durar varios años, lo primero que se observa es la pérdida de la capa de rodadura, ya que cada vez que pasa un vehículo pesado se desprenden trozos de ésta, por lo que al final la vía termina siendo un camino de grava, y a la larga, de tierra. El paso de vehículos se dificulta, la velocidad promedio de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida en un gran porcentaje. Los costos de operación vehicular suben de manera considerable y se incrementa la cantidad de accidentes. En esta última etapa llega un momento en el cual se dificulta el tránsito vehicular.

Como ya se dijo anteriormente, los detalles del ciclo de vida de los pavimentos varían dependiendo de su tipo, pero en general, el mensaje que debe atenderse es el mismo y consiste en que las acciones de conservación de cualquier pavimento deben planificarse debidamente de modo que nunca se permita el deterioro excesivo o la destrucción de su estructura básica.

2.2 DETERIORO SUPERFICIAL

2.2.1 Antecedentes generales

Al evaluar el estado de un pavimento, se busca calificar y cuantificar la capacidad del pavimento para continuar proporcionando un buen servicio a los usuarios, con las tasas de tráfico presentes. Al evaluar un pavimento se busca determinar el estado actual de este, proporcionar soluciones ante sus deficiencias y proveer una base de datos para evaluar el comportamiento de la estructura.

Uno de los factores que influyen, de gran manera, en el desempeño de los pavimentos, son las fallas superficiales o deterioros superficiales.

De lo anterior se deduce que resulta importante conocer algunos aspectos relacionados con los deterioros superficiales, entre estos se tiene:

- Una clasificación, para poder identificarlos.
- Las posibles causas y consecuencias.
- Un método para medirlos.

2.2.2 Deterioro de pavimentos

Los deterioros de pavimentos son una serie de manifestaciones superficiales de la capa de rodadura, haciendo que la circulación vehicular sea menos segura, confortable y que los costos de operación sean mayores.

Cuando se producen daños que se manifiestan superficialmente en forma de pérdida de geometría, deterioro en el rodado u otros, deben analizarse cuidadosamente las causas de falla que los originan. En términos generales se pueden especificar cinco tipos:

- Diseño insuficiente de la superestructura.
- Inestabilidad de las obras de tierra.
- Deficiencias constructivas.
- Solicitaciones no previstas.
- Falta de mantenimiento.

Para definir en forma clara y precisa los tipos de deterioro, sus causas y acciones de corrección se presenta una serie de tablas que especifican cada uno de los deterioros de los pavimentos rígidos y características generales.

2.2.3 Manifestación del deterioro en pavimentos rígidos

Para programar las intervenciones de conservación a ejecutar en un determinado tramo o sector de una carretera, la recolección de información debe de cubrir todos los sectores o tramos donde se pretende realizar los trabajos. Los tipos de deterioros detectados conjuntamente con los grados de

severidad que presentan los mismos, definen los trabajos de conservación que corresponderá ejecutar.

Los deterioros se dividen en deterioros de juntas, grietas y deterioros superficiales. Para facilitar el estudio de las manifestaciones de estos en pavimentos rígidos a continuación se presentan los tipos de fallas, como se producen y cuáles son los posibles cursos de acción para repararlas, estas tomadas del Catalogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos y realizado por El Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica.

1. Deterioro de las Juntas

Deficiencias del sellado

Descripción:

- Deterioro del sello de las juntas que permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial.
 - Se considera como deterioro del sello cualquiera de los siguientes defectos: endurecimiento, despegado de una o ambas paredes, fluencia fuera de la caja, carencia total, incrustación de materias ajenas y crecimiento de vegetación.
-

Causas posibles:

- Endurecimiento : producto de mala calidad, envejecimiento
 - Despegado de las paredes de la junta: producto de mala calidad, sellado mal colocado, caja mal diseñada.
 - Fluencia fuera de la caja: exceso de sello, producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
 - Carencia: producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
 - Incrustaciones de materias incompresibles: bermas no pavimentadas, vehículos que dejan caer materiales.
-

Preparación:

- Verificar que la caja disponga de un ancho compatible con la elongación admisible del producto de sellado por utilizar y los movimientos que experimentan las losas.
 - Retirar todo vestigio del antiguo sello, limpiar cuidadosamente la caja, imprimir con el material adecuado, cuando corresponda, colocar cordón de respaldo y vaciar la cantidad exacta de sellante.
-



Figura 2.2: Deterioro de las juntas

Despostillamiento

Descripción:

- Desintegración de las aristas de una junta, longitudinal o transversal o una grieta, con pérdida de trozos y que puede afectar hasta unos 500 mm dentro de la losa.

Causas posibles:

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a un acabado excesivo u otro defecto de construcción.
 - Penetración de partículas incompresibles dentro de la caja de una junta o dentro de una grieta activa.
-

Reparación:

- Severidad baja: reparar el sello, Sellado de juntas y Grietas.
- Severidad media y alta: reparar mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, Reparación de Espesor Parcial.



Figura 2.3: Despostillamiento

Escalonamiento de juntas

Descripción:

- Desnivel entre dos superficies del pavimento, separadas por una junta transversal o grieta.
-

Causas posibles:

- Erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta.
 - Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas o trozos de losas.
 - Asentamiento diferencial de la subrasante.
 - Drenaje insuficiente.
-

Reparación:

- Mejorar el sistema de drenaje.
 - Para evitar que el fenómeno se acentúe, inyectar las losas levantándolas hasta nivelarlas con la adyacente y luego mejorar el sistema de transferencia de cargas, normalmente colocando barras de traspaso. Utilizar este procedimiento para todas las losas que presenten un nivel de escalonamiento de severidad alta.
 - Para escalonamientos de severidad baja y media.
-



Figura 2.4: Escalonamiento de juntas

2. Grietas

Grietas de esquina

Descripción:

- Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar las juntas transversal y longitudinal y que forma un ángulo de aproximadamente 50 grados con la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo varía entre 300 mm y la mitad del ancho de la losa.
-

Causas posibles:

- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.
 - Sobrecarga en las esquinas.
 - Deficiente transmisión de cargas entre las juntas.
-

Preparación:

- Para severidad baja, sellar, sellado de Juntas y Grietas.
- Para severidades media y alta, reparar en todo el espesor una franja de pavimento del ancho de la losa y de una longitud mínima igual a la distancia entre la junta y la intersección de la grieta con el borde externo; reparación en todo el espesor, según corresponda.



Figura 2.5: Grietas de esquina

Grietas longitudinales

Descripción:

- Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección con el borde se produce a una distancia mucho mayor que la mitad del ancho de la losa.

Causas posibles:

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de las barras de traspaso de cargas.

- Aserrado tardío de la junta.
-

Reparación:

- Para niveles de severidad baja y media, realizar sellado de juntas y grietas.
 - Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor del tramo dañado; reparación en todo el espesor, según corresponda.
-



Figura 2.6: Grietas longitudinales

Grietas transversales

Descripción:

- Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada.

- También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde del pavimento, siempre que la intersección con la junta esté a una distancia del borde mayor que la mitad del ancho de la losa y la intersección con el borde se encuentre a una distancia inferior que la mitad del ancho de la losa.
-

Causas posibles:

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
 - Losa de ancho excesivo.
 - Carencia de una junta longitudinal.
 - Mal posicionamiento de las barras de traspaso de cargas.
 - Aserrado tardío de la junta.
-

Reparación:

- Para niveles de severidad baja y media sellado de juntas y grietas.
 - Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor del tramo dañado.
-



Figura 2.7: Grietas transversales

Agrietamiento tipo mapa

Descripción:

- Fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales.

Causas posibles:

- Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito.
- Deficiente soporte de la fundación.

Reparación:

- Reconstrucción del pavimento.
-



Figura 2.8: Agrietamiento tipo mapa

3. Deterioro superficial

Desgaste superficial

Descripción:

- Pulimiento de la superficie con aparición del agregado grueso. En general no tiene efectos estructurales dañinos.

Causas posibles:

- Exceso de mortero en la mezcla del concreto.
- Rodado abrasivo.
- Curado inapropiado.

Reparación:

- Reparación de espesor parcial.



Figura 2.9: Descaste superficial

Descascaramiento

Descripción:

- Perdida de material superficial en forma de escamas. En general no tiene efectos estructurales dañinos.

Causas posibles:

- Agregados sucios en la mezcla del concreto.
- Exceso de agua en la mezcla.

Reparación:

- Reparación de espesor parcial.
-



Figura 2.10: Descascaramiento

Bacheo

Descripción:

- Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente.

Causas posibles:

- Intervención tardía.



Figura 2.11: Bacheo

2.3 CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO

El mantenimiento del buen estado de los pavimentos debe asegurarse en todos aquellos que forman parte de una red vial. Las fallas repentinas, daños ocasionados por las lluvias, deterioros graduales de la superficie de rodadura y obstrucciones inesperadas, pueden ser causas de daños personales, retrasos y pérdidas económicas.

La conservación de los pavimentos puede definirse como la función de preservar, reparar y restaurar dicha estructura para conservarla en condiciones de uso seguro, conveniente y económico; de tal manera que su tiempo de servicio se prolongue el tiempo requerido y con la calidad adecuada. Para esto, es necesario definir las condiciones mínimas en las cuales operarán los pavimentos.

Es importante realizar las operaciones rutinarias de mantenimiento y diferentes medidas de conservación con cierta frecuencia, durante la etapa de deterioro lento y poco visible del pavimento.

Los programas de mantenimiento de los pavimentos están diseñados de manera que compensen los efectos del clima, crecimientos orgánicos, desgaste y daños provocados por el tránsito, así como el deterioro debido a los efectos del envejecimiento, fallas de los materiales, y fallas en la construcción y diseño. Sin embargo, es necesario aclarar que a pesar de la vigilancia y de los esfuerzos determinados para mantener el buen estado de un pavimento,

llega un momento en el cual se requiere una rehabilitación mayor de la estructura.

2.3.1 Mantenimiento rutinario

Es requerido de manera continúa en todas las vías, independientemente de sus características o volumen del tráfico. El mantenimiento rutinario de los pavimentos comprende un conjunto de actividades que es necesario realizar con cierta frecuencia para que la carretera mantenga un buen nivel de servicio. Entre las actividades que se realizan en nuestro país como parte de este tipo de mantenimiento tenemos:

- Limpieza y chapeo del derecho de vía.
- Limpieza de drenaje longitudinal y transversal.
- Sellado de fisuras y grietas.
- Construcción de canaletas revestidas.

2.3.2 Mantenimiento periódico

El mantenimiento periódico está formado por aquellas obras de conservación que son programadas con una frecuencia mayor a un año. En nuestro país estas actividades comprenden:

- Tratamientos superficiales (sellos, otros).
- Renovación de la superficie (reciclado).
- Estabilización de bases.
- Construcción de drenaje longitudinal y transversal.

- Colocación de señalización vertical y horizontal.
- Renovación de hombros.
- Colocación de Flex-beam.

2.3.3 Refuerzo de los pavimentos

Los trabajos de refuerzo de la capa de rodadura no son considerados como un mantenimiento. En un esquema sano de conservación, el pavimento debe reforzarse al inicio de la etapa de deterioro acelerado, periodo en el cual la condición del pavimento se torna crítica. Los objetivos del refuerzo son los siguientes:

- a) Detener el deterioro acelerado del pavimento.
- b) Conservar intacta la estructura básica existente.
- c) Asegurar la capacidad estructural del pavimento, de modo que pueda ser apto para el tránsito durante otro período prolongado.

Al inicio de la etapa de deterioro acelerado, normalmente basta con reforzar sólo la superficie de rodadura, con un costo relativamente bajo. Una vez efectuada esta operación, el pavimento vuelve a estar apto para su función y puede resistir al tránsito durante varios años más. Sin embargo, si avanzamos dentro de la etapa mencionada y dejamos pasar el momento óptimo de la intervención, el simple refuerzo de la superficie ya no es suficiente. Primero deben repararse daños producidos en las capas inferiores del pavimento y posteriormente colocar el refuerzo sobre la

superficie de rodadura. Cuanto más se atrase la intervención, mayor serán los daños y mayores también las reparaciones necesarias en las capas mencionadas. Frecuentemente se utiliza el término “rehabilitación”, cuando se alude a la combinación de reparaciones parciales en la estructura básica del pavimento, junto con el refuerzo de su rodadura. Aunque estas actividades no se consideran dentro del mantenimiento, las actividades periódicas antes y después de la rehabilitación si se incluyen como parte de éste.

2.3.4 Rehabilitación de los pavimentos

Los trabajos de rehabilitación de pavimentos según su finalidad se clasificarán en estructurales y superficiales. Las primeras tendrán por objeto aumentar significativamente la capacidad estructural del pavimento existente, adecuándola a las acciones del tráfico previsto durante su período de servicio. El objeto de las segundas será conservar o mejorar sus características funcionales (seguridad, comodidad, etc) y la protección del pavimento en su conjunto (aumento de la durabilidad, impermeabilidad, uniformidad, aspecto, etc). Los trabajos de rehabilitación estructural, adecuadamente proyectados y construidos, darán solución a ambos tipos de rehabilitación, ya que supondrá la mejora de la regularidad longitudinal, transversal y de la textura superficial.

Las soluciones a aplicar en una rehabilitación estructural podrán ser de los siguientes tipos:

- Eliminación parcial y reposición de la capa del pavimento existente, incluyendo un eventual reciclado de los materiales.
- Sobrecapa aplicada sobre el pavimento existente.
- Combinación de los dos tipos anteriores.
- Reconstrucción total del pavimento, utilizando materiales nuevos o aprovechando los materiales del pavimento antiguo (reciclado), en este caso los costos se reducen.

2.4 SISTEMAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

2.4.1 Gestión de Pavimentos

El concepto de “gestión de pavimentos” ha evolucionado en forma acelerada en los últimos 20 años combinando todas las actividades para proveer y administrar pavimentos. Se entiende por gestión de pavimentos todas aquellas acciones de conservación que aplicadas en el tiempo mantienen un nivel de servicio adecuado, tanto en el aspecto funcional como estructural; su objetivo básico es usar información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia en la toma de decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptimo.

2.4.2 Sistema de Gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de pavimentos es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un periodo de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión.

Además, comprende un conjunto coordinado de actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación e investigación de los pavimentos; su principal objetivo es establecer la metodología para el seguimiento y continúa evaluación del estado de estos, para proporcionar así seguridad, confort y economía al transporte, obteniendo la mayor rentabilidad posible por el dinero invertido sujeto a las restricciones económicas, técnicas, políticas y ambientales. Para tales efectos el sistema debe de ser actualizable, permitir comparación de alternativas e identificar la óptima, basando sus decisiones en atributos, criterios y restricciones cuantificables. En la Figura 2.12, se presentan las principales actividades que definen de un sistema de gestión de pavimentos.

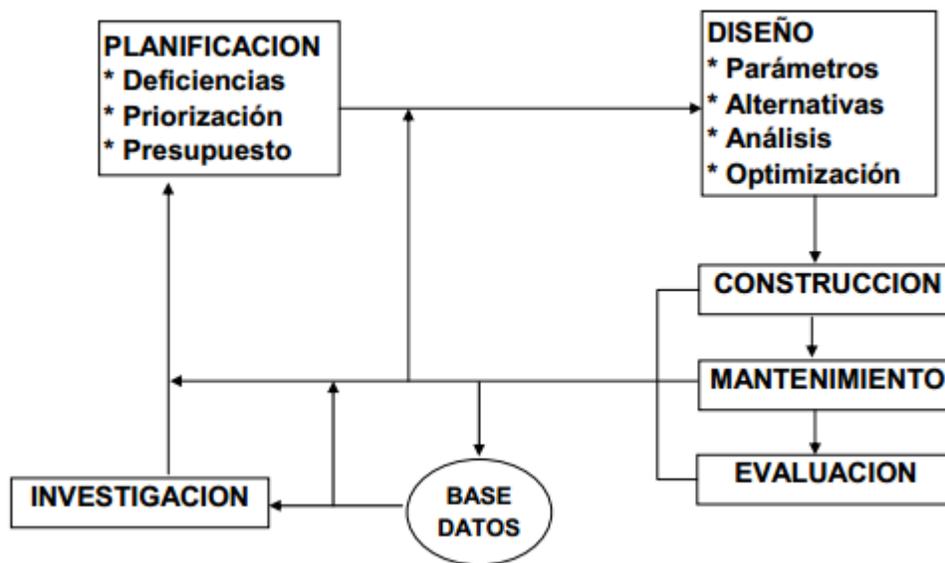


Figura 2.12: Diagrama simplificado de principales actividades que componen un sistema de gestión de pavimentos. [Gestión de infraestructura vial, Hernán de Solminihaç T.]

Los elementos básicos que configuran un sistema de gestión de pavimentos se puede sintetizar en:

- Información de inventario de la red.
- Información del estado funcional y estructural de los elementos de la vía.
- Modelos de predicción del comportamiento durante su vida útil.
- Estándares de conservación para el deterioro actual y futuro.
- Evaluación económica de las distintas alternativas de conservación y/o rehabilitación.
- Configuración de un programa de actuación en el periodo de análisis.

2.4.3 Niveles de gestión de pavimentos

La gestión de pavimentos se realiza en dos niveles principales, los cuales son interactivos entre sí y están definidos según el área que debe ser analizada, y el tipo de datos que son necesarios para generar los modelos de predicción del deterioro de las estructuras a lo largo del tiempo.

Estos niveles de la gestión de pavimentos son la **Gestión a Nivel de Proyecto** y la **Gestión a Nivel de Red**.

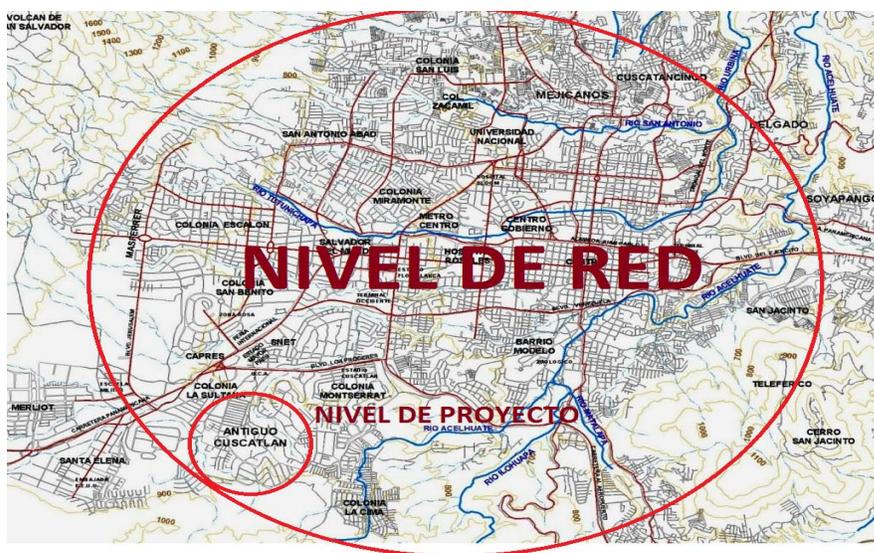


Figura 2.13: Mapa de la red vial del Área Metropolitana de San Salvador.

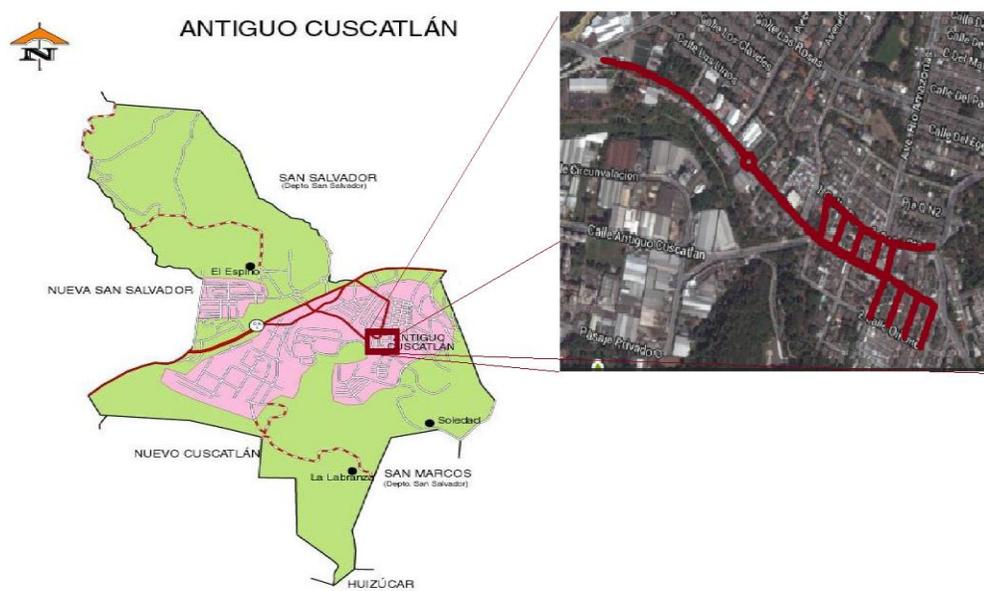


Figura 2.14: Proyecto en estudio, Antigua Cuscatlán.

2.4.3.1 Gestión de pavimentos a nivel de red

Las actividades de gestión de pavimentos se definen según el nivel el nivel en que se esté trabajando, en el nivel de red incluye fundamentalmente un proceso de observación de un conjunto de pavimentos que conforman una red de caminos, para planificar decisiones para grandes grupos de proyectos a fin de optimizar la asignación de recursos.

A nivel de red la gestión de pavimentos busca desarrollar un programa prioritario y organizado para el mantenimiento, rehabilitación y construcción de pavimentos, en base a la disponibilidad presupuestaria del ente administrador de la red vial de una región o país, para un período determinado.

Dentro de esta gestión pueden distinguirse dos sub-niveles que comprenden: **nivel de selección de proyecto**, en el cual se enmarcan dentro de la disponibilidad presupuestaria de los administradores en cada período; y nivel de **programa**, en el cual los presupuestos son establecidos y se hace asignación general de ellos en una red determinada.

El nivel de selección de proyecto involucra decisiones de fondos para proyectos o grupos de ellos, opuestamente al nivel de programa que involucra en general decisiones de asignación de presupuesto para una red entera de caminos.

El nivel programa involucra políticas de decisión tendientes a la rehabilitación o mantención de la red como un todo, a este nivel la asignación de presupuesto es el principal compromiso y los modelos deben de ser diseñados para optimizar el uso de fondos asignados a la rehabilitación y mantención de la red. Para tales efectos se debe considerar la condición de los pavimentos en cuanto a su serviciabilidad o al porcentaje de pavimento deficiente que existe en la red, mediante la recolección de datos que permitan determinar esas características.

En la gestión de pavimentos a nivel de red se contemplan las siguientes actividades:

- Identificación de necesidades y “vías candidatas” a ser mejorada dentro de la red vial. Dentro de la identificación futura se contempla la aplicación de modelos de comportamiento y de deterioro de los pavimentos.

- Generación de alternativas para cada proyecto candidato o sección a mantener.
- Selección de periodos de análisis, tasas de descuento, niveles de calidad mínimos del pavimento, etc. Para análisis técnico-económico e identificación de las bases para la decisión.
- Análisis técnico de cada alternativa en función del comportamiento esperado en el pavimento.
- Análisis económico de cada alternativa en función de los costos y beneficios esperados para el ciclo de vida del pavimento.
- Desarrollo de un programa para nuevas construcciones, mantención y rehabilitación de los pavimentos de la red en estudio.

2.4.3.2 Gestión de pavimentos a nivel de proyecto

En este nivel, la gestión lo que pretende es analizar el pavimento de una vía en particular, de manera que se pueda determinar la alternativa óptima para la construcción de una nueva estructura, o bien el tipo de acciones de mantenimiento necesarias, y los momentos en que éstas han de aplicarse a un pavimento existente.

Para realizar una gestión a nivel de proyecto se necesitan datos específicos de secciones del pavimento, como por ejemplo:

- Cargas que recibe (o recibirá) el pavimento.
- Factores ambientales que lo afectan.

- Características de los materiales que lo constituyen.
- Propiedades de su base, sub-base y subrasante.
- Variables de construcción y mantenimiento.
- Costos.

El análisis a nivel de proyecto debe generar una serie de alternativas de construcción y/o mantenimiento, las cuales han de evaluarse técnica y económicamente, de forma que al final se pueda seleccionar aquella que minimice los costos totales del ciclo de vida del pavimento, tomando en cuenta los de construcción así como los de operación de los usuarios, fijando una serie de estándares que han de satisfacerse y que tienen que ver con el comportamiento estructural y funcional del pavimento a través del tiempo.

En la gestión a nivel de proyecto se contemplan las siguientes actividades:

- Generación de alternativas de tratamiento de conservación de pavimentos.
- Selección del periodo de análisis, tasa de descuento, niveles, de calidad mínimos de pavimento, para el análisis técnico-económico de los pavimentos.
- Análisis técnico de cada alternativa en función del comportamiento esperado en el pavimento.
- Análisis económico de cada alternativa en función de los costos y beneficios esperados para el ciclo de vida del pavimento.

- Selección de la alternativa adecuada, en base a criterios cuantitativos y cualitativos.

2.4.4 Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de Pavimentos es simplemente la combinación de procedimientos de análisis, formularios detallados para la adquisición de datos, mediciones, criterios de decisión y herramientas, entre las cuales una básica son los programas computacionales, los que proveen métodos sistemáticos y óptimos para llevar a cabo una buena gestión.

El grado de complejidad de un sistema puede ser muy variado e ir desde una base de datos hasta una optimización total, y está generalmente definido por los objetivos que posee el sistema en su conjunto.

Al planificar el desarrollo de un sistema de gestión se deben tener en cuenta varios factores de importancia, tales como: disponibilidad de recursos, requisitos de información, nivel de sofisticación, manejo de datos, informes y gestión. Para ello se requiere contar con una estructura de datos actualizable que permita administrar los datos, junto con proveer de las herramientas necesarias para análisis y modelación del comportamiento de la infraestructura. Por otro lado, dentro de un sistema de gestión de Pavimentos pueden distinguirse tres módulos típicos: Base de datos, Métodos de análisis y Retroalimentación. La Figura 2.15 ilustra los módulos que conforman un SGP genérico. Esta figura corresponde a una adaptación de la presentada en el capítulo 2 del AASHTO Guidelines for Pavement Management System de 1990.



Figura 2.15: Elementos básicos de un sistema de gestión de pavimentos.

[Gestión de infraestructura vial, Hernán de Solminihac T.]

El uso de sistemas de ingeniería no conduce a una solución del problema de los pavimentos, sino a alternativas de solución aptas para ser seleccionadas por el encargado de la gestión de acuerdo a los criterios especificados.

El sistema se encuentra estructurado en base a la relación existente entre la y las solicitaciones a que se ve sometido a lo largo de su vida útil, que son básicamente tránsito y clima. Las solicitaciones y las características de diseño y construcción determinan el modo de respuesta de ellos, las cuales se miden por determinadas características funcionales y estructurales, tales como:

- Irregularidad superficial.
- Resistencia al deslizamiento.
- Deterioro superficial.
- Comportamiento estructural.

De acuerdo a las solicitaciones, la infraestructura vial sufre un deterioro, que debe ser evitado o corregido oportunamente mediante la aplicación de conservaciones, las que dentro del sistema se presentan como opciones a ser seleccionadas de acuerdo al presupuesto y al nivel de mejoramiento que otorgan al pavimento, así como el control de costos asociados que generan. Para cada acción posible de conservación se determina un costo total distinto, el que es comparado para seleccionar el menor y que corresponderá a la alternativa seleccionada.

La Figura 2.16 representa la estructura general de un sistema de gestión de pavimentos, en la cual se puede identificar la planificación, el diseño, la construcción, el mantenimiento, la evaluación, la base de datos y la investigación.

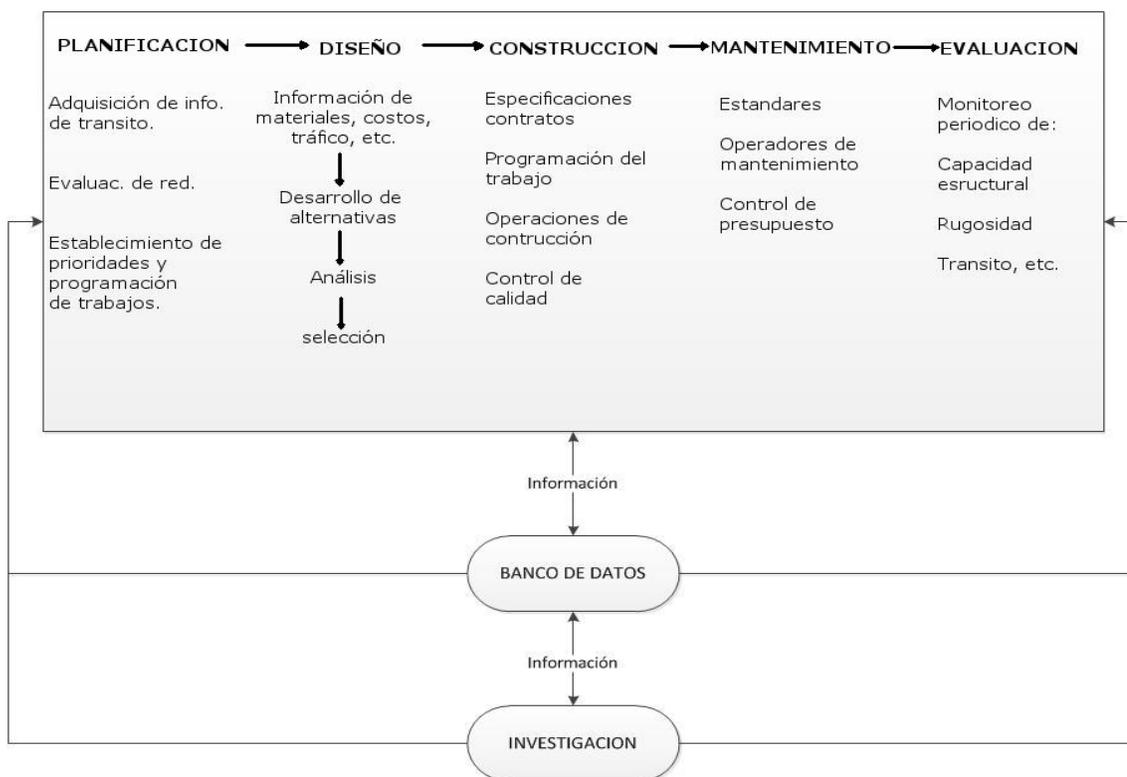


Figura 2.16: Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos.

[Gestión de infraestructura vial, Hernán de Solminihac T.]

Planificación: comprende las etapas de adquisición de información de tráfico, evaluación de deficiencias de la red, asignación de prioridades y programación para realizar los trabajos necesarios. En esta fase se toman las decisiones de inversión, reconociendo las restricciones de presupuesto.

Diseño: adquisición de información sobre materiales, tránsito, costo, etc. y posterior desarrollo de alternativas de diseño, análisis y comparación de sus características para la selección de Una de ellas.

Construcción: comprende actividades como programación del trabajo, desarrollo de operaciones de construcción y control de calidad de las obras.

Mantenimiento: se establece un programa de trabajo de mantenimiento en base al presupuesto y los niveles de deterioro.

Evaluación: se establece una medición periódica de factores funcionales y estructurales ya mencionados anteriormente.

2.4.5 Desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos

La condición principal para establecer un sistema de gestión de infraestructura es la voluntad de las autoridades correspondientes de financiarlo; por ejemplo en el caso estatal, el director de la agencia vial: en el caso de la comuna, el alcalde y en el caso de una concesión, el administrador o gerente del proyecto, y de crear la organización necesaria para su funcionamiento; un país que desee establecer un sistema de gestión de pavimentos debe considerar al menos los siguientes aspectos:

- 1) *Estrategia:* Disposición de un plan maestro que involucre a todos los elementos del sistema tanto en la implementación como en la operación a lo largo del tiempo.

2) *Organización*: que cubra todas las actividades del sistema incluyendo el personal y estructura organizacional, desde la toma de datos en campo hasta la toma de decisiones de alto nivel, sin omitir las instancias de investigación a aplicar, muy importante para poder actualizar el sistema permanentemente.

3) *Equipamiento*: debe ser el apropiado para llevar a cabo los diferentes procesos que implica la gestión de pavimentos, debe estar dotado de computadores, programas apropiados y los equipos de auscultación de caminos, etc.

4) *Investigación*: es un aspecto fundamental para la fase inicial y el desarrollo global del sistema.

Además, el sistema de gestión debe articularse alrededor de las siguientes actuaciones básicas:

1) Elaborar un banco de datos donde queden inventariadas las características de la red o proyecto que se desea gestionar.

2) Proceder a una recolección sistematizada y periódica de información cuantitativa del estado del pavimento y de los restantes elementos de la carretera.

3) Establecer los índices y parámetros para la cuantificación global del nivel de servicio de las vías, con la posibilidad de fijación de umbrales de intervención.

- 4) Definir un método de elección de prioridades para establecer un orden de aplicación de los recursos disponibles.
- 5) Elegir las técnicas de conservación que deben aplicarse en cada caso en función de la información recogida y proceder a su evaluación.

2.5 EVALUCIÓN TÉCNICA COMO PARTE DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Como ya hemos visto, un sistema de gestión de pavimento está conformado por un conjunto de actividades que deben ser desarrolladas oportunamente para la adecuada conservación de una red vial de pavimentos. Dentro de estas actividades una muy importante es la evaluación técnica, la cual requiere contar con la información que permita evaluar los pavimentos, esto con el objetivo de establecer prioridades de actuación e indicar el tipo y cantidades de obras de conservación y/o rehabilitación. En el siguiente capítulo se analiza cuáles son los requerimientos básicos de información para una buena evaluación técnica de pavimentos y por ende para un buen sistema de gestión de pavimentos.

La figura 2.7 muestra la contribución de una evaluación técnica de pavimentos a un sistema de gestión de pavimentos, en la cual se desarrollan y necesitan actividades como la evaluación de condición de los pavimentos, datos de tránsito y clima, inventario de la red, evaluación estructural, entre otras.

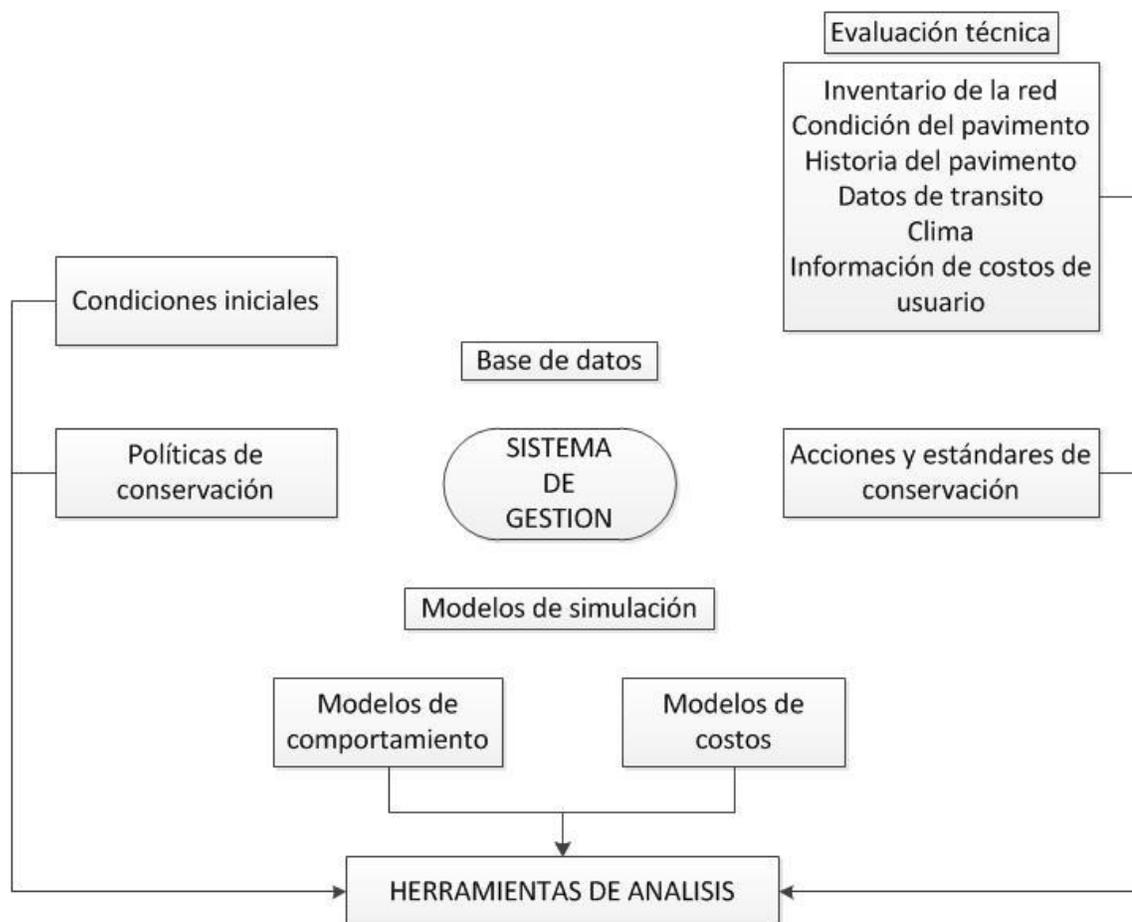


Figura 2.17: Evaluación técnica como parte de un sistema de gestión de pavimentos.

[Gestión de infraestructura vial, Hernán de Solminihaç T.]

CAPÍTULO III

“PROCEDIMIENTO PARA LA
EVALUACIÓN TÉCNICA DE
PAVIMENTOS ”

CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE PAVIMENTOS

3.1 Introducción

Los pavimentos son estructuras diseñadas para garantizar seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe brindar un buen nivel de servicio a los usuarios de acorde a las solicitudes. Dentro de este aspecto existe lo que se llama evaluación técnica de pavimentos, la cual se divide en dos grupos; evaluación funcional y evaluación estructural.

La evaluación funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, esto para valorar la calidad de servicio que proporcionan a los usuarios.

Por otra parte, la evaluación estructural del pavimento, tiene por objeto la cuantificación de la capacidad estructural remanente del pavimento. La falta de capacidad estructural de un pavimento genera en este un deterioro progresivo que se manifiesta en niveles excesivos de agrietamientos y deformaciones.

La evaluación técnica de pavimentos es el paso fundamental para asignar las acciones de conservación más adecuadas que deben ser aplicadas en el pavimento a evaluar.

3.2 Descripción del estado actual del pavimento

La evaluación del estado de un pavimento, permite describir las variables que determinan la condición funcional y estructural de un pavimento. La condición funcional puede determinarse a través de medidas del confort en la conducción, tales como el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), o el Índice de Serviciabilidad.

La condición funcional de un pavimento está influenciada por la condición estructural. En ambos casos, los defectos superficiales constituyen un síntoma de fallas que inciden en el estado superficial del pavimento.

La auscultación de pavimentos permite a través de técnicas invasivas y no invasivas, realizar la evaluación de estado de un pavimento. La inspección visual, es una técnica no invasiva que puede ser aplicada en forma manual o mecanizada y que permite identificar y caracterizar los defectos superficiales de un pavimento.

Por tanto, la auscultación se vuelve el método más detallado para desarrollar la evaluación técnica de los pavimentos. El llevar a cabo una auscultación en forma sistemática puede producir múltiples beneficios, entre los que destacan:

- Determinación de la capacidad estructural.
- Índices de la condición y comportamiento de los pavimentos.
- Identificación de cambios en la condición y comportamiento año a año.

- Distribución de fondos de mantención y rehabilitación en forma más acertada.
- Base para programar técnicas de conservación.

La auscultación se clasifica en estructural y funcional. A continuación se muestra un esquema genérico de la auscultación de pavimentos:

a) Auscultación estructural

- Medida de deflexiones.
- Levantamiento de deterioros.

b) Auscultación funcional

- Índice de Serviciabilidad Presente (Present Serviceability Index, PSI).
- Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Index, IRI).

La descripción del estado actual de los pavimentos, además del método de auscultación se puede llevar a cabo mediante la realización de otros métodos, entre los que podemos mencionar la presentación detallada y el histograma y mapas; ambos descritos en la Gestión de Infraestructura Vial de Hernán de Solminihaç T 3ª Edición (2001).

3.3 Requerimientos de información

Para establecer prioridades de actuación e indicar tipo y cantidades de obras de conservación y/o rehabilitación, se requiere contar con la información que permita evaluar los pavimentos.

Hernán de Solminihaç en su libro *Gestión de Infraestructura Vial*, 3ª Edición (2001); indica las clases de datos que pueden ser utilizados para una evaluación técnica de pavimentos, los cuales son básicamente los siguientes:

- Datos de Auscultación (Estado actual del pavimento), (Tabla 3.1).
- Datos Históricos (de construcción y mantenimiento), (Tabla 3.2).
- Datos de Tránsito (Tabla 3.3).
- Datos de Medio ambiente (Tabla 3.4).

Sin embargo, para el desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos, adicionalmente son necesarios otros tipos de datos que no se incluyen en la evaluación técnica, como por ejemplo datos de inventario, datos de políticas (de presupuesto y alternativas disponibles), y datos de costos.

Con todos estos datos, podemos analizar y modelar el comportamiento del pavimento y de esta forma poder determinar el tipo de actuación a realizar, y el momento en el que se debe hacer, por lo que es necesario que los datos sean rápidamente accesibles (Figura 3.1).



Figura 3.1: Relación entre datos y base de datos [Gestión de infraestructura vial, Hernán de Solminihaç T. 3a Edición (2001)].

Tabla 3.1: Clases de datos de auscultación.

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Rugosidad	<p>Descripción del estado actual.</p> <p>Predicción del estado futuro.</p> <p>Base para el análisis y programación.</p>	<p>Calidad superficial.</p> <p>Curvas de deterioro.</p> <p>Estimar espesor de recubrimiento.</p>
Grietas superficiales	<p>Descripción del estado actual.</p> <p>Predicción del estado futuro.</p> <p>Identificar necesidades</p>	<p>Seleccionar los tratamientos de mantención.</p> <p>Identificar las necesidades de mejoramiento.</p> <p>Determinar la efectividad de los</p>

	<p>presentes y futuras.</p> <p>Programar mantenciones.</p> <p>Determinar la efectividad de los tratamientos.</p>	<p>tratamientos.</p> <p>Identificar las necesidades de rehabilitación.</p>
Fricción superficial	<p>Descripción del estado actual.</p> <p>Predicción del estado futuro.</p> <p>Priorizar la programación.</p> <p>Determinar la efectividad de los tratamientos.</p>	<p>Determinar la efectividad de los tratamientos.</p>
Deflexión	<p>Descripción del estado actual.</p> <p>Predicción del estado futuro.</p> <p>Identificar insuficiencias estructurales.</p> <p>Priorizar rehabilitación.</p> <p>Determinar restricciones de carga.</p>	<p>Entradas al diseño de recubrimiento.</p> <p>Determinar la suficiencia estructural.</p> <p>Estimar vida remanente.</p> <p>Estimar restricciones de carga remanente.</p>
Propiedades del material de las capas	<p>Estimar la variabilidad entre secciones.</p> <p>Desarrollar bases para mejorar los estándares de diseño.</p>	<p>Entradas al diseño de recubrimiento.</p> <p>Proveer registros de construcción.</p>
Geotecnia	<p>Definir características generales de los terrenos de fundación.</p>	<p>Descripción de las características geotécnicas del sector.</p> <p>Identificación estabilidad de cortes y terraplén.</p>

Tabla 3.2: Clases de datos históricos.

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Historia de la mantención	<p>Programa de la mantención.</p> <p>Evaluar la efectividad de la mantención.</p> <p>Determinar efectividad de los costos de las alternativas de diseño.</p>	Identificar los problemas de la sección.
Historia de la construcción	<p>Evaluar efectividad de la construcción.</p> <p>Determinar efectividad de los costos de las alternativas de diseño y las prácticas de construcción.</p> <p>Determinar la necesidad de implementar procedimientos que aseguren calidad.</p>	<p>Proveer registros de construcción.</p> <p>Proveer retroalimentación al diseño.</p>
Historia del tránsito	<p>Priorizar la programación.</p> <p>Estimar tendencias del comportamiento.</p>	<p>Base para el diseño de pavimentos.</p> <p>Identificar métodos de cómo guiar el tránsito.</p> <p>Estimar vida remanente.</p>
Historia de los accidentes	<p>Desarrollar medidas.</p> <p>Priorizar la programación.</p>	<p>Determinar zonas de alto riesgo.</p> <p>Desarrollar medidas.</p>

Tabla 3.3: Clases de datos de tránsito.

