

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
SECCION DE INGENIERIA CIVIL**



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

TRABAJO DE GRADO:
“PROPUESTA DE INTERSECCION ENTRE CA-7 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZAN”

PRESENTADO POR:
LUNA ROMERO RITA VANESSA
MERINO PALACIOS CESAR OMAR
MURILLO MUÑOZ ALICIA TERESA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:

ING. RIGOBERTO LOPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, MARZO 2016

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
SECCION DE INGENIERIA CIVIL**



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

TRABAJO DE GRADO:
"PROPUESTA DE INTERSECCION ENTRE CA-7 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZAN"

PRESENTADO POR:
LUNA ROMERO RITA VANESSA
MERINO PALACIOS CESAR OMAR
MURILLO MUÑOZ ALICIA TERESA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:

ING. RIGOBERTO LOPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, MARZO 2016

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

LIC. LUIS ARGUETA ANTILLON

RECTOR INTERINO

VICE-RECTORA ACADEMICA

DRA. ANA LETICIA ZAVALETA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL INTERINA

LIC. NORA BEATRIZ MELENDEZ

FISCAL GENERAL INTERINA

ING. CARLOS ARMANDO VILLALTA

VICERECTOR ADMINISTRATIVO INTERINO

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

ING. JOAQUIN ORLANDO MACHUCA

DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DIAZ

VICE-DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNANDEZ

SECRETARIO

MTRA. ELBA MARGARITA BERRIOS CASTILLO

DIRECTORA GENERAL DE PROCESO DE GRADUACION



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por prestarnos vida y salud, por darnos la sabiduría y la fuerza de voluntad para poder terminar nuestro trabajo de graduación.

A los ingenieros Sergio Motto y Francisco Cruz por su valiosa colaboración, asesoría y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

A nuestro asesor Ing. Rigoberto López por compartirnos sus conocimientos en las diferentes áreas de aplicación de la carrera.

A nuestros familiares, amigos y compañeros de carrera: Joseline Reyes, Alber Ramírez, Edwin Rivera, Rene Claros, Ricardo Pacas, Fernando Maradiaga, Marcela Salmerón, Haydee Antonio, Kathya Paiz, Gustavo Polio y Wilmer Umazor; por su apoyo incondicional en todas las facetas del desarrollo del proyecto de graduación.

A las empresas que colaboraron con el aporte de instrumentos y equipo para ensayos de laboratorio, CONSTRUEQUIPOS S.A. DE C.V., ASP CONSULTORES S.A. DE C.V., Y LIMAX S.A. DE C.V., gracias por su gran aporte.

En final a todos aquellos que de alguna u otra manera colaboraron para poder realizar con éxito este trabajo de graduación.



DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO: Por permitirme culminar mis estudios universitarios, por ser la mano que me sostuvo y me lleno de sabiduría y fortaleza en todo momento.

A MIS PADRES: Ana Jacinta Romero y Santos Fermín Luna por todos sus consejos, esfuerzos y los sacrificios que realizaron; y principalmente por enseñarme con su ejemplo a esforzarme día con día por cumplir mis objetivos.

A MI HERMANA: Ana Mabel Luna, por ser mi mejor amiga y mi apoyo incondicional, mi compañera de desvelos y mi motivo para seguir siendo mejor persona.

A HERSON HERNANDEZ: por su apoyo, comprensión y cariño, por sus palabras de aliento y motivarme a seguir adelante en los momentos difíciles.

A MIS AMIGAS: Joseline Reyes y Alicia Murillo por ser como mis hermanas y apoyarme incondicionalmente; por todas las pruebas que superamos juntas y que nos unieron aún más. Las quiero y aprecio bastante.

A MI GRUPO: Por su ayuda, comprensión y esmero en cumplir nuestros objetivos, agradezco grandemente sus esfuerzos individuales, sin ustedes esto no hubiese sido posible. A seguir cosechando más éxitos.

VANESSA LUNA



DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: Por darme la fortaleza y el entendimiento para llegar a ver finalizada mi carrera.

A MI MADRE: Iris Orena Palacios Quintanilla, agradezco por ser el pilar más fundamental en mi vida, por todo su amor, sacrificio, confianza, apoyo moral y económico, por ayudarme a ser la persona que soy hoy en día y por demostrarme que los sueños se pueden cumplir.

A MI HERMANA: Katherine Melissa, por su compañía y paciencia.

A MI PADRASTRO: José Leonel Quintanilla, por su apoyo incondicional y creer en mí.

A MI FAMILIA: Fuente de apoyo en toda mi vida y más aún en mis años de carrera profesional. A mis primos por verme como un ejemplo a seguir.

A MI TIA: Ana Ruth Palacios, por estar siempre dispuesta ayudarme, por su apoyo en toda mi carrera y por motivarme cada día a seguir adelante.

A MIS ABUELOS: Por todos sus sabios consejos en especial a mi Abuela que desde el cielo me cuida y estaría feliz y orgullosa de haberme realizado.

A MIS AMIGOS: Ricardo Rivera, Nestor Zelaya, Jorge, Alex Guevara, Roberto Chicas, Christian Rojas, Juan Andrade, Erick Castro, Francisco Mejía, Daniel Medrano entre otros con quienes compartí muchas noches de desvelos, gracias por su amistad que será para siempre.

A MI GRUPO: Vanessa Luna y Alicia Murillo, por su apoyo, comprensión y su gran esfuerzo en el trabajo que realizaron. Gracias.

CESAR MERINO



DEDICATORIA

CON RESPETO A DIOS TODOPODEROSO: Por escuchar siempre mis oraciones, guiarme, darme fuerza y motivación para poder cumplir mi meta profesional.

CON AMOR A MIS PADRES: Nelson Murillo y Roxana Muñoz, por ser mi apoyo en todo momento, por demostrarme todo ese amor, cariño, comprensión y dedicación cada día para poder cumplir mi meta, por ser los primeros en confiar en mí, dándome con hechos el mejor ejemplo de superación, de vida, de amor... Por ser el motivo para seguir esforzándome... Los amo.

CON AMOR A MIS HERMANOS: Nelson Murillo, Carlos Murillo, Herberth Murillo y Luis Alonso Recinos por ayudarme, aconsejarme, apoyarme en todo lo que he necesitado dando siempre el 100%.

CON AMOR A MIS ABUELOS: Por brindarme ese amor y apoyo que fue fundamental para lograr mi objetivo, y que seguirá siendo fundamental en mi vida.

CON AMOR A MI FAMILIA: Mi tía María de la Paz, primos Pedro, Hugo y David, cuñadas, y sobrinos, que de alguna forma me asesoraron y aportaron en gran medida el culminar de mi carrera.

CON AMOR A MIS AMIGAS: Joseline Reyes, Vanessa Luna y Gladys Quintanilla por demostrarme una amistad sin condiciones, desde el inicio de mi carrera hasta el final, siendo este logro, un logro para ellas también.

CON CARIÑO A MI EQUIPO BASKET 4US: Por ser más que un equipo, una familia que en momentos de estrés, desesperación y desmotivación se convirtieron en motor de arranque, gracias especiales a Silvia Martínez, Yesenia Guevara y a lo lejos a Silvia Rodríguez y Sandra Gutiérrez.

ALICIA MURILLO



ÍNDICE DE CONTENIDO.

Introducción.....	i
Capítulo I: Perfil del proyecto.....	41
1.0 Definición y planteamiento del problema.....	41
1.0.1 Antecedentes del problema.....	41
1.0.1.1 CA07: San Miguel - San Francisco Gotera – Perquín.....	41
1.0.1.2 RN 18: CA 07 – Santa Rosa de Lima – CA01.....	42
1.0.2 Enunciado del problema.....	45
1.0.3 Planteamiento del problema.....	46
1.0.4 Justificación.....	47
1.1 Objetivos.....	50
1.1.1 Objetivo General.....	50
1.1.2 Objetivos Específicos.....	50
1.2 Alcances y limitantes.....	51
1.2.1 Alcances.....	51
1.2.2 Limitantes.....	53
1.2 Metodología de la investigación.....	55
1.3.1 Tipo de investigación.....	55
1.4.2 Metodología.....	55
1.4.2.1 Situación actual.....	55
1.4.2.2 Evaluación de la intersección.....	57
1.4.2.3 Metodología.....	57
1.4.2.4 Diseño de propuesta.....	58
Capítulo II: Marco Referencial.....	59
2.1 Marco conceptual.....	59
2.2 Marco legal.....	63
2.2.1 Ley de carreteras y caminos vecinales.....	63
2.2.2 Ley de transporte tránsito y seguridad vial.....	64
2.2.3 Ley de tránsito n° 18.290.....	65
2.2.4 Ley especial de transporte de carga por carretera.....	67