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Tipos de vehículos	Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan.	Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan.
Flota vehicular	Conocer las características de los vehículos que circulan en una determinada red.	Conocer las características de los vehículos que circulan en un determinado proyecto.
Volumen	Determinar los costos de operación y congestión.	Determinar los costos de operación y congestión.
Estratigrafía	Determinar los ejes equivalentes que solicitan los pavimentos.	Determinar los ejes equivalentes que solicitan los pavimentos.
Ejes equivalentes	Estimar el efecto de las cargas en el deterioro de los pavimentos.	Estimar el efecto de las cargas en el deterioro de los pavimentos.

Tabla 3.4: Clases de datos de medio ambiente

TIPO DE DATO	NIVEL DE RED	NIVEL DE PROYECTO
Drenaje	Evaluar el comportamiento de la red	Evaluar el comportamiento de la sección.
Clima	Evaluar el comportamiento de la red	Evaluar el comportamiento de la sección.

3.3.1 Importancia de los datos de construcción y solicitud

Los datos de construcción incluyen tanto información de la calidad de los materiales de construcción como de la forma y calidad con que se ejecuto la obra, de este modo se puede deducir a futuro las causas de cualquier situación que se produzca en relación al comportamiento de la capa de rodadura. Los datos de conservación incluyen registros de todas las actividades de conservación que puedan afectar el comportamiento del pavimento.

El banco de datos debe incluir los datos desde el diseño a la operación y mantención, para en base a ellos decidir sobre qué tipo y cuando realizar futuras mantenciones o rehabilitaciones al pavimento.

Otro efecto que se debe considerar sobre el comportamiento de los pavimentos es el tránsito, el cual incide sobre la estructura de diferentes maneras, por lo tanto se requiere conocer aspectos tales como:

- Volumen y composición del tránsito.
- Estratigrafía por ejes.
- Características del parque automotor.
- Peso máximo por eje permitido y efectivo.
- Tasas de crecimiento históricas y futuras.

3.3.2 Importancia del comportamiento de los pavimentos en la evaluación

Un buen pavimento da una satisfactoria serviciabilidad a los usuarios, no requiere de gran mantención, es estructuralmente adecuado para las cargas de tránsito, tiene suficiente resistencia al deslizamiento para evitar accidentes, y consta de características geotécnicas que permiten soportar la estructura en forma adecuada, por lo que se hace necesario evaluar todos los tipos de datos antes mencionados, para lograr determinar, principalmente, la condición funcional y estructural del pavimento. Para esto se deben considerar las siguientes características:

- Rugosidad
- Escalonamiento
- Grietas superficiales
- Deflexión
- Fricción de la superficie
- Características geotécnicas

Estas características, junto con la mantención, el clima y el tránsito de los usuarios, son las variables que determinarán el comportamiento real del pavimento. Además, se pueden predecir a la hora de diseñar y evaluar mientras el pavimento este en servicio, pudiendo alargar el ciclo de vida, rehabilitando el camino.

3.4 Solicitaciones

Las solicitaciones principales de un pavimento son el tránsito y el clima. El tránsito visto como las cargas pesadas que circulan en el pavimento y el clima como la lluvia y la temperatura. En la figura 3.2 se muestra la interacción de las distintas variables asociadas al diseño y desempeño en el tiempo.

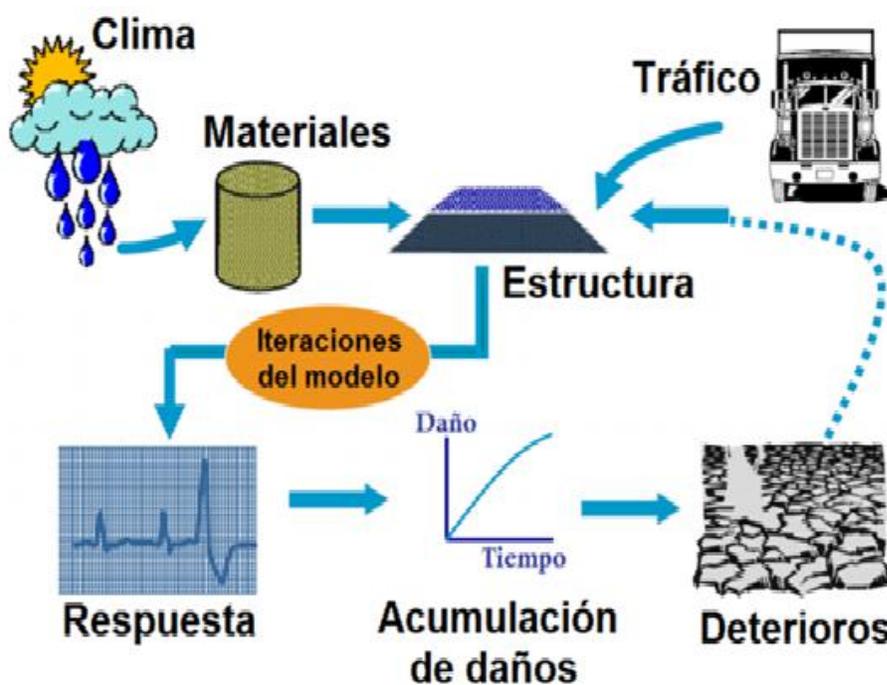


Figura 3.2: Interacción de las distintas variables asociadas al diseño del pavimento, y su desempeño en el tiempo. [Manual del usuario IMT- PAVE 1.1, Paul Garnica Anguas, Roberto Hernández Domínguez].

3.4.1 Solicitaciones de tránsito



Figura 3.3: Tránsito, Antigua Cuscatlán (<http://www.laprensagrafica.com/>, consulta: 23/04/2015).

El tránsito solicitante es un factor de primera importancia a la hora de determinar o predecir el daño en el tiempo que sufrirá un pavimento en un período dado. Se puede apreciar que el volumen de vehículos ha crecido en forma importante en los últimos años, pero ese aumento ha sido aún mayor si lo vemos en términos de la carga que se transporta (Figura 3.4), esta situación tiene una implicancia significativa en el comportamiento de los pavimentos.

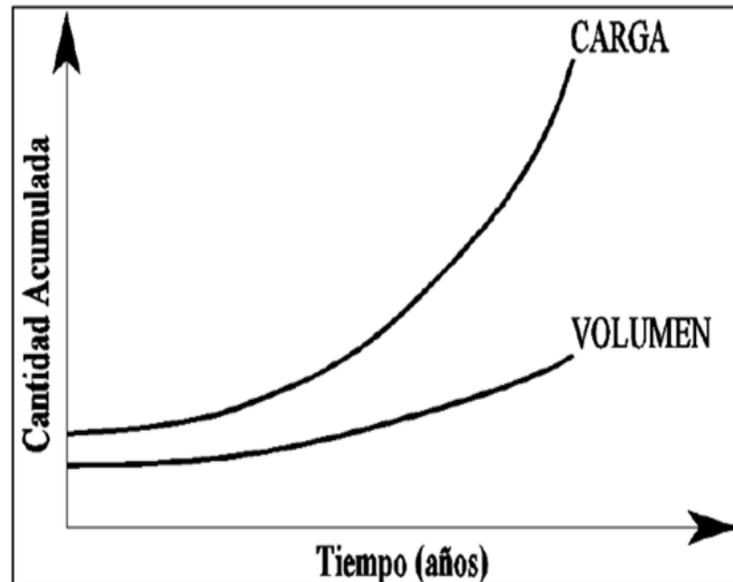


Figura 3.4: Solicitación de tránsito [Gestión de infraestructura vial, Hernán de Solminihac T. 3a Edición (2001)].

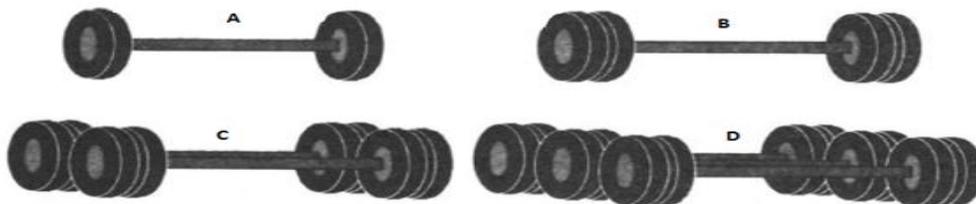
3.4.1.1 Efectos de las cargas en los pavimentos

Las solicitaciones de cargas en los pavimentos son las principales causas del deterioro, a lo cual se agrega el efecto del clima. Estos dos tipos de solicitaciones se suman llevando a la consiguiente pérdida de capacidad estructural y funcional del pavimento.

Uno de los mayores problemas que se encuentran en las predicciones teóricas sobre el efecto destructivo de las cargas del tránsito, es el de decidir cuál es el criterio determinante a utilizar: tensión, deformación o serviciabilidad. Aun definido este problema la dificultad persiste debido a la multiplicidad de factores

que intervienen, esto es, tipo de apoyo, intensidad y frecuencia de las cargas, rigidez relativa de las capas componentes, etc.

En general las cargas no son relevantes si su intensidad no sobrepasa un determinado valor. Es por esto que no se consideran los vehículos livianos, autos y camionetas, y sólo son determinantes en el diseño los vehículos comerciales: camiones y buses. Los tipos de apoyo más usuales de los vehículos comerciales son los siguientes (Figura 3.5 y Figura 3.6):



Figura

3.5: Configuración de ejes comúnmente utilizados [Gestión de infraestructura vial, Hernán de Solminihac T. 3a Edición (2001)].

Donde:

- A. Eje Simple, Rueda Radial.
- B. Eje Simple, Eje Comercial.
- C. Eje Tándem, Rueda Comercial.
- D. Eje Tridem, Rueda Comercial.



Figura 3.6: Configuración de ejes comúnmente utilizados

Adicionalmente al tipo de apoyo, importa el espaciamiento entre ruedas y la presión de inflado de los neumáticos. Cabe recordar que para un nivel de carga dado, a mayor cantidad de ruedas por eje, mejor será la distribución de esfuerzos y menores los daños sobre la estructura del pavimento contribuyendo a una mejor y más prolongada vida de los caminos.

A lo anterior se deben agregar distintas configuraciones de ejes, según el tipo de camión, que tienen autorización para circular, siempre y cuando cumplan con los pesos máximos exigidos. En la figura 3.7 se muestran las configuraciones permitidas y los pesos máximos por eje en El Salvador.

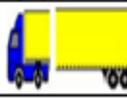
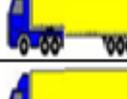
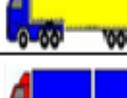
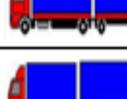
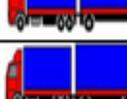
TIPO DE VEH	ESQUEMA DEL VEHICULO	PESO MÁXIMO AUTORIZADO						DIMENSIONES MÁXIMAS (m)			
		1er EJE	2do EJE	3er EJE	4to EJE	5to EJE	6to EJE	PESO TOTAL (Ton.Mts)	LARGO	ANCHO	ALTO
C-2A		ENTRE 1.5 A 4	ENTRE 2.6 A 6					4.0 A 10.0	7.0	2.6	4.15
C-2		5.00	10.00					15.00	12.0	2.6	4.15
C-3		5.00	16.50 8.25 8.25					21.50	12.0	2.6	4.15
C-4		5.00	20.00 6.67 6.67 6.66					25.00	16.75	2.6	4.15
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00	16.75	2.6	4.15
T2-S2		5.00	9.00	16.00 8.00 8.00				30.00	17.5	2.6	4.15
T2-S3		5.00	9.00	20.00 6.67 6.67 6.66				34.00	17.5	2.6	4.15
T3-S1		5.00	16.00 8.00 8.00		9.00			30.00	20.3	2.6	4.15
T3-S2		5.00	16.00 8.00 8.00		16.00 8.00 8.00			37.00		2.6	4.15
T3-S3		5.00	16.00 8.00 8.00		20.00 6.67 6.67 6.66			41.00		2.6	4.15
C2-R2		5.00 5.00 5.00	10.00 10.00 10.00	4.5a 4.5a 7.0b	4.5a 7.0b 7.0b			24.00 26.50 29.00	18.3	2.6	4.15
C3-R2		5.00 5.00 5.00	16.50 8.25 8.25		4.5a 4.5a 7.0b	4.5a 7.0b 7.0b		30.50 33.00 35.50	18.3	2.6	4.15
C3-R3		5.00 5.00	16.50 8.25 8.25		4.0b 6.5b	13.0 6.50 6.50		38.50 41.00	18.3	2.6	4.15

Figura 3.7: Pesos máximos regulados para El Salvador

FUENTE: Artículo 21, de la LEY ESPECIAL DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA. Se admitirá una variación hasta del 5% en la dimensión y el peso por el eje, indicado en todos Los vehículos de transporte de carga, siempre que el peso bruto vehicular no exceda del peso máximo.

3.4.1.2 Características del tránsito

Un aspecto muy importante en la determinación de las solicitudes de tránsito es conocer de forma precisa las características del mismo, que va desde conocer los tipos de vehículos circulantes hasta los niveles de carga de ellos y sus proyecciones de crecimiento. A partir de esto, los siguientes apartados describen estos componentes indispensables para la caracterización del tránsito.

3.4.1.2.1 Censo de tránsito

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el tránsito y para que resistan un determinado número cargas durante su vida útil. En el diseño de pavimentos entonces, es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Para el efecto se realizan estudios de censos de tránsito con los siguientes objetivos:

- Determinar la composición y volumen de tránsito de un sistema de carreteras.
- Determinar el número de vehículos que circulan en cierta zona o que circulan dentro de ella;
- Elaborar sistemas de conservación;
- Establecer prioridades y técnicas de construcción;
- Determinar el tránsito futuro.

El método más empleado para realizar los censos es el automático donde se utiliza un dispositivo que consiste en un tubo de hule cerrado en un extremo por una membrana. El tubo se coloca transversalmente a la vía y al paso de cada eje de un vehículo sobre el tubo, se produce un impulso de aire sobre la membrana que establece un contacto eléctrico con un aparato que va sumando el número de impulsos recibidos. Los contadores automáticos tienen la desventaja que no pueden clasificar los vehículos por tipo, cosa que si es factible cuando el conteo se hace manual.

El método manual consiste en desarrollar una metodología eficiente mediante la cual se puede tener un conocimiento global del tránsito que circula por la red y determinar las principales características de la utilización de las vías.

El tránsito cambia según el día de la semana, cambia según la semana de mes, cambia según la estación o época del año, cambia según los días de descanso o asueto, etc. Por lo que es necesario hasta donde sea posible, contar con estadísticas de periodos largos de evaluación del tránsito, para analizar el comportamiento de los diferentes volúmenes y tipos de vehículos, que nos permitan en mejor forma evaluar las cargas que se aplicaran a la estructura de pavimentos. A continuación se muestran dos recomendaciones para la realización de un censo de tránsito.

- i. Se hace cada dos años;
- ii. En días laborales.

Con el objetivo de conocer las cargas de tránsito a las que responden o deberán responder los pavimentos, el censo debe de producir El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el cuál corresponde a la cantidad total de vehículos que circulará en promedio cada día por la vía durante los 365 días del año. Este valor se obtiene a partir del promedio aritmético de los Tránsitos Promedios Diarios Anuales, para cada día del año.

En general la clasificación de vehículos censados es la siguiente:

- Autos y camionetas.
- Buses.
- Camiones simples de dos ejes
- Camiones simples de más de dos ejes.
- Remolques y Semi-Remolques.

La selección de zonas y caminos tipo a ser censados se basa en dos factores:

- Factores climáticos; y
- Actividad productiva preponderante.

Es necesario que al efectuar una evaluación de tránsito para una carretera o vía determinada, se tome en cuenta la ubicación geográfica de la misma dentro del completo de la red y áreas que la circundan, con el objeto de tomar en cuenta donde sea posible los futuros desarrollos de complejos habitacionales,

industriales, turísticos, agrícolas, que contribuyan mas adelante con el tiempo a incrementar el flujo vehicular.

3.4.1.2.2 Concepto de eje equivalente

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen a su vez tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales, responden en igual forma de diferente manera a igual carga. Como estas cargas producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, las fallas tendrán que ser distintas.

Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de transito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada de 80 Kn o 18 Kips y la conversión se hace a través de los Factores de Equivalencia de Carga LEF (Load Equivalent Factor).

El proceso de convertir un tránsito mixto a un número de ESAL (Equivalent Single Axle Load) de 80 kN fue desarrollado por la AASTHO. Para este ensayo se cargaron pavimentos similares con diferentes configuraciones de ejes y cargas, para analizar el daño que produjeron.

Otro concepto importante de considerar es el **Factor camión** (TF, por sus siglas en ingles). El factor camión da una manera de expresar los niveles equivalentes

de daño entre ejes, pero para el cálculo de ESALs es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular, es decir los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados para dar el daño producido por ese vehículo. Así nace el concepto de factor camión que es definido como el número de ESALs por vehículo.

El factor camión, puede ser computado para cada clasificación general de camiones o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una configuración dada de tránsito, pero es más exacto considerar factores camión para cada clasificación general de camiones.

3.4.1.2.3 Proyección del tránsito

Hay cuatro consideraciones sobre la estimación del tránsito que pueden afectar significativamente el ciclo de vida de un pavimento:

- La exactitud de los valores de la carga equivalente utilizados para estimar el daño inducido por los ejes equivalentes;
- La precisión de la información sobre volúmenes y pesos del tránsito existente;
- La predicción de los ejes equivalentes para el periodo a evaluar; y
- La interacción de la edad y el tránsito que afecta el nivel de serviciabilidad.

Es posible estimar el tránsito futuro en base a los siguientes indicadores:

- Crecimiento general del economía;
- Diversificación del tránsito, si una vía es mejorada, vehículos que transitaban por una ruta paralela preferirán la rehabilitada;
- Tránsito generado, es el tránsito que se espera que surja solamente por el mejoramiento de una vía.

3.4.2 Solicitaciones del clima

3.4.2.1 Efectos de la temperatura

Los cambios en la temperatura del medio ambiente originan variaciones en la temperatura a distintas profundidades de la losa.

El gradiente de temperatura varía con las oscilaciones de la temperatura diaria y estacional; resultando en una desigual dilatación o contracción de las fibras paralelas a la superficie con la profundidad, lo que provoca el alabeo de la losa (Figura 3.8). Este movimiento esta parcial o totalmente impedido por el peso propio y reacciones en los dispositivos de transmisión de cargas entre losas, lo cual provoca tensiones; el alabeo altera el régimen de contacto de la losa con la subbase, pudiendo aumentar, por esta razón, las tensiones producidas por la acción de las cargas.

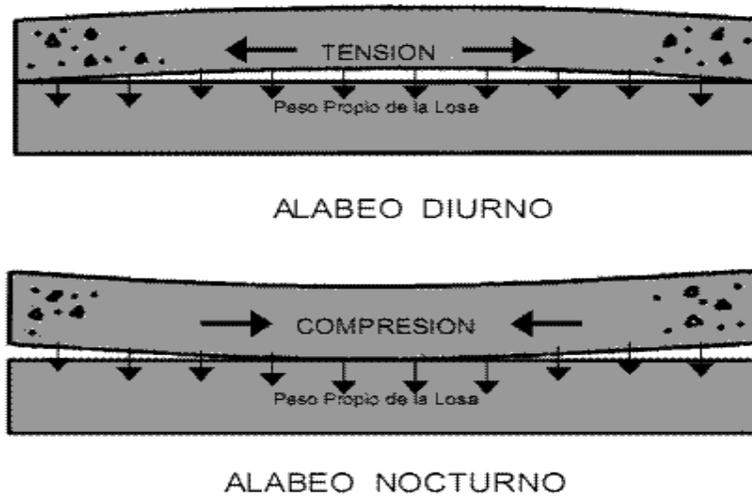


Figura 3.8: Alabeo de losas por gradientes de temperatura
 (<http://www.elconstructorcivil.com>, consulta: 27/05/2015).

3.4.2.2 Efectos de la humedad

Las lluvias infiltran agua hacia la interfaz losa-subbase, produciéndose condiciones para el bombeo, erosiones y movilización de finos bajo las losas, que modifican las condiciones de apoyo, y también sobre la magnitud del gradiente hídrico al modificar las condiciones de humedad interna en el concreto.

En general tenemos las siguientes consecuencias:

- Cambio de volumen por variaciones de humedad en la losa.
- Alabeo de las losas hacia arriba cuando la superficie está más seca.
- Expansión del concreto.
- Transporte de contaminantes en juntas y grietas.

- Reducción de la resistencia y estabilidad de la subbase y la subrasante.
- Corrosión de los elementos de acero en los pavimentos.
- Efectos sobre la resistencia al deslizamiento.

3.4.3 Efectos del tránsito y clima

Como se explico en los puntos anteriores la evolución del deterioro del pavimento debido a las sollicitaciones de tránsito y clima son muy distintas y rara vez se dan por separado, por lo cual es conveniente analizarlas en conjunto. Para ello la AASTHO Road Test en 1957 desarrollo el concepto de serviciabilidad.

La serviciabilidad de un pavimento esta expresada en términos del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), este término se obtiene de las medidas de rugosidad y el deterioro en un periodo determinado de tiempo. De estos dos aspectos el más importante en la obtención del PSI es la rugosidad, por lo que se han desarrollado una gran cantidad de métodos que relacionan esta característica con el índice mencionado.

En resumen los factores más influyentes en la perdida de serviciabilidad del pavimento son el tránsito, la edad y el clima; sin embargo, los efectos producidos por separado y en conjunto son muy distintos. Es claro que las propiedades del pavimento cambian a medida que pasan los años, por lo que el índice de serviciabilidad tiende a bajar progresivamente.

Siendo así, la pérdida de serviciabilidad total igual a:

$$\Delta PSI = \Delta PSI_{transito} + \Delta PSI_{clima}$$

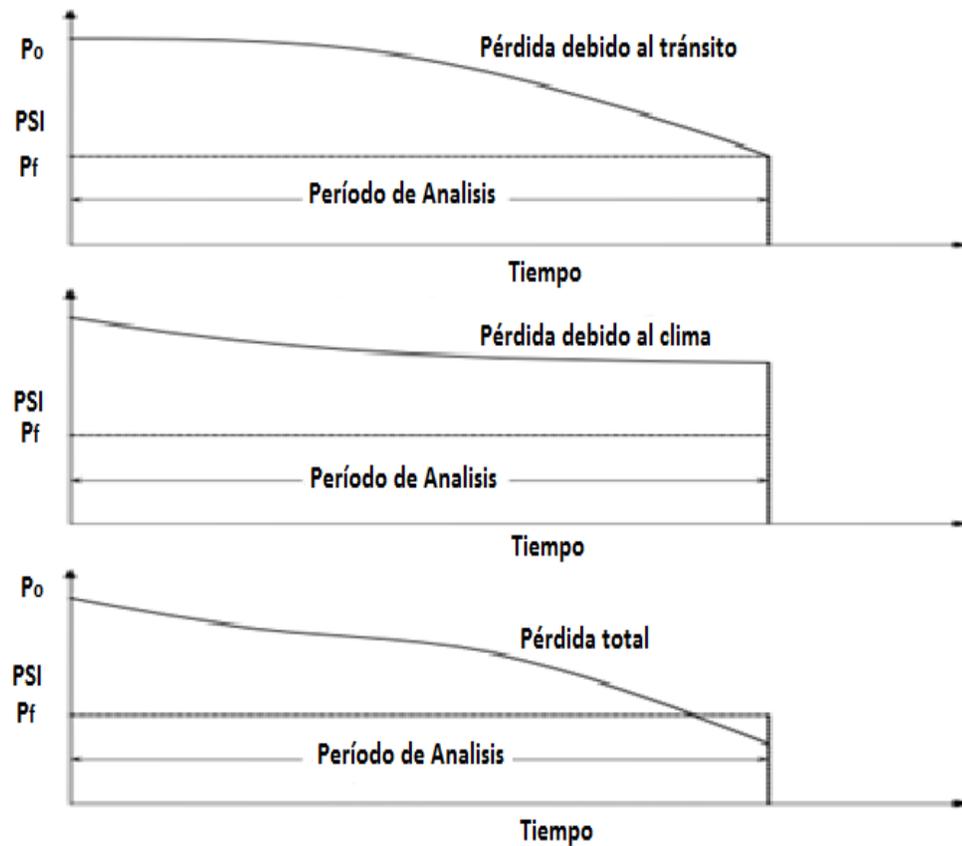


Figura 3.9: Efecto conjunto del tránsito y el clima (AASHTO, 1993).

3.5 Evaluación funcional

3.5.1 Serviciabilidad de pavimentos

Se debe de aclarar que la evaluación estructural y funcional de pavimento son actividades distintas pero complementarias, en base a lo anterior se puede decir que pavimento puede tener una buena capacidad estructural; sin embargo,

situaciones como escalonamiento de juntas, por ejemplo, puede significar que la capacidad funcional de la vía es deficiente.

Por lo tanto, se debe destacar que la serviciabilidad de pavimentos no corresponde a una evaluación funcional completa, sino que a una parte de esta, y que actividades como la auscultación de pavimentos, la resistencia al deslizamiento también son parte de la evaluación funcional de una vía.

3.5.1.1 Concepto de serviciabilidad y comportamiento

La serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vialidad. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, peladuras, etc, que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como sigue:

1. Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
2. El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.

3. La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad.
4. Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
5. El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

Cuando el conductor circula por primera vez o en repetidas ocasiones sobre una vialidad, experimenta la sensación de seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y del grado de dificultad para controlar el vehículo. El principal factor asociado a la seguridad y comodidad del usuario es la calidad de rodamiento que depende de la regularidad o rugosidad superficial del pavimento. La valoración de este parámetro define el concepto de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en inglés).

Se definió una escala de calificación de la serviciabilidad según AASHO (AASHO 1962) de 0 a 5 (tablas 3.5 y 3.6). En ellas una evaluación con nota 5 significa una superficie perfecta, mientras que una nota 0 significa intransitable.

Es necesario para el diseño estructural seleccionar un índice inicial y final dentro de los rangos y que se ajusten a características propias de construcción

de área en la cual se desarrollara el proyecto. Los utilizados generalmente para pavimentos rígidos son los siguientes:

Índice de Serviciabilidad Inicial: $P_i = 4.5$ e Índice de Serviciabilidad final:
 $P_f = 2.5$

Tabla 3.5: Niveles de serviciabilidad

Índice de servicio	Calificación
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Tabla 3.6: Escala de clasificación de la serviciabilidad según AASHO 1962 (Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac T. 3a Edición (2001)).

Clasificación		Descripción
Numérica	Verbal	
5.0 4.0	Muy Buena	Solo los pavimentos nuevos (ó casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los “Muy Buenos”, entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencia de un leve deterioro superficial como desgaste y fisuras menores.
3.0 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento o escalonamiento.
2.0 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los deterioros en pavimentos rígidos incluye despostillamiento de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo.

3.5.1.1.1 Serviciabilidad y curva de comportamiento

La evaluación del comportamiento del pavimento implica ineludiblemente estudiar la respuesta funcional de un tramo o sección de camino. Para analizar este comportamiento funcional del pavimento se necesita información de la calidad de rodadura durante el período en estudio y de los datos históricos del tránsito que ha estado solicitando al pavimento durante este período. La historia del deterioro de la calidad de rodadura o nivel de servicio es lo que se define como curva de comportamiento del pavimento (Figura 3.10).

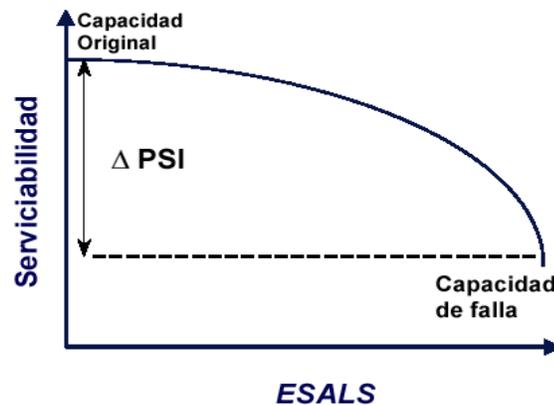


Figura 3.10: Curva de comportamiento de un pavimento (Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac T. 3a Edición (2001)).

3.5.2 Caracterización de la rugosidad de los pavimentos

La rugosidad se define como las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente a la calidad de rodado, seguridad y costos de operación del vehículo. Por eso, muchas investigaciones y agencias viales

relacionan la clasificación presente de serviciabilidad (PSI) con medidas de rugosidad.

Uno de los grandes problemas con los que se encuentran los técnicos a la hora de valorar la calidad y comodidad de la rodadura de los vehículos y comparar experiencias entre países, es la gran diversidad de técnicas, equipos e indicadores existentes en cada país. Como consecuencia de ello se planteo a nivel internacional el interés de desarrollar un índice único y común al cual referirse, que fuera independiente del equipo o técnica de obtención de la geometría del perfil y que además representara significativamente el conjunto de las percepciones de los usuarios circulando en un vehículo medio a una velocidad media. Estas necesidades dieron lugar a la celebración del experimento internacional denominado IRRE (International Road Roughness Experiment), uno de cuyos frutos fue el desarrollo del concepto, definición y método de cálculo del IRI.



Figura 3.11: Rugosidad de pavimentos (<http://m.eluniversal.com.co>, consulta: 29/04/2015)

3.5.2.1 Métodos para medir la regularidad superficial de los pavimentos

Los diversos métodos existentes para medir la regularidad superficial fueron agrupados en cuatro categorías, en base a cuan directamente sus mediciones se aproximan al IRI:

Clase 1: Perfiles de precisión

Clase 2: Otros métodos perfilométricos

Clase 3: Estimaciones del IRI mediante correlaciones

Clase 4: Valoraciones subjetivas y medidas sin calibrar

Clase 1. Perfiles de precisión

Esta clase presenta los más altos niveles de precisión para medir el IRI. Un método clase 1 requiere que el perfil longitudinal de una huella sea medida en forma precisa y que sea definido por medio de una serie de elevaciones en puntos separados a una pequeña distancia.

En la actualidad, no solo los métodos de “mira y nivel” y los de “viga y nivel” pertenecen a la clase 1, sino algunos modernos perfilómetros que los replican. Los perfilómetros de alta velocidad ofrecen la posibilidad de medir rápidamente el IRI; sin embargo, los valores del perfilómetro deben validarse alguna vez

cotejándolos con los obtenidos por métodos estáticos para verificar su exactitud, pues no todos cumplen con ser de clase 1.

Los métodos de medición que cumplen con esta clase proporcionan medidas de tan alta calidad que la reproducibilidad del valor numérico del IRI no podría mejorarse. Aunque esta definición parezca a primera vista referirse a un ideal inalcanzable, normalmente hay límites prácticos para la repetibilidad que se puede obtener, que se deben a la imposibilidad de medir repetidamente la rugosidad siguiendo exactamente la misma huella de rueda.

Por sus bajos rendimientos y excesiva exactitud, comparada con la incertidumbre de la trayectoria recorrida, los métodos estáticos no se aconsejan como adecuados para grandes auscultaciones, sino más bien para calibración de otros equipos. Los perfilómetros dinámicos de esta clase son capaces de obtener medidas de gran calidad y a alta velocidad, sin requerir esfuerzos considerables de calibración y mantenimiento, aunque tienen la desventaja de ser los sistemas de instrumentos más costosos y complejos y, en general, requieren operadores que hayan tenido formación técnica apropiada.

Clase 2. Otros métodos perfilmétricos

Este grupo incluye otros métodos que basan el cálculo del IRI en la medida del perfil longitudinal, pero no tienen la exactitud de los de clase 1. Esta clase también comprende medidas tanto con perfilómetros de alta velocidad como

con métodos estáticos que no satisfacen los criterios de precisión y exactitud como para ser considerados de clase 1.

3.5.2.2 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El IRI es un indicador estadístico de la regularidad superficial del pavimento, al igual que otros indicadores representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta. $IRI = 0$) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida (Figura 3.12). El perfil real de una carretera recién construida tiene un estado cero, definido por su IRI inicial > 0 , debido a condicionantes constructivos. Una vez puesta en servicio, la geometría del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito, evolucionando hacia valores más elevados del IRI (mayores irregularidades). El IRI se determina mediante un cálculo matemático realizado con las coordenadas o cotas de una línea del perfil longitudinal, obtenidas por cualquier técnica o equipo de medida del perfil longitudinal.

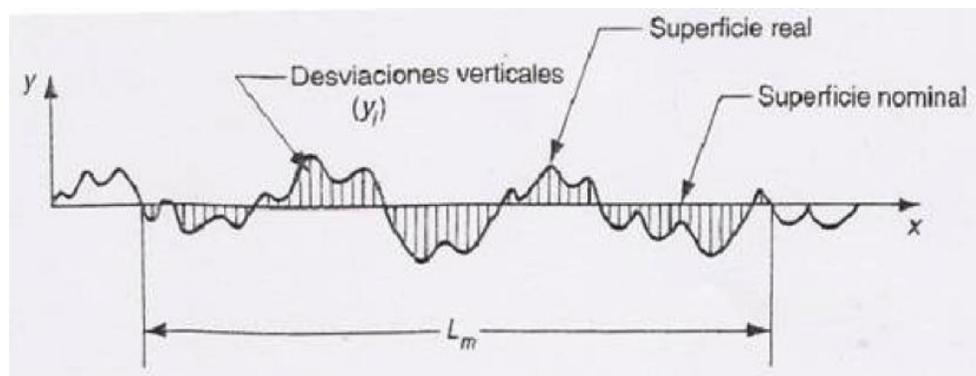


Figura 3.12: Índice de Rugosidad Internacional (<http://www.chw.net/>, consulta: 02/05/2015).

Las consideraciones más importantes sobre el IRI son:

- Su principal ventaja está en que el IRI es un modelo matemático cuyo resultado es independiente de la técnica o equipo con el que se haya obtenido el perfil.
- Para el cálculo del IRI es importante considerar la representatividad de las coordenadas que se introducen, es decir, la confiabilidad de la técnica o equipo con el que se obtiene el perfil y la frecuencia del muestreo del mismo.
- La precisión de los equipos de medida de la regularidad superficial es uno de los temas más delicados y complejos que decidir y valorar.

En la actualidad como resultados de las investigaciones en Brasil será reemplazado el uso de la varianza de la pendiente longitudinal (SV) como medida de la rugosidad, por el IRI que es ampliamente aceptado y utilizado en todo el mundo.

3.5.2.3 Equipos para evaluar la rugosidad

3.5.2.3.1 Medición del IRI por métodos perfilométricos

Existen dos grupos principales de perfilómetros: los estáticos y los dinámicos.

Los sistemas estáticos de precisión consiguen las medidas más exactas del

perfil longitudinal. Sin embargo, su bajo rendimiento los hace inadecuados para estudios que no sean muy especiales, como los de investigación, o en países donde la mano de obra sea muy barata. Los métodos pseudoestáticos no suelen ser mucho más rápidos que los anteriores y además producen medidas que no son muy indicativas del perfil longitudinal.

Los perfilómetros dinámicos proporcionan perfiles a gran velocidad, que aunque no son réplica exacta del perfil longitudinal del camino (filtran las componentes del perfil con longitudes de onda inferiores y superiores a ciertos valores), si son exactos en la zona de longitudes de onda que influyen en la regularidad superficial.

A continuación se describen brevemente algunos equipos que se utilizan en la medición del perfil, separados en sus diferentes categorías:

a) Equipos de medición estáticos

Levantamiento con mira y nivel

El método más conocido para medir perfiles es el que emplea el equipo tradicional de topografía. Este consiste en una mira de precisión marcada en unidades convenientes, un nivel de anteojo que se utiliza para establecer la cota horizontal de referencia, y una cinta usada para marcar la distancia longitudinal a lo largo de la huella de la rueda. Es un equipo que se consigue

fácilmente, a bajo costo, pero requiere muchas horas-hombre y en general es mejor usarlo solo cuando deben medirse unos pocos perfiles.



Figura 3.13: Levantamiento con mira y nivel (<http://galeon.com>, consulta: 04/05/2015).

Face Dipstick

Originalmente fue desarrollado para medir irregularidades particulares en losas de edificios, consiste en un acelerómetro montado en una estructura con pequeños apoyos separados 300 mm. Posee un mango que permite hacer “caminar” al Dipstick a lo largo de la huella a medida que pivotea en cada uno de sus pequeños apoyos y va rotando en 180 grados.

Un microcomputador incorporado al Dipstick graba y permite calcular resúmenes estadísticos de la rugosidad. Un acelerómetro mide la inclinación del aparato. Conociendo la inclinación y la separación entre los apoyos, es posible determinar la diferencia de altura entre ellos.

El rendimiento de las mediciones del Dipstick puede sobrepasar los 250 m por hora en una sola huella. Las ventajas de este dispositivo son su bajo costo inicial y su simplicidad de operación. Aunque es más rápido que medir con mira y nivel, la principal desventaja sigue siendo la lentitud. El Dipstick es aplicable especialmente para la evaluación de secciones cortas de pavimento o para la calibración de aparatos tipo respuesta.



Figura 3.14: Face Dipstick (<http://ptfindotek.indonetwork.co.id/>, consulta: 04/05/2015).

b) Equipos de medición dinámicos

Perfilógrafos

Han sido ampliamente utilizados en la medición de la regularidad de pavimentos de concreto, durante la construcción. Existen muchos diseños de estos equipos operando bajo el mismo principio. El aparato consiste en un conjunto de patines con una rueda al centro que posee libertad de movimiento

vertical. Dicho movimiento vertical, relativo a las otras ruedas, queda registrado en una platilla continua. El número y ordenamiento de los patines así como el largo del equipo, son las principales diferencias de diseño entre unos y otros. Las ventajas de los perfilógrafos incluyen su bajo costo inicial, simplicidad de operación y su buena repetitividad. Sus desventajas son su baja velocidad de operación y su incapacidad para medir rugosidad en longitudes de onda iguales a múltiplos del largo del patín.

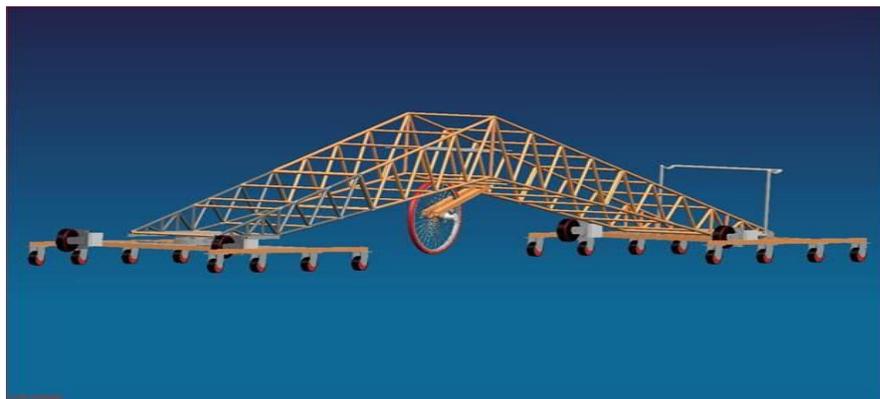


Figura 3.15: Perfilógrafo (<http://eventos.iingen.unam.mx>, consulta: 05/05/2015).

Perfilómetros inerciales

Estos perfilómetros son la versión moderna del perfilómetro inercial tipo GMR (de General Motors Research), producidos en la década de los 60. Consiste en un furgón o van con instrumentos que miden los perfiles en ambas huellas de rodadura al conducirse a lo largo de un camino. La referencia inercial se consigue con acelerómetros verticales. La distancia hasta la superficie, determinada en un principio mediante un sistema mecánico con ruedas de

seguimiento, se hace actualmente con sensores sin contacto con el pavimento (ópticos, acústicos o laser, según el modelo). Las señales del acelerómetro se integran dos veces para determinar la posición del cuerpo del perfilómetro. Cuando esta señal se añade a la señal de posición del seguidor de carretera, se obtiene el perfil.



Figura 3.16: Perfilómetro laser (<http://www.cibermetrica.com.br>, consulta: 05/05/2015).

3.5.3 Relación entre PSI e IRI

Para correlacionar el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en inglés) y el Índice Rugosidad Internacional (IRI, por sus siglas en inglés), se utiliza la siguiente fórmula, tomada del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos y desarrollada por el Departamento de Transportes de Illinois, USA:

$$PSI = 5xe^{(-0.0041*IRI)} \quad \text{pulg/milla}$$

En la figura 3.17, se presenta la correlación entre PSI e IRI, en la cual ya se ha hecho la conversión a metros por kilómetro.

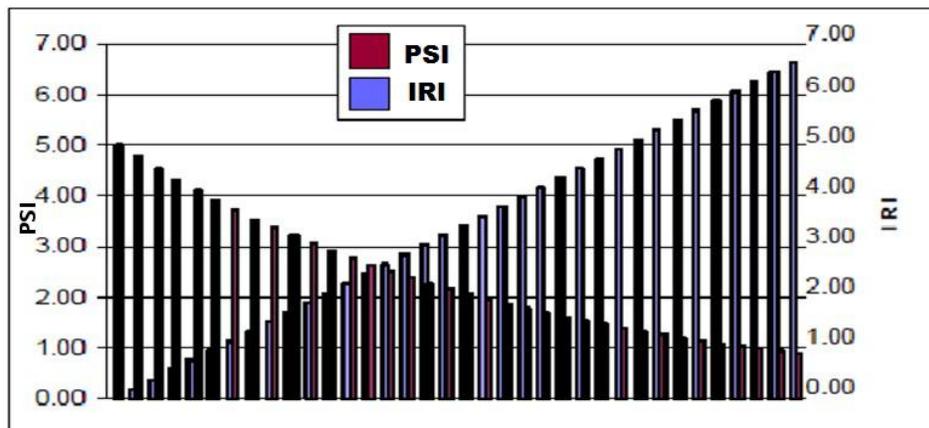


Figura 3.17: Correlación entre PSI e IRI

3.6 Evaluación estructural

3.6.1 Deterioro superficial

3.6.1.1 Auscultación visual de fallas

Tal como se dijo anteriormente, es muy importante poder identificar las fallas presentes en un pavimento, para analizar su severidad y ver sus posibles formas de corregirlas. Para lo anterior, es que se han creado los sistemas de auscultación, que permiten a través de un muestreo reconocer las fallas existentes y con ello caracterizar el tramo estudiado.

Dentro de los métodos de auscultación, los más usados son los métodos visuales, que consisten en una visita al terreno por parte de personal capacitado que desarrolla una metodología específica para hacer el estudio.

Método SHRP de auscultación visual

En si el método Strategic Highway Research Program (SHRP) consta de dos partes características. La primera es el llenado de los croquis de la sección, que nos dan una visión clara de lo que está sucediendo en el tramo analizado, y se puede usar como consulta al momento de estudiar los datos. La segunda parte es la hoja o ficha resumen, que entrega una condensación de los datos recogidos, para su fácil manejo o uso.

Dado que este método fue desarrollado para recolectar información de la investigación SHRP en Estados Unidos, recomienda recolectar el 100% de la longitud de los tramos testigos de dicha investigación. Por lo tanto, para su uso en otras aplicaciones, como en evaluación de proyectos o redes viales, se debe especificar el método de muestreo estadístico a utilizar.

3.6.1.2 Índice de deterioro de pavimentos

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se

introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (Tabla 3.7).

Tabla 3.7: Rangos de clasificación PCI (Pavement Condition Index para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Ricardo López Varela, 2002).

Rangos	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la

superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

Los encargados de los proyectos entran en conflicto, ya que necesitan una forma práctica de evaluar prioridades en las decisiones a tomar. En el pavimento, la recolección de datos de dicho tipo se usa como un parámetro importante para cuantificar la calidad de servicio que este otorga a los usuarios. Esto es importante a ambos niveles, de red y proyecto, aunque el nivel de detalle requerido en cada caso es considerablemente diferente.

A nivel de la red, la preocupación está en cómo determinar los tratamientos que se requieren, por ejemplo, mantenimiento continuado, rutinario o pulido superficial. Un apropiado índice compuesto es útil para esta situación. Por lo cual, el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su siglas en inglés), constituye la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema.

3.6.2 Evaluación estructural

La auscultación estructural de carreteras es una técnica que proporciona un conocimiento detallado del estado de los pavimentos, lo que permite efectuar el monitoreo de su comportamiento a través del tiempo y programar el mantenimiento de un modo racional y más económico.

La importancia de la evaluación estructural se resume en la variedad de datos que resultan del procesamiento de estos:

- Evaluar la capacidad de soporte.
- Parámetros de resistencia de diversas capas.

Módulo elástico de las capas

Propiedades de fatiga.