2.2.5 Reglamento general de tránsito y seguridad vial.....	68
2.2.6 Normas ambientales específicas para obras viales.....	70
2.2.7 Ley de medio ambiente (decreto no.233).....	71
2.2.8 Ley de minería (decreto no. 544).	71
2.2.9 Ley forestal (decreto no. 852)	72
2.2.10 Reglamento general de la ley de medio ambiente.....	72
2.2.11 Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental (decreto no. 40).	72
2.2.12 Ley especial de protección al patrimonio cultural de el salvador (decreto no. 513).	72
2.2.13 Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras.	73
2.2.14 Normas ambientales para las diferentes etapas del ciclo vial.	74
2.2.15 Normas ambientales para la etapa de planificación.	74
2.2.16 Normas ambientales para la etapa de diseño.	75
2.2.17 Normas ambientales para la etapa de construcción.....	76
2.2.18 Normas ambientales para la etapa de operación o vialidad.	77
2.3 Marco Referencial.	77
2.3.1 Diseño geométrico de carreteras.	77
2.3.1.1 Intersecciones.	77
2.3.1.2 Proceso de selección del diseño.	78
2.3.1.3 Criterios de diseño.....	79
2.3.1.4 Orientaciones básicas para el alineamiento horizontal.	79
2.3.1.5 Visibilidad de cruce.....	80
2.3.1.6 Islas.....	80
2.3.1.7 Intersecciones rotatorias.	81
2.3.1.8 Tipos de rotondas.....	83
2.3.1.9 Capacidad de intersección rotatoria.	83
2.3.1.10 Elementos de diseño en rotondas.	84
2.3.1.11 Aspectos estéticos del trazado.	86
2.3.1.12 Control de parada y preferencia.	86



2.3.2	Análisis de Transito.....	86
2.3.2.1	Volumen.....	87
2.3.2.2	Capacidad.....	89
2.3.3	Consideraciones para el diseño de pavimento.....	90
2.3.3.1	Análisis de tránsito.....	92
2.3.3.2	Evaluación de subrasantes.....	95
2.3.3.3	Clasificación de suelos.....	96
2.3.3.1	Ensayos de suelos.....	97
2.3.4	Elementos de la estructura de pavimento.....	97
3.3.4.1	Subrasante.....	98
3.3.4.2	Subbase.....	98
3.3.4.3	Base.....	99
2.3.4.4	Productos estabilizadores.....	100
2.3.4.5	Materiales bituminosos.....	100
2.3.3.6	Superficies de rodadura.....	101
2.3.5	Capas asfálticas.....	101
2.3.5.1	Mezcla asfáltica en caliente.....	101
2.3.6	Drenajes.....	103
2.3.6.1	Consideraciones de drenaje en el diseño de pavimentos.....	104
2.3.6.2	Selecciones del coeficiente.....	104
2.3.6.3	Coeficiente de drenaje AASHTO.....	104
2.3.6.4	Análisis de drenaje.....	105
2.3.7	Diseño de espesores.....	105
2.3.8	Pavimentos flexibles.....	105
2.3.7.1	Método de AASHTO.....	106
2.3.9	Señalización de tránsito.....	108
2.3.9.1	Generalidades.....	108
2.3.9.2	Códigos de colores.....	109
2.3.9.3	Señales verticales.....	110
2.3.9.4	Clasificación de las señales.....	111



2.3.9.5 Diseño.....	111
2.3.9.6 Formas.....	112
2.3.9.7 Visibilidad Diurna y Nocturna.....	112
2.3.9.10 Señales Elevadas.....	113
2.3.10 Señales de reglamentación.....	113
2.3.10.1 Clasificación de las señales de Reglamentación.....	114
2.3.11 Señales de prevención.....	115
2.3.11.1 Clasificación de las Señales de Prevención.....	115
2.3.12 Señales de información.....	116
2.3.12.1 Clasificación de Señales de Información.....	116
2.3.13 Demarcación en el pavimento.....	117
2.3.13.1 Clasificación.....	117
2.3.13.2 Materiales.....	117
2.3.13.3 Colores.....	118
2.3.13.4 Líneas longitudinales.....	118
2.3.13.5 Marcas transversales.....	120
2.3.13.6 Marcas incrustadas en el pavimento.....	120
2.3.13.7 Reflectorización.....	120
2.3.13.8 Líneas de peatones.....	120
2.3.14 Demarcación de islas en el pavimento.....	121
2.3.14.1 Clasificación.....	121
Capítulo III: Situación Actual.....	122
3.1 Ubicación Geográfica.....	122
3.2 Dimensiones de la Intersección.....	123
3.3 Estructuras Hidráulicas Existentes en la Intersección.....	124
3.3.1 Canaletas.....	124
3.3.1.2 Descripción.....	124
3.4 Estado de la Capa de Rodadura de la Intersección.....	128
2.3.3 De San Miguel a Desvío.....	129
3.4.1.1 Descripción.....	129



3.4.1.2 Fallas sobre pavimento.	129
3.4.2 De Desvío a Santa Rosa De Lima.....	131
3.4.2.1 Descripción.	131
3.4.2.2 Fallas sobre pavimento.	131
3.4.3 De Desvío a Morazán.	133
3.4.3.1 Descripción.	133
3.4.3.2 Fallas sobre pavimento.	133
3.4.4 De Desvío a Calle Rural MOR24E.	134
3.4.4.1 Descripción.	134
3.4.4.1 Fallas sobre pavimento.	134
3.5 Señalización Existente en la Intersección.....	135
3.5.1 Señales.....	135
3.5.2 Demarcación en el Pavimento.	137
3.5.3 Obras y dispositivos diversos.....	138
3.6 Estudio Topográfico.	138
3.7 Análisis de tránsito.	140
3.7.1 Conteos históricos.	140
3.7.2 Análisis de las vías que convergen a la zona de estudio.	144
3.7.2.1 Generalidades.....	144
3.7.2.2 Periodos de aforo.	144
3.7.3 Determinación de volúmenes y clasificación vehicular.	146
3.7.4 Calculo del tránsito diario (td).	149
3.7.5 Transito promedio semanal (tpds).....	151
3.7.6 Transito promedio diario anual (tpda).....	153
3.7.8 Proyección del tráfico vehicular.....	155
3.7.8.1 Tasa de crecimiento vehicular.	155
3.7.8.2 Proyección vehicular.	155
3.7.9 Pronóstico de demanda del puerto la unión.	160
3.7.10 Proyección delTPDA incluyendo el incremento del puerto de la unión.	165
3.7.11 Intensidad horaria de cada arteria.....	169



3.7.12 Intensidad horarias por maniobra dentro de la intersección.	178
3.8 Estudio Hidrológico	185
3.8.1 Hidrología	185
3.8.2 Ubicación de la Estación Meteorológica.....	185
3.8.3 Intensidades Máximas de Precipitación.	185
3.8.4 Periodo de retorno.	186
3.8.5 Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).....	186
3.8.6 Criterios Utilizados para el Análisis Hidrológico.	190
3.8.6.1 Ubicación de la cuenca	191
3.8.6.2 Características físicas de la cuenca.	192
3.8.6.3 Determinación de caudal máximo.....	192
3.8.6.4 Tiempo de concentración.	193
3.8.6.5 Periodo de retorno.....	194
3.8.6.6 Intensidades de diseño.....	194
3.8.6.7 Coeficiente de escorrentía.....	194
3.8.6.8 TEMPERATURA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	197
3.9 Perfil ambiental	203
3.9.1 Descripción del proyecto.....	203
3.9.2 Descripción ambiental del área del proyecto.....	204
3.9.2.1 FACTORES FISICO-QUIMICOS.....	204
3.9.2.2 FACTORES BIOLÓGICOS.....	205
3.9.2.3 FACTORES SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES	206
3.9.3 Identificación de Impactos Ambientales	207
3.9.4 Medidas de Mitigación Ambiental.....	208
Capitulo IV: Evaluación de la intersección actual y la propuesta.....	209
4.1 Clasificación de la vía.....	209
4.2 Velocidad de diseño.	210
4.3 Nivel de servicio y capacidad de las arterias.	211
4.3.1 Condiciones ideales para carreteras de dos carriles.	211
4.3.2 Metodología de cálculo.	212



4.3.3 Procedimiento de cálculo del nivel de servicio.	214
Paso 1.....	214
Paso 2.....	218
Paso 3.....	220
Paso 4.....	220
Paso 5.....	221
Paso 6.....	221
4.4 Nivel de servicio de la intersección.....	222
4.4.1 Metodología para determinar el NS de la intersección.	223
4.4.1.1 Datos iniciales necesarios.	223
4.4.1.2 Trafico conflictivo.....	224
4.4.1.3 Longitud crítica de los intervalos.....	225
4.4.1.4 Valores de intervalo crítico.	226
4.4.1.5 Capacidad potencial de un movimiento.	227
4.4.1.6 Efecto de la impedancia.	229
4.4.1.7 Capacidad de los carriles compartidos.	231
4.4.1.8 Criterio del nivel de servicio.....	231
4.4.1.9 Elección del tipo de intersección.....	232
4.4.1.10 Formulario para el análisis de la intersección.	232
4.4.1.11 Secuencia del cálculo.....	234
4.4.1.12 Análisis de intersecciones en T.	234
4.4.1.13 Calculo de capacidad de movimientos.....	235
4.4.1.14 Cálculo de la capacidad de los carriles compartidos y NS.....	235
4.4.2 Determinación del nivel de servicio de la intersección en estudio.	236
4.4.2.1 Ajuste de Volumen.	236
4.4.2.2 Intervalo crítico y capacidad potencial.	238
4.4.3 Análisis geométrico de la intersección actual.....	243
4.4.3.1 Consideraciones para los giros a la izquierda.....	243
4.4.3.2 Visibilidad en la intersección.....	244
4.4.3.3 Velocidad de circulación.	246