Propiedades de deformación.

Tensiones residuales.

- Evaluar la condición de estructura del pavimento.

Realizar predicciones realistas de la vida remanente de los pavimentos.

Diseño de mantenimiento y reconstrucciones.

Monitorear cambios de las propiedades de las capas en el tiempo.

3.6.2.1 Métodos de evaluación estructural de pavimentos.

3.6.2.1.1 Métodos destructivos

Consiste en el análisis de los pavimentos mediante extracción de testigos o núcleos, y de ensayos de laboratorios o in situ (Figura 3.18). La extracción de núcleos nos puede servir para conocer la estructura del pavimento en el tramo bajo estudio en un punto de las áreas más críticas, así mismo los materiales componentes y si fue o no estabilizada alguna capa y con qué material o producto se hizo (cal, cemento).

Los ensayos de laboratorio tienen la finalidad de tratar de reproducir al máximo posible, lo que le ocurre al pavimento cuando se le aplican las cargas, y al final se puede obtener un dictamen en el que se puedan analizar las características y comparar con los requisitos o especificaciones fijadas.



Figura 3.18: Extracción de núcleos de concreto (<http://www.dysconcsa.com>, consulta: 09/05/2015).

3.6.2.1.2 Métodos no destructivos

La evaluación de la capacidad estructural en pavimentos utilizando métodos no destructivos, consiste en aplicar una carga bajo condiciones dinámicas, estáticas, o por impacto, cuyos resultados ayudan a determinar en cada estructura del pavimento, las deformaciones o deflexiones asociadas a la sollicitación inducida y así poder definir su capacidad para soportar las cargas vehiculares. Además, los resultados de dichas deflexiones pueden emplearse a su vez en las siguientes características de los pavimentos:

- Módulo de elasticidad de cada capa
- Rigidez combinada de los sistemas de pavimentos
- Eficiencia en la transferencia de carga en las juntas de pavimentos de concreto hidráulico
- Módulos de reacción de la subrasante
- Espesor efectivo, número estructural o valor de soporte del suelo
- Capacidad de carga o capacidad de soporte del pavimento

3.6.2.1.2.1 La deflexión como parámetro de evaluación estructural

Deflexión es la medida de deformación elástica que experimenta un pavimento al paso de una carga, y en función no solo del tipo y estado del pavimento, sino también del método y equipo de medida.

Es importante destacar que en dicha deformación no sólo se desplaza el punto baja la carga, sino que un sector alrededor de ella, causando un conjunto de deflexiones, el cual se denomina cuenco.

Para llevar a cabo la medición del cuenco de deflexiones de un pavimento existen diversos equipos, cuyo procedimiento general es el de aplicar una carga sobre el pavimento, midiendo la deformación producida en la superficie de él en diversos puntos ubicados a distintas distancias de la carga.

3.6.2.2 Equipos de evaluación estructural no destructivos

Estática o movimiento lento

Estos equipos proveen la medida de deflexión en un punto, bajo una carga fija o de movimiento lento. Para su uso generalmente, se necesita un vehículo cargado para lograr la sollicitación del ensayo. Consumen mucho tiempo y una labor intensiva. Entre estos equipos se encuentra:

Base profunda: La base profunda corresponde a un pozo de tres metros de profundidad, desde la superficie del pavimento, en el cual se instala un medidor de flexión anclado al fondo de él. Su objetivo es obtener una medición de deflexión absoluta del pavimento.

Viga Benkelman; Este equipo opera en base al principio de palanca, debe ser usada con un camión cargada, normalmente de 80 kN en un eje, con la ruedas infladas a una presión de 0.48 a 0.55 Mpa. Las mediciones se realizan

colocando la punta de la viga entre las dos ruedas y midiendo el rebote cuando el vehículo se aleja. Los resultados de las deflexiones se leen en un dial indicador (método canadiense). En el método WASHO, la punta de la viga se coloca a 1.20 m adelante del par de ruedas, se toma una lectura inicial. Al cruzar el camión se toma la lectura máxima y una final del parámetro.



Figura 3.19: Viga Benkelman (<http://www.connalsrl.com>, consulta: 09/05/2015).

Deflectómetro Lacroix: Consiste en un camión con un peso estándar en su eje posterior, cuya separación entre ejes es de 6.75 m. En él, van montadas dos vigas similares a la Benkelman. La forma de medir es similar a la viga Benkelman.

Vibración

La siguiente generación de equipos involucro la aplicación de cargas dinámicas vibratorias. Estos equipos son más móviles y más productivos que los equipos estáticos e hicieron de la medición de deflexiones una faena de rutina para inspeccionar los pavimentos.

Las deflexiones son generadas por elementos vibratorios que imponen una fuerza sinusoidal dinámica sobre un peso estático. La magnitud de la carga dinámica entre los puntos más altos es menor que dos veces la carga estática; por lo tanto, estos equipos siempre aplican una carga de compresión de magnitud variable sobre el pavimento. La deflexión se mide a través de acelerómetros o sensores de velocidad, que se colocan normalmente debajo de la carga y a distancias regulares del centro.

Una ventaja de este tipo de equipo sobre los estáticos, es que no se requiere un punto de referencia. La desventaja principal de este método es que las cargas reales que transitan por el pavimento no tienen el mismo comportamiento que las que aplican ellos. Entre los equipos más característicos se encuentran:

Dynalect (electro-mecánico): Produce la vibración a través de unos pesos rotatorios con los cuales aplica un rango de fuerzas entre picks de 1000 lbs. Para medir las deflexiones cuenta con cinco transductores de velocidad ubicados a 0, 12, 24, 36 y 48 pulgadas despectivamente.

Road Rater (electro-hidráulico): Genera vibraciones a través de un sistema hidráulico que mueve unas masas, con el produce un rango de frecuencias entre 5 y 60 Hz. Para medir las deflexiones utiliza transductores de velocidad.

Impacto

Se incluyen los equipos que entregan una carga de impacto transiente sobre el pavimento (Falling Weight Deflectometer, FWD). Variando el peso y la altura de caída se pueden generar diferentes cargas de impacto. La ventaja principal de este tipo de equipos es su mecanismo de carga, ya que permite modelar bastante bien la magnitud como la duración de una carga real del tránsito.

Los FWD aplican un impulso que simulan medio seno, con un pick mínimo de fuerza de 50 kN, con una duración del impulso de 20 a 60 ms y un rango de caída de 10 a 30 m.

Las mediciones se obtienen muy rápidamente, con la capacidad para medir deflexiones absolutas a través de un ensayo no destructivo.



Figura 3.20: Deflectómetro de impacto FWD (<http://www.mastrad.com>, consulta 11/05/2015).

3.6.2.3 Aplicaciones de la evaluación estructural en la gestión de pavimentos

La información de deflexiones, como los resultados producto del análisis, tienen una gran variedad de aplicaciones en los distintos niveles de la administración de pavimentos. Siendo estos muy importantes para definir la condición del pavimento a lo largo del proyecto, a fin de determinar áreas que requieran tratamientos u otras opciones de rehabilitación.

Las aplicaciones prácticas de la información proporcionada por la evaluación estructural pueden ser agrupadas, dependiendo del nivel en el cual se aplique o del objetivo que se persiga con su utilización. A continuación se mencionan algunas de las aplicaciones.

3.6.2.3.1 Aplicaciones a nivel de red

Dentro de este nivel se encuentran todas aquellas aplicaciones orientadas a obtener información sobre el estado de las redes de carreteras con el fin de poder realizar una buena gestión de ellos.

Identificación de secciones uniformes: la evaluación de los pavimentos permite obtener muy buena información sobre el estado estructural del pavimento y de cada una de sus capas. A través de ello es factible determinar cambios en la capacidad estructural de los tramos, los cuales se pueden deber a:

- Cambio en el tipo de pavimento.
- Deterioro.
- Variación de espesores.
- Cambio de la subrasante.

Características estructurales: Dentro de la información que se obtiene en base a las mediciones, se pueden mencionar algunas que son de mucha importancia al momento de caracterizar estructuralmente el estado de un pavimento. Ejemplo de ellos son:

- Deflexión máxima.
- Propiedades de la subrasante.
- Propiedades de las capas superiores.

3.6.2.3.2 Aplicaciones a nivel de proyecto

En este nivel se incluyen las aplicaciones que se pueden realizar en un proyecto específico, donde se necesita información detallada sobre el estado actual del pavimento. Dicha información es indispensable para poder determinar que mantenciones corresponde realizar y en qué momento se deben realizar. Además, se utiliza para definir los diseños de las diversas mantenciones estructurales a aplicar.

Caracterización de los materiales de las capas: La caracterización de la capas según sus parámetros de resistencia estructural es indispensable al momento de diseñar una medida de mantención. El FWD permite obtener los parámetros de cada una de las capas, por ejemplo:

- Subrasante (valor K).
- Capas superiores ($E_{concreto}$, E_{base})

Evaluación estructural: La evaluación estructural permite realizar diversos estudios sobre la capacidad de los pavimentos, entre ellos se encuentran:

- Capacidad estructural.
- Vida remante.
- Diseño de sobrecapas.

Evaluación de la calidad en las diversas etapas de construcción

El control se puede realizar en las diversas etapas del proceso constructivo, a través del cual se puede obtener información para definir la uniformidad del proyecto y si se ha cumplido con la capacidad estructural del diseño.

- Mediciones directas sobre la subrasante.
- Mediciones directas sobre la subbase.
- Mediciones sobre la capa de rodadura.

CAPÍTULO IV

“OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE
DATOS DE CAMPO PARA EVALUACIÓN
DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL
PAVIMENTO ”

CAPÍTULO IV: OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO PARA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL PAVIMENTO

4.1 Descripción del proyecto y recopilación de datos de diseño

4.1.1 Ubicación y área de estudio

La evaluación técnica del pavimento se realizó en El Barrio El Centro del municipio de Antigua Cuscatlán, La Libertad; la zona de evaluación incluye: Bulevar Walter Thilo Deininger y las calles y avenidas que se muestran en la figura 4.1.

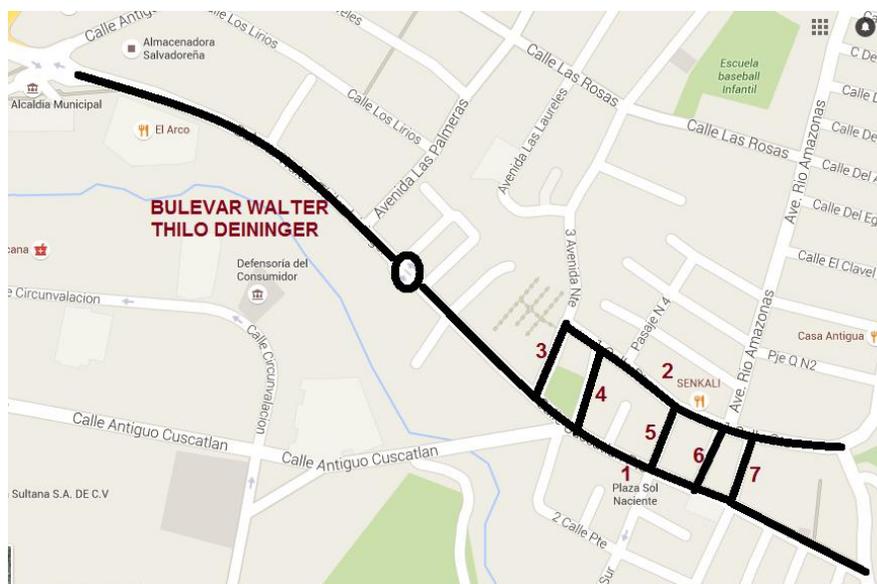


Figura 4.1: Área en estudio, Antigua Cuscatlán, La libertad.(1- Calle Cuscatlán Ote y Pte, 2 – 1ra Calle Ote y Pte, 3 – 3ra Av. Norte, 4- 1ra Ave. Norte, 5- Ave. Navas Norte, 6- Pasaje 4, 7- 2da Ave. Norte)

Características generales

Ubicación: Antigua Cuscatlán, La Libertad.

Velocidad del proyecto: 45 km/h

Clasificación de las vías: secundarias o colectoras

Longitud: 1.8 km

Número de losas: 3364

Dimensiones de losas: variables desde 1.0x1.0 m hasta 2.8x2.8 m

Número de estructuras de pavimentos: 2

Espesores de rodadura: 13 y 15 cms

Tipos de bases: Estabilizadas con cemento

Confinamiento lateral: Cordón- cuneta

Año de construcción: 2005

4.1.2 Datos de diseño

La información del diseño de pavimentos, fue proporcionada por la Alcaldía de Antigua Cuscatlán y por la empresa Holcim El Salvador a través de la Unidad de Pavimentos de Concreto, y está enfocada principalmente en la obtención de los parámetros para el diseño del pavimento.

Para el diseño del pavimento se tomaron en consideración los siguientes parámetros:

- a) El tráfico futuro, estimado para el periodo de diseño (ESAL)
- b) La confiabilidad (R)

- c) La desviación estándar (S_o)
- d) La pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)
- e) El Módulo de Ruptura del concreto ($S'c$)
- f) El Coeficiente de transferencia de carga (J)
- g) El Coeficiente de drenaje (C_d)

a) Tráfico

Para el tramo CA01 Santa Tecla – San Salvador, a la altura del Bulevar Deininger, el diseño contempló un TPDA de 55660 al año 2005, con aproximadamente un 9% de desviación de tráfico hacia Antiguo Cuscatlán. Con las siguientes distribuciones:

- Vehículos livianos 89.2%,
- Buses 6.5%,
- Camiones 3.8%, y
- Furgones 0.5%

Estos valores se obtuvieron en conteos vehiculares realizados durante 16 horas diarias, obteniendo los datos que se muestran en la Tabla 4.1.

Periodo de diseño $n = 30$ años y Crecimiento anual $r = 3.5\%$

Tabla 4.1: Cálculo de ESAL para el período de diseño

PROYECCIONES DE TRÁFICO (del Estudio Integrado de Tráfico para los Proyectos Multiplaza y Las Cascadas, elaborado por Láinez y Asociados S.A. En 2002)

Proyecto: Diseño de Pavimentación de las Calles Principales de Antiguo Cuscatlán

Factor de 24 horas: 1.0 (en el estudio citado se hicieron conteos de 16 horas diarias)

Año	Total		autos livianos	buses	C-2	T3-S2
2005	5,009		4,468	341	175	25
2006	5,185	3.5%	4,625	353	181	26
2007	5,366	3.5%	4,787	365	188	27
2008	5,554	3.5%	4,954	378	194	28
2009	5,748	3.5%	5,128	391	201	29
2010	5,950	3.5%	5,307	405	208	30
2011	6,158	3.5%	5,493	419	216	31
2012	6,373	3.5%	5,685	433	223	32
2013	6,596	3.5%	5,884	449	231	33
2014	6,827	3.5%	6,090	464	239	34
2015	7,066	3.5%	6,303	481	247	35
2016	7,314	3.5%	6,524	497	256	37
2017	7,570	3.5%	6,752	515	265	38
2018	7,834	3.5%	6,988	533	274	39
2019	8,109	3.5%	7,233	551	284	41
2020	8,392	3.5%	7,486	571	294	42
2021	8,686	3.5%	7,748	591	304	43
2022	8,990	3.5%	8,019	611	315	45
2023	9,305	3.5%	8,300	633	326	47
2024	9,631	3.5%	8,590	655	337	48
2025	9,968	3.5%	8,891	678	349	50
2026	10,317	3.5%	9,202	702	361	52
2027	10,678	3.5%	9,524	726	374	53
2028	11,051	3.5%	9,858	751	387	55
2029	11,438	3.5%	10,203	778	400	57
2030	11,838	3.5%	10,560	805	414	59
2031	12,253	3.5%	10,929	833	429	61
2032	12,682	3.5%	11,312	862	444	63
2033	13,125	3.5%	11,708	893	459	66
2034	13,585	3.5%	12,118	924	475	68
2035	14,060	3.5%	12,542	956	492	70
SUMA	272,659		243,212	18,541	9,543	1,363
			88,772,315	6,767,396	3,483,219	497,603

$$i = 3.5\%$$

$$S = \frac{((1+i)^n - 1)}{i}$$

factor de crecimiento según AASHTO Guide 93

2035 (v/año)	99,520,532	88,772,315	6,767,396	3,483,219	497,603
factores ESAL		0.008	0.6806	0.6806	0.8646
ESAL	8,116,974	710,179	4,605,890	2,370,679	430,227

b) Confiabilidad (R)

Para caminos con tráfico bajo en una región predominantemente urbana, pero con tráfico no tan alto, el diseñador escogió un valor de nivel de confiabilidad del 80%.

c) Desviación Estándar (So)

El rango de valores de So para pavimentos rígidos oscila entre 0.30 y 0.40. El diseño contempló un valor de 0.35

d) Serviciabilidad (Δ PSI)

El comportamiento de un pavimento puede ser representado por la historia de su serviciabilidad, la cual se expresa en términos del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) y se obtiene de medir la rugosidad, agrietamiento y baches en un tiempo particular durante la vida de servicio del pavimento y la escala va de 0.0 a 5.0 Para el diseño del pavimento fue necesario seleccionar los índices de serviciabilidad inicial y final, así:

Índice de Serviciabilidad Inicial $P_i = 4.2$

Índice de Serviciabilidad final $P_f = 2.5$

e) Módulo de Ruptura del concreto (S'c)

Para el cálculo se tomó un Módulo de Ruptura $MR = 42.0 \text{ Kg/cm}^2$ (600 psi) determinado a los 28 días de acuerdo al procedimiento de ensayo ASTM C 78.

f) Coeficiente de transferencia de carga (J)

El valor utilizado para la transferencia de carga fue $J= 3.2$

g) Coeficiente de drenaje (Cd)

Los valores recomendados de m_i para modificar los coeficientes de capa estructural, de bases no tratadas, para una calidad de drenaje regular con 1 a 5 veces que la estructura del pavimento es expuesta a niveles de humedad próximos a saturación.

Calidad del drenaje	Agua removida en	1 a 5% veces
Excelente	2 horas	1.35-1.30
Bueno	1 día	1.25-1.15
Regular	1 semana	1.15 - 1.05
Malo	1 mes	1.05 – 0.80
Muy malo	El agua no drena	0.95-0.75

Se tomó 1.25, ya que la zona no sufre de inundaciones.

4.1.3 Características de la subrasante

El valor de soporte de la subrasante se expresa por medio del Módulo de Reacción “K” [psi/in] y se determina mediante pruebas de placa o estimados a partir de pruebas CBR correlacionadas. Los suelos de la subrasante debían ser de materiales y densidad uniformes para que el pavimento tuviera un comportamiento satisfactorio.

El estudio de suelos realizado por la empresa ICIA en octubre de 2002, determinó que existían 3 estructuras de pavimento predominantes, de 8 casos de tramos que mostraron en su informe, cuyas capas con espesores mínimos se describen a continuación y se muestran en la figura 4.2.

NOTA: Importante señalar que para el caso del Pasaje N°4 y la 2da Ave. Norte, no se describen las estructuras del pavimento existente.

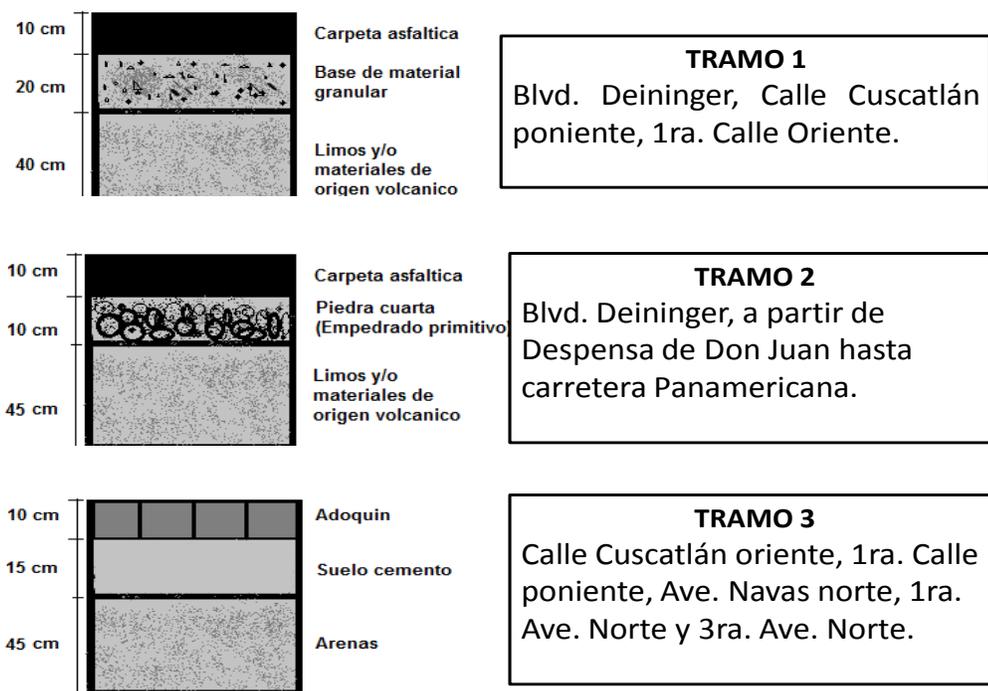


Figura 4.2: Estructuras de pavimentos preexistentes.

CBR mínimo de diseño = 18% (tramos 1 y 2).

CBR mínimo de diseño = 22% (tramo 3).

está basado en la Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos de 1993.

Se determinó el espesor de la losa introduciendo los datos previamente establecidos y se muestran en la hoja de cálculo salida del programa, para los tramos 1 y 3.

ESPESOR DE ESTRUCTURA 1

04-05-2005

State: Job Number:
 Agency:
 Company: Location: Antiguo Cuscatlán
 Contractor:
 Engineer: jfjdm

===== Rigid Analysis =====

Pavement Depth = 5.91 inches
 Design E 18's = 8,116,974
 Reliability = 80.00 percent
 Overall Deviation = 0.35
 Modulus of Rupture = 600.0 psi
 Modulus of Elasticity = 4,050,000 psi
 Load Transfer, J = 3.20
 Mod. of Subgrade Reaction = 1,383 psi/in
 Drainage Coefficient = 1.25
 Initial Serviceability = 4.20
 Terminal Serviceability = 2.50

For k determination:
 - Resilient Mod. Subgrade = 30,000 psi
 - Resilient Mod. Base = 45,000 psi
 - Base Thickness = 8.0 inches
 - Depth to Rigid Foundation = i > 10 feet
 - Loss of Support Value = 0

Obteniendo un espesor de carpeta de concreto hidráulico de 5.91" ó 15cm.

Para el tramo 2, obtenemos:

4.2 Metodologías para obtención de datos de campo

4.2.1 Metodología de la normativa ASTM D6433-07 para levantamiento de deterioros

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. La Figura 4.5, muestra el formato para la inspección de pavimentos de concreto rígido. La figura es ilustrativa y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
ZONA	ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL		NUMERO DE LOSAS		
INSPECCIONADA POR			FECHA		
No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pullimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o
					...
					o o o o o
					1 2 3 4

Figura 4.5: Formato de exploración de condición para pavimentos de concreto rígido.

4.2.1.1 Unidades de muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura, para carreteras con capa de rodadura en losas de concreto hidráulico y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **20 ± 8 losas**.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

4.2.1.2 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

En la presente investigación se realizará la evaluación del número total de losas que comprende el proyecto de pavimentación para la actividad de levantamiento de deterioros, atendiendo lo que establece la normativa ASTM D 6433-07 en la sección 7.5.2.

4.2.1.3 Aspectos a considerar en la evaluación de la condición del pavimento

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños del manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a. Equipo.

- ❖ Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de las depresiones.
- ❖ Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b. Procedimiento. Se inspeccionan las unidades de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. En nuestro caso, no fue necesario el uso de estos formatos, debido a que los deterioros se registraron en los planos correspondientes de diseño para luego compilar toda la información en hojas de resumen.

c. Seguridad. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización para el personal en la vía.

4.2.1.4 Catálogo de deterioros

Para el procedimiento de levantamiento de deterioro que se realizó, se tomó como base la normativa ASTM D 6433-07, de la cual se extrajeron los tipos de deterioros para su identificación en campo, las severidades por tipo de

deterioro para describir la intensidad de los daños, y la formas de medida para la cuantificación por tipo de deterioro que se presentan en la vía; dicha información se presenta a continuación en las tablas 4.2, 4.3, 4.4 respectivamente.

CLASIFICACIÓN DE DETERIOROS

Tabla 4.2: Clasificación de deterioros

CÓDIGO. TIPO DE DETERIORO	DESCRIPCIÓN
21. Blowups	Los blowups ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta.
22. Grieta de esquina	Una <i>grieta de esquina</i> es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Una <i>grieta de esquina</i> se diferencia de un <i>descascamiento de esquina</i> en que aquella se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo.
23. Losa dividida	La losa es <i>dividida</i> por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una <i>grieta de esquina</i> , el daño se clasifica como una <i>grieta de esquina severa</i> .
24. Grieta de durabilidad "D"	Son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto. Usualmente, este daño aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las <i>grietas "D"</i> . Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa.

25. Escalonamiento	<i>Escalonamiento</i> es la diferencia de nivel a través de la junta.
26. Daño del sello de la junta	Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra.
27. Desnivel carril/hombro	El <i>desnivel carril / hombro</i> es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la hombro y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua.
28. Grietas lineales	Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como <i>losas divididas</i> . Las <i>grietas capilares</i> , de pocos pies de longitud y que no se propagan en todo la extensión de la losa, se contabilizan como <i>grietas de retracción</i> .
29. Parche grande	Un <i>parche</i> es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una <i>excavación de servicios públicos</i> es un <i>parche</i> que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas.
30. Parche pequeño	Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.
31. Pulimiento de agregados	Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El <i>pulimento de agregados</i> que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.
32. Popouts	Un <i>popout</i> es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

33. Bombeo	El <i>bombeo</i> es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan una pérdida progresiva del soporte del pavimento. El <i>bombeo</i> puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas. El <i>bombeo</i> cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El <i>bombeo</i> también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.
34. Punzonamiento	Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes pero, usualmente, está definido por una <i>grieta</i> y una <i>junta</i> o dos <i>grietas</i> muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí.
35. Cruce de vía férrea	El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.
36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado	El <i>mapa de grietas o craquelado (crazing)</i> se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las <i>grietas</i> tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el <i>descamado</i> , que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm.
37. Grietas de retracción	Son <i>grietas capilares</i> usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.
38. Descascaramiento de esquina	Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un <i>descascaramiento de esquina</i> difiere de la <i>grieta de esquina</i> en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un <i>descascaramiento</i> menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.
39. Descascaramiento de junta	Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo

NIVELES DE SEVERIDAD

Tabla 4.3: Niveles de severidad de los deterioros

TIPO DE DETERIORO	NIVEL SEVERIDAD			
	BAJA	MEDIA	ALTA	
21. Blowup	Causa una calidad de tránsito de baja severidad	Causa una calidad de tránsito de severidad media	Causa una calidad de tránsito de alta severidad	
22. Grieta de esquina	Una grieta de baja severidad es <13 mm; ó grietas de cualquier ancho con relleno satisfactorio y sin escalonamiento. El área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.	Una grieta severidad media es una grieta sin relleno > 13 mm y < 50, una grieta sin relleno < 50 mm y con escalonamiento < 10 mm, o cualquier grieta rellena con escalonamiento < 10 mm.	El área entre la junta y las grietas está muy agrietada. Una grieta de alta gravedad es una no rellena > 50 de ancho, o cualquier rellena o no rellena con escalonamiento > 10 mm.	
23. Losa dividida	Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
		4 a 5	6 a 8	8 ó más
	B	B	B	M
	M	M	M	A
	A	M	M	A
24. Grieta Durabilidad "D"	Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad. 2. Las grietas "D" cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se	Las grietas "D" cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.	

		han desprendido o pueden removerse fácilmente.									
25. Escalonamiento	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;">Nivel de severidad</td> <td style="text-align: center; width: 50%;">Diferencia de elevación</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 a 10 mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">10 a 20 mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">Mayor que 20 mm</td> </tr> </table>			Nivel de severidad	Diferencia de elevación	B	3 a 10 mm	M	10 a 20 mm	A	Mayor que 20 mm
Nivel de severidad	Diferencia de elevación										
B	3 a 10 mm										
M	10 a 20 mm										
A	Mayor que 20 mm										
26. Sello de junta dañado	El sellante está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.	Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.	Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.								
27. Desnivel Carril/Hombro	La diferencia entre el borde del pavimento y hombro es de 25 mm a 50 mm.	La diferencia de niveles es de 50 mm a 100mm.	La diferencia de niveles es mayor que 100 mm.								
28. Grietas lineales	Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 13 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escalonamiento.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta no sellada con ancho entre 13 mm y 50 mm. 2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 50 mm con escalonamiento menor que 10 mm. 3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10 mm.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta no sellada con ancho mayor que 50 mm. 2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escalonamiento mayor que 10 mm.								
29. Parche grande > 0.45 m ²	El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.	El parche está moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.	El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.								

30. Parche pequeño <math><0.45 \text{ m}^2</math>	El <i>parche</i> está funcionando bien, con poco o ningún daño.	El <i>parche</i> está moderadamente deteriorado. El material del <i>parche</i> puede ser retirado con considerable esfuerzo.	El <i>parche</i> está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.																				
31. Pulimiento de agregados	No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.																						
32. Popouts	No se definen grados de severidad. Sin embargo, el <i>popout</i> debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.																						
33. Bombeo	No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.																						
34. Punzonamiento	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Severidad de la mayoría de las grietas</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Número de pedazos</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">2 a 3</th> <th style="text-align: center;">4 a 5</th> <th style="text-align: center;">Más de 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">M</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </tbody> </table>			Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos				2 a 3	4 a 5	Más de 5	B	B	B	M	M	B	M	A	A	M	A	A
Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos																						
	2 a 3	4 a 5	Más de 5																				
B	B	B	M																				
M	B	M	A																				
A	M	A	A																				
35. Cruce de vía ferrea	NO APLICA PARA EL PROYECTO EN EVALUACIÓN																						
36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado	El <i>craquelado</i> se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie está en buena condición con solo un <i>descamado</i> menor presente.	La losa está <i>descamada</i> , pero menos del 15% de la losa está afectada.	La losa esta <i>descamada</i> en más del 15% de su área.																				
37. Grietas de retracción	No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.																						

38. Descascaramiento de esquina	Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento		
		130 x 130 mm a 300 x 300 mm	Mayor que 300 x 300 mm	
	Menor de 25 mm	B	B	
	>25 mm a 50 mm	B	M	
	Mayor de 50 mm	M	A	
39. Descascaramiento de junta	Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
			< 0.5 m	> 0.5 m
	Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	<100 mm	B	B
		>100 mm	B	B
	Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el	<100 mm	B	M
	descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	>100 mm	B	M
	Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	<100 mm	B	M
		>100 mm	M	A

FORMAS DE MEDIDA

Tabla 4.4: Formas de medir los deterioros

TIPO DE DETERIORO	COMO MEDIRLO
21. Blowup	En una grieta, un <i>blowup</i> se cuenta como presente en una losa. Sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas. Cuando la severidad del <i>blowup</i> deja el pavimento inutilizable, este debe repararse de inmediato.
22. Grieta de esquina	La losa dañada se registra como una (1) losa si: 1. Sólo tiene una grieta de esquina. 2. Contiene más de una grieta de una severidad particular. 3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes. Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa tiene una <i>grieta e esquina</i> de severidad baja y una de severidad media, deberá contabilizarse como una (1) losa con una <i>grieta de esquina</i> media.
23. Losa dividida	Si la <i>losa dividida</i> es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.
24. Grieta Durabilidad "D"	Cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto. Por ejemplo, si <i>grietas "D"</i> de baja y media severidad están en la misma losa, la losa se registra como de severidad media únicamente.
25. Escalonamiento	La <i>escala</i> a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Los <i>escalonamientos</i> a través de una grieta no se cuentan como daño pero se consideran para definir la severidad de las <i>grietas</i> .
26. Sello de junta dañado	No se registra losa por losa sino que se evalúa con base en la condición total del <i>sellante</i> en toda el área.
27. Desnivel Carril/Hombro	El <i>desnivel carril / berma</i> se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. Cada losa que exhiba el daño se mide separadamente y se registra como una losa con el nivel de severidad apropiado.
28. Grietas lineales	Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como <i>losas divididas</i> .
29. Parche grande > 0.45 m²	Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad. Si la causa del parche es más severa, únicamente el daño original se cuenta.
30. Parche pequeño <0.45 m²	Si una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se registra como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original.

31. Pulimiento de agregados	Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.
32. Popouts	No se definen grados de severidad. Sin embargo, el <i>popout</i> debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.
33. Bombeo	No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.
34. Punzonamiento	Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.
35. Cruce de vía férrea	
36. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado	Una losa <i>descamada</i> se contabiliza como una losa. El <i>craquelado</i> de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el <i>descamado</i> potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.
37. Grietas de retracción	No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.
38. Descascaramiento de esquina	Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.
39. Descascaramiento de junta	Si el <i>descascaramiento</i> se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con <i>descascaramiento de junta</i> . Si está sobre más de un borde de la misma losa, el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El <i>descascaramiento de junta</i> también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con <i>descascaramiento de junta</i> .

4.2.2 Metodología de aforo vehicular

Para poder tener conocimiento de las solicitaciones de tránsito que soportan y circulan por las vías de concreto hidráulico del Barrio El Centro de Antiguo Cuscatlán, se procedió de la siguiente manera: se realizaron conteos vehiculares durante 12 horas continuas, que comprendían desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm, en tres diferentes puntos a lo largo del proyecto (1 punto por día), los cuales fueron seleccionados de manera estratégica, tomando en cuenta que es en estos puntos donde se tiene mayor flujo vehicular, además,

de considerarlos como los puntos de paso obligados para la circulación de los usuarios sobre estas vías (Figura 4.6). Los conteos se realizaron en las fechas que se especifican a continuación:

PUNTO 1: miércoles 22 de julio de 2015

PUNTO 2: jueves 23 de julio de 2015

PUNTO 3: miércoles 29 de julio de 2015

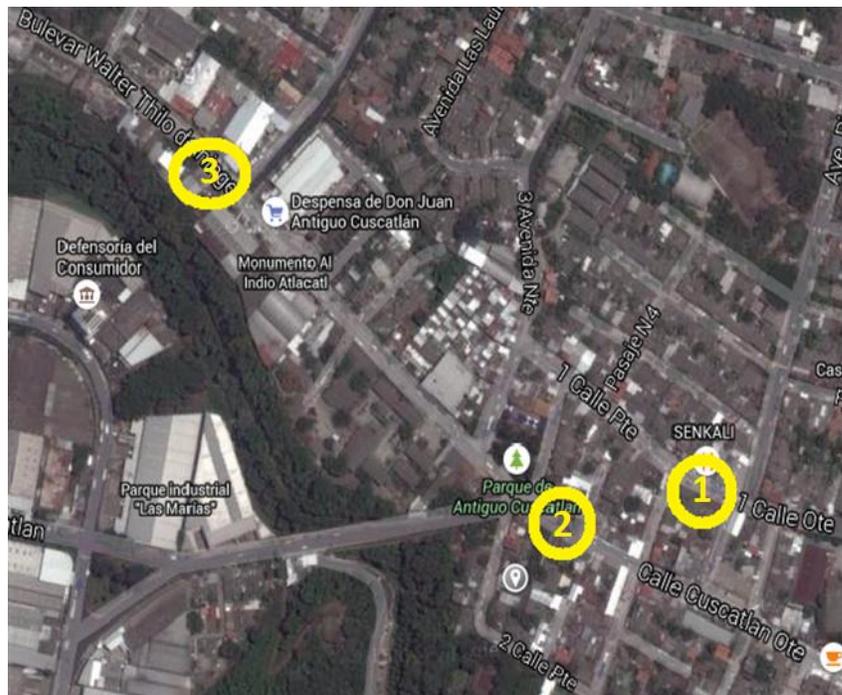


Figura 4.6: Puntos de conteo vehicular

A partir de estos resultados y de los factores de expansión (nocturno, diario y mensual) de la estación permanente en donde se encuentran estas vías que fueron proporcionados por el Ministerio de Obras Publicas (MOP), se obtendrá El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), para luego calcular las cargas de tránsito que soportan las vías.

4.2.3 Metodología de evaluación estructural

4.2.3.1 Ensayos de campo y evaluación cuantitativa de las condiciones existentes en las vías

La aplicación de técnicas para la evaluación de la condición de un pavimento, son una de las formas más importantes para la valoración de la condición de un pavimento o de su estructura. Tomando esto como referencia, para nuestro caso particular de evaluación estructural se realizaron los siguientes ensayos de campo:

1. Extracción de núcleos
2. Ubicación de dovelas

4.2.3.1.1 Extracción de núcleos

Ubicación de las extracciones

Para la ubicación de las extracciones de núcleos que se realizaron, se tomaron como factores principales: las estructuras de pavimentos que contiene el proyecto, el tráfico que soportan las vías, así como también las zonas que se han considerado mediante el levantamiento de deterioro como las zonas más críticas.

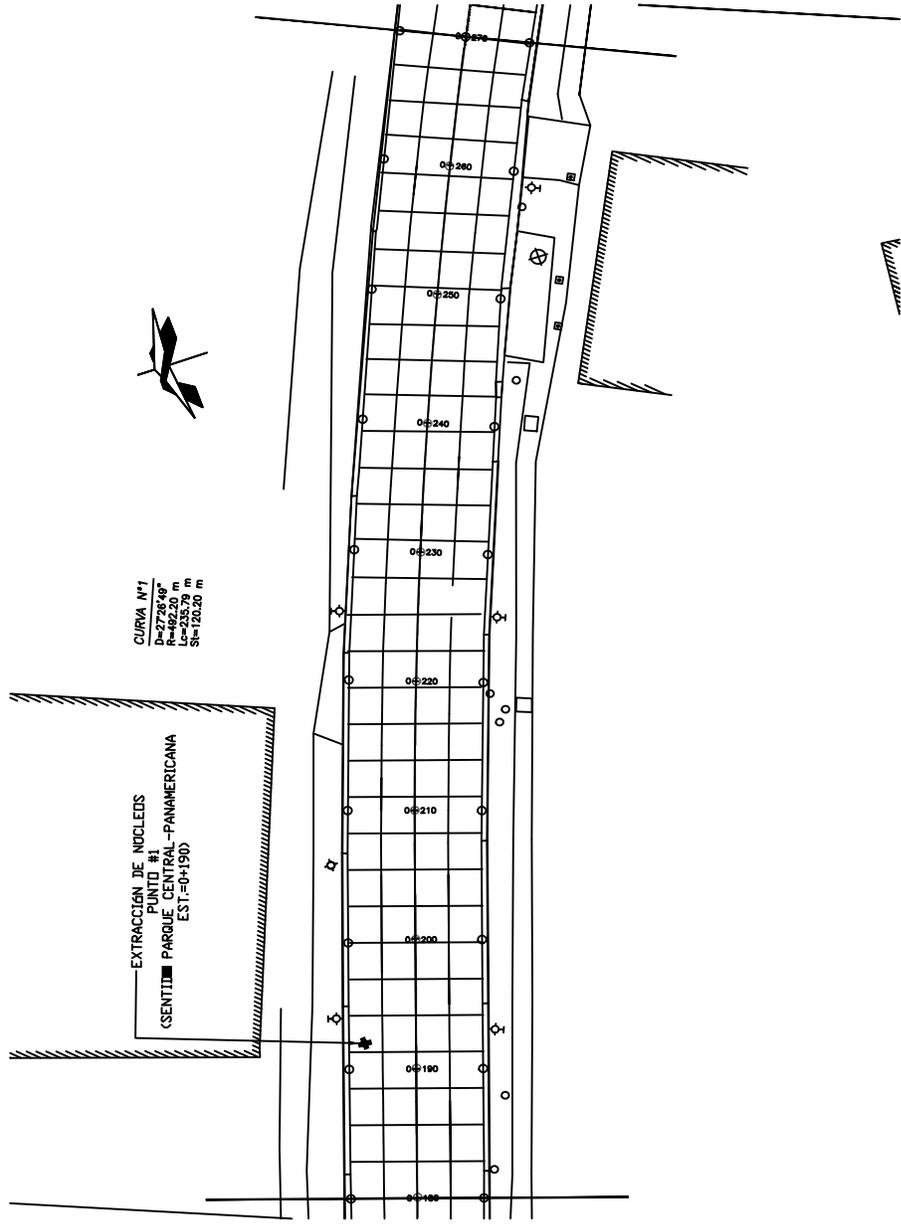
En el caso del factor tráfico, del aforo vehicular se observa que las condiciones de este no varían significativamente entre un sector y otro de las vías, por lo cual consideramos que no influirá en la ubicación de extracciones de núcleos.

Como producto del análisis de las características de la subrasante realizadas en la etapa de diseño, se obtuvieron dos estructuras de pavimentos que cumplían los requerimientos deseados. Estas estructuras de pavimento se muestran en la figuras 4.3 y 4.4. Para el caso de la estructura 1 se tiene una base de suelo fino estabilizado con cemento y se contempló el uso de dovelas, por otra parte para la estructura 2, se tiene una base de piedra que se estabilizó con cemento y se despreció el uso de dovelas. Ambas estructuras estarán sujetas a verificación con las respectivas pruebas de campo.