4.5 Propuesta de intersección	247
4.5.1 Elección del tipo de intersección	247
4.6 Diseño geométrico de la propuesta de intersección tipo rotonda.....	249
4.6.1 tipos de rotondas.	249
4.6.2 vehículo de diseño.....	250
4.6.3 Velocidad de diseño.....	253
4.6.4 Análisis de datos y determinación de los carriles de entrada.	254
4.6.5 Determinación de la geometría de la rotonda.....	258
4.6.5.1 Diámetro del círculo inscrito.	258
4.6.5.2 Islas splitter.	259
4.6.5.3 ancho de la calzada circulatoria.....	260
4.6.5.4. Ancho de entrada.	261
4.6.5.5 Ancho del delantal o faldones.....	262
4.6.5.6 Hombros o espaldones.....	263
4.6.5.7 Central isla.	263
4.6.5.8 Entrada y alineación enfoque.	264
4.6.5.9 Curvas de salida.....	267
4.6.5.11 carriles de giro a la derecha bypass.	271
4.6.5.12 Gestión de acceso.....	272
4.6.5.13 Bahías para autobuses.....	274
4.6.5.14 Consideraciones verticales.....	275
4.6.6 Método manual de evaluación de capacidad de la propuesta con by pass.	280
4.6.6.1 Capacidad de entrada.	280
4.6.6.2 Relación volumen capacidad.....	284
4.6.6.3 Controles de retraso	285
4.6.6.4 Nivel de servicio para la rotonda propuesta	286
4.6.6.5 Longitudes de cola.	287
4.6.6.6. Capacidad de carril by pass	288
4.6.7 Método manual de evaluación de capacidad de la propuesta 2.	290



4.6.7.1 Capacidad de entrada.....	290
4.6.7.2 Relación volumen capacidad.....	291
4.6.7.3 Controles de retraso.....	292
4.6.7.4 Nivel de servicio para la rotonda propuesta.....	292
4.6.7.5 Longitudes de cola.....	292
Capítulo V: Metodología de la investigación.....	293
5.1 Campaña Geotécnica.....	293
5.1.1 Pasos para la realización de la campaña geotécnica.....	293
5.1.1.1 Reconocimiento geotécnico.....	293
5.1.1.2 Técnicas de reconocimiento.....	294
5.1.1.3 Programa de prospección geotécnica.....	294
5.1.1.4 Informe Final.....	295
5.2 Mecánica de Suelos.....	295
5.2.1 Ensayos de laboratorio.....	295
5.2.1.1 Método de Ensayo Estándar para Análisis por Malla de Agregados Grueso y Fino.....	296
5.2.1.2 Método de Ensayo Estándar para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plástico de Suelos.....	300
5.2.1.3 Sistema de Clasificación de Suelos y Mezclas de Agregado-Suelo para Propósitos de la Construcción de Carreteras.....	304
5.2.1.4 Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por Secado.....	311
5.2.1.5 Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso.....	312
5.2.1.6 Método de ensayo de índice de expansividad en suelos cohesivos.....	316
5.2.1.7 Relación Densidad – Humedad (Proctor modificado).....	321
5.2.1.8 Norma del Método de Prueba para la Relación de Soporte California.....	327
5.3 Diseño de espesores (Método AASHTO).....	334
5.3.1 Determinación del tiempo.....	334
5.3.2 Serviciabilidad.....	334
5.3.3 Calculo de ESAL´s.....	335



5.3.3.1	Calculo del Factor Distribución por Dirección.	337
5.3.3.2	Calculo de Factor de Distribución por Carril.	338
5.3.4	Confiabilidad (R).	338
5.3.5	Desviación normal estándar Z_r	338
5.3.6	Error estándar combinado S_o	339
5.3.7	Módulo de Resilencia (M_r).	340
5.3.8	Coefficientes de Drenaje.	340
5.3.9	Determinación de espesores.	341
Capítulo VI: Resultados, Análisis e Interpretación.....		350
6.1	Campaña geotécnica.	350
6.1.1	Descripción de Calicatas.....	351
	PCA No 1.	351
	PCA No 2.	351
	PCA No 3.	352
	PCA No 4.	354
6.2	Mecánica de suelos.....	354
6.2.1	Ensayos de laboratorio.	355
6.2.2	Método de Ensayo Estándar para Análisis por Malla de Agregados Grueso y Fino.....	355
6.2.3	Método de Ensayo Estándar para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plástico de Suelos.	368
6.2.4	Sistema de Clasificación de Suelos y Mezclas de Agregado-Suelo para Propósitos de la Construcción de Carreteras.....	374
6.2.5	Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso.....	378
6.2.6	Método de ensayo de índice de expansividad en suelos cohesivos.	383
6.2.7	Relación Densidad – Humedad (Proctor modificado).....	388
6.2.8	Norma del Método de Prueba para la Relación de Soporte California...	397
6.3	Análisis e interpretación de resultados.	408
Capítulo VII: Diseño de la Intersección Propuesta.		411
7.1	Diseño de espesores (Método AASHTO).	411



7.1.1 Determinación del tiempo.	411
7.1.2 Serviciabilidad.....	411
7.1.3 Calculo de ESAL´s.....	411
7.1.3.1 Calculo del Factor Distribución por Dirección.	418
7.1.3.2 Calculo de Factor de Distribución por Carril.	419
7.1.4 Confiabilidad (R).	419
7.1.5 Desviación normal estándar (Zr).....	419
7.1.6 Error estándar combinado (S _o)	419
7.1.7 Módulo de Resilencia (Mr).	420
7.1.8 Coeficientes de Drenaje.....	420
7.1.9 Determinación de los espesores de capa.	421
7.1.9.1 Especificaciones y características de los materiales.....	421
7.1.9.2 Coeficiente estructural de capa.	429
7.1.9.3 Numero Estructural.....	432
7.1.9.4 Espesores de capa.....	434
7.1.9.5 Diseño final del pavimento.....	435
7.2 Diseño Hidráulico de Canaletas	435
7.2.1 tipos de sección hidráulica.	436
7.2.2 Rugosidad.	436
7.2.3 Proceso de Diseño Hidráulico.	437
7.3 diseño geométrico de la propuesta.....	441
7.3.1 Evaluación de giro del vehículo de diseño mediante la utilización de software.....	441
7.3.2 Diseño geométrico de la intersección propuesta mediante la utilización de software.....	443
Capítulo VIII: Conclusiones y recomendaciones.	448
8.1 Conclusiones.	448
8.2 Recomendaciones.	450
Anexos	452
Artículos en los periódicos locales y web.....	456
Anexo A - 1. Detalle de intersección actual.....	458



Anexo A – 2. Identificación de daños sobre carpeta asfáltica en la intersección actual.....	460
Anexo A – 3. Curvas de Nivel de la Zona	462
Anexo A – 4 Aforo vehicular de las rutas que convergen a la intersección en estudio.....	464
Anexo A – 5 Registro de precipitación del año 2014.....	472
anexo a – 6 Cuenca de Estudio	483
Anexo A – 7 Diseño de Rotonda.....	485
Anexo A – 8 Factores de equivalentes de carga.....	498
Anexo A – 9 Detalle de Campaña Geotecnica	502
Referencias Bibliográficas.	504



Índice de tablas.

Descripción	No pág.
Tabla 1.0 Vehículos que transitan la intersección.	44
Tabla 1.1 Cuadro cualitativo de riesgo en la intersección.	48
Tabla 2.1 Peso Máximo Permitido por Tipo de Vehículos.	69
Tabla 2.2 Existencia de Normas Ambientales Especificas para Carreteras.	71
Tabla 2.3 Clasificación funcional de las Carreteras Regionales, Volúmenes de Tránsito, Número de Carriles y Tipo de Superficies de Rodadura.	91
Tabla 2.4 Especificaciones del cemento asfaltico.	102
Tabla 2.5 Granulometría del relleno mineral.	103
Tabla 3.1. Alturas de Precipitación Máximas Anuales, Estación Climatológica San Francisco Gotera (Z – 2).	187
Tabla 3.2. Intensidades Máximas Anuales de Precipitación, Estación Climatológica San Francisco Gotera (Z – 2).	188
Tabla 3.3. Intensidades para cada Periodo de Retorno y Duración. Estación San Francisco Gotera Z-2.	189
Tabla 3.4 Coeficientes de escorrentía para el método racional.	195
Tabla 3.5 Temperaturas de mayor incidencia.	197
Tabla 5.1. Cantidad Máxima Admisible de Material Retenido en una Malla, Kg.	296
Tabla 5.2. Nomenclatura del sistema de clasificación de suelos AASHTO.	306
Tabla 5.3. Cálculo del índice de grupo para materiales finos.	308
Tabla 5.4. Clasificación de suelos y mezclas de suelos y agregados.	310
Tabla 5.5. Tamaño de Muestra para Agregado.	311
Tabla 5.6. Cantidad de agregado según su tamaño nominal máximo.	312
Tabla 5.7 Clasificación del Potencial de Expansión de Índice de Expansión, IE.	319
Tabla 5.9. Tiempo requerido para el reposo de especímenes húmedos.	322
Tabla 5.10. Aparato para la Relación de Soporte California (CBR) – Calibración de trípode.	329
Tabla 5.11. Aparato para la Relación de Soporte California (CBR) – calibración de moldes.	329