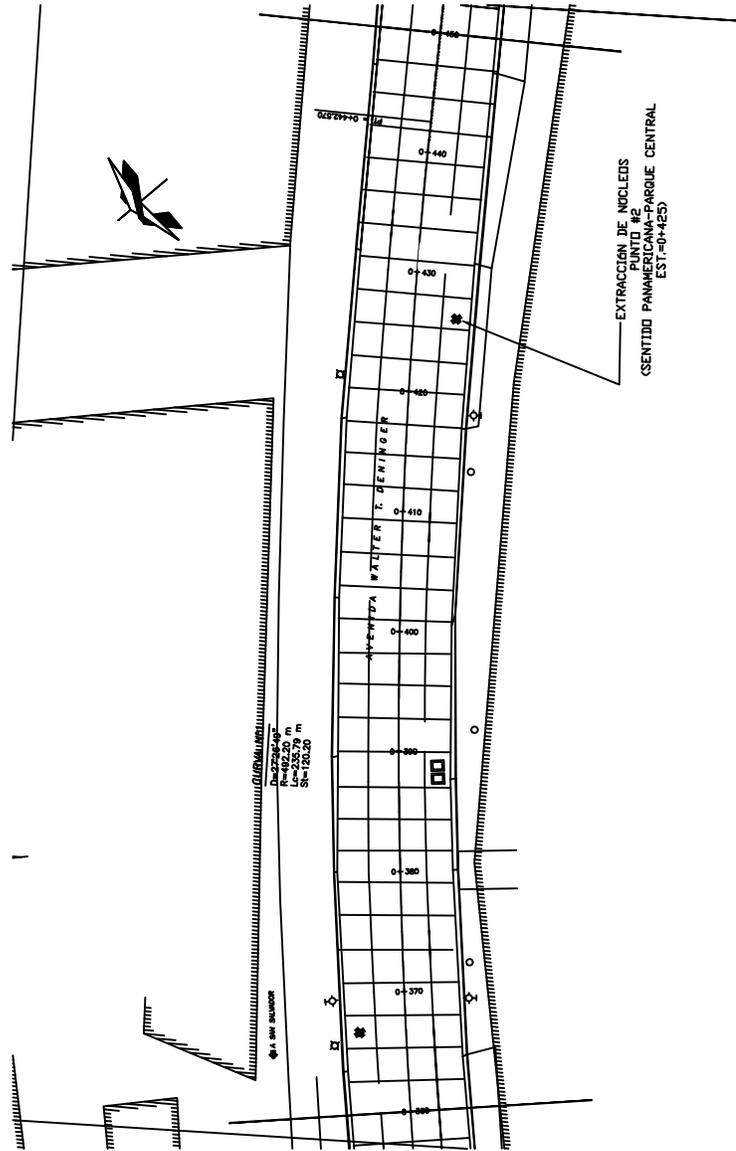
Considerando además, las zonas críticas que se han visualizado en el proyecto, en cuanto a los deterioros presentes, tales como escalonamientos y zonas con deterioros localizados en estado fallado; se decidió que es conveniente realizar extracciones de núcleos en los puntos que se detallan en las siguientes figura:



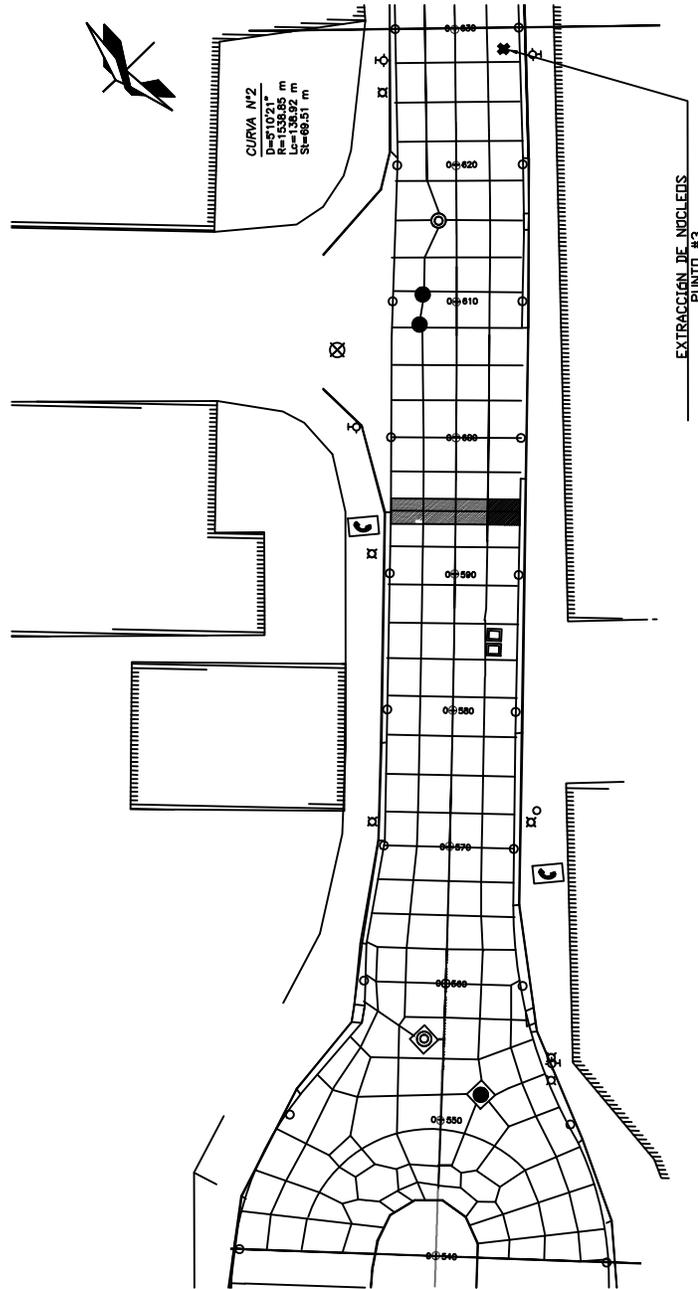
Figura 4.7: Ubicación de puntos de extracción de núcleos



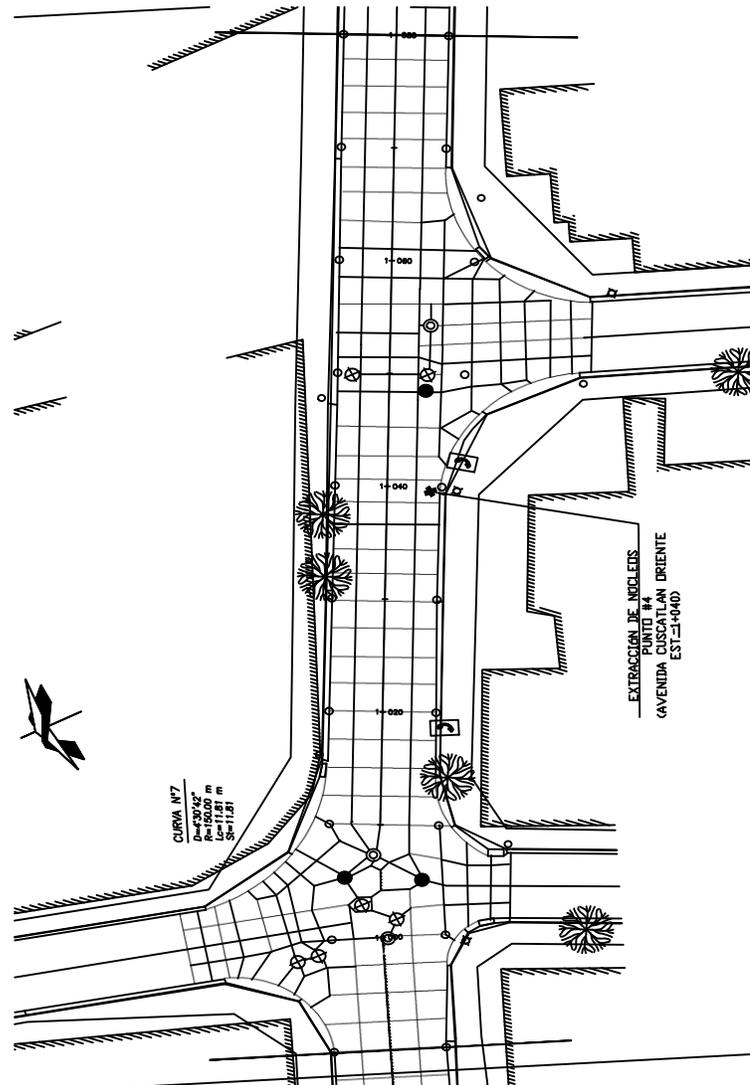
Plano de punto de extracción # 1



Plano de punto de extracción #2



Plano de punto de extracción # 3



Plano de punto de extracción # 4

Ensayos a realizar sobre los núcleos extraídos

Para la caracterización estructural de las vías por medio de los núcleos extraídos, se realizaran en estos las siguientes pruebas de laboratorio:

- Resistencia a la Compresión.
- Pulso ultrasónico.
- Prueba de Carbonatación.



Figura 4.8: Núcleos de concreto de 4" de diámetro, extraídos del pavimento en estudio

Los ensayos se llevaran a cabo en el laboratorio de materiales perteneciente a la Fundación ISCYC, siguiendo los lineamientos establecidos en cada una de las respectivas normas que sean afines con los ensayos que se realizaran, Para el caso específico del ensayo de resistencia a la compresión, este se registrá en la norma ASTM C 42 denominada Obtención y ensayo de núcleos taladrados.

4.2.3.1.2 Ubicación de dovelas

Debido a las contrariedades que se presentan en la información del diseño de pavimentos, se verificará el uso de dovelas en las dos estructuras de pavimentos con las que cuenta el proyecto, la ubicación de esta prueba será en puntos cercanos a donde se realicen las extracciones de núcleos.

4.2.3.2 Equipo y personal

Para los ensayos de extracción de núcleos y ubicación de dovelas, se contará con el apoyo del personal técnico de la Fundación ISCYC, con el propósito de

poder realizar los mejores procedimientos posibles y mantener la integridad del pavimento. El equipo principal a utilizar será la extractora de núcleos con broca hueca y borde diamantado, y el Micro covermeter (Pachometro), además del equipo de protección personal.



Figura 4.9: Equipo para auscultación estructural

4.3 Resultados y procesamiento de información

4.3.1 Resultados del levantamiento de deterioros y cálculo del PCI

Los resultados del levantamiento de deterioros se han compilado en tablas resumen (Tabla 4.5, Tabla 4.6, Tabla 4.7 y Tabla 4.8), que muestran la cuantificación de los deterioros por niveles de severidad, estas presentan la información recolectada en tramos, los cuales han sido divididos tomando en cuenta únicamente el sentido de circulación vehicular; de esta manera se obtuvieron un total de 4 tramos. Finalmente se en la Tabla 4.9 se presentan los resultados globales de los deterioros a nivel de todo el proyecto para conocer la condición general del pavimento.

Tabla 4.5: Resumen de exploración del levantamiento de deterioros			
TRAMO 1	BULEVAR WALTER THILO DEININGER (DEL PALACIO MUNICIPAL HACIA PARQUE CENTRAL)		
ESTACIONAMIENTOS	INICIAL: 0+090	FINAL: 0+720	
NÚMERO DE LOSAS: 514		FECHA: JULIO 2015	
TIPO DE DETERIORO	N° Losas/ Severidad		
	BAJA	MEDIA	ALTA
22. Grietas de esquina	12	5	2
23. Losa dividida	3	1	0
25. Escalonamiento	43	0	0
28. Grietas lineales	2	0	0
30. Parche pequeño	1	0	0
31. Pulimiento de agregados	7		
34. Punzonamiento	2	0	0
37. Grietas de retracción	11		
38. Descascaramiento de esquina	41	5	0
39. Descascaramiento de junta	43	12	3
ESQUEMA DE UBICACIÓN			

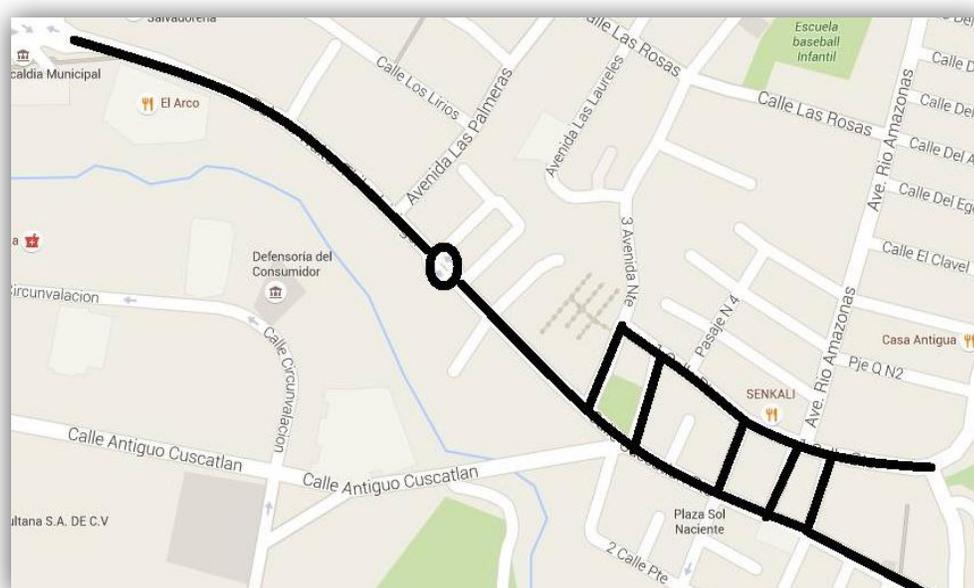
Tabla 4.6: Resumen de exploración del levantamiento de deterioros			
TRAMO 2	BULEVAR WALTER THILO DEININGER (DEL PARQUE CENTRAL HACIA PALACIO MUNICIPAL)		
ESTACIONAMIENTOS	INICIAL: 0+720	FINAL: 0+090	
NUMERO DE LOSAS: 537	FECHA: JULIO 2015		
TIPO DE DETERIORO	N° Losas/ Severidad		
	BAJA	MEDIA	ALTA
22. Grietas de esquina	4	0	0
25. Escalonamiento	84	0	0
31. Pulimiento de agregados	3		
37. Grietas de retracción	12		
38. Descascaramiento de esquina	34	2	0
39. Descascaramiento de junta	66	11	0
ESQUEMA DE UBICACIÓN			

Tabla 4.7: Resumen de exploración del levantamiento de deterioros			
TRAMO 3	SOBRE CALLE CUSCATLÁN, DESDE PARQUE CENTRAL HASTA INTERSECCION CON CALLE CUMBRES DE CUSCATLÁN; 1ra y 2da AVE. NORTE		
ESTACIONAMIENTOS	INICIAL: 0+720	FINAL: 1+150	
NUMERO DE LOSAS: 1,397	FECHA: JULIO 2015		
TIPO DE DETERIORO	N° Losas/ Severidad		
	BAJA	MEDIA	ALTA
22. Grietas de esquina	3	1	0
25. Escalonamiento	38	0	0
28. Grietas lineales	2	0	0
29. Parche grande	13	6	1
30. Parche pequeño	10	0	0
37. Grietas de retracción	7		
38. Descascaramiento de esquina	47	1	1
39. Descascaramiento de junta	68	7	0
ESQUEMA DE UBICACIÓN			

Tabla 4.8: Resumen de exploración del levantamiento de deterioros			
RESUMEN DE EXPLORACIÓN DEL LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS			
TRAMO 4	SOBRE 1ra CALLE ORIENTE Y PONIENTE; AVE. NAVAS NORTE, PASAJE N°4 Y 3ra AVE. NORTE		
ESTACIONAMIENTO	INICIAL: 0+350	FINAL :0+000	
NUMERO DE LOSAS: 921		FECHA: JULIO 2015	
TIPO DE DETERIORO	N° Losas/ Severidad		
	BAJA	MEDIA	ALTA
22. Grietas de esquina	13	3	0
23. Losa dividida	0	1	0
25. Escalonamiento	126	0	0
28. Grietas lineales	4	0	0
29. Parche grande	6	2	0
30. Parche pequeño	13	0	0
31. Pulimiento de agregados	2		
34. Punzonamiento	1	0	0
37. Grietas de retracción	2		
38. Descascaramiento de esquina	29	0	0
39. Descascaramiento de junta	66	2	1
ESQUEMA DE UBICACIÓN			

Tabla 4.9: Resumen de exploración del levantamiento de deterioros

INCLUYE TODO EL PROYECTO			
ESTACIONAMIENTOS	INICIAL:0+090	FINAL: 0+1150	
NÚMERO DE LOSAS: 3364		FECHA: JULIO 2015	
TIPO DE DETERIORO	N° Losas/ Severidad		
	BAJA	MEDIA	ALTA
22. Grietas de esquina	32	9	2
23. Losa dividida	3	2	0
25. Escalonamiento	291	0	0
28. Grietas lineales	8	0	0
29. Parche grande	19	8	1
30. Parche pequeño	24	0	0
31. Pulimiento de agregados	12		
34. Punzonamiento	3	0	0
37. Grietas de retracción	32		
38. Descascaramiento de esquina	151	8	4
39. Descascaramiento de junta	243	32	4

ESQUEMA DE UBICACIÓN

4.3.1.2 Cálculo de PCI

Para realizar la evaluación del estado del pavimento por medio del Índice de Condición de Pavimentos PCI, se hará uso de la hoja de cálculo desarrollada en el trabajo de graduación “EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO E INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO UBICADO EN CARRETERA HACIA COMALAPA ENTRE KILÓMETRO 33 Y 35”, de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”.

Para la utilización de esta hoja de cálculo es necesario aplicar los métodos descritos en la norma ASTM D6433-07 para el levantamiento de deterioro en pavimentos de concreto rígido.

En las tablas a continuación se presentan los resultados obtenidos de la hoja de cálculo; se muestran los valores de PCI y su clasificación, posteriormente se tienen las recomendaciones de los métodos de reparación en base a los datos introducidos para cada tramo en particular.

PCI TRAMO 1

Tabla 4.10: Calificación PCI para el Tramo I

Cod	Tipo de Falla		Losas Totales		Densidad	Valor Deducido*
	Inglés	Español	Intensidad	Total		
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	0.00%	0.00
21M			Media	0.00	0.00%	0.00
21H			Alta	0.00	0.00%	0.00
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	12.00	2.33%	2.13
22M			Media	5.00	0.97%	1.59
22H			Alta	2.00	0.39%	0.93
23L	Divided Slab	Losa Dividida	Baja	3.00	0.58%	0.64
23M			Media	1.00	0.19%	0.41
23H			Alta	0.00	0.00%	0.00
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	0.00%	0.00
24M			Media	0.00	0.00%	0.00
24H			Alta	0.00	0.00%	0.00
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	43.00	8.37%	2.15
25M			Media	0.00	0.00%	0.00
25H			Alta	0.00	0.00%	0.00
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	0.00%	0.00
26M			Media	514.00	100.00%	4.00
26H			Alta	0.00	0.00%	0.00
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	0.00%	0.00
27M			Media	0.00	0.00%	0.00
27H			Alta	0.00	0.00%	0.00
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	2.00	0.39%	0.24
28M			Media	0.00	0.00%	0.00
28H			Alta	0.00	0.00%	0.00
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	0.00	0.00%	0.00
29M			Media	0.00	0.00%	0.00
29H			Alta	0.00	0.00%	0.00
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	1.00	0.19%	0.01
30M			Media	0.00	0.00%	0.00
30H			Alta	0.00	0.00%	0.00
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	7.00	1.36%	0.03
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	2.00	0.39%	0.63
34M			Media	0.00	0.00%	0.00
34H			Alta	0.00	0.00%	0.00
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	0.00%	0.00
35M			Media	0.00	0.00%	0.00
35H			Alta	0.00	0.00%	0.00
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	0.00%	0.00
36M			Media	0.00	0.00%	0.00
36H			Alta	0.00	0.00%	0.00
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	11.00	2.14%	0.00
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	41.00	7.98%	1.16
38M			Media	5.00	0.97%	0.30
38H			Alta	0.00	0.00%	0.00
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	43.00	8.37%	1.80
39M			Media	12.00	2.33%	1.12
39H			Alta	3.00	0.58%	0.88

PCI		84
Calificación		Muy Bueno

RECOMENDACIONES TRAMO 1

Tabla 4.11: Recomendaciones de reparación Tramo I

Cod	Tipo de Falla		Intensidad	Total	Recomendación
	Inglés	Español			
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	No requiere reparación
21M			Media	0.00	
21H			Alta	0.00	
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	12.00	Parcheo profundo
22M			Media	5.00	
22H			Alta	2.00	
23L	Divided Slab	Losa Dividida	Baja	3.00	Reemplazo de Losa
23M			Media	1.00	
23H			Alta	0.00	
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	No requiere reparación
24M			Media	0.00	
24H			Alta	0.00	
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	43.00	No hacer nada o hacer fresado
25M			Media	0.00	
25H			Alta	0.00	
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	Resellado de Juntas
26M			Media	514.00	
26H			Alta	0.00	
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	No requiere reparación
27M			Media	0.00	
27H			Alta	0.00	
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	2.00	No hacer nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.
28M			Media	0.00	
28H			Alta	0.00	
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	0.00	No requiere reparación
29M			Media	0.00	
29H			Alta	0.00	
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	1.00	No requiere reparación.
30M			Media	0.00	
30H			Alta	0.00	
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	7.00	Ranurado de la superficie
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	No requiere reparación
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	No requiere reparación
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	2.00	No se hace nada. Sellado de grietas
34M			Media	0.00	
34H			Alta	0.00	
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	No requiere reparación
35M			Media	0.00	
35H			Alta	0.00	
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	No requiere reparación
36M			Media	0.00	
36H			Alta	0.00	
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	11.00	No requiere reparación
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	41.00	Parcheo parcial
38M			Media	5.00	
38H			Alta	0.00	
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	43.00	Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.
39M			Media	12.00	
39H			Alta	3.00	

PCI TRAMO 2

Tabla 4.12: Calificación PCI para el Tramo II

Cod	Tipo de Falla		Losas Totales		537	Valor Deducido*
	Inglés	Español	Intensidad	Total		
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	0.00%	0.00
21M			Media	0.00	0.00%	0.00
21H			Alta	0.00	0.00%	0.00
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	4.00	0.74%	0.68
22M			Media	0.00	0.00%	0.00
22H			Alta	0.00	0.00%	0.00
23L	Divided Slab	Losas Divididas	Baja	0.00	0.00%	0.00
23M			Media	0.00	0.00%	0.00
23H			Alta	0.00	0.00%	0.00
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	0.00%	0.00
24M			Media	0.00	0.00%	0.00
24H			Alta	0.00	0.00%	0.00
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	84.00	15.64%	5.26
25M			Media	0.00	0.00%	0.00
25H			Alta	0.00	0.00%	0.00
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	0.00%	0.00
26M			Media	537.00	100.00%	4.00
26H			Alta	0.00	0.00%	0.00
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	0.00%	0.00
27M			Media	0.00	0.00%	0.00
27H			Alta	0.00	0.00%	0.00
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	0.00	0.00%	0.00
28M			Media	0.00	0.00%	0.00
28H			Alta	0.00	0.00%	0.00
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	0.00	0.00%	0.00
29M			Media	0.00	0.00%	0.00
29H			Alta	0.00	0.00%	0.00
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	0.00	0.00%	0.00
30M			Media	0.00	0.00%	0.00
30H			Alta	0.00	0.00%	0.00
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	3.00	0.56%	0.01
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	0.00	0.00%	0.00
34M			Media	0.00	0.00%	0.00
34H			Alta	0.00	0.00%	0.00
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	0.00%	0.00
35M			Media	0.00	0.00%	0.00
35H			Alta	0.00	0.00%	0.00
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	0.00%	0.00
36M			Media	0.00	0.00%	0.00
36H			Alta	0.00	0.00%	0.00
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	12.00	2.23%	0.00
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	34.00	6.33%	0.90
38M			Media	2.00	0.37%	0.11
38H			Alta	0.00	0.00%	0.00
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	66.00	12.29%	2.63
39M			Media	11.00	2.05%	0.98
39H			Alta	0.00	0.00%	0.00

PCI	✓	87.3
Calificación		Excelente

RECOMENDACIONES TRAMO 2

Tabla 4.13: Recomendaciones de reparación Tramo II

Cod	Tipo de Falla		Intensidad	Total	Recomendación
	Ingles	Español			
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	No requiere reparación
21M			Media	0.00	
21H			Alta	0.00	
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	4.00	No hacer nada. Sellado de grietas de más de 3mm
22M			Media	0.00	
22H			Alta	0.00	
23L	Divided Slab	Losa Dividida	Baja	0.00	No requiere reparación
23M			Media	0.00	
23H			Alta	0.00	
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	No requiere reparación
24M			Media	0.00	
24H			Alta	0.00	
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	84.00	No hacer nada o hacer fresado
25M			Media	0.00	
25H			Alta	0.00	
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	Resellado de Juntas
26M			Media	537.00	
26H			Alta	0.00	
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	No requiere reparación
27M			Media	0.00	
27H			Alta	0.00	
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	0.00	No requiere reparación
28M			Media	0.00	
28H			Alta	0.00	
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	0.00	No requiere reparación
29M			Media	0.00	
29H			Alta	0.00	
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	0.00	No requiere reparación
30M			Media	0.00	
30H			Alta	0.00	
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	3.00	Ranurado de la superficie
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	No requiere reparación
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	No requiere reparación
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	0.00	No requiere reparación
34M			Media	0.00	
34H			Alta	0.00	
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	No requiere reparación
35M			Media	0.00	
35H			Alta	0.00	
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	No requiere reparación
36M			Media	0.00	
36H			Alta	0.00	
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	12.00	No requiere reparación
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	34.00	Parcheo parcial
38M			Media	2.00	
38H			Alta	0.00	
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	66.00	Parcheo parcial
39M			Media	11.00	
39H			Alta	0.00	

PCI TRAMO 3

Tabla 4.14: Calificación PCI para el Tramo III

Cod	Tipo de Falla		Losas Totales		Densidad	Valor Deducido*
	Inglés	Español	Intensidad	Total		
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	0.00%	0.00
21M			Media	0.00	0.00%	0.00
21H			Alta	0.00	0.00%	0.00
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	3.00	0.21%	0.20
22M			Media	1.00	0.07%	0.12
22H			Alta	0.00	0.00%	0.00
23L	Divided Slab	Losas Divididas	Baja	0.00	0.00%	0.00
23M			Media	0.00	0.00%	0.00
23H			Alta	0.00	0.00%	0.00
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	0.00%	0.00
24M			Media	0.00	0.00%	0.00
24H			Alta	0.00	0.00%	0.00
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	38.00	2.72%	0.48
25M			Media	0.00	0.00%	0.00
25H			Alta	0.00	0.00%	0.00
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	0.00%	0.00
26M			Media	1397.00	100.00%	4.00
26H			Alta	0.00	0.00%	0.00
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	0.00%	0.00
27M			Media	0.00	0.00%	0.00
27H			Alta	0.00	0.00%	0.00
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	2.00	0.14%	0.09
28M			Media	0.00	0.00%	0.00
28H			Alta	0.00	0.00%	0.00
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	13.00	0.93%	0.35
29M			Media	6.00	0.43%	0.29
29H			Alta	1.00	0.07%	0.13
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	10.00	0.72%	0.04
30M			Media	0.00	0.00%	0.00
30H			Alta	0.00	0.00%	0.00
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	0.00	0.00%	0.00
34M			Media	0.00	0.00%	0.00
34H			Alta	0.00	0.00%	0.00
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	0.00%	0.00
35M			Media	0.00	0.00%	0.00
35H			Alta	0.00	0.00%	0.00
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	0.00%	0.00
36M			Media	0.00	0.00%	0.00
36H			Alta	0.00	0.00%	0.00
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	7.00	0.50%	0.00
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	47.00	3.36%	0.46
38M			Media	1.00	0.07%	0.02
38H			Alta	1.00	0.07%	0.05
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	68.00	4.87%	1.05
39M			Media	7.00	0.50%	0.24
39H			Alta	0.00	0.00%	0.00

PCI		92.48
Calificación		Excelente

RECOMENDACIONES TRAMO 3

4.15: Recomendaciones de reparación Tramo III

Cod	Tipo de Falla		Intensidad	Total	Recomendación
	Inglés	Español			
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	No requiere reparación
21M			Media	0.00	
21H			Alta	0.00	
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	3.00	Sellado de grietas. Parcheo profundo.
22M			Media	1.00	
22H			Alta	0.00	
23L	Divided Slab	Losa Dividida	Baja	0.00	No requiere reparación
23M			Media	0.00	
23H			Alta	0.00	
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	No requiere reparación
24M			Media	0.00	
24H			Alta	0.00	
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	38.00	No hacer nada o hacer fresado
25M			Media	0.00	
25H			Alta	0.00	
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	Resellado de Juntas
26M			Media	1397.00	
26H			Alta	0.00	
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	No requiere reparación
27M			Media	0.00	
27H			Alta	0.00	
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	2.00	No hacer nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.
28M			Media	0.00	
28H			Alta	0.00	
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	13.00	Reemplazo del parche.
29M			Media	6.00	
29H			Alta	1.00	
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	10.00	No requiere reparación.
30M			Media	0.00	
30H			Alta	0.00	
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	0.00	No requiere reparación
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	No requiere reparación
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	No requiere reparación
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	0.00	No requiere reparación
34M			Media	0.00	
34H			Alta	0.00	
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	No requiere reparación
35M			Media	0.00	
35H			Alta	0.00	
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	No requiere reparación
36M			Media	0.00	
36H			Alta	0.00	
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	7.00	No requiere reparación
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	47.00	Parcheo parcial
38M			Media	1.00	
38H			Alta	1.00	
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	68.00	Parcheo parcial
39M			Media	7.00	
39H			Alta	0.00	

PCI TRAMO 4

Tabla 4.16: Calificación PCI para el Tramo IV

Cod	Tipo de Falla		Losas Totales		921	Valor Deducido*
	Inglés	Español	Intensidad	Total	Densidad	
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	0.00%	0.00
21M			Media	0.00	0.00%	0.00
21H			Alta	0.00	0.00%	0.00
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	13.00	1.41%	1.29
22M			Media	3.00	0.33%	0.54
22H			Alta	0.00	0.00%	0.00
23L	Divided Slab	Losas Divididas	Baja	0.00	0.00%	0.00
23M			Media	1.00	0.11%	0.23
23H			Alta	0.00	0.00%	0.00
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	0.00%	0.00
24M			Media	0.00	0.00%	0.00
24H			Alta	0.00	0.00%	0.00
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	126.00	13.68%	4.35
25M			Media	0.00	0.00%	0.00
25H			Alta	0.00	0.00%	0.00
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	0.00%	0.00
26M			Media	921.00	100.00%	4.00
26H			Alta	0.00	0.00%	0.00
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	0.00%	0.00
27M			Media	0.00	0.00%	0.00
27H			Alta	0.00	0.00%	0.00
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	4.00	0.43%	0.27
28M			Media	0.00	0.00%	0.00
28H			Alta	0.00	0.00%	0.00
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	6.00	0.65%	0.24
29M			Media	2.00	0.22%	0.15
29H			Alta	0.00	0.00%	0.00
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	13.00	1.41%	0.09
30M			Media	0.00	0.00%	0.00
30H			Alta	0.00	0.00%	0.00
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	2.00	0.22%	0.00
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	1.00	0.11%	0.18
34M			Media	0.00	0.00%	0.00
34H			Alta	0.00	0.00%	0.00
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	0.00%	0.00
35M			Media	0.00	0.00%	0.00
35H			Alta	0.00	0.00%	0.00
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	0.00%	0.00
36M			Media	0.00	0.00%	0.00
36H			Alta	0.00	0.00%	0.00
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	2.00	0.22%	0.00
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	29.00	3.15%	0.43
38M			Media	0.00	0.00%	0.00
38H			Alta	0.00	0.00%	0.00
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	66.00	7.17%	1.54
39M			Media	2.00	0.22%	0.10
39H			Alta	1.00	0.11%	0.16

PCI		88.98
Calificación		Excelente

RECOMENDACIONES TRAMO 4

Tabla 4.17: Recomendaciones de reparación Tramo IV

Cod	Tipo de Falla		Intensidad	Total	Recomendación
	Inglés	Español			
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	No requiere reparación
21M			Media	0.00	
21H			Alta	0.00	
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	13.00	Sellado de grietas. Parcheo profundo.
22M			Media	3.00	
22H			Alta	0.00	
23L	Divided Slab	Losa Dividida	Baja	0.00	Reemplazo de Losa
23M			Media	1.00	
23H			Alta	0.00	
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	No requiere reparación
24M			Media	0.00	
24H			Alta	0.00	
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	126.00	No hacer nada o hacer fresado
25M			Media	0.00	
25H			Alta	0.00	
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	Resellado de Juntas
26M			Media	921.00	
26H			Alta	0.00	
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	No requiere reparación
27M			Media	0.00	
27H			Alta	0.00	
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	4.00	No hacer nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.
28M			Media	0.00	
28H			Alta	0.00	
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	6.00	Sellado de grietas. Reemplazo del parche.
29M			Media	2.00	
29H			Alta	0.00	
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	13.00	No requiere reparación.
30M			Media	0.00	
30H			Alta	0.00	
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	2.00	Ranurado de la superficie
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	No requiere reparación
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	No requiere reparación
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	1.00	No se hace nada. Sellado de grietas
34M			Media	0.00	
34H			Alta	0.00	
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	No requiere reparación
35M			Media	0.00	
35H			Alta	0.00	
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	No requiere reparación
36M			Media	0.00	
36H			Alta	0.00	
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	2.00	No requiere reparación
38L	Spalling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	29.00	No requiere reparación
38M			Media	0.00	
38H			Alta	0.00	
39L	Spalling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	66.00	Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.
39M			Media	2.00	
39H			Alta	1.00	

PCI A NIVEL DE PROYECTO

Tabla 4.18: Calificación PCI a nivel de proyecto

Cod	Tipo de Falla		Losas Totales		Densidad	Valor Deducido*
	Inglés	Español	Intensidad	Total		
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	0.00%	0.00
21M			Media	0.00	0.00%	0.00
21H			Alta	0.00	0.00%	0.00
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	32.00	0.95%	0.87
22M			Media	9.00	0.27%	0.44
22H			Alta	2.00	0.06%	0.14
23L	Divided Slab	Losas Divididas	Baja	3.00	0.09%	0.10
23M			Media	2.00	0.06%	0.12
23H			Alta	0.00	0.00%	0.00
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	0.00%	0.00
24M			Media	0.00	0.00%	0.00
24H			Alta	0.00	0.00%	0.00
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	291.00	8.65%	2.26
25M			Media	0.00	0.00%	0.00
25H			Alta	0.00	0.00%	0.00
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	0.00%	0.00
26M			Media	0.00	0.00%	0.00
26H			Alta	0.00	0.00%	0.00
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	0.00%	0.00
27M			Media	0.00	0.00%	0.00
27H			Alta	0.00	0.00%	0.00
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	8.00	0.24%	0.15
28M			Media	0.00	0.00%	0.00
28H			Alta	0.00	0.00%	0.00
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	19.00	0.56%	0.21
29M			Media	8.00	0.24%	0.16
29H			Alta	1.00	0.03%	0.05
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	24.00	0.71%	0.04
30M			Media	0.00	0.00%	0.00
30H			Alta	0.00	0.00%	0.00
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	12.00	0.36%	0.01
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	0.00%	0.00
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	3.00	0.09%	0.14
34M			Media	0.00	0.00%	0.00
34H			Alta	0.00	0.00%	0.00
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	0.00%	0.00
35M			Media	0.00	0.00%	0.00
35H			Alta	0.00	0.00%	0.00
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	0.00%	0.00
36M			Media	0.00	0.00%	0.00
36H			Alta	0.00	0.00%	0.00
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	32.00	0.95%	0.00
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	151.00	4.49%	0.62
38M			Media	8.00	0.24%	0.07
38H			Alta	4.00	0.12%	0.08
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	241.00	7.16%	1.54
39M			Media	32.00	0.95%	0.46
39H			Alta	4.00	0.12%	0.18

PCI		92.34
Calificación		Excelente

RECOMENDACIONES A NIVEL DE PROYECTO

Tabla 4.19: Recomendaciones de reparación a nivel de proyecto

Cod	Tipo de Falla		Intensidad	Total	Recomendación
	Inglés	Español			
21L	Blowups	Estallamiento	Baja	0.00	No requiere reparación
21M			Media	0.00	
21H			Alta	0.00	
22L	Corner Break	Rotura de Esquina	Baja	32.00	Parcheo profundo
22M			Media	9.00	
22H			Alta	2.00	
23L	Divided Slab	Losa Dividida	Baja	3.00	Reemplazo de Losa
23M			Media	2.00	
23H			Alta	0.00	
24L	Durability "D" Cracking	Agrietamiento por Durabilidad	Baja	0.00	No requiere reparación
24M			Media	0.00	
24H			Alta	0.00	
25L	Faulting	Escalonamiento	Baja	291.00	No hacer nada o hacer fresado
25M			Media	0.00	
25H			Alta	0.00	
26L	Joint Seal Damage	Daño en Sello	Baja	0.00	No requiere reparación
26M			Media	0.00	
26H			Alta	0.00	
27L	Lane Shoulder Drop-Off	Desnivel Hombro-Losa	Baja	0.00	No requiere reparación
27M			Media	0.00	
27H			Alta	0.00	
28L	Linear Cracking	Agrietamiento	Baja	8.00	No hacer nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.
28M			Media	0.00	
28H			Alta	0.00	
29L	Patching Large	Bacheo Grande	Baja	19.00	Reemplazo del parche.
29M			Media	8.00	
29H			Alta	1.00	
30L	Patching Small	Bacheo Pequeño	Baja	24.00	No requiere reparación.
30M			Media	0.00	
30H			Alta	0.00	
31	Polished Aggregate	Agregado Pulido	Ninguna	12.00	Ranurado de la superficie
32	Popouts	Desprendimientos	Ninguna	0.00	No requiere reparación
33	Pumping	Bombeo	Ninguna	0.00	No requiere reparación
34L	Punchouts	Punzonamiento	Baja	3.00	No se hace nada. Sellado de grietas
34M			Media	0.00	
34H			Alta	0.00	
35L	Railroad Crossing	Cruce de Vías RR	Baja	0.00	No requiere reparación
35M			Media	0.00	
35H			Alta	0.00	
36L	Scaling - Map Cracking	Agrietamiento en Mapa	Baja	0.00	No requiere reparación
36M			Media	0.00	
36H			Alta	0.00	
37	Shrinkage Cracks	Agrietamiento por Alabeo	Ninguna	32.00	No requiere reparación
38L	Spaling Corner	Desportillamiento Esquina	Baja	151.00	Parcheo parcial
38M			Media	8.00	
38H			Alta	4.00	
39L	Spaling Joint	Desportillamiento Junta	Baja	241.00	Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.
39M			Media	32.00	
39H			Alta	4.00	

4.3.2 Resultados de aforos de tránsito y cálculo de cargas vehiculares

Tabla 4.20: Resultado de aforo de tránsito PUNTO 1

TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA	CANTIDAD DE VEHICULOS POR HORA												TOTAL
		6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	
		AM						PM						
Auto-móvil		406	549	457	296	290	311	325	336	346	304	368	392	4380
Pick-Up y camionetas		167	234	257	207	208	187	185	212	225	221	218	213	2534
Microbús liviano		26	18	10	10	7	26	14	25	10	16	18	15	195
Microbús mediano		24	23	26	22	26	21	23	22	21	22	24	23	277
Auto-bus		27	22	29	17	18	16	17	21	16	17	19	21	240
C-2		7	7	12	12	12	21	16	12	22	18	21	9	169
C-3		0	0	0	1	2	0	1	2	1	0	0	0	7
TOTALES		657	853	791	565	563	582	581	630	641	598	668	673	7802

Tabla 4.21: Resultado de aforo de tránsito PUNTO 2

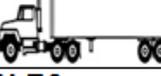
TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA	CANTIDAD DE VEHICULOS POR HORA												TOTAL
		6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	
		AM						PM						
Auto-móvil		214	340	266	251	294	363	465	296	317	336	448	500	4090
Pick-Up y camionetas		118	164	193	200	182	200	272	164	187	247	252	236	2415
Microbús liviano		31	24	15	17	26	24	37	36	15	21	24	17	287
Microbús mediano		20	25	31	31	24	23	25	30	18	23	19	22	291
Auto-bus		28	19	24	18	20	14	18	19	20	18	20	22	240
C-2		21	18	13	19	25	21	20	9	16	30	26	9	227
C-3		0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4
T3-S2		0	0	1	1	0	0	0	0		1	0	0	3
TOTALES		432	590	545	537	571	645	838	554	574	676	789	806	7557

Tabla 4.22: Resultado de aforo de tránsito PUNTO 3 (Sobre bulevar Deininger hacia panamericana)

TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA	CANTIDAD DE VEHICULOS POR HORA												TOTAL
		6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	
		AM						PM						
Auto-móvil		477	503	499	366	304	354	401	353	406	388	425	417	4893
Pick-Up y camionetas		201	203	264	231	191	252	214	183	229	242	243	189	2642
Microbús liviano		27	22	6	10	10	20	24	17	19	14	10	13	192
Microbús mediano		5	2	7	2	4	6	2	4	5	2	2	3	44
Auto-bus		0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3
C-2		9	11	9	8	13	12	14	10	6	8	5	3	108
C-3		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
TOTALES		719	741	785	618	522	645	655	568	665	654	686	625	7883

Tabla 4.23: Resultado de aforo de tránsito PUNTO 3 (Sobre bulevar Deininger hacia parque central)

TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA	CANTIDAD DE VEHICULOS POR HORA												TOTAL
		6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	
		AM						PM						
Auto-móvil		291	464	418	297	252	340	382	313	301	310	582	553	4503
Pick-Up y camionetas		149	199	259	189	167	238	213	171	171	215	286	242	2499
Microbús liviano		28	17	23	11	10	18	15	12	16	15	16	12	193
Microbús mediano		6	2	3	8	5	1	5	3	6	5	0	2	46
Auto-bus		3	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4	2	12
C-2		9	12	22	11	7	15	13	13	7	14	14	2	139
C-3		0		2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
T3-S2		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALES		416	631	698	437	404	542	593	473	467	560	751	648	7396

4.3.2.1 Factores de Expansión

Para el cálculo de los factores de expansión se usarán los valores proporcionados por la Dirección de Planificación de la Obra Pública (DPOP) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), los cuales son de la estación semipermanente SALUSC100, ubicada en el tramo del Boulevard Orden de Malta, entre carretera al Puerto de la Libertad (CA04S) al Redondel Boulevard Santa Elena y de la estación permanente LIBUPC001, ubicada en el Boulevard Santa Elena, Municipio de Antiguo Cuscatlán, por ser las más cercanas a la zona de estudio. Además, la información disponible respecto al TPDA sobre las vías en estudio son del año 2010 y del Boulevard Walter Thilo Deininger (De intersección con Calle Cumbres de Cuscatlán y Calle Cuscatlán Ote a la Carretera Panamericana) (figura 4.10).

VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA PÚBLICA
 SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE OBRAS
 DE PASO Y DE INVENTARIOS VIALES
 DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE TRÁNSITO

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (AÑO 2010)

CIUDAD DE SAN SALVADOR		L I V I A N O S		P E S A D O S									TPDA
LISTADO DE LA RED URBANA		PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A			T				
EJE	TRAMO	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3	
28	Calle a Huizúcar, Avenida "A", Calle Cumbres de Cuscatlán, Boulevard Walter Deninger												
	Redondel José Rodríguez (super selectos de calle a Huizúcar) a Calle B, Urbanización Lomas de San Francisco	1351	467	0	27	15	2	0	0	0	3	1	1866
	De Calle B, Urb. Lomas de San Fco. a Calle a Huizúcar	7097	2898	104	98	51	14	0	0	0	4	1	10266
	De Calle a Huizúcar a Intersección con Calle Cumbres de Cuscatlán y Calle Cuscatlán Ote.	6851	2601	98	95	52	11	0	0	0	3	0	9911
	De Intersección con Calle Cumbres de Cuscatlán y Calle Cuscatlán Ote a La Universal Carretera Panamericana CA01W	11131	4553	160	153	77	25	0	0	0	3	0	16102

NOMBRE DE LA ESTACION: SALUSC100 BOULEVARD ORDEN DE MALTA
 UBICACIÓN: SAL00P100 CARRETERA AL PUERTO DE A REDONDEL BOULEVARD SANTA ELENA
 FECHAS DE CONTEO: DE: MIERCOLES 28/07/2010
 A: MARTES 03/08/2010

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
FACTOR NOCTURNO	1.2650	1.2690	1.2609	1.2483	1.2927	1.2656	1.2659
FACTOR DIARIO	1.0431	1.1184	0.8852	0.8986	0.8185	1.0484	1.3716

FACTOR MENSUAL	FACTORES MENSUALES ESTACION PERMANENTE DE: LIBUPG001							SANTA ELENA				
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	1.0283	0.9835	0.9806	1.0857	0.9714	0.9916	0.9693	0.9644	0.9461	1.0283	0.9546	1.1282



Figura 4.10: Factores de Expansión y TPDA para vías de Antiguo Cuscatlán

$$FE = FN * FD * FM$$

Donde:

FE = Factor de Expansión de tránsito medido en las 12 horas (6:00 am – 6:00 pm)

FN = Factor nocturno

FD = Factor Diario

FM = Factor Mensual

$$FE_{PUNTO\ 1} = FN_{miércoles} * FD_{miércoles} * FM_{julio}$$

$$FE_{PUNTO\ 1} = 1.2609 * 0.8852 * 0.9693 = 1.0819$$

$$FE_{PUNTO\ 2} = FN_{jueves} * FD_{jueves} * FM_{julio}$$

$$FE_{PUNTO\ 2} = 1.2483 * 0.8986 * 0.9693 = 1.0873$$

$$FE_{PUNTO\ 3} = FN_{miercoles} * FD_{miercoles} * FM_{julio}$$

$$FE_{PUNTO\ 3} = 1.2609 * 0.8852 * 0.9693 = 1.0819$$

4.3.2.2 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Se obtendrán los valores de TPDA para el punto 2 y el punto 3 (ver figura 4.6), para posteriormente sumarlos y conocer el TPDA del proyecto. El punto 2 representa el tránsito que circula desde la Carretera Panamericana por el Boulevard Deininger hacia el centro de Antiguo Cuscatlán, considerando además toda la carga del transporte colectivo de pasajeros que circula por el

proyecto; mientras que el punto 3 representa el tránsito en el otro sentido de circulación vehicular. De esta manera se podrá comparar el tránsito global obtenido con la información proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Tabla 4.24: Calculo de TPDA del proyecto

TIPO DE VEHICULO	TRÁNSITO PUNTO 2			TRÁNSITO PUNTO 3			TPDA TOTAL
	TRÁNSITO	F.E	TPDA	TRÁNSITO	F.E	TPDA	
Auto-móvil	4090	1.0873	4447	4893	1.0819	5294	9741
Pick-Up y camionetas	2415		2625	2642		2858	5483
Microbús liviano	287		312	192		208	520
Microbús mediano	291		316	44		48	364
Auto-bus	240		261	3		3	264
C-2	227		247	108		117	364
C-3	4		4	1		1	5
T3-S2	3		3	0		0	3
TOTAL	7557			8217		7883	

Para poder comparar los valores de tránsito dados de las proyecciones que se tomaron en el diseño con los que ahora se tienen, tanto a los valores calculados en la tabla anterior como a los proporcionados por el MOP se les aplicara un factor direccional $FD=0.50$ sobre el TPDA TOTAL. Además se ha considerado la proyección del tránsito al año 2005 como el tránsito real que circulaba sobre las vías.

Debido a las distintas clasificaciones que se tomaron en los diferentes años de los aforos de tránsito, en las tablas 4.25 y 4.26 se agrupan en filas del mismo

color los datos que serán comparados entre ellos, de manera de poder obtener las tasas de crecimientos por tipos de vehículos.

Tabla 4.25: TPDA y composición vehicular del 2005 y 2010

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA	
	2005	2010
Auto-móvil	4468	5566
Pick-Up y camionetas		2277
Microbús liviano		
Microbús mediano	341	80
Auto-bus		77
C-2	175	39
C-3	1	13
T3 -S2	25	1
TOTAL	5009	8054

Tabla 4.26: TPDA y composición vehicular del 2010 y 2015

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA	
	2010	2015
Auto-móvil	5566	4871
Pick-Up y camionetas	2277	2742
Microbús liviano		260
Microbús mediano	80	182
Auto-bus	77	132
C-2	39	182
C-3	13	3
T3 -S2	1	2
TOTAL	8054	8374

4.3.2.3 Tasas de Crecimiento por tipo de vehículo

Se calculan las tasas de crecimiento real de los diferentes tipos de vehículos para los dos periodos de tiempo que se tienen; se utiliza la siguiente fórmula del Estudio de Tránsito Para Diseño de Pavimentos de S.Minaya & A. Ordoñez:

$$i = \left(\frac{TF}{TP} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 * 100$$

Donde:

n = periodo de diseño en años

TF = Tráfico futuro

TP = Tráfico presente

Procediendo de similar manera para los demás tipos de vehículos resultan las siguientes tasas de crecimiento:

Tabla 4.27: Tasa de crecimiento del TPDA entre 2005 y 2010

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA Y TASA DE CRECIMIENTO		
	2005	<i>i</i> (%)	2010
Auto-móvil	4468	11.91	5566
Pick-Up y camionetas			2277
Microbús liviano			
Microbús mediano	341	-14.37	80
Auto-bus			77
C-2	175	-25.94	39
C-3	1	67.03	13
T3 -S2	25	-47.47	1
TOTAL	5009		8054

Tabla 4.28: Tasa de crecimiento del TPDA entre 2010 y 2015

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA POR AÑO Y TASA DE CRECIMIENTO		
	2010	<i>i</i> (%)	2015
Auto-móvil	5566	-2.63	4871
Pick-Up y camionetas	2277	5.68	2742
Microbús liviano			260
Microbús mediano	80	17.87	182
Auto-bus	77	11.38	132
C-2	39	36.08	182
C-3	13	-25.42	3
T3 -S2	1	14.87	2
TOTAL	8054		8374

4.3.2.4 Cálculo de ESAL's

Obtenidos los valores de TPDA del proyecto, para poder calcular las solicitudes de carga que recibe la estructura del pavimento es necesario

contar con los factores de carga equivalente y los factores de camión a manera de poder cuantificar los daños que produce el tránsito mixto de vehículos en función del número equivalente de ejes de una determinada carga. Para esto, los factores de carga equivalente LEF'S han sido tomados del Manual Centroamericano Para Diseño de Pavimentos, tomando en consideración el parámetro de diseño serviciabilidad final con un valor de $P_t=2.5$ y un espesor de losa de 6 pulgadas (tabla 4.20 y 4.30). Aclarar que la mayoría de factores obtenidos han sido producto de interpolaciones. Posteriormente en la tabla 4.31 se presentan los valores de LEF'S para cada tipo de vehículo por eje con sus respectivos factores de camión.

Tabla 4.29: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples, $P_t=2.5$

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
8	0.039	0.035	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
10	0.097	0.089	0.084	0.082	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080
12	0.203	0.189	0.181	0.176	0.175	0.174	0.174	0.173	0.173
14	0.376	0.360	0.347	0.341	0.338	0.337	0.336	0.336	0.336
16	0.634	0.623	0.610	0.604	0.601	0.599	0.599	0.599	0.598
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.51	1.52	1.55	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59
22	2.21	2.20	2.28	2.34	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41
24	3.16	3.10	3.22	3.36	3.45	3.50	3.53	3.54	3.55
26	4.41	4.26	4.42	4.67	4.85	4.95	5.01	5.04	5.05
28	6.05	5.76	5.92	6.29	6.61	6.81	6.92	6.98	7.01
30	8.16	7.67	7.79	8.28	8.79	9.14	9.35	9.46	9.52

Tabla 4.30: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tándem, Pt=2.5

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
8	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
10	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
12	0.031	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
14	0.057	0.052	0.049	0.048	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
16	0.097	0.089	0.084	0.082	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080
18	0.155	0.143	0.136	0.133	0.132	0.131	0.131	0.131	0.131
20	0.234	0.220	0.211	0.206	0.204	0.203	0.203	0.203	0.203
22	0.340	0.325	0.313	0.308	0.305	0.304	0.303	0.303	0.303
24	0.475	0.462	0.450	0.444	0.441	0.440	0.439	0.439	0.439
26	0.644	0.637	0.627	0.622	0.620	0.619	0.618	0.618	0.618
28	0.855	0.854	0.852	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849
30	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	1.43	1.44	1.47	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51
34	1.82	1.82	1.87	1.92	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97
36	2.29	2.27	2.35	2.43	2.48	2.51	2.52	2.52	2.53
38	2.85	2.80	2.91	3.03	3.12	3.16	3.18	3.20	3.20
40	3.52	3.42	3.55	3.74	3.87	3.94	3.98	4.00	4.01
42	4.32	4.16	4.30	4.55	4.74	4.86	4.91	4.95	4.96
44	5.26	5.01	5.16	5.48	5.75	5.92	6.01	6.06	6.09

Tabla 4.31: Factores de Camión para cada tipo de vehículo

VEHICULO	ESQUEMA	EJE	TIPO DE EJE	PESO Ton (Kips)	LEF'S	FACTOR DE CAMION
AUTO SEDAN		Dirección	Simple	1.0 (2.2)	0.00048	0.00096
		Tracción	Simple	1.0 (2.2)	0.00048	
PICK UP Y CAMIONETA		Dirección	Simple	1.0 (2.2)	0.00048	0.02058
		Tracción	Simple	3.0 (6.6)	0.02010	
MICROBUS PEQUEÑO		Dirección	Simple	1.5 (3.3)	0.00202	0.02212
		Tracción	Simple	3.0 (6.6)	0.02010	
MICROBUS MEDIANO		Dirección	Simple	4.0 (8.8)	0.06220	0.98900
		Tracción	Simple	8.0 (17.6)	0.92680	
BUS		Dirección	Simple	6.0 (13.2)	0.30680	3.37180
		Tracción	Simple	10.8 (23.8)	3.06500	
C-2		Dirección	Simple	5.0 (11.0)	0.15000	2.36000
		Tracción	Simple	10.0 (22.0)	2.21000	
C-3		Dirección	Simple	5.0 (11.0)	0.15000	2.52400
		Tracción	Tándem	16.5 (36.3)	2.37400	
T3-S2		Dirección	Simple	5.0 (11.0)	0.15000	4.35400
		Tracción	Tándem	16.0 (35.2)	2.10200	
		Arrastre	Tándem	16.0 (35.2)	2.10200	

4.3.2.5 Factor de crecimiento y Cálculo de ESAL's

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{1 + i^n - 1}{i}$$

$$\text{ESAL's} = \text{TPDA} * 365 * \text{FC} * \text{FCr}$$

En las tablas 4.32 y 4.33 se muestra la cantidad de ESAL's acumulados para los periodos 2005-2010 y 2010-2015 respectivamente.

Tabla 4.32: Cálculo de cargas vehiculares acumuladas del año 2005 al 2010

Tipo de vehículo	TPDA	TPDA*365	Factor Camión (FC)	Factor de Crecimiento (FCr)	ESAL's
Autos livianos	4,468	1,630,820	*0.00666	6.34	68,860
Buses y microbuses	341	124,465	**2.15763	3.76	1,009,746
C-2	175	63,875	2.36000	3.00	452,235
C-3	1	365	2.52400	17.90	16,491
T3-S2	25	9,125	4.35400	2.02	80,255
				TOTAL	1,627,587

*FC ponderado con valores de tránsito de Auto-móviles, Pick-Ups y Camionetas del año 2010. **FC ponderado con valores de tránsito Micro-bus Liviano y Auto-buses del 2010.

Tabla 4.33: Cálculo de cargas vehiculares acumuladas del año 2010 al 2015

Tipo de vehículo	TPDA	TPDA*365	Factor Camión (FC)	Factor de Crecimiento (FCr)	ESAL's
Autos livianos	5566	2,031,590	0.00096	4.74	9,245
Pick-Up y camioneta	2277	831,105	*0.02071	5.60	96,388
Microbuses	80	29,200	0.98900	7.14	206,195
Buses	77	28,105	3.37180	6.28	595,121
C-2	39	14,235	2.36000	10.16	341,321
C-3	13	4,745	2.52400	3.03	36,288
T3-S2	2	730	4.35400	6.73	21,391
				TOTAL	1,305,949

*FC ponderado con valores de tránsito de Pick Ups, camionetas y microbús liviano del año 2015.

La cantidad de ESAL's que ha solicitado las vías desde la apertura hasta la actualidad se muestran en la tabla 2.34

Tabla 4.34: ESAL´s acumulados hasta la actualidad

PERIODO	ESAL´s ACUMULADOS
2005-2010	1,627,587
2010-2015	1,305,949
TOTAL	2,933,536

4.3.3 Resultados de extracciones de núcleos para evaluación estructural

4.3.3.1 Resistencia a la compresión

Los resultados que se muestran a continuación se obtuvieron siguiendo los lineamientos que describen la norma ASTM C 42.

Tabla 4.35: Preparación y ensayo de núcleos de concreto

Obtención y Ensayo de Núcleos Taladrados y Vigas Aserradas de Concreto ASTM C-42												
PROYECTO: VÍAS DE CONCRETO HIDRÁULICO DEL BARRIO EL CENTRO DEL MUNICIPIO DE ANTIGUO CUSCATLÁN. UBICACIÓN: ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD. ELEMENTO: CAPA DE RODADURA DEL PAVIMENTO. FECHA DE ENSAYO: 22/12/2015. OBSEVACIONES:												
NUCLEO (Nº)	DIAMETRO (cm)	ALTURA DE EXTRACCION (cm)	ALTURA PERFILADA (cm)	MASA (g)	AREA (cm2)	VOLUMEN (m ³)	PESO VOL. (kg/m ³)	RELACION L/D	FACTOR DE CORRECCION	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
1	10.06	16.20	14.78	2510.00	79.49	1174.86	2136	1.47	0.96	18580	233.74	224.39
2	10.06	20.20	15.78	2742.00	79.49	1254.35	2186	1.57	0.96	16300	205.06	196.86
3	10.04	18.10	12.94	2290.00	79.17	1024.46	2235	1.29	0.93	16260	205.38	191.00
4	10.04	13.00	12.34	2161.00	79.17	976.96	2212	1.23	0.93	21140	267.02	248.32

Información complementaria de la prueba de compresión de núcleos de concreto:

1. Las extracciones de núcleos se realizaron en la fecha 16/12/2015, cada uno de los elementos fue colocado inmediatamente después de la extracción en una bolsa plástica para su aislamiento térmico.

2. La preparación de los núcleos se realizó el 17/12/2015, en esta etapa se utilizó agua y una sierra eléctrica para perfilar cada uno de los elementos; inmediatamente fueron colocados en bolsas plásticas después del perfilado.
3. En laboratorio se verificó el tamaño máximo nominal del agregado del concreto cuyo valor es de 1.5 pulgadas.
4. Cada uno de los especímenes fue cargado sobre su cara superior la cual coincide con la superficie de rodadura de los pavimentos; dicho ensayo de compresión se realizó el 22/12/2015.

4.3.3.2 Prueba de pulso ultrasónico

Dado que la calidad de algunos materiales se relaciona a veces con sus propiedades elásticas, entonces la medida de la velocidad del pulso de ultrasonido en tales materiales a menudo indicará su calidad.



Figura 4.11: Prueba de pulso ultrasónico a núcleo extraído de la vía en estudio.

A partir de lo anterior y a fin de conocer la calidad del concreto que tienen las vías se realizó la prueba de pulso ultrasónico, obteniéndose de esta los siguientes resultados:

Tabla 4.36: Resultados de la prueba de pulso ultrasónico.

NUCLEO (N°)	VELOCIDAD (m/s)
1	4070
2	4048
3	4038
4	4119

4.3.3.3 Prueba de carbonatación

Para este análisis cuyo objetivo es verificar las condiciones de carbonatación en la estructura del pavimento, se aplicó fenolftaleína a los 4 núcleos extraídos; el líquido fue aplicado en la parte superior la cual coincide con la superficie de rodadura. De igual forma se aplicó en la parte inferior de los núcleos que poseían una pequeña muestra del material de base para verificar la presencia de cemento.

En la tabla 4.37 y en la figura 4.12 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 4.37: Resultados de carbonatación en núcleos

NUCLEO (N°)	CARBONATACION
1	NO
2	NO
3	NO
4	NO



Figura 4.12: Núcleos sin presencia de carbonatación

CAPÍTULO V

“ANÁLISIS DE RESULTADOS ”

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis de cargas vehiculares

Vale recordar de los parámetros de diseño que el proyecto se compone de dos estructuras de pavimentos, una que comprende los límites entre el Boulevard Deininger desde el redondel contiguo a la Despensa de Don Juan hasta la Calle Cumbres de Cuscatlán, identificada como estructura 1; y la otra que comprende desde la Carretera Panamericana hasta antes del Redondel de la Despensa de Don Juan, identificada como estructura 2. En cuanto a las solicitaciones de carga, del diseño resultó que la estructura uno y dos deberían soportar **8,116,974** y **16,466,200** de Esal's respectivamente (información proporcionada en los apartados 4.1.2 y 4.1.4 del capítulo anterior).

5.1.1 Proyecciones de cargas vehiculares para el año 2015 según el diseño

Siguiendo las proyecciones del tránsito con las cuales se calcularon las cargas vehiculares de diseño y tomando además los mismos parámetros, a continuación se presenta la estimación de las cargas que se preveían iban haber soportado las vías para el año 2015 (Información tomada de la tabla 4.1).

Tabla 5.1: Estimación de cargas vehiculares para el año 2015.

Año	TPDA TOTAL	TC	Autos livianos	Buses	C-2	T3-S2
2005	5,009		4,468	341	175	25
2006	5,185	3.50%	4,625	353	181	26
2007	5,366	3.50%	4,787	365	188	27
2008	5,554	3.50%	4,954	378	194	28
2009	5,748	3.50%	5,128	391	201	29
2010	5,950	3.50%	5,307	405	208	30
2011	6,158	3.50%	5,493	419	216	31
2012	6,373	3.50%	5,685	433	223	32
2013	6,596	3.50%	5,884	449	231	33
2014	6,827	3.50%	6,090	464	239	34
2015	7,066	3.50%	6,303	481	247	35
SUMA	65,832		58,724	4,479	2,303	330
2015 (veh/año)			21,434,260	1,634,835	840,595	120,450
Factores ESALs			0.008	0.6806	0.6806	0.8646
ESALs	1,960,393		171,474	1,112,669	572,109	104,141
	100.00%		8.75%	56.76%	29.18%	5.31%

Para el año 2015 se esperaba según las proyecciones, una carga vehicular de **1,960,393 Esal's**, lo cual representaría un 24.15% del ESAL's del diseño en el caso de la estructura 1 y un 11.91% para la estructura 2.

5.1.2 Cargas vehiculares obtenidas

En cuanto a las solicitudes de carga calculadas, tomando de base la información de tránsito proporcionada por el MOP (conteo vehicular y factores de expansión), y el aforo vehicular realizado (detalle en la sección 4.3.1 del capítulo anterior), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5.2: ESAL's acumulados del año 2005 al 2015

PERIODO	ESAL's ACUMULADOS
2005-2010	1,627,587
2010-2015	1,305,949
TOTAL	2,933,536

Aparentemente para el periodo 2010-2015 se ha tenido una disminución en la cantidad acumulada de carga vehicular en comparación con el periodo 2005-2010, lo cual se considera no representa la realidad, debido a que la asunción del tráfico vehicular que circularía por las vías en estudio para el año 2005 se hizo en base a un porcentaje del flujo vehicular que se desviaba de la Carretera Panamericana hacia Antiguo Cuscatlán (apartado de tráfico de los datos de diseño, sección 4.1.2) ; por lo tanto las composiciones vehiculares deberían ser diferentes tomando en cuenta la categoría de cada una de las vías. Además otro factor influyente ha sido las distintas clasificaciones de los tipos de vehículos en los aforos del tránsito, ya que esto finalmente afecta tanto en la determinación de los factores de carga equivalente como en las tasas de

crecimiento por tipo de vehículo y consecuentemente en sus respectivos factores de crecimiento.

Por otro lado para el periodo 2010-2015, un factor que podría modificar la carga vehicular obtenida serían los factores expansión aplicados al aforo vehicular realizado en 2015, debido a que los proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), son de vías aledañas y no los propios de las vías en estudio.

Regresando a lo mostrado en la tabla 5.2, se observa que para el año 2015 se tiene una carga vehicular acumulada de **2,933,536 ESAL's**, la cual representa un 49.64% más de lo que se estimaba se tendría para dicho año en el diseño.

¿En qué momento se preveía tener las cargas vehiculares del año 2015?

Para poder responder a esta interrogante procederemos de la siguiente manera:

- De la tabla 5.1 podemos observar que la carga total de Esal's es la suma de las contribuciones en porcentaje de cada tipo de vehículo en particular. Estos valores de porcentajes son fijos debido a que provienen de la distribución del aforo vehicular de diseño. Por lo tanto, de las cargas vehiculares actuales al año 2015 (**2,933,536**) se puede obtener para un periodo de tiempo aun desconocido, el aporte que cada tipo de vehículo genera sobre este valor. Este aporte habrá que dividirlo entre los factores de equivalencia de carga y entre 365 para poder obtener la

suma total por tipo de vehículo, que desde 2005 hasta el año que deseamos conocer, han solicitado las vías. Esto se resume con la ecuación y la tabla siguiente:

$$\Sigma veh_{año X} = \frac{\%Contribución * Carga vehicular_{2015}}{factor Esal's * 365}$$

Tabla 5.3: Cantidad de vehículos que debían solicitar las vías para alcanzar la carga del año 2015.

Tipo de vehículo	%Contribución	Carga vehicular ₂₀₁₅	Factor Esal's * 365	$\Sigma veh_{año X}$
Autos livianos	8.75	2,933,536	2.92	87,906
Buses	56.76		248.419	6,703
C-2	29.18		248.419	3,446
T3-S2	5.31		315.579	494

- Finalmente, para saber el año en el cual se alcanzará dicha cantidad de carga, basta con sumar los valores de TPDA de cada año desde 2005 hasta el año que sume un total acumulado muy próximo al obtenido del paso anterior.

Tabla 5.4: Cantidad estimada de vehículos para el año 2019.

Año	TPDA TOTAL	TC	Autos livianos	Buses	C-2	T3-S2
2005	5,009		4,468	341	175	25
2006	5,185	3.50%	4,625	353	181	26
2007	5,366	3.50%	4,787	365	188	27
2008	5,554	3.50%	4,954	378	194	28
2009	5,748	3.50%	5,128	391	201	29
2010	5,950	3.50%	5,307	405	208	30
2011	6,158	3.50%	5,493	419	216	31
2012	6,373	3.50%	5,685	433	223	32
2013	6,596	3.50%	5,884	449	231	33
2014	6,827	3.50%	6,090	464	239	34
2015	7,066	3.50%	6,303	481	247	35
2016	7,314	3.50%	6,534	497	256	37
2017	7,570	3.50%	6,752	515	265	38
2018	7,834	3.50%	6,988	533	274	39
2019	8,109	3.50%	7,233	551	284	41
SUMA	96,659		86,231	6,575	3,382	485

Por lo tanto la carga vehicular del año 2015 según las proyecciones dadas del diseño se debió alcanzar alrededor del año 2019.

¿Cuándo se alcanzarán las cargas vehiculares de diseño?

Es importante aclarar que los resultados que a continuación se muestran solo representan una tendencia de las cargas vehiculares, debido a que son en

base a las tasas de crecimiento del periodo 2010-2015 y del tránsito vehicular del año 2015, por lo tanto estos pueden cambiar en función de las variaciones que presente el tránsito en los años venideros.

Las cargas vehiculares restantes para cada una de las estructuras de pavimentos son las que se muestran a continuación:

$$**ESAL's restantes estructura 1 = 8,116,974 - 2,933,536 = 5,183,438**$$

$$**ESAL's restantes estructura 2 = 16,466,200 - 2,933,536 = 13,532,664**$$

Para poder conocer dentro de cuánto tiempo se alcanzaran las cargas restantes del diseño, se hará uso del método de prueba y error, usando para esto la información obtenida del aforo vehicular realizado en 2015 y las tasas de crecimiento del periodo 2010-2015. Se irán calculando los factores de crecimiento en función de las tasas de crecimiento particulares de cada tipo de vehículo y del año que se asume podría alcanzarse las cargas anteriormente mostradas.

Esto se hará con las ecuaciones siguientes, descritas en el capítulo anterior:

$$**Factor de crecimiento = \frac{1 + i^n - 1}{i}**$$

$$**ESAL's = TPDA * 365 * FC * FCr**$$

Tabla 5.5: Proyección de carga para 6 años (Año 2021).

Tipo de vehículo	TPDA	TPDA*365	Factor Camión (FC)	<i>i</i> (%)	Factor de crecimiento (FCr)	ESAL's
Autos livianos	4871	1,777,915	0.00096	-2.63	5.62	9,592
Pick-Up y camioneta	2742	1,000,830	0.02058	5.68	6.92	142,532
Microbús liviano	260	94,900	0.02212	5.68	6.92	14,526
Microbús mediano	182	66,430	0.98900	17.87	9.41	618,230
Buses	132	48,180	3.37180	11.38	7.99	1,298,002
C-2	182	66,430	2.36000	36.08	14.83	2,324,970
C-3	3	1,095	2.52400	-25.42	3.26	9,010
T3-S2	2	730	4.35400	14.87	8.72	27,716
					TOTAL	4,444,578

Tabla 5.6: Proyección de carga para 7 años (Año 2022).

Tipo de vehículo	TPDA	TPDA*365	Factor Camión	<i>i</i> (%)	Factor de crecimiento	ESAL's
Autos livianos	4871	1,777,915	0.00096	-2.63	6.47	11,043
Pick-Up y camioneta	2742	1,000,830	0.02058	5.68	8.31	171,162
Microbús liviano	260	94,900	0.02212	5.68	8.31	17,444
Microbús mediano	182	66,430	0.98900	17.87	12.09	794,304
Buses	132	48,180	3.37180	11.38	9.90	1,608,288
C-2	182	66,430	2.36000	36.08	21.17	3,318,923
C-3	3	1,095	2.52400	-25.42	3.43	9,480
T3-S2	2	730	4.35400	14.87	11.02	35,026
					TOTAL	5,965,670

Del resultado de la tabla anterior se puede observar que para el año 2022 se habrá rebasado el total de carga vehicular con la que se diseñó la estructura 1, debido a que se ha superado los **5,183,438 de Esal's** que aun le restaban a esta estructura para cumplir con las solicitudes previstas.

Tabla 5.7: Proyección de carga para 10 años (Año 2025)

Tipo de vehículo	TPDA	TPDA*365	Factor Camión	<i>i</i> (%)	Factor de crecimiento	ESAL's
Autos livianos	4871	1,777,915	0.00096	-2.63	8.90	15,191
Pick-Up y camioneta	2742	1,000,830	0.02058	5.68	12.98	267,350
Microbús liviano	260	94,900	0.02212	5.68	12.98	27,247
Microbús mediano	182	66,430	0.98900	17.87	23.37	1,535,392
Buses	132	48,180	3.37180	11.38	17.03	2,766,580
C-2	182	66,430	2.36000	36.08	57.57	9,025,525
C-3	3	1,095	2.52400	-25.42	3.72	10,281
T3-S2	2	730	4.35400	14.87	20.18	64,141
TOTAL						13,711,707

Del resultado de la tabla anterior se puede observar que para el año 2025 se habrá rebasado el total de carga vehicular con la que se diseñó la estructura 2, debido a que se ha superado los **13,532,664 de Esal's** que aún le restaban a esta estructura para cumplir con las solicitudes previstas.

Finalmente se puede decir que de las proyecciones realizadas a partir del año 2015 ambas estructuras habrán cumplido las solicitudes de carga vehicular en un máximo de 10 años.

5.2 Análisis estructural

5.2.1 Espesor de pavimento

El diseño dio como resultado que era necesario la construcción de dos estructuras de pavimentos, esto en función de las solicitudes de carga que soportarían y de los tipos de suelo que se encontraban en el proyecto. En el

siguiente cuadro se muestra una comparativa entre los espesores de diseño y los resultados obtenidos de las mediciones hechas a los núcleos extraídos de cada una de las estructuras de pavimentos:

Tabla 5.8: Comparación de espesores de la losa de concreto.

NÚCLEO (N°)	ESTRUCTURA	ESPEJOR SEGUN NÚCLEO (cms)	ESPEJOR SEGUN DISEÑO (cms)	CUMPLE
1	2	14.9	13.0	SI
2		16.5		
3	1	13.5	15.0	NO
4		12.9		

De lo anterior se observa que, en el caso de la estructura número 2 se tiene un espesor de pavimento considerablemente mayor del que había resultado de la etapa de diseño. Por el contrario, en el caso de la estructura 1 se tiene un espesor de pavimento menor del que debía haberse realizado durante la etapa constructiva. Es importante notar que los espesores de pavimentos de las estructuras uno y dos, obtenidos de las extracciones de núcleos, serían bastante aproximados de ser intercambiados; pero debido a que no se cuenta con información del proceso constructivo y la información de diseño obtenido es limitada, no se puede hacer una aseveración de las discrepancias encontradas.

Utilizando los parámetros de diseño y el programa basado en AASHTO 93 se calculan los espesores de pavimentos que se requerían para las condiciones dadas:

Figura 5.1: Espesores de pavimento requeridos.

5.2.2 Correlación entre Resistencia a la compresión y módulo de ruptura

Históricamente, se ha asumido que las resistencias de los núcleos corresponden al 85% de las resistencias de los correspondientes cilindros curados de manera estándar. La relación se ve afectada por diversos factores como el nivel de resistencia del concreto, la temperatura y el historial de humedad del lugar y las características de desarrollo de resistencia del concreto.

Tabla 5.9: Resistencia a compresión de núcleos

N°	F'c (85% - Núcleo) (kg/cm ²)	F'c (100% - Cilindro) (kg/cm ²)
1	224.39	263.99
2	196.86	231.6
3	191.00	224.70
4	248.32	292.14

La Asociación Americana de Pavimentos (ACPA, por sus siglas en ingles) y la Asociación del Cemento Portland (PCA, por sus siglas en ingles) puntualizan que en pavimentos, la flexión debe ser utilizada con propósitos de diseño, en cambio el $f'c$ para la aceptación del concreto. La prueba de flexión recomendada para este tipo de estructura corresponde al ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO. Entonces, puesto que para diseño de pavimentos es de mayor interés el criterio de módulo de ruptura que el de la resistencia a compresión, es posible determinar una relación entre la resistencia a compresión de un núcleo de concreto con respecto a la resistencia de la misma mezcla a flexión. Para hacer esto utilizaremos tanto la relación sugerida por ACI 318 (Ec.1) que se muestra a continuación:

$$Mr = 2.5 \sqrt{f'c} \quad (\text{Ec.1})$$

Tabla 5.10: Resistencia a compresión y módulo de ruptura calculado por correlación.

Nº	F'c (100% - Cilindro) (kg/cm ²)	MR = 2.5 √f'c (kg/cm ²)
1	263.99	40.62
2	231.6	38.05
3	224.70	37.47
4	292.14	42.73

El valor de diseño del módulo de ruptura es de **42.0 kg/cm²**, se puede observar que cuando la resistencia a compresión de los núcleos se aumenta en un 15% el modulo de ruptura no cumple pero se acerca a lo especificado.

Por otra parte sabemos que estas relaciones solo son aproximaciones, debido a que cada mezcla tiene sus propiedades particulares y las cuales deben ser evaluadas con los ensayos pertinentes en la etapa constructiva, por lo tanto no es justificación suficiente para poder concluir que no se cumple con el módulo de ruptura especificado. Para estimar una correlación más aproximada, debía contarse con datos de ensayos de laboratorio del proyecto ejecutado, es decir, especímenes cilíndricos y prismáticos elaborados en la obra y posteriormente ensayados, para determinar una ecuación de correlación.

5.2.3 Prueba de pulso ultrasónico de núcleos

Para poder conocer la calidad relativa del concreto se presenta a continuación una clasificación en función de la velocidad de pulso ultrasónico (tabla 5.11), posteriormente en la tabla 5.12 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 5.11: Clasificación de la calidad del concreto por medio de la velocidad de pulso ultrasónico según Leslie y Cheesman.

VELOCIDAD (m/s)	CALIDAD DEL CONCRETO
Más de 4,500	Excelente
3,500 - 4500	Buena
3,000 - 3,500	Regular
2,000 - 3,000	Mala
Menos de 2,000	Muy mala

Tabla 5.12: Calidad del concreto en función de velocidad de pulso ultrasónico

NUCLEO (N°)	VELOCIDAD (m/s)	CALIDAD DEL CONCRETO
1	4070	Buena
2	4048	Buena
3	4038	Buena
4	4119	Buena

Según el análisis realizado utilizando la clasificación de calidad relativa del concreto por medio de la velocidad de pulso ultrasónico de Leslie y Cheesman (Tabla 5.9) se tiene como resultado que el concreto de la estructura de pavimento es de **buena** calidad, es decir, se encuentra en condiciones aceptables a pesar de su tiempo de servicio, lo cual implica que se trata de un concreto homogéneo resultado de las buenas prácticas constructivas.

5.2.4 Prueba de carbonatación

La carbonatación es una causa de corrosión en estructuras de concreto reforzado lo cual acelera la formación de grietas y reduce la vida útil de servicio de la estructura.

¿Qué es la carbonatación? La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral. **¿Por qué es un problema la pérdida de pH?** Porque el concreto, con su ambiente altamente

alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo contra la corrosión mediante la formación de una capa de óxido pasivo que permanece estable en el ambiente alcalino. Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora deja de ser estable, a este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto. Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar. En concreto que no contiene acero de refuerzo, la carbonatación es generalmente un proceso de pocas consecuencias.

Con el fin de determinar el espesor de la capa carbonatada y la presencia de cemento en las capas de base de las estructuras de pavimentos se roció una solución 1% de fenolftaleína en alcohol de 70° sobre los núcleos de concreto.

Se puede apreciar en la imagen que en cada uno de los núcleos, la parte superior se tornó color rosa-fucsia en presencia de fenolftaleína sin excepción alguna del área de aplicación, lo cual indica que no se tienen problemas de carbonatación en el pavimento. Esto ocurrió de igual forma cuando se les aplicó en la parte inferior a los núcleos que tienen una porción de la base, lo cual indica que estas fueron estabilizadas con cemento. De esta manera hemos comprobado que las bases con las que cuentan las estructuras de pavimentos

son estabilizadas con cemento tal como se indica en la información obtenida del diseño.

Además, al no tener una estructura de pavimento con concreto reforzado los problemas de carbonatación aunque existieran no representarían una amenaza de deterioro significativa.



Figura 5.2: Núcleos de concreto rociados con fenolftaleína (prueba de carbonatación).

5.3 Análisis de resultados del levantamiento de deterioros

5.3.1 Índice de condición de pavimentos

Siguiendo la metodología de la normativa ASTM D 6433-07 para levantamiento de deterioros descrita en la sección 4.2.1 de este documento y con el debido procesamiento de dicha información se obtuvo como resultado los valores de Índice de Condición de Pavimentos (PCI por sus siglas en inglés). Los resultados del levantamiento de deterioros fueron compilados en tablas

resumen que muestran la cuantificación de los deterioros por niveles de severidad, estas presentan la información recolectada en tramos, los cuales fueron divididos tomando en cuenta únicamente el sentido de circulación vehicular; de esta manera se obtuvieron un total de 4 tramos. Finalmente se presentaron los resultados globales de los deterioros a nivel de proyecto para conocer la condición general del pavimento (sección 4.3.1); de lo anteriormente mencionado resultó lo que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.13: Índice de condición de pavimento

TRAMO	PCI	CALIFICACIÓN
I	84.00	MUY BUENO
II	87.30	EXCELENTE
III	92.48	EXCELENTE
IV	88.98	EXCELENTE
NIVEL PROYECTO	92.39	EXCELENTE

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento, proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural. Además, proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. Puesto que el valor numérico del PCI representa la condición del pavimento a nivel funcional y de

integridad estructural, se observa en la tabla 5.11 que cada uno de los tramos y todo el proyecto en general se encuentra en excelentes condiciones, a excepción del tramo I debido a que este cuenta con una área de deterioros localizados de alta severidad que afectan la estructura del pavimento. Las áreas débiles localizadas que se han identificado a lo largo del proyecto se presentan más adelante con sus respectivas técnicas de reparación, ya que requieren que se les dé prioridad para mantener las vías en buenas condiciones.

La excelente calificación de la condición del pavimento se puede atribuir a que de las 3364 losas evaluadas, solamente el 25% presentan alguna clase de deterioro y a su vez el mayor porcentaje de estos son de baja severidad, lo cual implica que no afectan de gran manera la condición funcional y estructural del pavimento, tal como lo podemos observar en el siguiente gráfico:

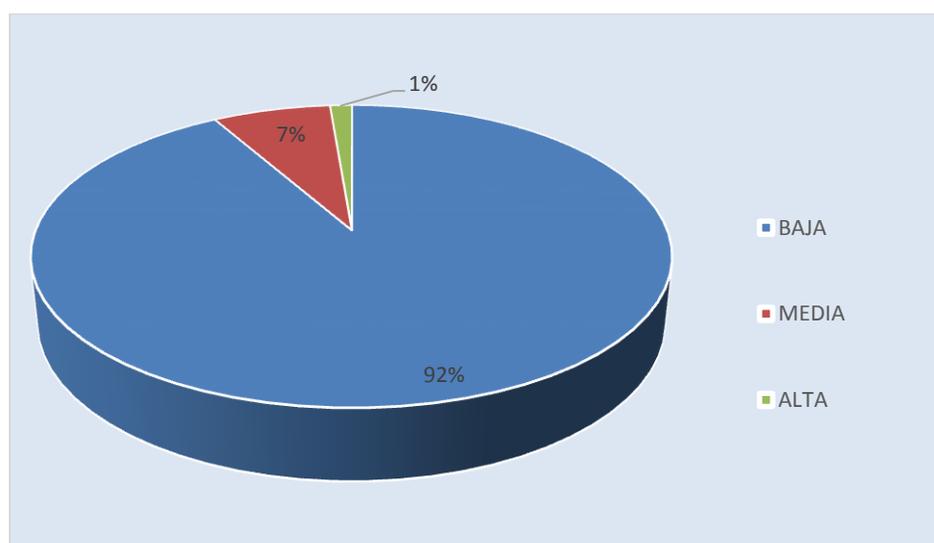


Gráfico 5.1: Distribución de los deterioros por niveles de severidad

5.3.2 Análisis general de deterioros.

Para el análisis general de los resultados del levantamiento de deterioros primeramente se han graficado las cantidades de losas afectadas con cada uno de los deterioros presentes a lo largo de todo el proyecto. Dado que la clasificación de los deterioros se hace por niveles de severidad, los gráficos de igual manera son presentados bajo esta modalidad.

Cada uno de los deterioros está caracterizado por su porcentaje de losas afectadas, esto con el fin de identificar cuáles son los más frecuentes, y además para posteriormente observar su influencia en las condiciones actuales de la vía, es decir como estos afectan las condiciones funcionales y estructurales del pavimento.

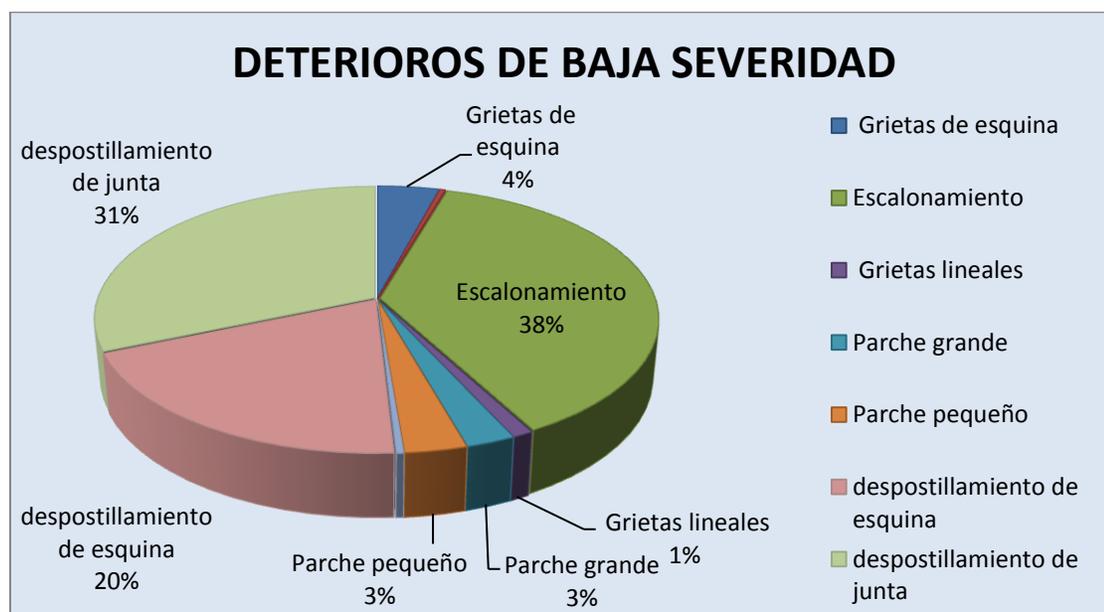


Gráfico 5.2: Porcentaje de losas afectadas por deterioros de baja severidad.

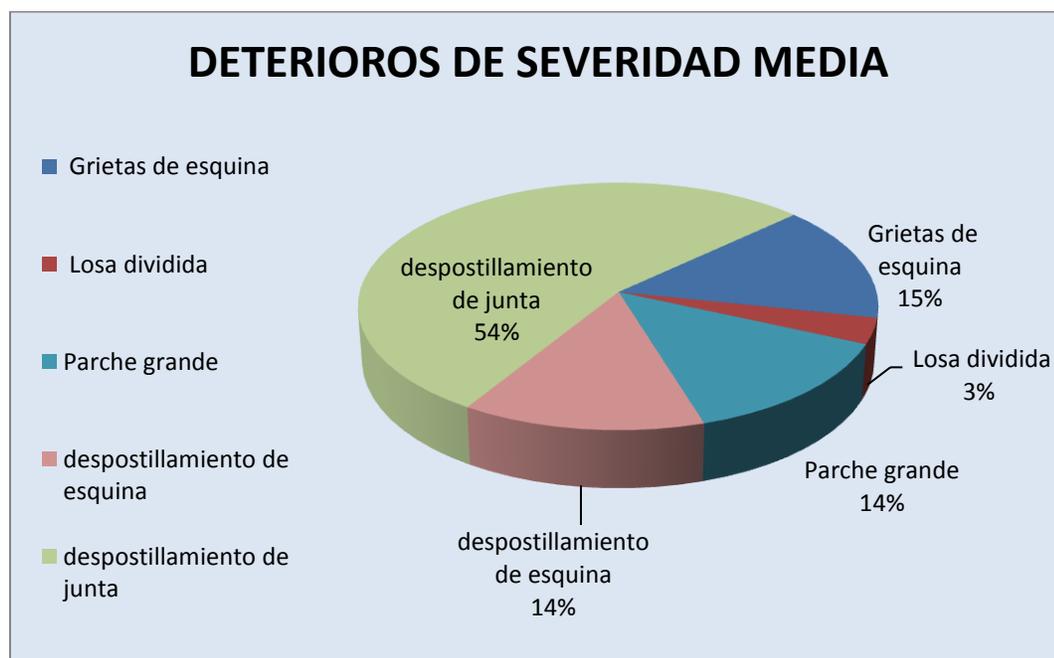


Gráfico 5.3: Porcentaje de losas afectadas por deterioros de severidad media.

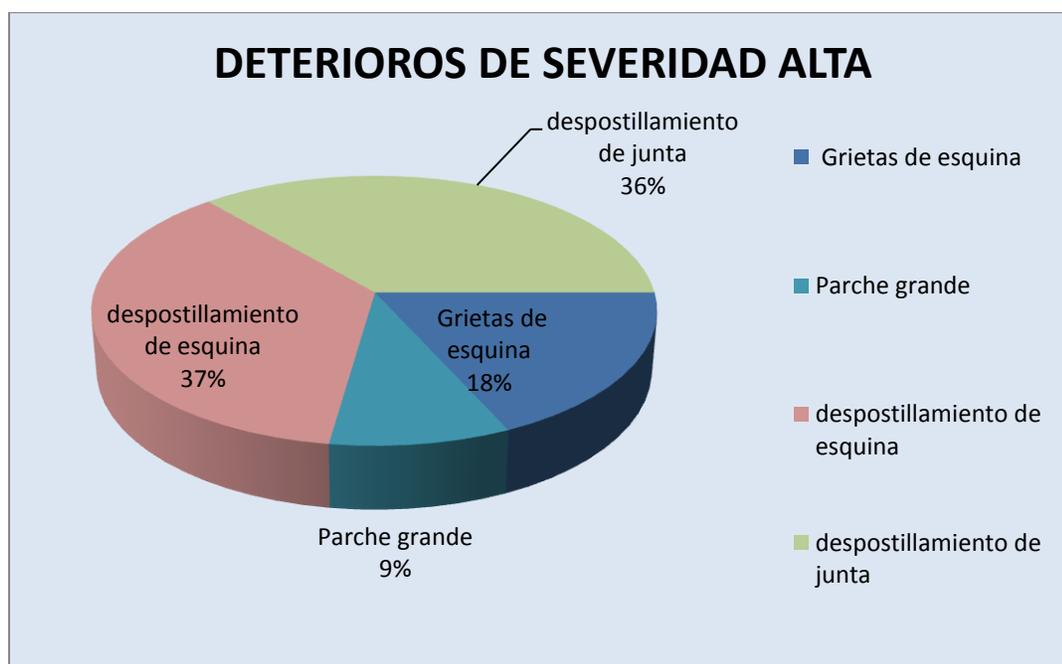


Gráfico 5.4: Porcentaje de losas afectadas por deterioros de alta severidad.

5.3.3 Deterioros más frecuentes en la estructura de pavimento

A largo de todo el proyecto se registraron la mayoría de los deterioros que se encuentran en la clasificación de la normativa ASTM D 6433-07, pero solo algunos de estos son los que se encontraron con mayor frecuencia y que de igual manera son los que tienen más incidencia en la condición actual del pavimento.

Para cada uno de los niveles de severidad los siguientes deterioros son los que se presentan en mayor porcentaje:

- Escalonamiento de juntas.
- Parche grande.
- Despostillamiento de juntas.
- Despostillamiento de esquina.
- Grietas de esquina.

A continuación se detalla información de cada uno de estos deterioros tomando en consideración sus niveles de severidad y sus posibles causas.

5.3.3.1 Escalonamiento en juntas

En su totalidad las losas afectadas por este deterioro están comprendidas en un nivel de severidad baja. Este tipo de deterioro a menudo es atribuido a malas prácticas constructivas o condiciones de diseño que dan lugar a asentamientos diferenciales de la subrasante, a un drenaje insuficiente o a la deficiente

transferencia de carga entre losas. Para este caso, podría atribuirse este deterioro a la deficiencia en el sellado de juntas lo cual da lugar a la erosión de la base.



Figura 5.3: Escalonamiento de junta de baja severidad, encontrado en la vía.

5.3.3.2 Parche grande

Esta clase de deterioro en el proyecto tiene la particularidad que es de tipo post-constructivo, es decir, que son el producto de intervenciones por mantenimiento a sistemas independientes de la estructura del pavimento, como por ejemplo el sistema de alcantarillado.

En el siguiente gráfico se muestra la distribución de los porcentajes de losas afectada según su nivel de severidad para este tipo de daño en todo el pavimento, en el cual se puede observar que este deterioro se presenta en mayor cantidad para un nivel de severidad bajo. Un parche de baja severidad representa una reparación en buenas condiciones es decir que no afecta los aspectos funcionales de la estructura de pavimento.