Descripción	No pág.
Tabla 5.12. Aparato para la Relación de Soporte California (CBR) – Calibración de pie y plato ajustable.	329
Tabla 5.13. Periodos de diseño.	334
Tabla 5.14. Factor de distribución por dirección.	337
Tabla 5.15 Factor de distribución por carril.	338
Tabla 5.16. Niveles de confiabilidad R en función del tipo de carretera	338
Tabla 5.17 Desviación Normal Estándar en función de la confiabilidad	339
Tabla 5.18 Valor percentil por nivel de tránsito.	340
Tabla 5.19. Tiempos de drenaje para capas granulares.	341
Tabla 5.20. Coeficientes de drenaje recomendados por AASHTO.	341
Tabla 5.21. Espesores mínimos sugeridos.	342
Tabla 7.0 Requerimientos para mezclas de concreto asfáltico diseñadas por el método Marshall.	422
Tabla 7.1 Granulometría de agregados para concreto asfáltico en caliente.	423
Tabla 7.2 Granulometría para base y subbase granular.	424
Tabla 7.3 Relación de la temperatura media anual con el número de ejes equivalentes.	425
Tabla 7.4 Gradación de la mezcla de agregados.	426
Tabla 7.5 Diseño de mezclas según el número de ejes equivalentes.	427
Tabla 7.6 Granulometría para subbase granular.	427
Tabla 7.7 Granulometría para base granular.	428



Índice de imágenes.

Descripción	No pág.
Imagen 1.0 Maniobras especiales y de alto riesgo.	47
Imagen 1.1 Vista en planta de intersección desvío a San Francisco Gotera.	47
Imagen 3.1 Canaleta tipo 1.	125
Imagen 3.2 Canaleta tipo 2.	125
Imagen 3.3 Derramadero de canaleta tipo 1 desembocando en predio baldío.	126
Imagen 3.4. Derramadero de intersección de calle rural MOR24E a conectar en canaleta tipo 2.	127
Imagen 3.5. Badén en intersección a calle rural MOR24E.	127
Imagen 3.6 Basura y materiales orgánicos obstruyendo canaletas.	128
Imagen 3.7 Piel de cocodrilo en intersección de CAM-DV.	129
Imagen 3.8. Fisuras horizontales y verticales en intersección de CAM-DV.	130
Imagen 3.9. Grietas de contracción en intersección de CAM-DV.	130
Imagen 3.10. Recarpeteo y desprendimiento en intersección de CAM-DV.	131
Imagen 3.11. Piel de cocodrilo en intersección DV-RN.	131
Imagen 3.12. Fisuras horizontales y verticales en intersección DV-RN.	132
Imagen 3.13. Grietas de contracción en intersección DV-RN.	132
Imagen 3.14. Recarpeteo y desprendimiento en intersección de DV-RN.	133
Imagen 3.15. Piel de cocodrilo en intersección DV-CAG.	133
Imagen 3.16. Estado del pavimento donde no hay hombros.	134
Imagen 3.17. Fisuras horizontales en pavimento hidráulico de calle rural MOR24E.	134
Imagen 3.18. Grietas de contracción en pavimento hidráulico en calle rural MOR24E.	135
Imagen 3.19. Señales de reglamentación preventivas en la zona de influencia.	136
Imagen 3.20. Señales reglamentarias restrictivas en la zona de influencia.	136
Imagen 3.21. Señales reglamentarias informativas en la zona de influencia.	137
Imagen 3.22. Demarcación de isleta en intersección de CAM-DV.	137
Imagen 3.23. Centinelas colocados en isletas.	138



Descripción	No pág.
Imagen 3.24 Mojón 2 ubicado en derecho de vía de la propiedad del Señor Bernabé Flores.	139
Imagen 3.25 Levantamiento topográfico de la propiedad privada y canaleta.	139
Imagen 5.0. Pozo Cielo Abierto # 1 en terreno natural.	352
Imagen 5.1. Pozo Cielo Abierto # 2 en hombre de la carretera RN18.	353
Imagen 5.2. Pozo Cielo Abierto # 3 en terreno natural, sobre isleta	353
Imagen 5.3. Pozo Cielo Abierto # 4 a un costado del eje de rodaje	354



Índice de cuadros.