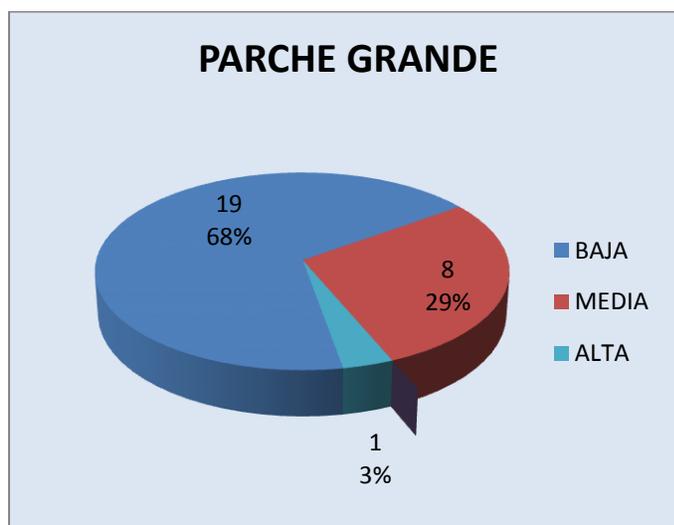


Gráfico 5.5: Distribución de parches grandes según su nivel de severidad.

5.3.3.3 Despostillamientos de juntas

Este tipo de deterioro se presentó en gran medida en toda la extensión de la vía en estudio. En el siguiente gráfico se muestran los porcentajes por niveles de severidad para los despostillamientos de juntas presentes en el pavimento:

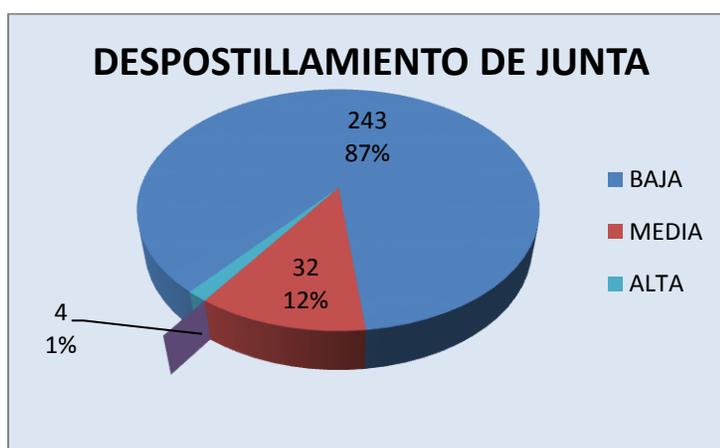


Gráfico 5.6: Distribución de despostillamientos de junta según su nivel de severidad.



Figura 5.4: Despostillamiento de junta de severidad baja y media respectivamente.

En el gráfico 5.6 se observa un alto porcentaje de despostillamientos de junta de baja severidad, lo cual implica que no se tienen condiciones críticas y por tanto no se ve afectada de gran manera la condición funcional del pavimento hasta el momento de realizar la evaluación, pero la cantidad de estos es alta ya que se encontraron un total de 243 losas afectadas por este deterioro de severidad baja que representa un 7% del total de losas de las vías.

Este tipo de deterioro puede ser producto del debilitamiento de los bordes de la junta debido a un acabado excesivo u otro defecto de construcción, así como también del sello deficiente de juntas ya que esto permite la penetración de partículas incompresibles dentro de la junta. La acumulación de material incompresible en la junta impide que la losa se expanda libremente y agregando a esto las condiciones de alabeo y carga se tiene como resultado el despostillamiento de los bordes de las juntas.

5.3.3.4 Despostillamiento de esquina

El Despostillamiento de esquina al igual que el Despostillamiento de juntas representa un porcentaje importante de deterioros a nivel del proyecto en estudio en el siguiente gráfico se muestra la distribución por nivel de severidad de la cantidad total de despostillamientos de esquina presentes en el proyecto.

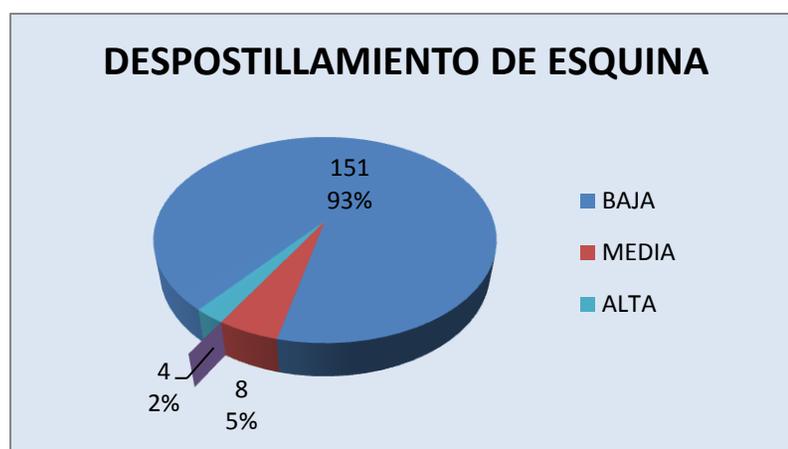


Gráfico 5.7: Distribución de despostillamientos de esquina según su nivel de severidad.

En el gráfico 5.7 se observa que los despostillamientos de esquina de baja severidad son el 93% del total de este deterioro, este representa a 151 losas afectadas a nivel de proyecto, lo cual refleja las mismas condiciones que los despostillamientos de junta, es decir que no se tienen condiciones críticas en el pavimento debido a este deterioro.

Este tipo de deterioro al igual que el Despostillamiento de juntas es el producto del sello deficiente de juntas ya que esto permite la penetración de partículas incompresibles dentro de la junta.



Figura 5.5: Despostillamiento de esquina de severidad media.

5.3.3.5 Agrietamiento de esquina

Este deterioro es un indicador importante que se debe tener en cuenta al evaluar el pavimento, ya que la causa que este tiene sobre las condiciones estructurales del pavimento es producto de la pérdida de soporte.

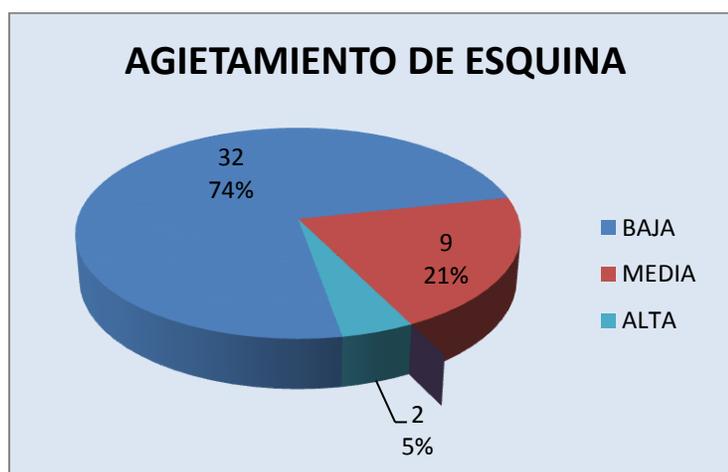


Gráfico 5.8: Distribución de agrietamientos de esquina según su nivel de severidad.

Según los resultados se puede apreciar que cada uno de los deterioros se encuentra representado en su mayor porcentaje por el nivel de severidad baja, para el caso del agrietamiento de esquina no es la excepción.

Este deterioro representa una falla en la estructura del pavimento, una de las causas de este deterioro se le atribuye a la deficiencia en el sellado lo que permite el bombeo de finos y por tanto la pérdida de soporte para la losa de pavimento dando lugar a que esta falle por efecto de las cargas y los esfuerzos de fatiga que estas producen. Algunas otras causas pueden ser el acuñaamiento de las juntas por la entrada de materiales incompresibles y la deficiencia en la transferencia de cargas.



Figura 5.6: Grieta de esquina de baja severidad.

5.3.4 Consecuencias de las deficiencias del sello de juntas

Cada uno de los deterioros presentado en el apartado anterior conforma un conjunto muy particular ya que cada uno de estos, a excepción de los parches grandes, son en cierta medida producto de las condiciones de sello deficiente en las juntas del pavimento. El sellado de las juntas es una acción muy importante de la conservación de un pavimento y a menudo no es suficientemente valorada.

El sellado inadecuado tiene como efecto secundario reducir la vida útil del pavimento. Los deterioros que surgen a causa de las deficiencias de sello son de carácter progresivo al estar sometido a condiciones carga y lluvia. Al identificar deterioros relacionados con presencia de agua en la base es un indicador que debe atenderse este problema, como es el caso de las grietas de esquina.

5.3.4 Tramos más deteriorados de la vía

Durante el proceso de auscultación del pavimento se encontró que la estructura presenta deterioros en mayor concentración en tramos bien definidos y debido a esto las condiciones funcionales y estructurales en estos son más desfavorables. Estos tramos se muestran en la siguiente figura:



Figura 5.7: Áreas débiles localizadas en la vía en estudio.

Cada una de estas áreas tiene sus propias características en cuanto a condiciones de deterioro, a continuación se presenta el análisis detallado de cada una de ellas:

Tramo deteriorado 1:

Se ha definido así al tramo comprendido entre los estacionamientos 0+360 y 0+450 aproximadamente, sobre el Bulevar Walter Thilo Deininger considerando de este únicamente el sentido hacia Carretera Panamericana.

El deterioro predominante en este tramo es el escalonamiento, pero también hay que considerar que se tiene gran cantidad de estas losas afectadas por despostillamiento de juntas y de esquina pero con la diferencia que los despostillamientos se presentan de forma más generalizada en el proyecto.

Las losas con escalonamiento representan aproximadamente el 30% del total de losas con este deterioro a nivel de proyecto, por otra parte las losas dañadas por despostillamientos de esquina y de junta representan el 25 % del total de losas dañadas en el proyecto.

Tramo deteriorado 2:

Este tramo comprende el tramo entre los estacionamientos 0+450 y 0+520 del Bulevar Walter Thilo Deininger considerando únicamente el sentido hacia el parque central.

En este tramo se tienen condiciones críticas en la estructura de pavimento ya que los deterioros de mayor importancia (no implica que son los más frecuentes en este tramo) son el resultado de una estructura de soporte dañada y requieren de una intervención inmediata para detener el avance progresivo de estos.

Los deterioros que se tienen en este tramo son: grietas de esquina, grietas lineales, despostillamientos de esquina y de juntas, punzonamiento y losa dividida. Los deterioros punzonamiento y losa dividida corresponden a una etapa de deterioro muy avanzado de cualquier tipo de agrietamiento o la combinación de estas, ya que se ha permitido la excesiva filtración de agua y la estructura de soporte está fuertemente dañada.



Figura 5.8: Tramo deteriorado 2.



Figura 5.9: Losa dividida.

Tramo deteriorado 3:

El tramo 3 comprende el tramo desde el estacionamiento 0+000 hasta 0+180, considerando que en esta zona se tiene un solo sentido de circulación vehicular.

Esta zona presenta la mayor concentración de losas afectadas por escalonamiento de juntas, pero hay que tener en cuenta que este deterioro se tiene en su totalidad en un nivel bajo de severidad. Las losas de este tramo afectadas por este deterioro representan aproximadamente el 40 % del total de losas afectadas por escalonamiento a nivel del proyecto. También se tiene losas afectadas por grietas de esquina, despostillamiento de juntas, despostillamientos de esquina y losa dividida.



Figura 5.10: Tramo deteriorado 3.

Es importante señalar que la mayoría de losas deterioradas están ubicadas sobre el eje divisorio de los dos carriles de circulación. La particularidad de este tramo es ocasionada por los vehículos que están estacionados a orillas de la vía impidiendo de esta forma el tránsito continuo sobre las losas de los ejes externos.

NOTA: PARA MÁS DETALLE SOBRE LOS DETERIOROS VERIFICAR LOS PLANOS DE LAS VÍAS EN LOS ANEXOS.

5.3.5 Alternativas de procesos de intervención

Para los deterioros con mayor presencia en las vías y en las zonas débiles localizadas se presentan a continuación algunas recomendaciones sobre alternativas de intervención por niveles de severidad así como los procedimientos de ejecución de cada uno de estos, los cuales fueron retomados del CATALOGO DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS del CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA.



Figura 5.11: Técnicas de reparación de pavimentos rígidos.

Tabla 5.12: Alternativas de intervención de los deterioros

DETERIORO	SEVERIDAD		
	BAJA	MEDIA	ALTA
Agrietamientos de esquina	Sello de grietas	Reparación de espesor completo	Reparación de espesor completo
Escalonamiento de juntas	Cepillado de superficie y sello de juntas		
Despostillamiento de esquina	Sello de juntas	Reparación de espesor parcial	Reparación de espesor parcial
Despostillamiento de juntas	Sello de juntas	Reparación de espesor parcial	Reparación de espesor parcial
Losas divididas	Reparación de espesor completo		
Punzonamiento	Reparación de espesor completo		

Sellado de juntas y de grietas

1. **Limpieza.** Las juntas y grietas que contengan restos de sellos antiguos o materias extrañas, deberán limpiarse completa y cuidadosamente en toda su profundidad. Para ello se deberán utilizar sierras, herramientas manuales u otros equipos adecuados que permitan remover el sello o relleno antiguo sin afectar al concreto. No deberán utilizarse barretas, chuzos, equipos neumáticos de percusión u otras herramientas o elementos destinados a picar la junta o que puedan soltar o desprender trozos de concreto.

En general no se deberán usar solventes para remover el sello antiguo, salvo que se demuestre que el procedimiento no significará ni transportar los contaminantes más hacia el interior de la junta, ni una impregnación mayor del concreto con aceite u otros materiales.

Una vez removido el sello antiguo se procederá a repasar cuidadosamente barriendo con una escobilla de acero, que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto. La limpieza deberá terminar con un soplado con aire comprimido con una presión mínima de 120 psi, que elimine todo vestigio de material contaminante, incluso el polvo. Antes de utilizar este equipo se deberá constatar que el aire expulsado esté completamente libre de aceite.

2. **Imprimación.** Especial cuidado se debe dar a la imprimación, en los casos que esta se especifique, de modo de producir una perfecta adherencia entre el sellante y las paredes de las juntas o grietas.

3. **Sellado de Grietas.** Deberán limpiarse de acuerdo a lo especificado y luego biselar los bordes mediante equipo esmerilador u otro aprobado, de manera de formar una cavidad de 6 mm de ancho mínimo. Se sellarán con productos tipo mástic asfáltico. El espesor del material sellante será como mínimo de 15 mm, cualquiera fuere el ancho superficial de la grieta, y deberá quedar entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

Para mejorar las condiciones generales del pavimento es necesario realizar intervenciones no solo de sello de juntas si no que también se tiene que corregir los deterioros que podrían afectar la vida útil de la estructura de pavimento.

Cepillado de la superficie

1. **Equipos.** El cepillado se ejecuta con una máquina autopropulsada especialmente diseñada para suavizar y dar una textura adecuada a la superficie. La distancia entre ejes de apoyo del equipo no debe ser inferior a 3,60 m, debiendo disponer de un eje tándem direccional al frente y de ruedas traseras adecuadas para circular sobre la superficie recién tratada. El eje de la cabeza cepilladora no debe estar a más de 0,90 m por delante del centro de las ruedas traseras. El equipo debe cepillar como mínimo 0,90 m de ancho por pasada, sin provocar saltaduras en los bordes de las juntas, grietas o en otros lugares. Debe ser revisado periódicamente para asegurarse que está trabajando adecuadamente; en especial se deberá comprobar la redondez de

las ruedas cortantes del equipo cepillador. No se debe operar con un equipo que presente defectos en este aspecto.

2. Construcción. El cepillado sólo se realiza una vez terminados todos los trabajos de reparación de juntas, cambios de losas, reparación de grietas y otros, salvo el resellado de juntas y grietas que se debe hacer con posterioridad.

Para obtener un mejor resultado el equipo cepillador debe trabajar avanzando en sentido contrario al del tránsito. Normalmente no se cepillan los tableros de los puentes ni las bermas pavimentadas. El cepillado se ejecutará de manera que produzca o mantenga siempre una pendiente transversal hacia el exterior de las vías en tratamiento. Las vías de aceleración, frenado u otras adyacentes a la que se está cepillando deberán tratarse, como mínimo, en toda la longitud necesaria para asegurar el drenaje de la vía principal. El cepillado debe ejecutarse de manera que las superficies adyacentes a una junta o grieta queden en el mismo plano. El objetivo del trabajo es eliminar todos los escalonamientos existentes en juntas y grietas, mejorar la textura superficial y disminuir substancialmente la rugosidad del pavimento. Se deberán proveer los medios adecuados para remover los residuos que produce el cepillado, los que deberán retirarse antes que eventualmente lo hagan el tránsito o el viento, o que escurran hacia vías en servicio o hacia el drenaje del camino.

El tratamiento deberá afectar como mínimo al 95% de la superficie, la que deberá quedar perfectamente lisa y de apariencia uniforme, con una textura formada por ranuras longitudinales paralelas al borde del pavimento.

Reparación de espesor parcial

1. **Remoción del área deteriorada.** Primeramente se debe establecer toda la zona deteriorada, la que muchas veces es efectivamente mayor que lo que aparenta desde la superficie. Normalmente la profundidad que debe removerse varía entre 25 y 100 mm, dependiendo ello del nivel al cual se encuentre concreto en buenas condiciones, lo que se puede constatar golpeando con un martillo o una barra de acero y/o, mejor aún, extrayendo un testigo del concreto. La auscultación con un martillo o una barra de acero se basa en el tipo de sonido de la respuesta; si suena metálico significa que el concreto se encuentra en buenas condiciones, si es apagado o suena a hueco, el concreto se encuentra deteriorado. Para asegurarse que se removerá toda el área afectada, ésta debe extenderse hasta unos 80 a 100 mm dentro del concreto en buenas condiciones.

La zona por remover debe demarcarse formando un cuadrado o un rectángulo, nunca una figura irregular. Enseguida, por las líneas demarcadas se asierra todo el contorno hasta una profundidad de unos 50 mm La zona central se debe remover empleando herramientas neumáticas livianas (de 15 lb es el peso

adecuado, pudiendo utilizarse hasta una de 30 lb de peso), nunca se deben utilizar herramientas pesadas que puedan dañar el concreto.

El fondo de la zona removida debe quedar irregular y muy rugosa. Si al excavar, lo que desde la superficie parece únicamente una saltadura de la junta, se detecta que el concreto débil alcanza hasta una profundidad mayor que un tercio del espesor, la operación debe suspenderse, y se procederá a trabajar una Reparación en Todo el Espesor.

Precauciones especiales.

Para asegurar el éxito de la reparación deben tenerse en consideración, fundamentalmente, las condicionantes y limitantes que se indican a continuación:

- Frecuentemente, cuando un parche de este tipo queda en contacto con una losa adyacente se originan nuevas saltaduras en la junta, debido a las tensiones que aquélla le transmite. Se debe prevenir colocando una faja delgada de plástico, una tablilla impregnada en asfalto u otro elemento que separe el concreto antiguo del nuevo.
- Aun cuando una junta de contracción se puede aserrar después de reparada con esta técnica, lo más seguro es formarla mientras el concreto se encuentra fresco.

- En los parches que limiten con la berma debe utilizarse un moldaje que impida que parte del concreto fluya hacia ese lugar, lo que crearía una unión que restringiría el movimiento de la losa.

- Puesto que normalmente los parches presentan una gran superficie en relación al volumen por rellenar, la humedad se pierde con rapidez, por lo que el sistema de curado por utilizar debe ser el adecuado para esta situación.

2. **Colado.** Antes de realizar el colado debe prepararse el área de contacto de manera de asegurar que se producirá una unión monolítica entre los concretos y que la superficie del concreto antiguo sea impermeable para evitar la infiltración del agua del concreto nuevo al antiguo. La primera condición se logra siguiendo los procedimientos indicados en este párrafo en relación a la remoción del área deteriorada, en tanto que lo segundo se obtiene recubriendo la superficie de contacto con una lechada de relación 1 : 1 de agua : cemento hidráulico.

En general el volumen de concreto por colocar en estos parches es pequeño, por lo que este debe prepararse en el mismo lugar en mezcladoras pequeñas.

El concreto debe colocarse y luego vibrarse, de manera que la cantidad a vaciar debe calcularse para que, finalmente, quede a nivel con el resto del pavimento.

La terminación debe ser mediante una llana que avance desde el centro del

parche hacia las orillas y finalizando con una textura superficial similar a la del resto.

3. **Curado y sellado de juntas.** Tal como se ha indicado, un curado adecuado es extremadamente importante. Una vez que el parche haya adquirido suficiente resistencia, se procederá al sellado de la junta reparada, ajustándose a lo dispuesto en las especificaciones para la construcción de pavimentos de concreto.

Reparación de espesor completo

1. **Remoción del Pavimento.** Antes de comenzar con los trabajos debe marcarse claramente el área por remover, la que como mínimo debe abarcar el ancho de una pista y tener no menos de 0,5 m en el sentido longitudinal. La zona debe aislarse completamente del pavimento adyacente, incluso de la berma; así se minimizan los daños durante la operación de remoción. En el sentido transversal se harán primeramente dos cortes con sierra, hasta una profundidad equivalente a 1/4 del espesor de la losa y a unos 150 mm más afuera de la línea que delimita la zona por reemplazar; enseguida, por las líneas interiores se cortará con sierra en todo el espesor. Por la junta longitudinal y las bermas, si éstas fueran pavimentadas, los cortes también deberán profundizarse a todo el espesor; si las bermas no son pavimentadas deberá hacerse espacio para luego colocar un moldaje. Cuando la zona dañada incluya

una junta de contracción se procurará dejarla en el centro del área por remover y, en todo caso, entre los extremos de las barras de acero de amarre entre losas antiguas y el nuevo concreto. Una vez completamente aislada el área por reemplazar se procederá a retirarla, de preferencia levantándola en vez de demolerla. Para levantarla se deben hacer perforaciones para introducir pernos que permitan amarrar una cadena que es levantada con maquinaria, como por ejemplo un cargador frontal. Cualquiera fuere el procedimiento para remover la zona deteriorada, se deberá evitar todo daño a la subbase y a las losas y bermas adyacentes.

2. Preparación antes de realizar el colado. Si en el proceso de remoción se produce algún daño en la subbase, esta deberá repararse de manera que quede perfectamente lisa, a la cota que corresponda y compactada a no menos del 95% de la densidad máxima compactada seca o el 80% de la densidad relativa.

Las caras aserradas de las losas que presenten una superficie lisa deben picarse hasta hacerlas disparejas y rugosas. Para ello, con herramientas livianas, incluso pueden utilizarse martillos neumáticos livianos (máximo de 30 lb de peso), se debe picar para dejar una superficie inclinada entre el borde superior del corte inicial de 1/4 del espesor de la losa y el borde inferior del corte de todo el espesor; la zona debe quedar rugosa, irregular e inclinada de arriba hacia abajo. En las caras de la losas antiguas, excluyendo la pista adyacente (junta longitudinal), se harán perforaciones horizontales distanciadas

cada 600 mm, exceptuando la más cercana al borde externo, la que se ubicará a 500 mm de ese borde. Las perforaciones tendrán 300 mm de largo y el diámetro adecuado para empotrar barras de acero estriadas, de 12 mm de diámetro y 600 mm de longitud; su objetivo es amarrar las losas antiguas con el nuevo concreto. Para el empotramiento se utilizará una lechada de cemento hidráulico con un aditivo expansor.

3. Colado. Se utilizará el mismo tipo de concreto especificado para pavimentos, salvo que se especifique concreto para entrega acelerada al tránsito. El colado se hará contra las caras de las losas no removidas, por lo que previamente deberá asegurarse que se encuentran limpias de polvo u otra suciedad y húmedas. Para obtener un parche de buena calidad, la colocación y terminación que se le dé al concreto, incluyendo el vibrado, es crítica. La nivelación debe constatarse mediante una regla de una longitud igual a la de la zona reemplazada más 1 m. No debe olvidarse dar la textura final a la superficie. El curado y el aserrado y sello de juntas, si corresponde, se ajustará a lo especificado para pavimentos de concreto nuevos.

CAPÍTULO VI

“CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES ”

CONCLUSIONES

1. Hasta la fecha de estudio se tiene una carga vehicular acumulada de **2,933,536 ESAL's**, la cual supera en un 49.64% los **1,960,393 ESAL's** proyectados. Por tanto, las cargas vehiculares de diseño serán alcanzadas mucho antes de lo esperado, es decir, alrededor del año 2022 para la estructura 1 y en el año 2025 para el caso de la estructura 2.
2. El aumento de las cargas vehiculares podría deberse a los siguientes factores:
 - El estudio que se tomó como referencia para el diseño de las cargas vehiculares no fue propio de las vías, es decir, se tomó de base un porcentaje del tráfico que se desviaba hacia Antigua Cuscatlán de la Carretera Panamericana (CA01) en el tramo Santa Tecla - San Salvador.
 - Factores de camión menores a los que usan los métodos de diseño de la actualidad.
 - Aumento del tránsito atraído debido al auge comercial del municipio y zonas aledañas.
3. Los parámetros estructurales evaluados como espesor del pavimento y resistencia a flexión de la capa de rodadura difieren de la información proporcionada del diseño.

4. La integridad del concreto evaluada por medio de la prueba de pulso ultrasónico según la clasificación de Leslie y Cheesman, dio como resultado que es de buena calidad, lo cual indica que es una mezcla densa y homogénea.
5. El índice de condición del pavimento resultante para las vías es calificado como EXCELENTE, esto indica que los deterioros presentes no afectan en gran magnitud las condiciones funcionales y estructurales, ya que de las 3364 losas evaluadas solo el 25% presentan deterioros y de estas a su vez el 92% están afectadas con un nivel de severidad baja y únicamente un 1% con un nivel de severidad alta.
6. La deficiencia en el sello de juntas es una de las principales causas del deterioro con mayor presencia en la vía, siendo este el despostillamiento, el cual se presenta en el 60% del total de losas afectadas con deterioros.
7. Basándose en los resultados de los parámetros evaluados se observa que el pavimento hasta la actualidad cumple de manera satisfactoria con las solicitudes requeridas. Se puede atribuir la buena condición del pavimento a un diseño conservador, ya que aunque se tienen más cargas vehiculares de lo proyectado también se tienen espesores de pavimentos mayores de lo requerido.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda un monitoreo año con año del PCI así como también del tránsito vehicular con el objetivo de ser utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, y a partir del cual identificar con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores.
2. En todo el tramo en estudio se debe renovar el sello de juntas para evitar el ingreso de agua que deteriora la base y la penetración de partículas incompresibles a fin de evitar los escalonamientos y despostillamientos de juntas.
3. Realizar las reparaciones de los deterioros encontrados en el pavimento, pero en caso que se tengan dificultades para realizar estas intervenciones en su totalidad, dar prioridad a los tramos identificados como los más deteriorados; aplicando los procedimientos descritos en este documento y en caso de dudas consultar el CATÁLOGO DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS del CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA o cualquier otro que describa los procedimientos de reparación sugeridos.

BIBLIOGRAFÍA

Thenoux, G. y Rodrigo Gaete, R. *EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PAVIMENTO Y COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO DE CAPAS DE REFUERZO ASFÁLTICO*. [Consulta: 24 Abril 2015] Disponible en: <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/viewFile/364/306>

Tomás, E. Sergio, V. Enzo, C y Alejandro, S. *METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN VISUAL PARA SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS SIGMAP*. [Consulta: 4 Mayo 2015] Disponible en: http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/46Echavegurengestionpavimentosurbanos.pdf

MÉTODO AASHTO 93 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.

[Consulta: 5 Mayo 2015] Disponible en:

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

Hernán de Solminihaç T. *Gestión de Infraestructura Vial*, 3a Edición, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2001

VERIFICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LOS MODELOS DE DETERIORO
PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL SALVADOR.

Autores: Alfaro López, Ingrid Altagracia; Castañeda Saldaña, Rosa María;
Pineda Mancía, Alex Javier

Septiembre 2011

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE
MANTENIMIENTO E INTERVENCIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO UBICADO
EN CARRETERA A COMALAPA ENTRE KILÓMETRO 33 Y 35

Autores: Bonilla Cader, Erick Javier; Noyola Ayala, Francisco Javier; Sandoval
Nerio, Carlos Antonio

Enero 2015

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS PARA EL
MUNICIPIO DE SANTA TECLA.

Flores Escoto, Ricardo Ernesto

Octubre 2008

PAVEMENT CONDITIONS INDEX

PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS

PREPARADO POR: ING. ESP. LUIS RICARDO VASQUEZ VARELA

Febrero 2002

TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE
CONCRETO HIDRÁULICO

FUNDACION ISCYC

CATÁLOGO DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMEICA

2002

MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)

Noviembre 2002

INGENIERÍA DE TRÁNSITO: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES (8ª EDICIÓN)

Rafael Cal y Mayor Reyes, James Cárdenas Grisales

ESTUDIO DE TRÁNSITO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS

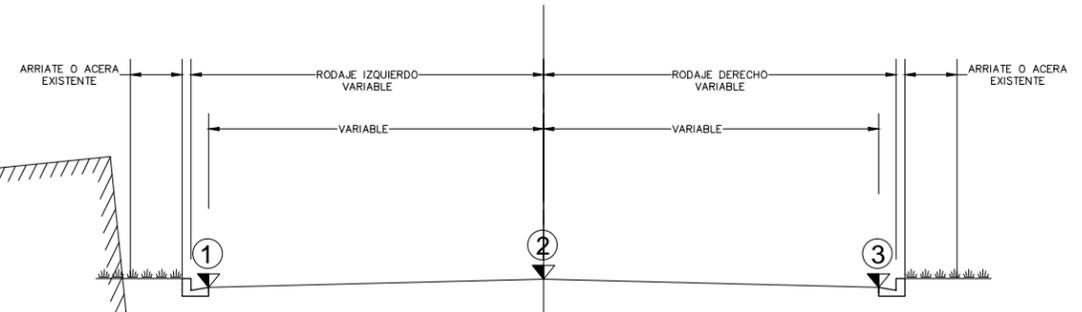
S.Minaya & A. Ordoñez

REVISTA #29 DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO (ISCYC)

Junio 2003

ANEXOS

PLANIMETRIA



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS

SECCION A-A
ESC. 1:100

LEVANTO:
DIBUJO:

ALMACENADORA SALVADOREÑA

EST.= 0+090.00

EST.= 0+180.00

LINEA DE EMPALME

LINEA DE EMPALME

BOULEVARD WALTER T. DENNINGER

VIVERO CAFE

VIVERO CAFE

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+090	283909.407	473306.217	838.829	283904.859	473304.700	838.945	283900.348	473303.193	838.776
0+100	283906.290	473315.718	839.196	283901.695	473314.186	839.324	283897.251	473312.700	839.166
0+110	283903.222	473325.237	839.555	283898.531	473323.672	839.689	283894.141	473322.192	839.537
0+120	283900.154	473334.755	839.913	283895.367	473333.158	840.061	283890.888	473331.561	839.916
0+130	283896.895	473344.210	840.295	283892.203	473342.644	840.441	283887.684	473341.132	840.294
0+140	283893.556	473353.637	840.689	283889.039	473352.131	840.824	283884.524	473350.586	840.674
0+150	283890.386	473363.122	841.081	283885.875	473361.617	841.229	283881.361	473360.110	841.092
0+160	283887.213	473372.605	841.479	283882.710	473371.103	841.630	283878.164	473369.586	841.496
0+170	283884.003	473382.076	841.861	283879.546	473380.589	842.013	283874.982	473379.066	841.881
0+180	283880.829	473391.559	842.238	283876.382	473390.075	842.375	283871.873	473388.571	842.229

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ALCALDIA MUNICIPAL DE
ANTIGUO CUSCATLAN

NOMBRE DEL PROYECTO :
PROYECTO DISEÑO PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN

CONTENIDO :
**PLANIMETRIA
AVENIDA WALTER T. DENNINGER
DE ESTACION 0+090.00 A 0+180.00**

PRESENTA :
ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ

LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-02.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____			HOJA No. : PL - 2 / 20
APROBACION			

PLANIMETRIA

CURVA N°1

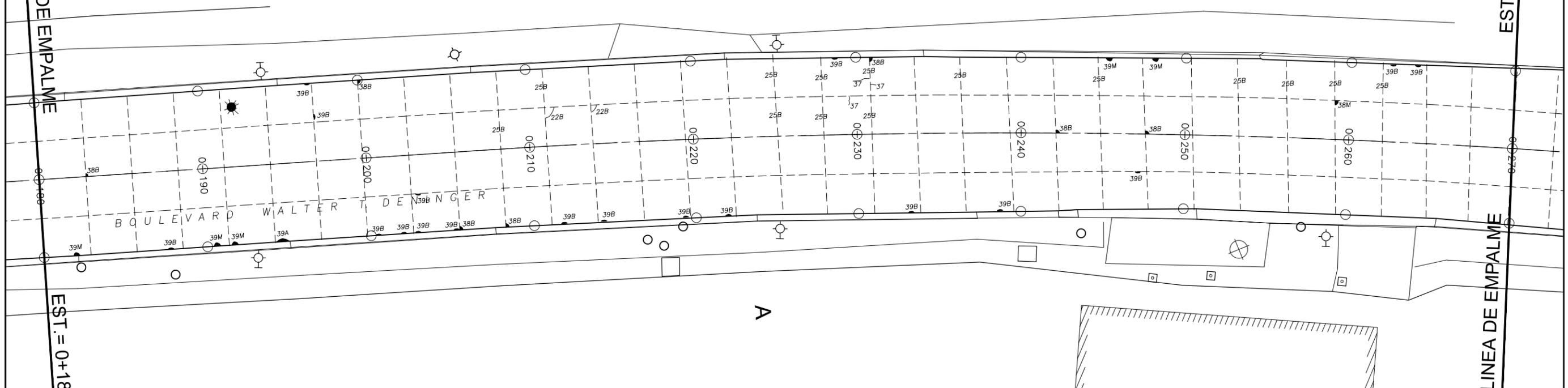


	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

LINEA DE EMPALME

← A SAN SALVADOR

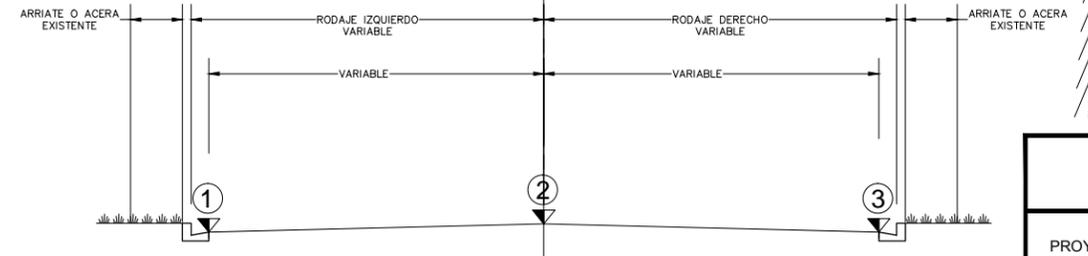
EST.= 0+270.00



VIVERO CAFE

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+180	283880.829	473391.559	842.238	283876.382	473390.075	842.375	283871.873	473388.571	842.229
0+190	283877.722	473401.064	842.643	283873.218	473399.562	842.787	283868.705	473398.056	842.646
0+200	283874.580	473410.558	843.036	283870.054	473409.048	843.186	283865.547	473407.543	843.050
0+210	283871.360	473420.058	843.417	283866.880	473418.531	843.567	283862.345	473416.986	843.431
0+220	283868.027	473429.588	843.765	283863.558	473427.963	843.933	283859.053	473426.325	843.814
0+230	283864.414	473439.015	844.159	283860.045	473437.325	844.320	283855.546	473435.585	844.196
0+240	283860.597	473448.360	844.569	283856.342	473446.614	844.699	283851.918	473444.798	844.547
0+250	283856.728	473457.684	845.005	283852.452	473455.826	845.112	283848.316	473454.030	844.945
0+260	283852.664	473466.925	845.349	283848.375	473464.957	845.461	283844.234	473463.058	845.294
0+270	283848.321	473476.038	845.665	283844.114	473474.004	845.794	283839.930	473471.979	845.643

A



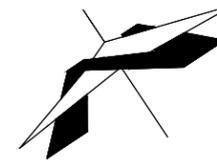
DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETA

SECCION A-A
ESC. 1:100

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA WALTER T. DEINNINGER DE ESTACION 0+180.00 A 0+270.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-03.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____		GERENTE DEL PROYECTO: _____	
APROBACION		HOJA No. : PL - 3 / 20	

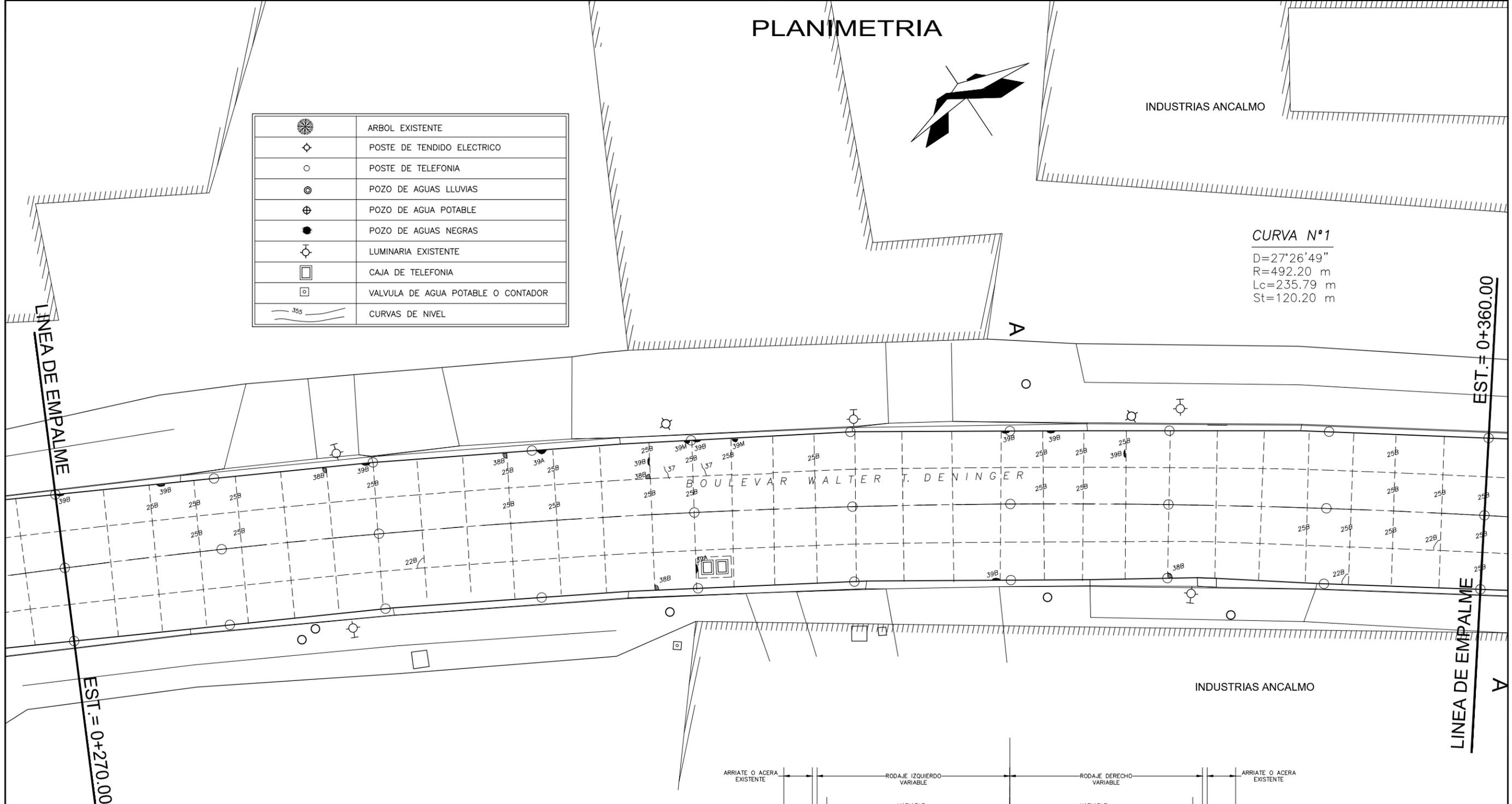
PLANIMETRIA



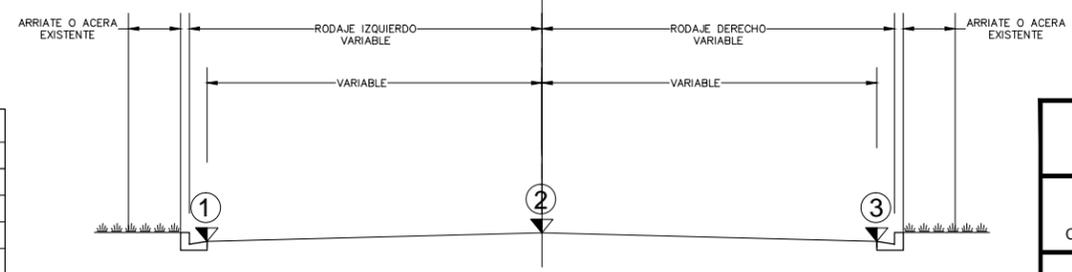
INDUSTRIAS ANCALMO

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

CURVA N°1
 D=27°26'49"
 R=492.20 m
 Lc=235.79 m
 St=120.20 m



ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+270	473476.038	283848.321	845.665	473474.004	283844.114	845.794	473471.979	283839.930	845.643
0+280	473485.001	283843.677	846.047	473482.962	283839.670	846.162	473480.785	283835.393	845.997
0+290	473493.969	283839.025	846.386	473491.828	283835.045	846.502	473489.590	283830.864	846.340
0+300	473502.790	283834.148	846.723	473500.598	283830.240	846.867	473498.246	283826.054	846.732
0+310	473511.577	283829.184	847.047	473509.268	283825.258	847.206	473506.836	283821.128	847.085
0+320	473520.309	283824.118	847.354	473517.836	283820.102	847.511	473515.348	283816.075	847.384
0+330	473528.790	283818.641	847.707	473526.297	283814.772	847.868	473523.697	283810.726	847.748
0+340	473537.253	283813.140	848.102	473534.648	283809.271	848.233	473532.054	283805.419	848.085
0+350	473545.668	283807.558	848.529	473542.886	283803.602	848.666	473540.145	283799.712	848.514
0+360	473553.897	283801.704	848.929	473551.007	283797.767	849.061	473548.241	283794.001	848.906



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

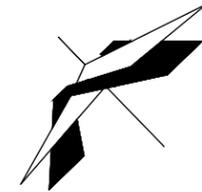
- ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS

SECCION A-A
 ESC. 1:100

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA WALTER T. DENNINGER DE ESTACION 0+270.00 A 0+360.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-04.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: SERENIE DEL PROYECTO			HOJA No. : PL - 4 / 20
APROBACION			

PLANIMETRIA

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL



INDUSTRIAS MK CORMICK

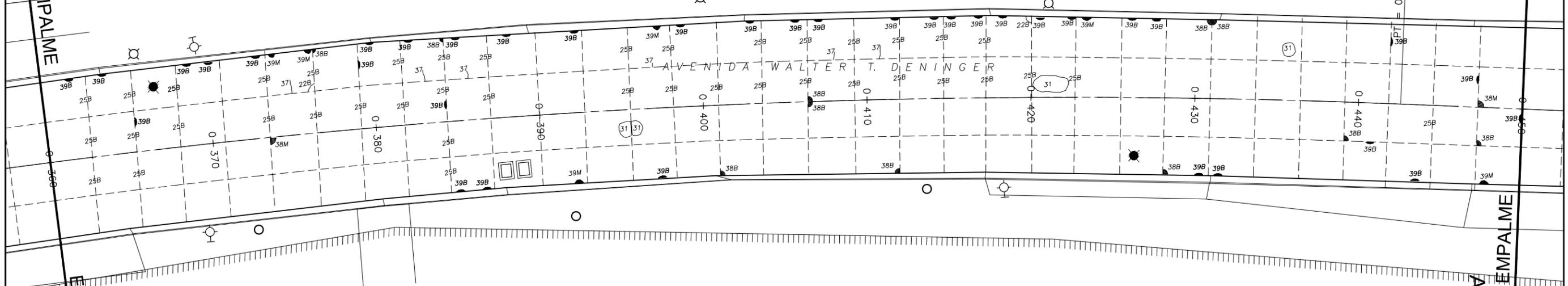
INDUSTRIAS MK CORMICK

LINEA DE EMPALME

CURVA N°1

← A SAN SALVADOR

EST. = 0+450.00



EST. = 0+360.00

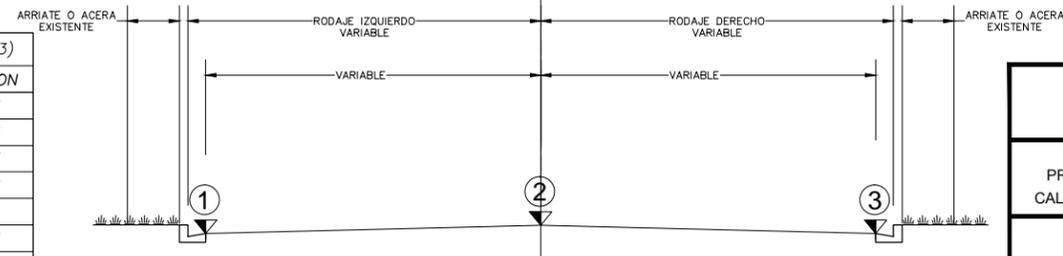
INDUSTRIAS ANCALMO

TALLER

HIELERIA

LINEA DE EMPALME

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+360	473553.897	283801.704	848.929	473551.007	283797.767	849.061	473548.241	283794.001	848.906
0+370	473562.032	283795.718	849.298	473559.007	283791.768	849.436	473556.239	283788.155	849.288
0+380	473570.115	283789.654	849.649	473566.884	283785.608	849.799	473564.168	283782.203	849.663
0+390	473577.828	283783.126	849.990	473574.634	283779.289	850.151	473571.887	283775.983	850.032
0+400	473585.532	283776.592	850.312	473582.255	283772.813	850.481	473579.444	283769.573	850.371
0+410	473593.068	283769.866	850.590	473589.742	283766.185	850.735	473586.732	283762.855	850.596
0+420	473600.473	283762.996	850.825	473597.093	283759.405	850.955	473593.947	283756.063	850.799
0+430	473607.659	283755.901	850.974	473604.304	283752.478	851.111	473601.022	283749.130	850.965
0+440	473614.805	283748.767	851.001	473611.374	283745.406	851.140	473607.990	283742.091	850.993
0+450	473621.894	283741.676	850.992	473618.339	283738.230	851.124	473615.007	283735.001	850.967

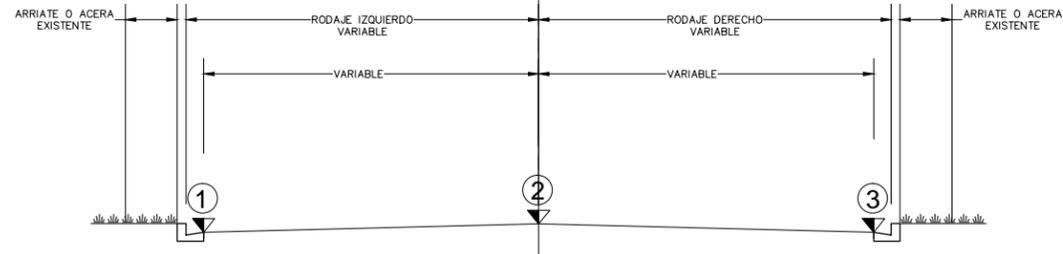


DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA WALTER T. DENNINGER DE ESTACION 0+360.00 A 0+450.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURLLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-05.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____		GERENTE DEL PROYECTO: _____	
APROBACION		HOJA No. : PL - 5 / 20	

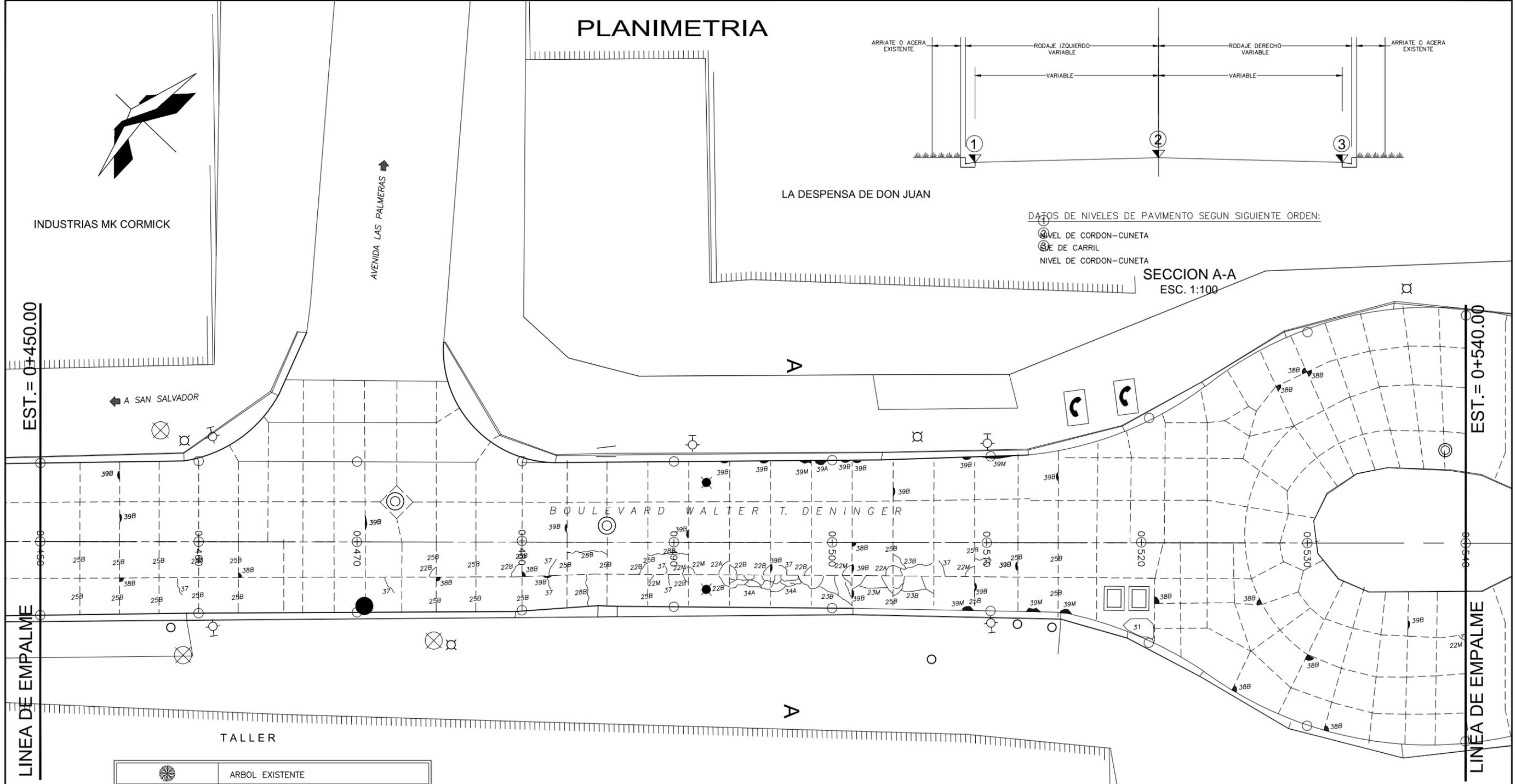
PLANIMETRIA



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETA
- ② NIVEL DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETA

SECCION A-A
ESC. 1:100



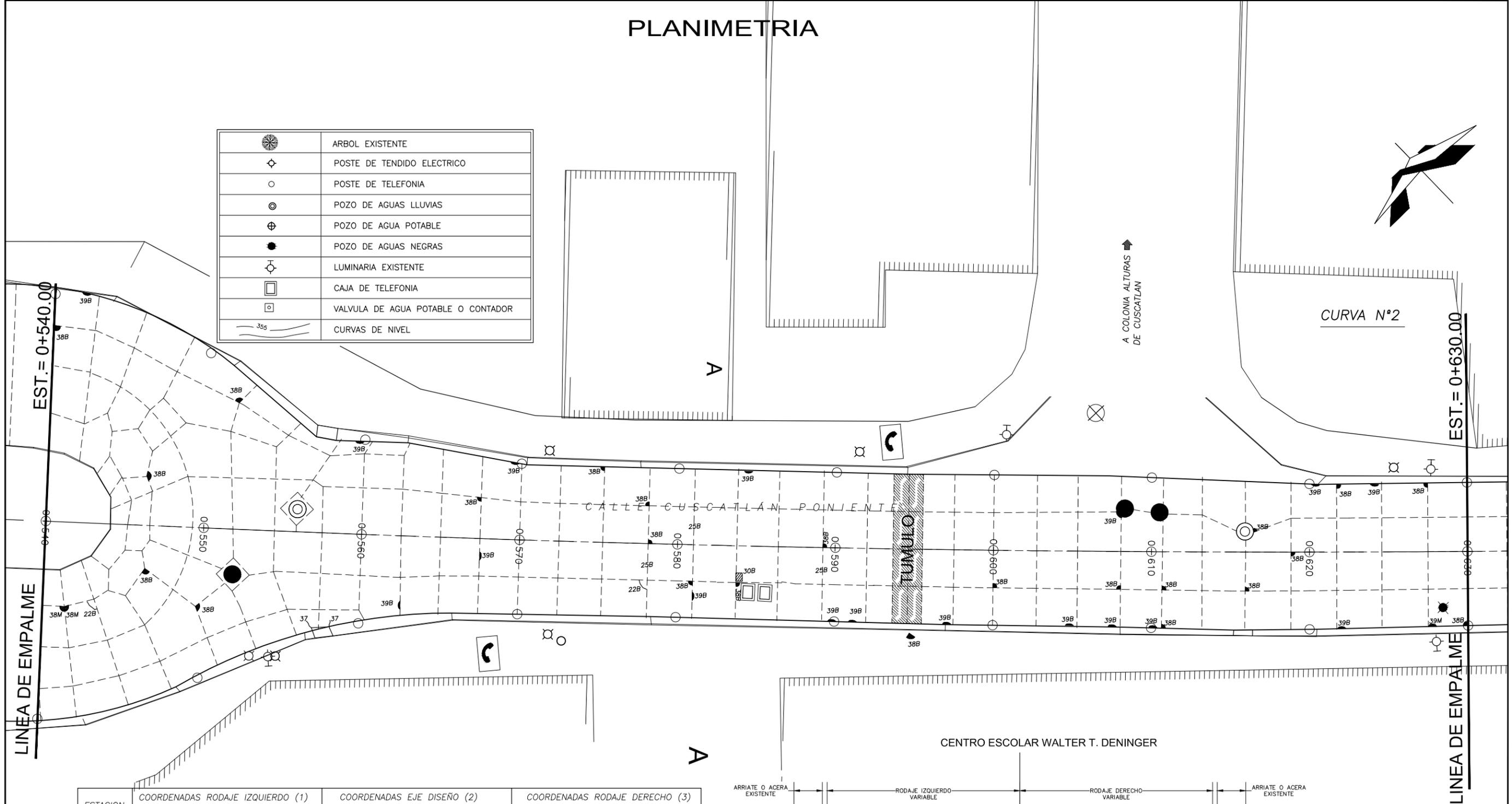
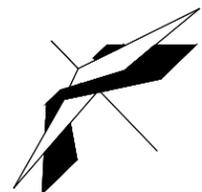
	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+450	473621.894	283741.676	850.992	473618.339	283738.230	851.124	473615.007	283735.001	850.967
0+460	473628.952	283734.591	850.934	473625.298	283731.049	851.034	473622.065	283727.922	850.847
0+470	473635.888	283727.387	850.760	473632.258	283723.869	850.874	473629.071	283720.781	850.704
0+480	473642.824	283720.184	850.585	473639.218	283716.688	850.714	473636.076	283713.643	850.562
0+490	473649.829	283713.047	850.320	473646.178	283709.508	850.444	473643.258	283706.678	850.293
0+500	473656.857	283705.932	850.024	473653.138	283702.328	850.156	473650.164	283699.444	850.008
0+510	473664.005	283698.933	849.729	473660.098	283695.147	849.916	473657.007	283692.154	849.812
0+520	473672.705	283693.440	849.436	473667.058	283687.967	849.687	473662.536	283683.580	849.513
0+530	473683.554	283690.029	849.219	473674.018	283680.786	849.623	473665.746	283672.769	849.283
0+540	473691.282	283683.593	849.045	473680.978	283673.606	849.454	473672.007	283664.910	849.058

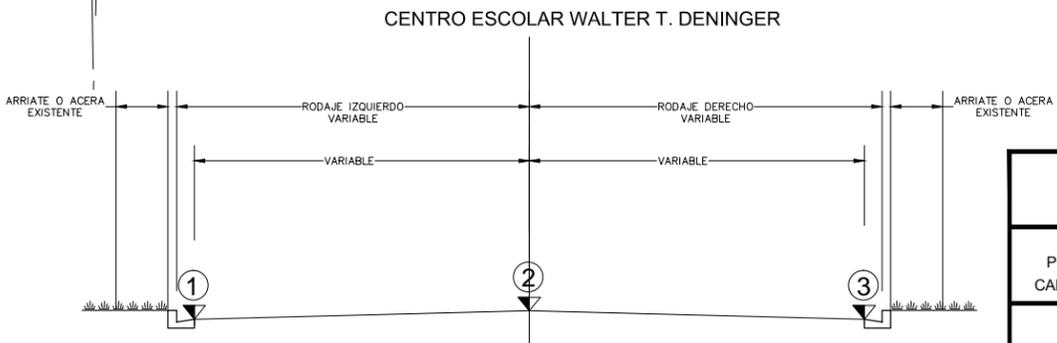
ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA WALTER T. DENNINGER DE ESTACION 0+450.00 A 0+540.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURLLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: FRANCISCO MURLLO	ARCHIVO: PLANTA-06.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____			HOJA No. : PL - 6 / 20
APROBACION			

PLANIMETRIA

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL



ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+540	473691.282	283683.593	849.045	473680.978	283673.606	849.454	473672.007	283664.910	849.058
0+550	473695.862	283674.106	848.733	473687.938	283666.425	849.039	473681.137	283659.833	848.729
0+560	473699.108	283663.364	848.496	473694.909	283659.255	848.646	473690.884	283655.320	848.452
0+570	473705.330	283655.510	848.298	473701.923	283652.128	848.408	473698.589	283648.826	848.233
0+580	473712.359	283648.434	848.065	473708.983	283645.046	848.169	473705.732	283641.786	847.992
0+590	473719.427	283641.403	847.819	473716.089	283638.010	847.937	473712.827	283634.693	847.773
0+600	473726.556	283634.434	847.593	473723.241	283631.021	847.726	473719.945	283627.630	847.576
0+610	473733.673	283627.453	847.420	473730.438	283624.078	847.558	473727.113	283620.608	847.413
0+620	473740.631	283620.301	847.347	473737.680	283617.182	847.422	473734.326	283613.637	847.221
0+630	473747.940	283613.518	847.218	473744.967	283610.333	847.325	473741.772	283606.912	847.160



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- 1 NIVEL DE CORDÓN-CUNETETA
- 2 EJE DE CARRIL
- 3 NIVEL DE CORDÓN-CUNETETA

SECCION A-A
ESC. 1:100

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA WALTER T. DENNINGER DE ESTACION 0+540.00 A 0+630.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-07.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL:		SERENIE DEL PROYECTO:	
APROBACION		HOJA No. : PL - 7 / 20	

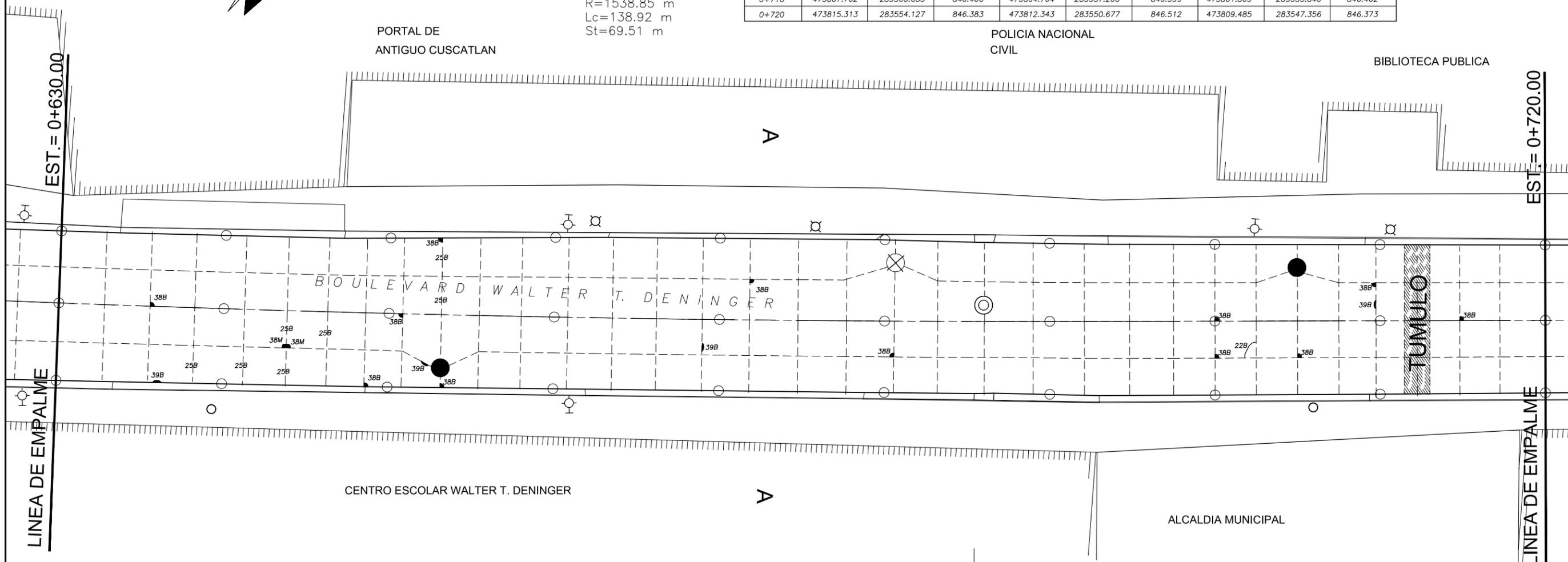
PLANIMETRIA

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+630	473747.940	283613.518	847.218	473744.967	283610.333	847.325	473741.772	283606.912	847.160
0+640	473755.302	283606.791	847.087	473752.298	283603.532	847.213	473749.223	283600.196	847.070
0+650	473762.734	283600.143	846.972	473759.673	283596.779	847.104	473756.681	283593.491	846.967
0+660	473770.300	283593.647	846.893	473767.092	283590.074	847.022	473764.199	283586.846	846.877
0+670	473777.811	283587.092	846.758	473774.554	283583.417	846.913	473771.707	283580.201	846.791
0+680	473785.290	283580.501	846.611	473782.059	283576.808	846.796	473779.212	283573.560	846.704
0+690	473792.690	283573.820	846.632	473789.607	283570.249	846.772	473786.729	283566.915	846.639
0+700	473800.208	283567.235	846.542	473797.185	283563.724	846.677	473794.273	283560.342	846.539
0+710	473807.762	283560.683	846.466	473804.764	283557.200	846.599	473801.869	283553.840	846.462
0+720	473815.313	283554.127	846.383	473812.343	283550.677	846.512	473809.485	283547.356	846.373

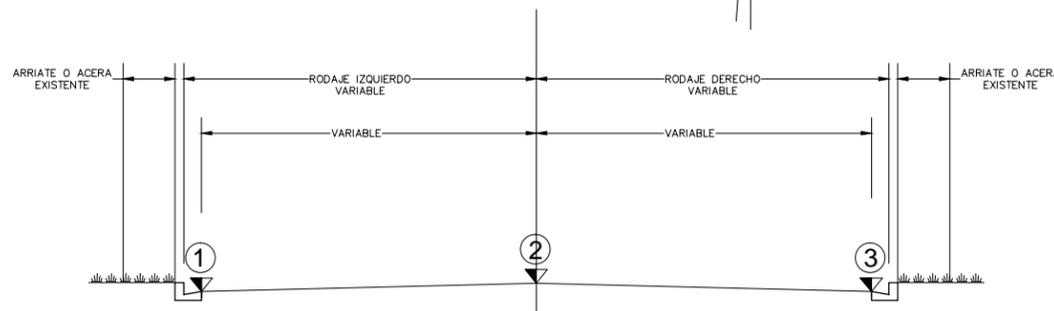


CURVA N°2

D=5°10'21"
R=1538.85 m
Lc=138.92 m
St=69.51 m



	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

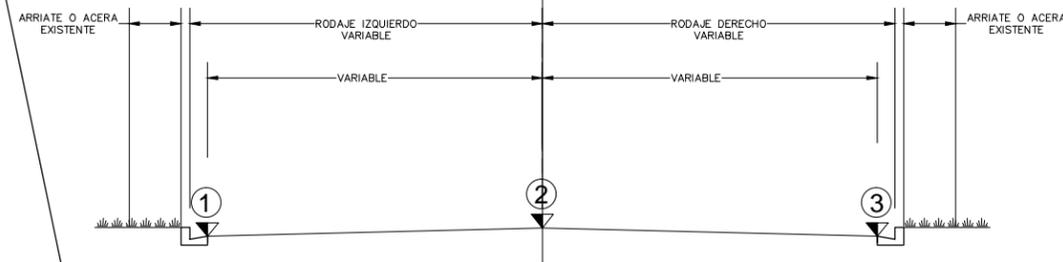
- ① NIVEL DE CORDON-CUNETETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETETA

SECCION A-A
ESC. 1:100

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA WALTER T. DENNINGER DE ESTACION 0+630.00 A 0+720.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-08.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____			HOJA No. : PL - 8 / 20
APROBACION			

PLANIMETRIA

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETETA

SECCION A-A
ESC. 1:100

PARQUE CENTRAL
DE ANTIGUO CUSCATLAN

CURVA N°4

D=20°32'31"
R=27.02 m
Lc=9.69 m
St=4.90 m

CURVA N°3

D=3°49'59"
R=150.00 m
Lc=10.03 m
St=5.02 m

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+720	473815.313	283554.127	846.383	473812.343	283550.677	846.512	473809.485	283547.356	846.373
0+730	473822.863	283547.569	846.295	473819.922	283544.153	846.428	473817.103	283540.883	846.296
0+740	473830.412	283541.011	846.204	473827.501	283537.629	846.327	473824.534	283534.182	846.180
0+750	473837.961	283534.452	846.113	473835.080	283531.105	846.284	473832.238	283527.802	846.192
0+760	473845.485	283527.864	846.186	473842.659	283524.582	846.330	473839.878	283521.365	846.217
0+770	473853.077	283521.237	846.267	473850.222	283518.040	846.380	473847.466	283514.952	846.240
0+780	473860.845	283514.579	846.342	473857.472	283511.153	846.302	473850.725	283504.312	845.830
0+790	473868.262	283507.859	846.414	473864.598	283504.138	846.453	473858.887	283498.334	846.090
0+800	473874.604	283500.048	846.460	473871.723	283497.122	846.568	473867.051	283492.393	846.354
0+810	473880.962	283493.069	846.529	473879.108	283490.400	846.623	473877.280	283487.771	846.523

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA WALTER T. DEINNINGER DE ESTACION 0+072.00 A 0+810.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-09.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____			HOJA No. : PL - 9 / 20
APROBACION			

PLANIMETRIA



CURVA N°5

D=1°46'20"
R=150.00 m
Lc=4.64 m
St=2.32 m

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+810	473880.962	283493.069	846.529	473879.108	283490.400	846.623	473877.280	283487.771	846.523
0+820	473889.480	283489.183	846.541	473888.021	283485.908	846.640	473886.903	283483.398	846.548
0+830	473898.568	283485.009	846.553	473897.156	283481.839	846.649	473895.976	283479.189	846.554
0+840	473907.648	283480.817	846.556	473906.291	283477.769	846.654	473905.064	283475.017	846.562
0+850	473916.854	283476.908	846.585	473915.425	283473.700	846.684	473914.170	283470.882	846.585
0+860	473925.847	283472.521	846.597	473924.560	283469.631	846.686	473923.267	283466.729	846.584
0+870	473934.966	283468.415	846.537	473933.694	283465.562	846.647	473932.405	283462.667	846.569
0+880	473944.116	283464.381	846.477	473942.829	283461.492	846.607	473941.550	283458.620	846.549
0+890	473953.267	283460.348	846.425	473951.964	283457.423	846.573	473950.673	283454.526	846.531
0+900	473962.379	283456.481	846.419	473961.141	283453.453	846.591	473959.887	283450.387	846.565

LINEA DE EMPALME
EST.= 0+810.00

CURVA N°4
D=20°32'31"
R=27.02 m
Lc=9.69 m
St=4.90 m

PARROQUIA
LOS SANTOS NNIÑOS INOCENTES

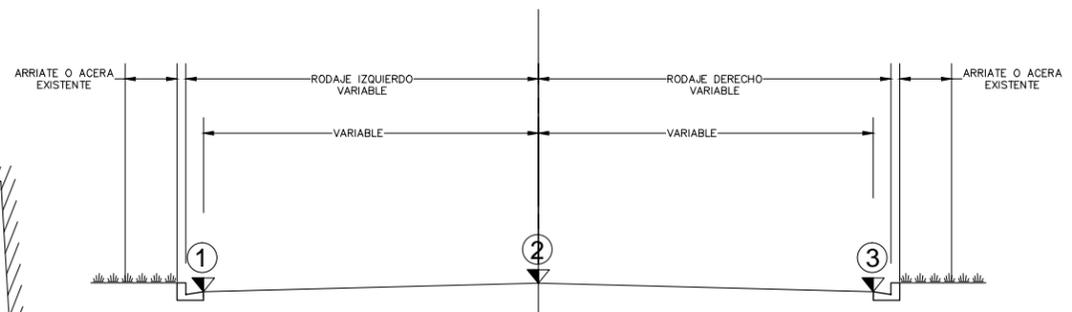
PASAJE No 4

EST.= 0+900.00

CALLE CUSCATLAN ORIENTE

LINEA DE EMPALME

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETA

SECCION A-A
ESC. 1:100

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA WALTER T. DEINNINGER DE ESTACION 0+810.00 A 0+900.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-10.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____			HOJA No. : PL - 10 / 20
APROBACION			

PLANIMETRIA

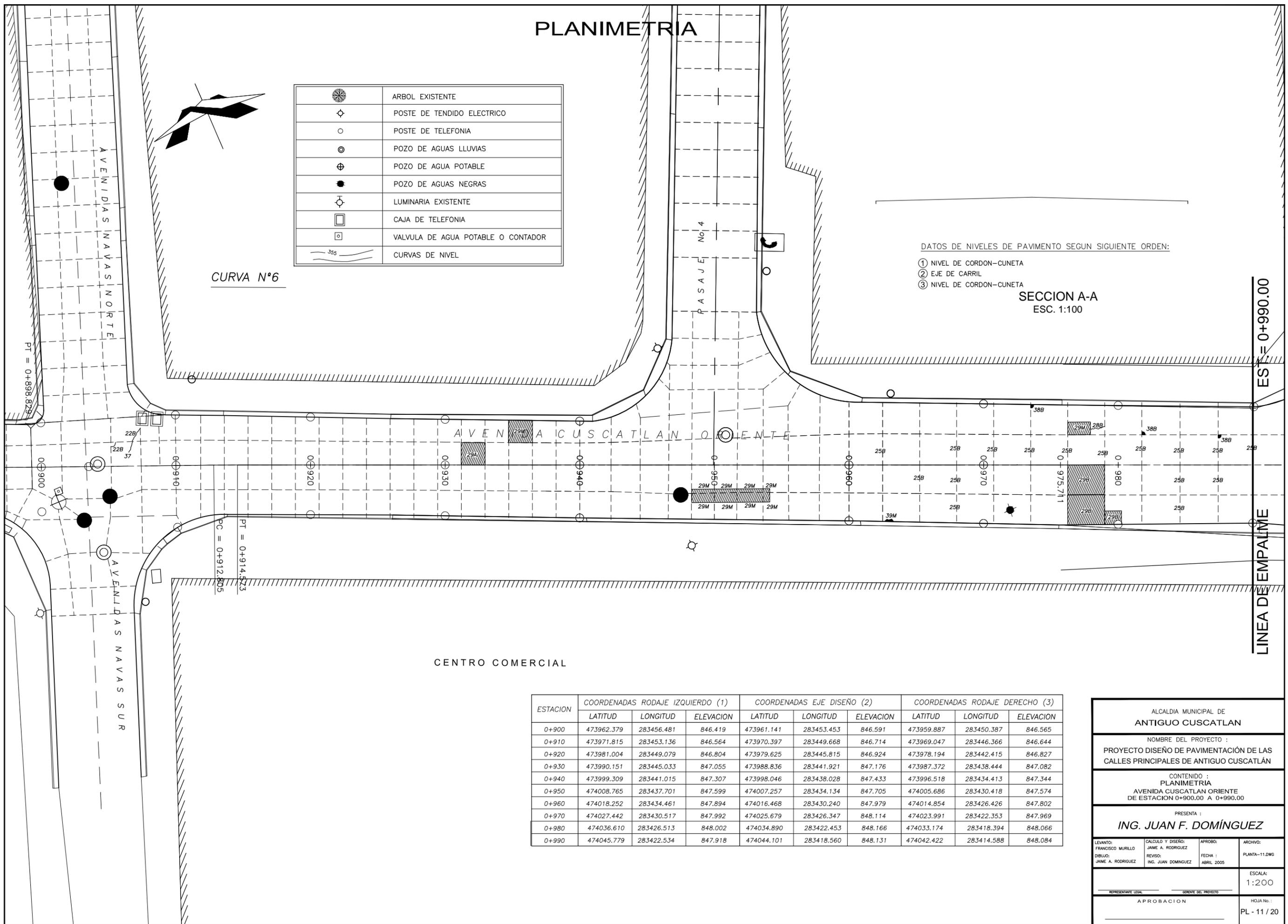
	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

CURVA N°6

DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETETA

SECCION A-A
ESC. 1:100



CENTRO COMERCIAL

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+900	473962.379	283456.481	846.419	473961.141	283453.453	846.591	473959.887	283450.387	846.565
0+910	473971.815	283453.136	846.564	473970.397	283449.668	846.714	473969.047	283446.366	846.644
0+920	473981.004	283449.079	846.804	473979.625	283445.815	846.924	473978.194	283442.415	846.827
0+930	473990.151	283445.033	847.055	473988.836	283441.921	847.176	473987.372	283438.444	847.082
0+940	473999.309	283441.015	847.307	473998.046	283438.028	847.433	473996.518	283434.413	847.344
0+950	474008.765	283437.701	847.599	474007.257	283434.134	847.705	474005.686	283430.418	847.574
0+960	474018.252	283434.461	847.894	474016.468	283430.240	847.979	474014.854	283426.426	847.802
0+970	474027.442	283430.517	847.992	474025.679	283426.347	848.114	474023.991	283422.353	847.969
0+980	474036.610	283426.513	848.002	474034.890	283422.453	848.166	474033.174	283418.394	848.066
0+990	474045.779	283422.534	847.918	474044.101	283418.560	848.131	474042.422	283414.588	848.084

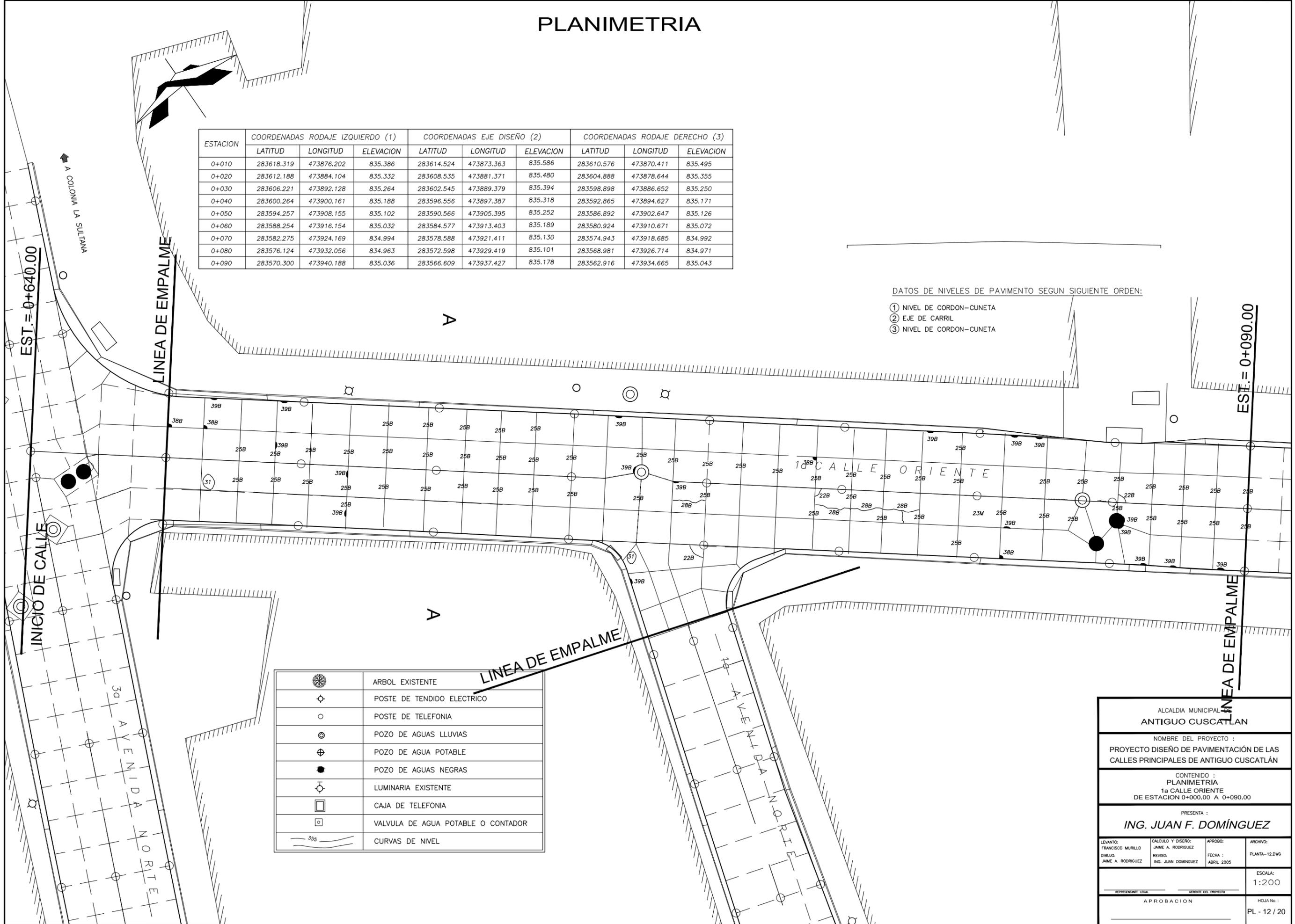
ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA CUSCATLAN ORIENTE DE ESTACION 0+900.00 A 0+990.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-11.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____ GERENTE DEL PROYECTO _____			HOJA No. : PL - 11 / 20
APROBACION _____			

PLANIMETRIA

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+010	283618.319	473876.202	835.386	283614.524	473873.363	835.586	283610.576	473870.411	835.495
0+020	283612.188	473884.104	835.332	283608.535	473881.371	835.480	283604.888	473878.644	835.355
0+030	283606.221	473892.128	835.264	283602.545	473889.379	835.394	283598.898	473886.652	835.250
0+040	283600.264	473900.161	835.188	283596.556	473897.387	835.318	283592.865	473894.627	835.171
0+050	283594.257	473908.155	835.102	283590.566	473905.395	835.252	283586.892	473902.647	835.126
0+060	283588.254	473916.154	835.032	283584.577	473913.403	835.189	283580.924	473910.671	835.072
0+070	283582.275	473924.169	834.994	283578.588	473921.411	835.130	283574.943	473918.685	834.992
0+080	283576.124	473932.056	834.963	283572.598	473929.419	835.101	283568.981	473926.714	834.971
0+090	283570.300	473940.188	835.036	283566.609	473937.427	835.178	283562.916	473934.665	835.043

DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

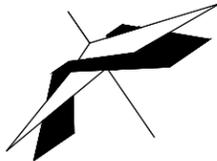
- ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS



	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ALCALDIA MUNICIPAL ANTIGUO CUSCATLÁN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 1a CALLE ORIENTE DE ESTACION 0+000.00 A 0+090.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-12.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____ GERENTE DEL PROYECTO			HOJA No. : PL - 12 / 20
APROBACION _____			

PLANIMETRIA



	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

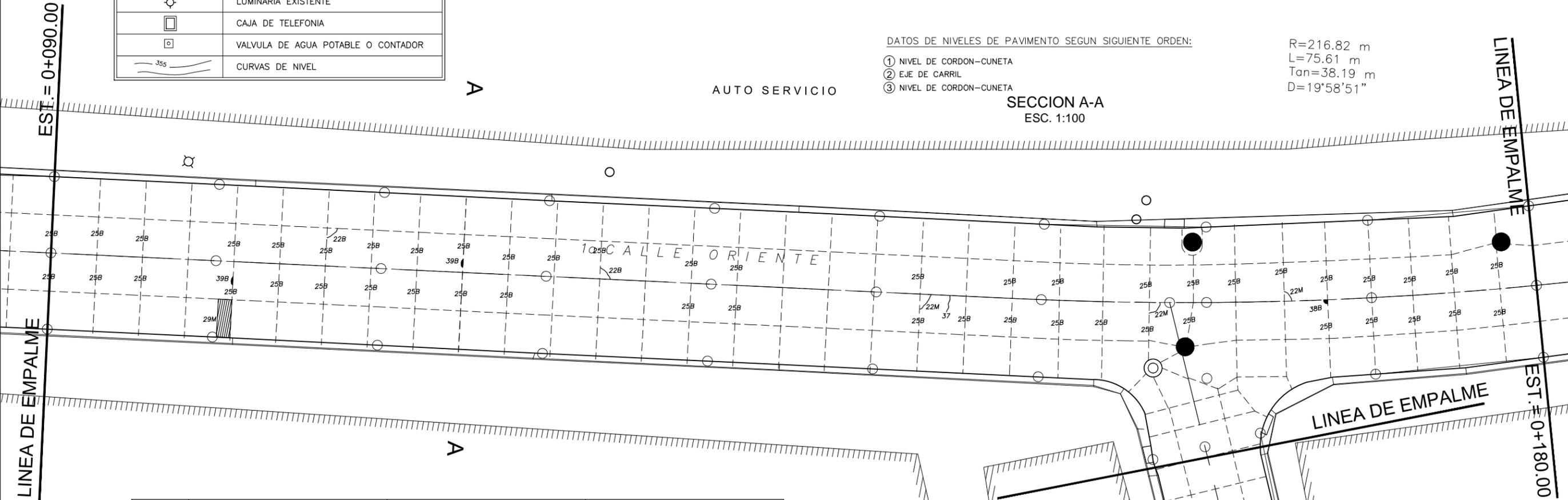
DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS

R=216.82 m
L=75.61 m
Tan=38.19 m
D=19°58'51"

SECCION A-A
ESC. 1:100

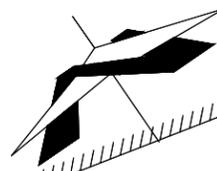
AUTO SERVICIO



ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+090	283570.300	473940.188	835.036	283566.609	473937.427	835.178	283562.916	473934.665	835.043
0+100	283564.309	473948.194	835.173	283560.619	473945.435	835.307	283556.930	473942.676	835.164
0+110	283558.307	473956.193	835.303	283554.630	473953.443	835.443	283550.919	473950.667	835.307
0+120	283552.301	473964.189	835.431	283548.641	473961.451	835.580	283544.906	473958.658	835.452
0+130	283546.320	473972.203	835.572	283542.651	473969.459	835.706	283538.927	473966.674	835.564
0+140	283540.327	473980.208	835.712	283536.662	473977.467	835.840	283532.938	473974.681	835.691
0+150	283534.340	473988.179	835.849	283530.676	473985.478	835.978	283526.921	473982.709	835.830
0+160	283528.716	473996.191	835.950	283524.930	473993.661	836.089	283521.118	473991.113	835.953
0+170	283523.581	474004.523	836.059	283519.567	474002.100	836.202	283515.613	473999.713	836.066
0+180	283518.835	474013.075	836.177	283514.598	474010.777	836.318	283510.763	474008.697	836.183

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 1a CALLE ORIENTE DE ESTACION 0+090.00 A 0+180.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-13.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL:		GERENTE DEL PROYECTO:	
APROBACION		HOJA No. : PL - 13 / 20	

PLANIMETRIA



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETA

SECCION A-A
ESC. 1:100

CURVA N°1

$D=18^{\circ}12'50''$
 $R=216.82 \text{ m}$
 $Lc=68.93 \text{ m}$
 $St=68.64$

CURVA N°2

$D=17^{\circ}37'34''$
 $R=392.84 \text{ m}$
 $Lc=120.85 \text{ m}$
 $St=120.37$

LINEA DE EMPALME
EST. = 0+270.00

LINEA DE EMPALME

LINEA DE EMPALME

EST. = 0+180.00

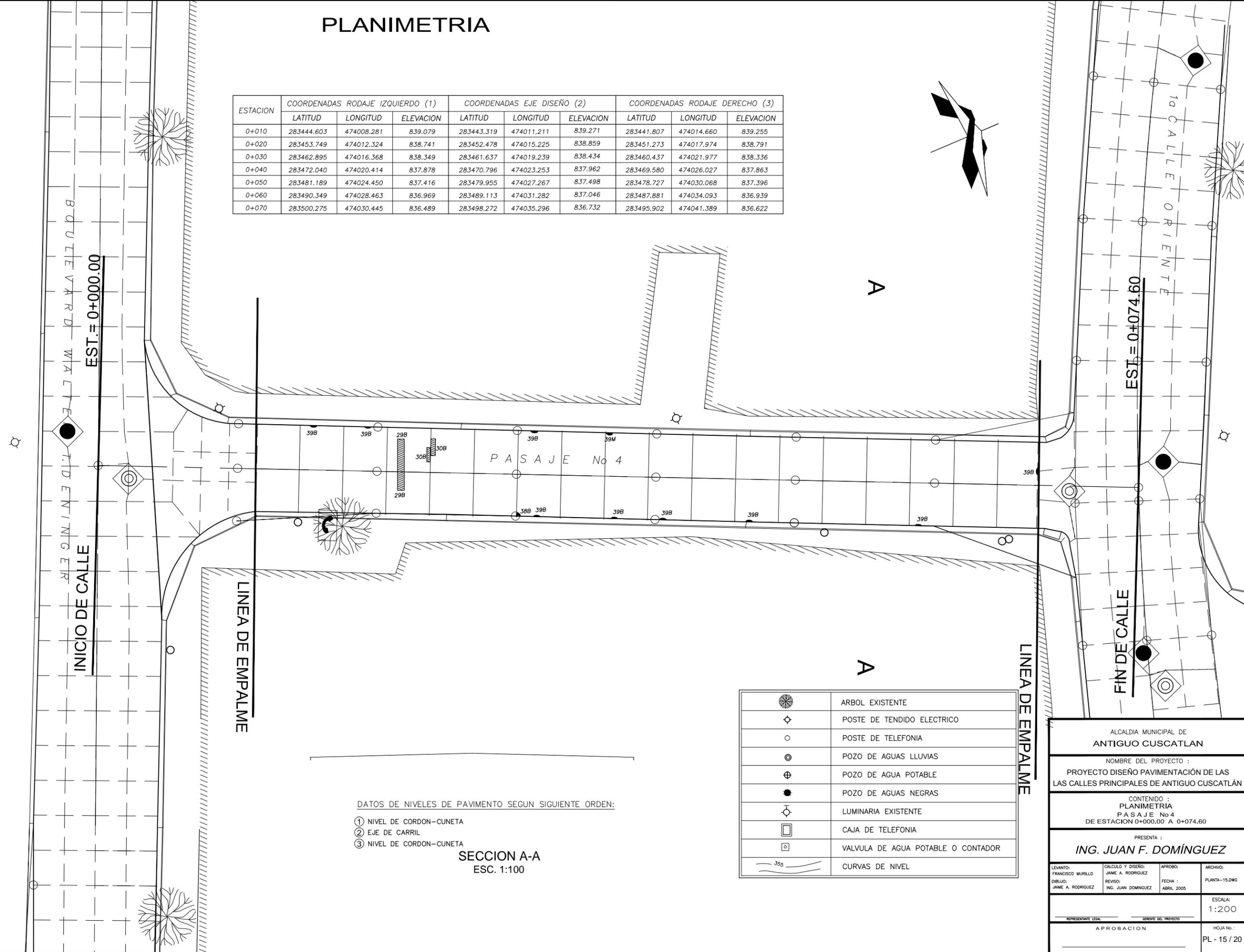
ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+180	283518.835	474013.075	836.177	283514.598	474010.777	836.318	283510.763	474008.697	836.183
0+190	283514.536	474021.853	836.307	283510.035	474019.674	836.450	283506.190	474017.877	836.315
0+200	283510.425	474030.716	836.417	283505.887	474028.772	836.569	283501.872	474027.052	836.442
0+210	283506.256	474039.586	836.560	283502.163	474038.052	836.695	283497.877	474036.446	836.562
0+220	283503.321	474048.931	836.493	283498.871	474047.494	836.741	283494.487	474046.078	836.711
0+230	283500.625	474058.470	836.377	283495.941	474057.055	836.647	283491.561	474055.731	836.916
0+240	283497.629	474067.887	836.992	283493.059	474066.628	837.143	283488.594	474065.399	837.012
0+250	283495.137	474077.444	837.091	283490.526	474076.302	837.231	283485.992	474075.175	837.088
0+260	283492.642	474087.011	837.190	283488.240	474086.037	837.324	283483.659	474085.021	837.182
0+270	283490.663	474096.696	837.161	283486.203	474095.827	837.273	283481.879	474094.947	837.117

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 1a CALLE ORIENTE DE ESTACION 0+180.00 A 0+270.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-14.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL:		SERENIE DEL PROYECTO:	
APROBACION		HOJA No. : PL - 14 / 20	

PLANIMETRIA

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+010	283444.603	474008.281	839.079	283443.319	474011.211	839.271	283441.807	474014.660	839.255
0+020	283453.749	474012.324	838.741	283452.478	474015.225	838.859	283451.273	474017.974	838.791
0+030	283462.895	474016.368	838.349	283461.637	474019.239	838.434	283460.437	474021.977	838.336
0+040	283472.040	474020.414	837.878	283470.796	474023.253	837.962	283469.580	474026.027	837.863
0+050	283481.189	474024.450	837.416	283479.955	474027.267	837.498	283478.727	474030.068	837.396
0+060	283490.349	474028.463	836.969	283489.113	474031.282	837.046	283487.881	474034.093	836.939
0+070	283500.275	474030.445	836.489	283498.272	474035.296	836.732	283495.902	474041.389	836.622



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETA

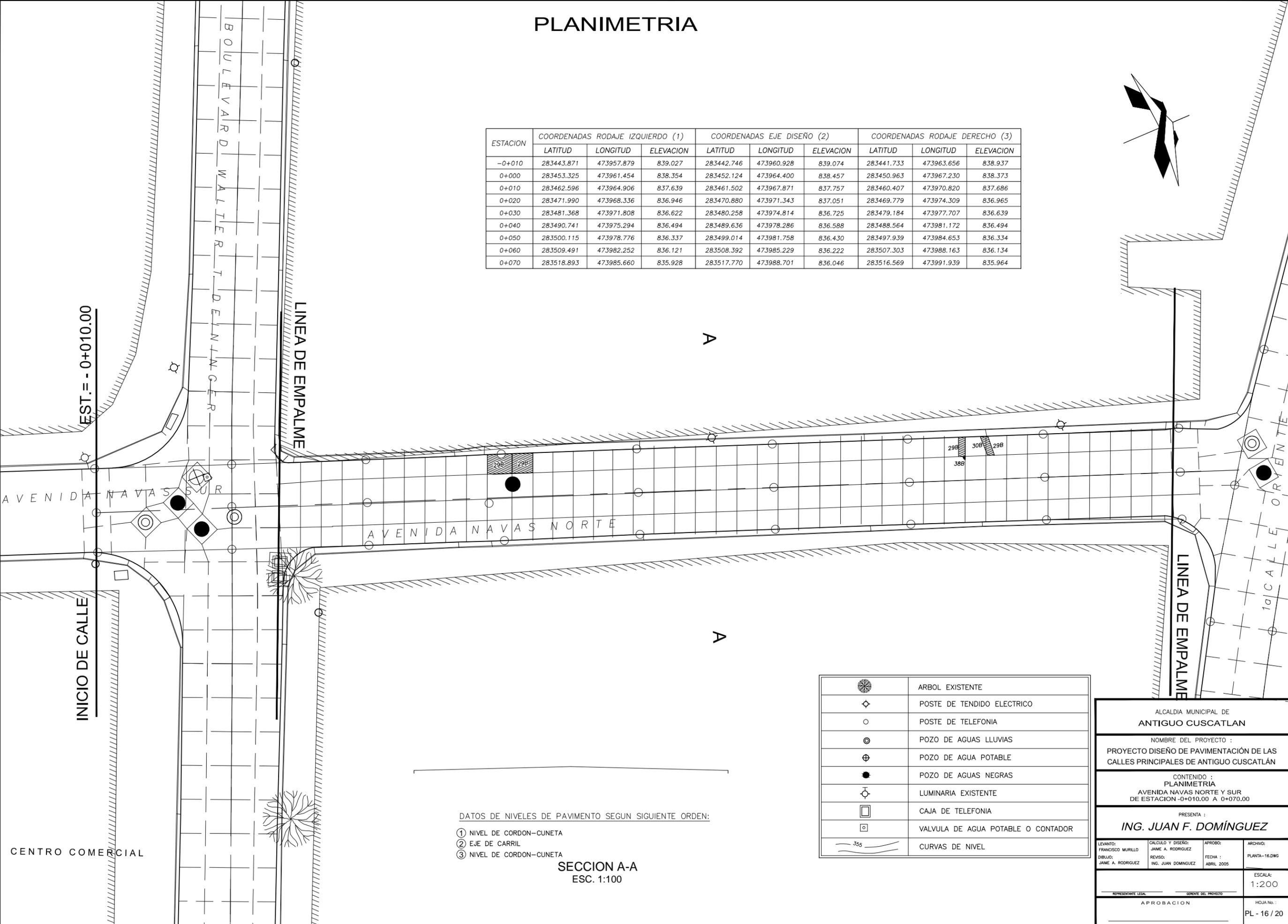
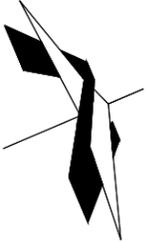
SECCION A-A
ESC. 1:100

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO PAVIMENTACIÓN DE LAS LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA PASAJE No 4 DE ESTACION 0+000.00 A 0+074.60			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURLLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-15.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: APROBACION			HOJA No. : PL - 15 / 20

PLANIMETRIA

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
-0+010	283443.871	473957.879	839.027	283442.746	473960.928	839.074	283441.733	473963.656	838.937
0+000	283453.325	473961.454	838.354	283452.124	473964.400	838.457	283450.963	473967.230	838.373
0+010	283462.596	473964.906	837.639	283461.502	473967.871	837.757	283460.407	473970.820	837.686
0+020	283471.990	473968.336	836.946	283470.880	473971.343	837.051	283469.779	473974.309	836.965
0+030	283481.368	473971.808	836.622	283480.258	473974.814	836.725	283479.184	473977.707	836.639
0+040	283490.741	473975.294	836.494	283489.636	473978.286	836.588	283488.564	473981.172	836.494
0+050	283500.115	473978.776	836.337	283499.014	473981.758	836.430	283497.939	473984.653	836.334
0+060	283509.491	473982.252	836.121	283508.392	473985.229	836.222	283507.303	473988.163	836.134
0+070	283518.893	473985.660	835.928	283517.770	473988.701	836.046	283516.569	473991.939	835.964



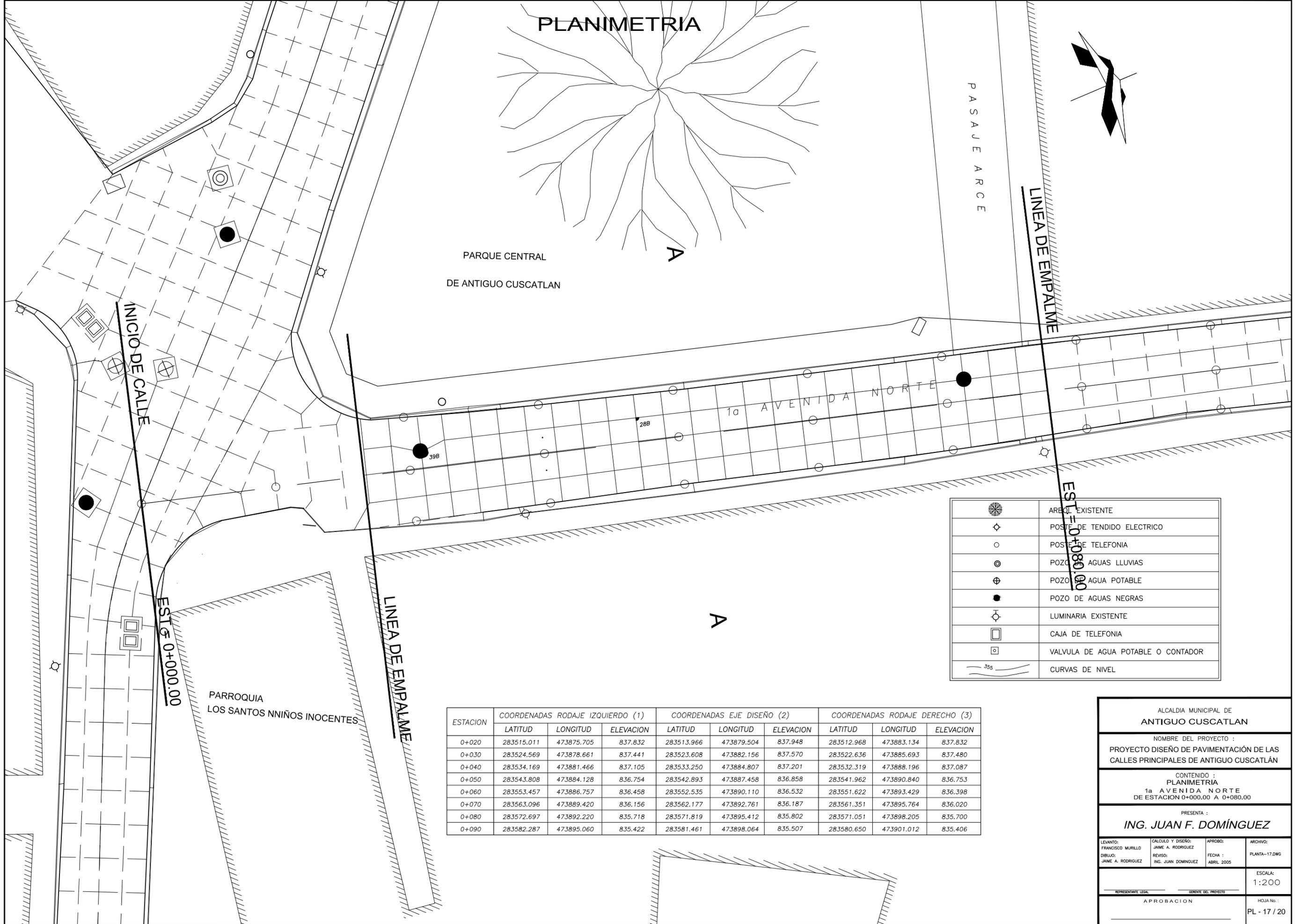
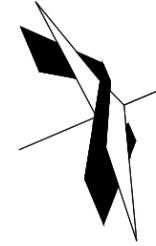
DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:
 ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
 ② EJE DE CARRIL
 ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS

SECCION A-A
 ESC. 1:100

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA NAVAS NORTE Y SUR DE ESTACION -0+010.00 A 0+070.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-16.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: SERENIE DEL PROYECTO			HOJA No. : PL - 16 / 20
APROBACION			

PLANIMETRIA

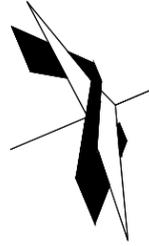


	AREA EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+020	283515.011	473875.705	837.832	283513.966	473879.504	837.948	283512.968	473883.134	837.832
0+030	283524.569	473878.661	837.441	283523.608	473882.156	837.570	283522.636	473885.693	837.480
0+040	283534.169	473881.466	837.105	283533.250	473884.807	837.201	283532.319	473888.196	837.087
0+050	283543.808	473884.128	836.754	283542.893	473887.458	836.858	283541.962	473890.840	836.753
0+060	283553.457	473886.757	836.458	283552.535	473890.110	836.532	283551.622	473893.429	836.398
0+070	283563.096	473889.420	836.156	283562.177	473892.761	836.187	283561.351	473895.764	836.020
0+080	283572.697	473892.220	835.718	283571.819	473895.412	835.802	283571.051	473898.205	835.700
0+090	283582.287	473895.060	835.422	283581.461	473898.064	835.507	283580.650	473901.012	835.406

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 1a AVENIDA NORTE DE ESTACION 0+000.00 A 0+080.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-17.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____ GERENTE DEL PROYECTO _____			HOJA No. : PL - 17 / 20
APROBACION _____			

PLANIMETRIA



PARQUE CENTRAL
DE ANTIGUO CUSCATLAN

PASAJE ARCE

DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETETA

SECCION A-A
ESC. 1:100

LINEA DE EMPALME

FIN DE CALLE

1a AVENIDA NORTE

LINEA DE EMPALME

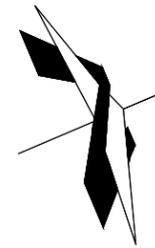
EST. 0+402.549

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+020	283515.011	473875.705	837.832	283513.966	473879.504	837.948	283512.968	473883.134	837.832
0+030	283524.569	473878.661	837.441	283523.608	473882.156	837.570	283522.636	473885.693	837.480
0+040	283534.169	473881.466	837.105	283533.250	473884.807	837.201	283532.319	473888.196	837.087
0+050	283543.808	473884.128	836.754	283542.893	473887.458	836.858	283541.962	473890.840	836.753
0+060	283553.457	473886.757	836.458	283552.535	473890.110	836.532	283551.622	473893.429	836.398
0+070	283563.096	473889.420	836.156	283562.177	473892.761	836.187	283561.351	473895.764	836.020
0+080	283572.697	473892.220	835.718	283571.819	473895.412	835.802	283571.051	473898.205	835.700
0+090	283582.287	473895.060	835.422	283581.461	473898.064	835.507	283580.650	473901.012	835.406

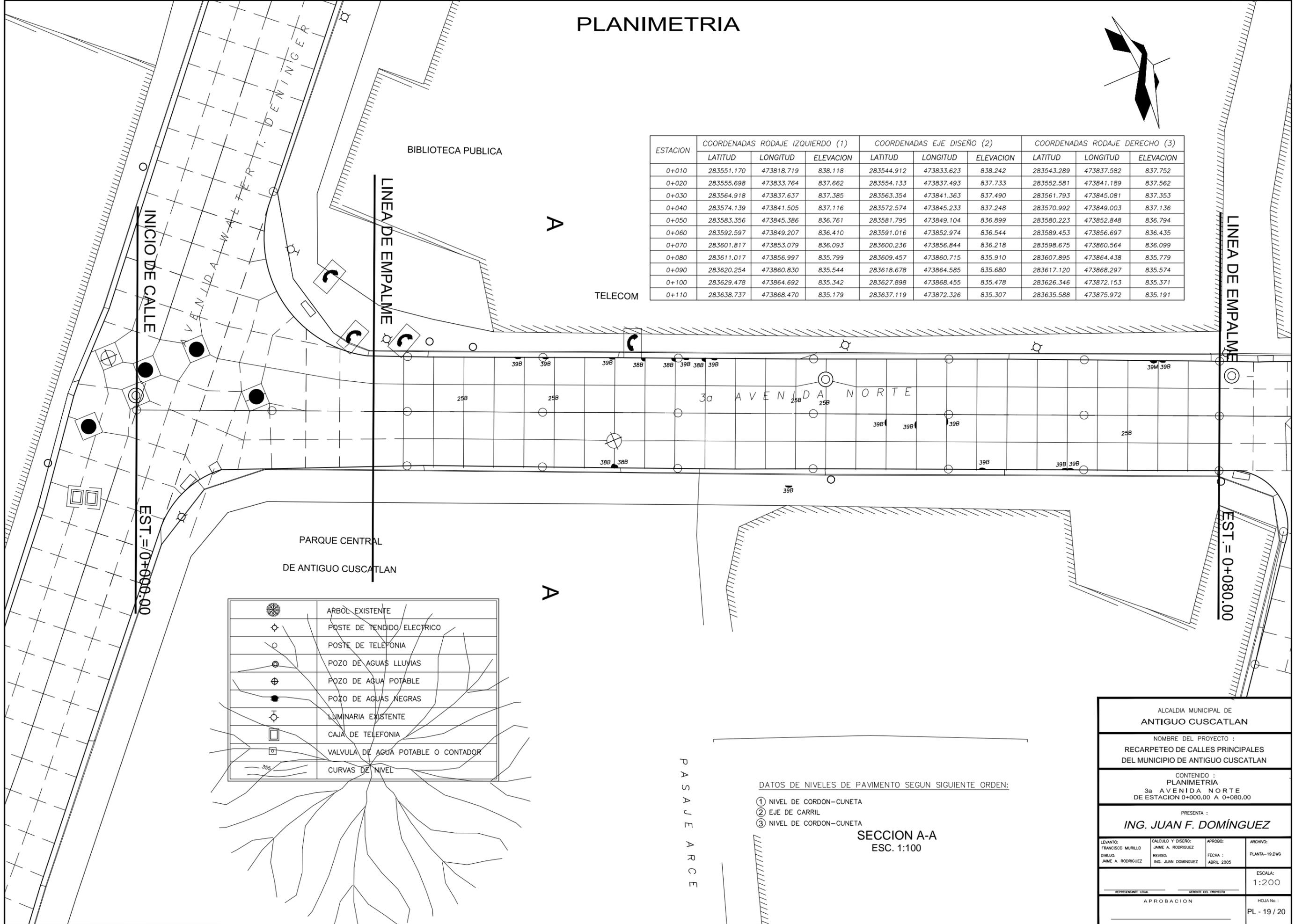
	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 1a AVENIDA NORTE DE ESTACION 0+080.00 A 0+090.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURLLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-18.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL:		SERENIE DEL PROYECTO	
APROBACION		HOJA No. : PL - 18 / 20	

PLANIMETRIA



ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+010	283551.170	473818.719	838.118	283544.912	473833.623	838.242	283543.289	473837.582	837.752
0+020	283555.698	473833.764	837.662	283554.133	473837.493	837.733	283552.581	473841.189	837.562
0+030	283564.918	473837.637	837.385	283563.354	473841.363	837.490	283561.793	473845.081	837.353
0+040	283574.139	473841.505	837.116	283572.574	473845.233	837.248	283570.992	473849.003	837.136
0+050	283583.356	473845.386	836.761	283581.795	473849.104	836.899	283580.223	473852.848	836.794
0+060	283592.597	473849.207	836.410	283591.016	473852.974	836.544	283589.453	473856.697	836.435
0+070	283601.817	473853.079	836.093	283600.236	473856.844	836.218	283598.675	473860.564	836.099
0+080	283611.017	473856.997	835.799	283609.457	473860.715	835.910	283607.895	473864.438	835.779
0+090	283620.254	473860.830	835.544	283618.678	473864.585	835.680	283617.120	473868.297	835.574
0+100	283629.478	473864.692	835.342	283627.898	473868.455	835.478	283626.346	473872.153	835.371
0+110	283638.737	473868.470	835.179	283637.119	473872.326	835.307	283635.588	473875.972	835.191



	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS

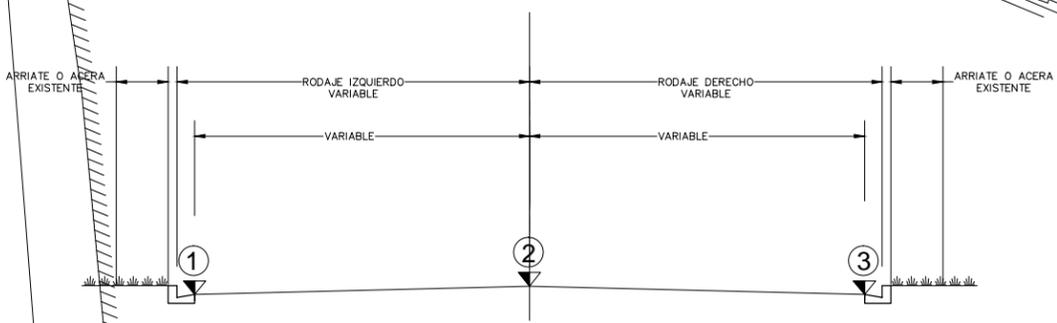
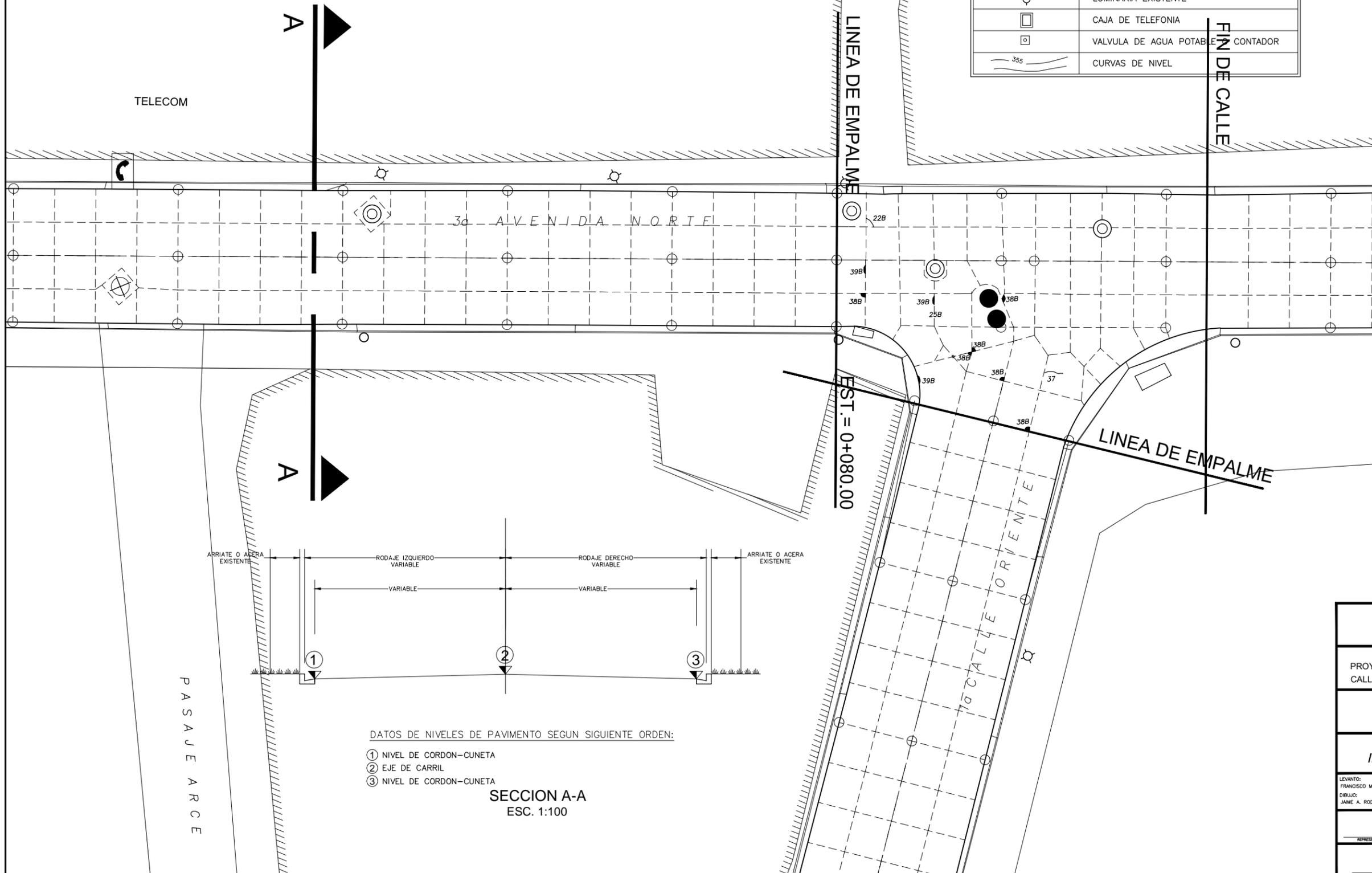
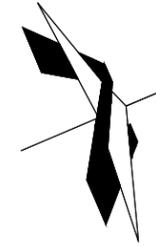
SECCION A-A
ESC. 1:100

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : RECARPETEO DE CALLES PRINCIPALES DEL MUNICIPIO DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 3a AVENIDA NORTE DE ESTACION 0+000.00 A 0+080.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-19.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: APROBACION			HOJA No. : PL - 19 / 20

PLANIMETRIA

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+080	283611.017	473856.997	835.799	283609.457	473860.715	835.910	283607.895	473864.438	835.779
0+090	283620.254	473860.830	835.544	283618.678	473864.585	835.680	283617.120	473868.297	835.574
0+100	283629.478	473864.692	835.342	283627.898	473868.455	835.478	283626.346	473872.153	835.371
0+110	283638.737	473868.470	835.179	283637.119	473872.326	835.307	283635.588	473875.972	835.191

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE
	CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL



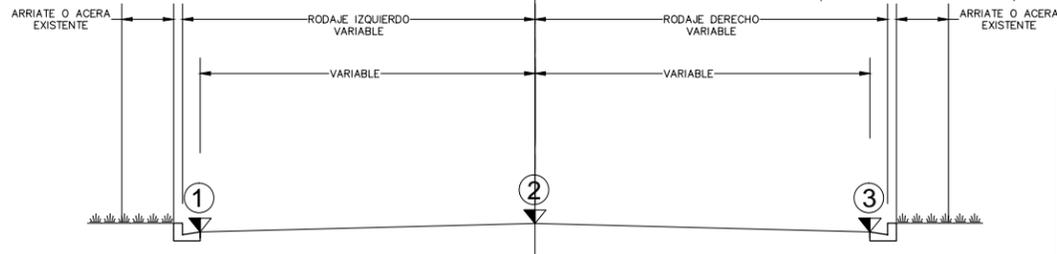
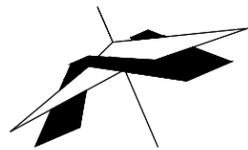
DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS

SECCION A-A
ESC. 1:100

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 3a AVENIDA NORTE DE ESTACION 0+080.00 A 0+110.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-20.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____			HOJA No. : PL - 20 / 20
APROBACION			

PLANIMETRIA

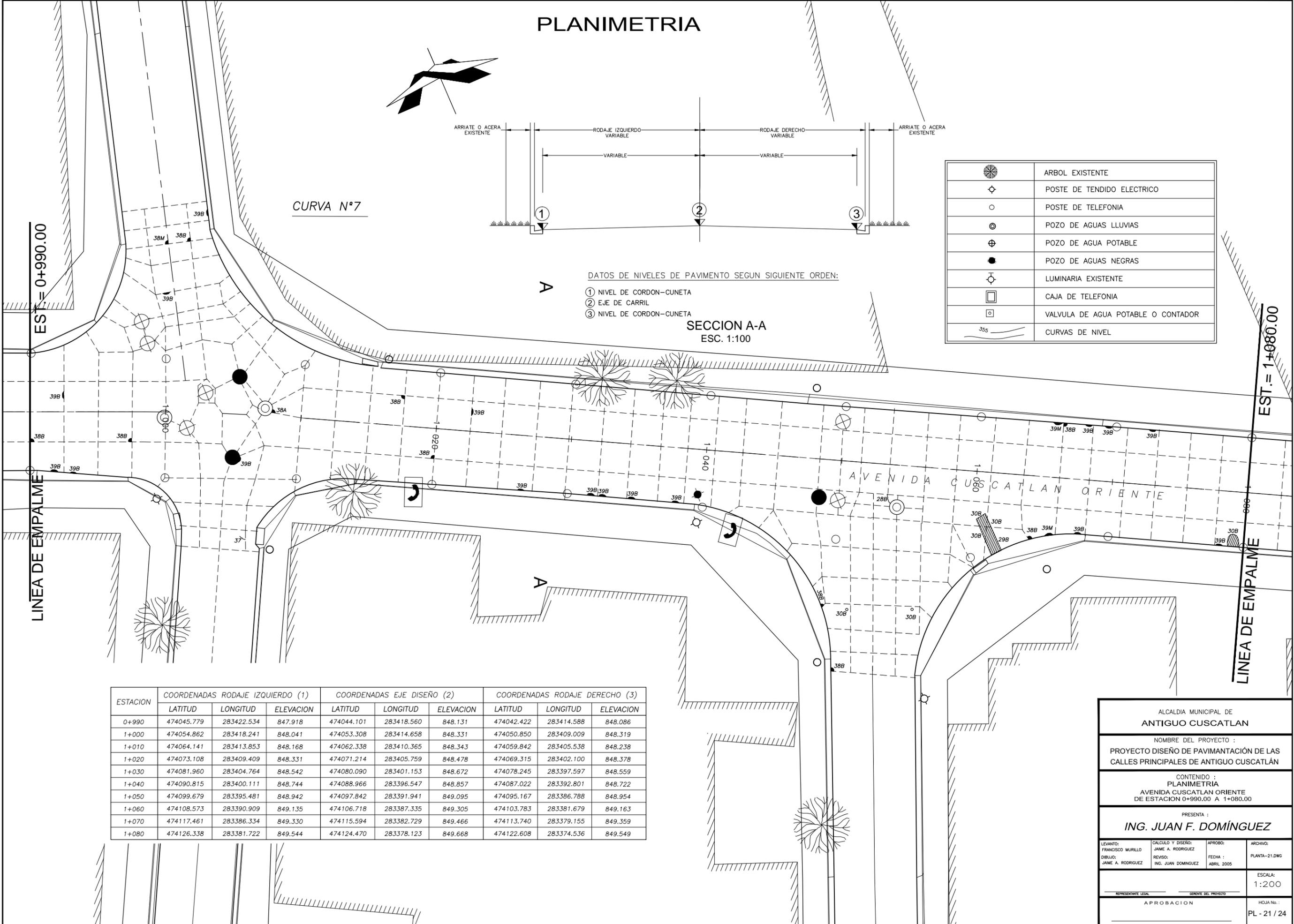


	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETETA

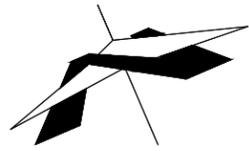
SECCION A-A
ESC. 1:100



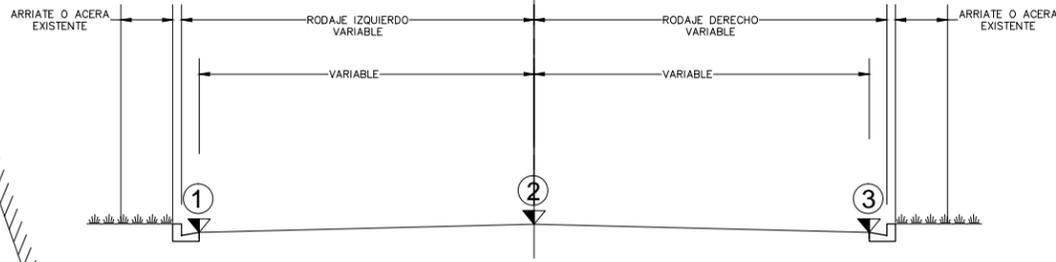
ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+990	474045.779	283422.534	847.918	474044.101	283418.560	848.131	474042.422	283414.588	848.086
1+000	474054.862	283418.241	848.041	474053.308	283414.658	848.331	474050.850	283409.009	848.319
1+010	474064.141	283413.853	848.168	474062.338	283410.365	848.343	474059.842	283405.538	848.238
1+020	474073.108	283409.409	848.331	474071.214	283405.759	848.478	474069.315	283402.100	848.378
1+030	474081.960	283404.764	848.542	474080.090	283401.153	848.672	474078.245	283397.597	848.559
1+040	474090.815	283400.111	848.744	474088.966	283396.547	848.857	474087.022	283392.801	848.722
1+050	474099.679	283395.481	848.942	474097.842	283391.941	849.095	474095.167	283386.788	848.954
1+060	474108.573	283390.909	849.135	474106.718	283387.335	849.305	474103.783	283381.679	849.163
1+070	474117.461	283386.334	849.330	474115.594	283382.729	849.466	474113.740	283379.155	849.359
1+080	474126.338	283381.722	849.544	474124.470	283378.123	849.668	474122.608	283374.536	849.549

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA CUSCATLAN ORIENTE DE ESTACION 0+990.00 A 1+080.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-21.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____		GERENTE DEL PROYECTO: _____	
APROBACION		HOJA No. : PL - 21 / 24	

PLANIMETRIA



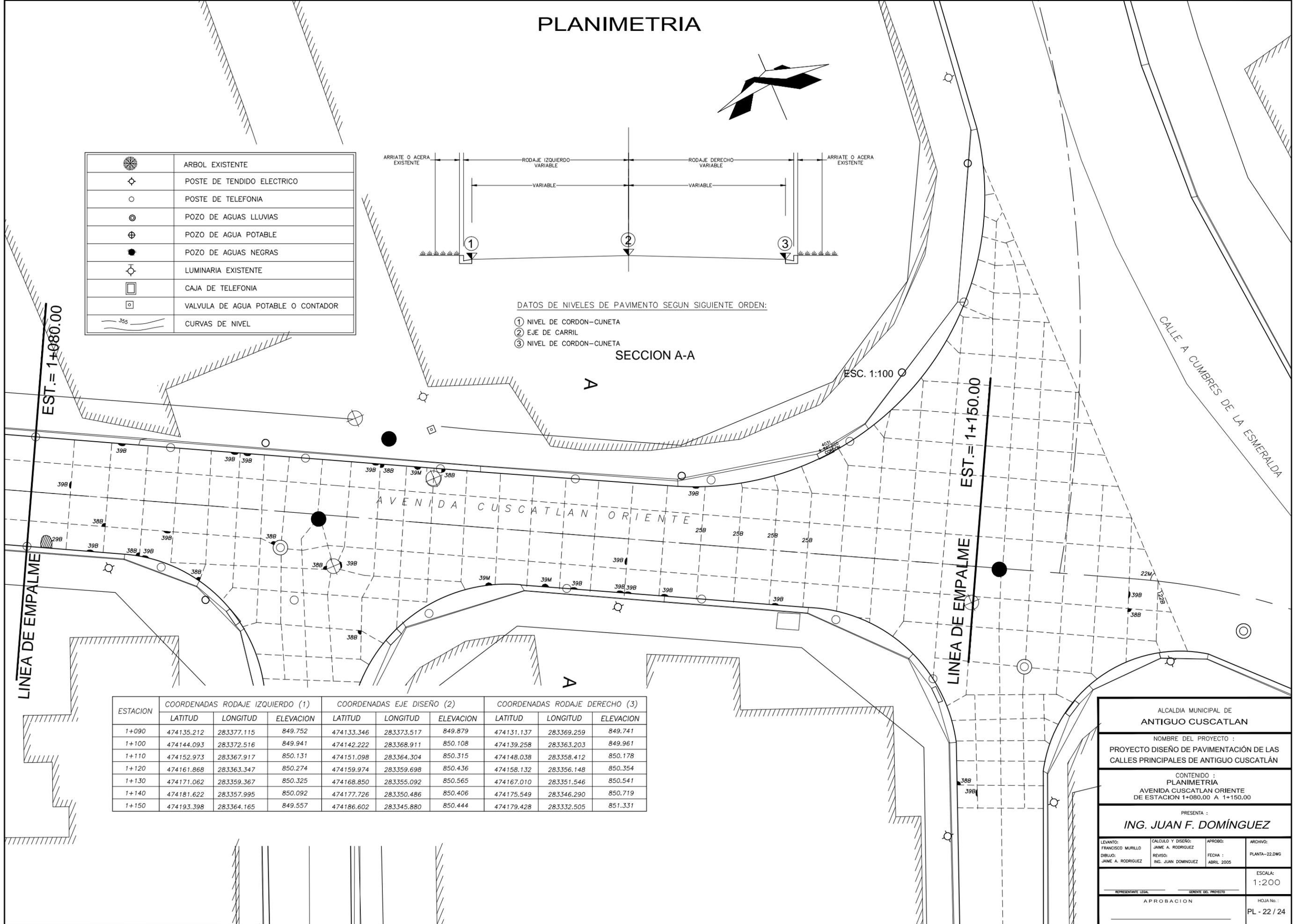
	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETA

SECCION A-A

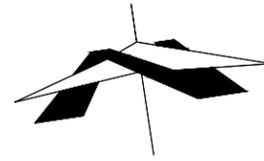


ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
1+090	474135.212	283377.115	849.752	474133.346	283373.517	849.879	474131.137	283369.259	849.741
1+100	474144.093	283372.516	849.941	474142.222	283368.911	850.108	474139.258	283363.203	849.961
1+110	474152.973	283367.917	850.131	474151.098	283364.304	850.315	474148.038	283358.412	850.178
1+120	474161.868	283363.347	850.274	474159.974	283359.698	850.436	474158.132	283356.148	850.354
1+130	474171.062	283359.367	850.325	474168.850	283355.092	850.565	474167.010	283351.546	850.541
1+140	474181.622	283357.995	850.092	474177.726	283350.486	850.406	474175.549	283346.290	850.719
1+150	474193.398	283364.165	849.557	474186.602	283345.880	850.444	474179.428	283332.505	851.331

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLÁN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA AVENIDA CUSCATLAN ORIENTE DE ESTACION 1+080.00 A 1+150.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-22.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____			HOJA No. : PL - 22 / 24
APROBACION			

PLANIMETRIA

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

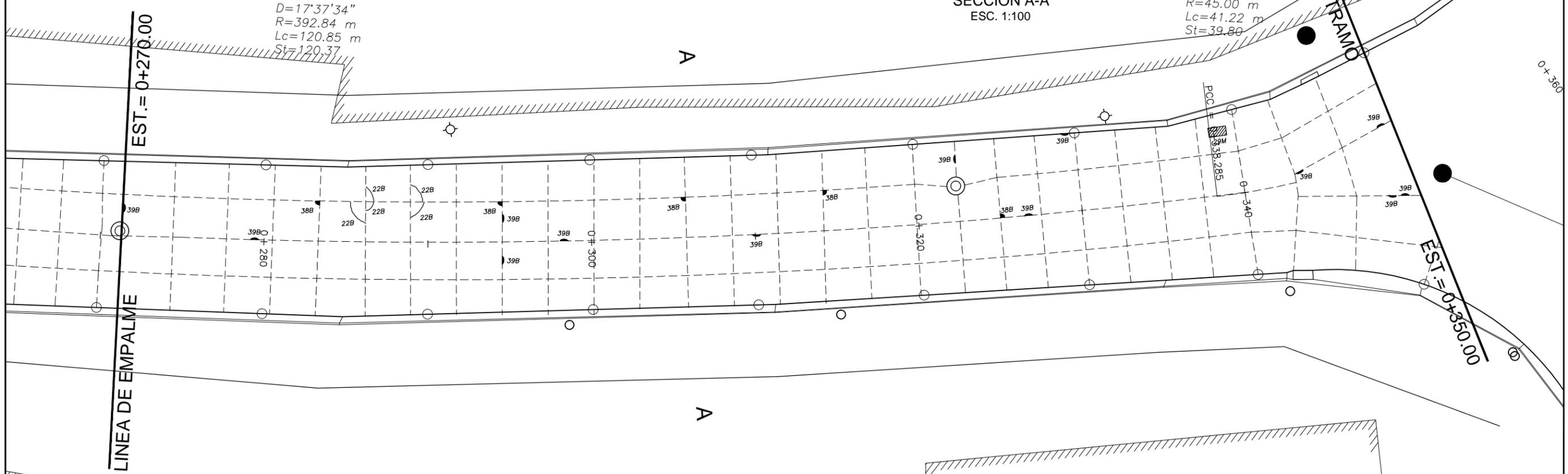


DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETA
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETA

SECCION A-A
ESC. 1:100

$D=52^{\circ}29'20''$
 $R=45.00\text{ m}$
 $Lc=41.22\text{ m}$
 $St=39.80$



ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+270	474096.696	283490.663	837.161	474095.827	283486.203	837.273	474094.947	283481.879	837.117
0+280	474106.443	283489.028	837.047	474105.665	283484.415	837.186	474104.936	283480.087	837.052
0+290	474116.228	283487.663	836.902	474115.546	283482.879	837.048	474114.942	283478.640	836.920
0+300	474126.039	283486.572	836.725	474125.463	283481.594	836.862	474124.987	283477.514	836.725
0+310	474135.856	283485.481	836.548	474135.410	283480.563	836.676	474135.030	283476.389	836.530
0+320	474145.703	283484.756	836.399	474145.379	283479.784	836.526	474145.103	283475.565	836.377
0+330	474155.556	283484.072	836.254	474155.365	283479.260	836.381	474155.186	283474.775	836.229
0+340	474165.262	283484.142	836.120	474165.361	283479.019	836.266	474165.459	283473.973	836.107
0+350	474173.748	283486.435	836.052	474175.256	283480.319	836.347	474177.847	283469.745	836.641

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 1a CALLE ORIENTE DE ESTACION 0+270.00 A 0+350.00			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIME A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-23.DWG
DIBUJO: JAIME A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL: _____ GERENTE DEL PROYECTO			HOJA No. : PL - 23 / 24
APROBACION			

PLANIMETRIA



DATOS DE NIVELES DE PAVIMENTO SEGUN SIGUIENTE ORDEN:

- ① NIVEL DE CORDON-CUNETAS
- ② EJE DE CARRIL
- ③ NIVEL DE CORDON-CUNETAS

SECCION A-A
ESC. 1:100

EST. = 0+000.00
INICIO DE TRAMO

AVENIDA CUSCATLAN ORIENTE

LINEA DE EMPALME

A

AVENIDA NORTE

LINEA DE EMPALME

EST. = 0+079.522
FIN DE TRAMO

1a CALLE ORIENTE

ESTACION	COORDENADAS RODAJE IZQUIERDO (1)			COORDENADAS EJE DISEÑO (2)			COORDENADAS RODAJE DERECHO (3)		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
0+090	283570.300	473940.188	835.036	283566.609	473937.427	835.178	283562.916	473934.665	835.043
0+100	283564.309	473948.194	835.173	283560.619	473945.435	835.307	283556.930	473942.676	835.164
0+110	283558.307	473956.193	835.303	283554.630	473953.443	835.443	283550.919	473950.667	835.307
0+120	283552.301	473964.189	835.431	283548.641	473961.451	835.580	283544.906	473958.658	835.452
0+130	283546.320	473972.203	835.572	283542.651	473969.459	835.706	283538.927	473966.674	835.564
0+140	283540.327	473980.208	835.712	283536.662	473977.467	835.840	283532.938	473974.681	835.691
0+150	283534.340	473988.179	835.849	283530.676	473985.478	835.978	283526.921	473982.709	835.830
0+160	283528.716	473996.191	835.950	283524.930	473993.661	836.089	283521.118	473991.113	835.953
0+170	283523.581	474004.523	836.059	283519.567	474002.100	836.202	283515.613	473999.713	836.066
0+180	283518.835	474013.075	836.177	283514.598	474010.777	836.318	283510.763	474008.697	836.183

	ARBOL EXISTENTE
	POSTE DE TENDIDO ELECTRICO
	POSTE DE TELEFONIA
	POZO DE AGUAS LLUVIAS
	POZO DE AGUA POTABLE
	POZO DE AGUAS NEGRAS
	LUMINARIA EXISTENTE
	CAJA DE TELEFONIA
	VALVULA DE AGUA POTABLE O CONTADOR
	CURVAS DE NIVEL

ALCALDIA MUNICIPAL DE ANTIGUO CUSCATLAN			
NOMBRE DEL PROYECTO : PROYECTO DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES PRINCIPALES DE ANTIGUO CUSCATLAN			
CONTENIDO : PLANIMETRIA 2a AVENIDA NORTE DE ESTACION 0+000.00 A 0+079.52			
PRESENTA : ING. JUAN F. DOMÍNGUEZ			
LEVANTO: FRANCISCO MURILLO	CALCULO Y DISEÑO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	APROBO: ING. JUAN DOMINGUEZ	ARCHIVO: PLANTA-24.DWG
DIBUJO: JAIMÉ A. RODRIGUEZ	REVISO: ING. JUAN DOMINGUEZ	FECHA : ABRIL 2005	ESCALA: 1:200
REPRESENTANTE LEGAL:		SERENIE DEL PROYECTO	
APROBACION		HOJA No. : PL - 24 / 24	