Descripción	No pág.
Cuadro 3.1 Dimensiones de las carreteras que conectan la intersección.	123
Cuadro 3.2. Área afectada en diseño de nueva intersección.	123
Cuadro 3.3. Transito Promedio Diario Anual de los años 2002, 2003, 2005, 2009 y 2010 de las rutas: CA07N y RN18E.	141
Cuadro 3.4. Transito Promedio Diario Anual del año 2010.	142
Cuadro 3.5 Factores de Expansión.	143
Cuadro 3.6. Aforo vehicular de Ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	147
Cuadro 3.7. Aforo vehicular de Ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO	147
Cuadro 3.8. Aforo vehicular de Ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.	148
Cuadro 3.9. Transito Diario de la Ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	150
Cuadro 3.10: Transito Diario de la Ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.	150
Cuadro 3.11: Transito Diario de la Ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.	150
Cuadro 3.12. Transito Promedio Semanal en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	152
Cuadro 3.13. Transito Promedio Semanal en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.	152
Cuadro 3.14. Transito Promedio Semanal en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.	152
Cuadro 3.15: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	154
Cuadro 3.16: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.	154
Cuadro 3.17: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.	154
Cuadro 3.18: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR) proyectado.	157



Descripción	No pág.
Cuadro 3.19: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO proyectado.	158
Cuadro 3.20: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS proyectado.	159
Cuadro 3.21 Distribución por Puerto por IFC.	161
Cuadro 3.22 proyección de teus del 2012 al 2035.	162
Cuadro 3.23. Proyección de los TEUs según ecuación.	163
Cuadro 3. 24: Cantidad de Vehículos del tipo T3S3 proyectados	164
Cuadro 3.25. Proyección TPDA mas incremento del Puerto de La Unión de ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	166
Cuadro 3.26. Proyección TPDA mas incremento del Puerto de La Unión de ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.	167
Cuadro 3.27. Proyección TPDA mas incremento del Puerto de La Unión de ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.	168
Cuadro 3.28 Volumen en hora punta en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR), día lunes.	169
Cuadro 3.29 Volumen en hora punta en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO, día martes.	169
Cuadro 3.30 Volumen en hora punta en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS, día martes.	169
Cuadro 3.31 Aforo vehicular por carril en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR), día lunes.	172
Cuadro 3.32 Aforo vehicular por carril en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO, día martes.	172
Cuadro 3.33 Aforo vehicular por carril en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS, día martes.	172
Cuadro 3.34 Intensidad por carril en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	173
Cuadro 3.35 Intensidad carril en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.	173



Descripción	No pág.
Cuadro 3.36 Intensidad carril en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.	173
Cuadro 3.37 Intensidad Proyectada por carriles en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	175
Cuadro 3.38 Intensidad Proyectadas por carriles en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.	176
Cuadro 3.39 Intensidad Proyectada por carriles en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.	177
Cuadro 3.40 Volumen por carril en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	178
Cuadro 3.41 Volumen por carril en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO	178
Cuadro 3.42 Volumen por carril en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS	179
Cuadro 3.43 Intensidad punta por carril en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	179
Cuadro 3.44 Intensidad punta por carril en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.	179
Cuadro 3.45 Intensidad punta por carril en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.	180
Cuadro 3.46 Nomenclatura de movimientos dentro de la intersección	181
Cuadro 3.47 Vehículos que entran a la intersección.	182
Cuadro 3.48 Porcentaje de vehículos por maniobras.	182
Cuadro 3.49 Maniobras de los vehículos en la intersección.	183
Cuadro 3.50 Proyección de maniobras de los vehículos en la intersección.	184
Cuadro 3.51 Características físicas de la cuenca.	192
Cuadro 3.52 Tiempo de concentración de la cuenca.	193
Cuadro 3.53 Periodo de retorno para la cuenca.	194
Cuadro 3.54 Coeficiente de escorrentía de la cuenca.	196
Cuadro 3.55 Características finales de cuenca.	196
Cuadro 3.56 Flora representativa identificada en los contornos del proyecto.	205
Cuadro 3.57: Fauna representativa identificada en los contornos del proyecto.	205



Descripción	No pág.
Cuadro 4.1 Clasificación Funcional de las Carreteras.	209
Cuadro 4.2 Niveles de servicio para tramos de carreteras de dos carriles de características geométricas normales. Valores de la relación I/c.	218
Cuadro 4.3 Factor de ajuste del reparto por sentido en tramos de características geométricas normales.	218
Cuadro 4.4 Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes.	219
Cuadro 4.5 Equivalente en vehículos ligeros de camiones, vehículos de recreo y autobuses para carreteras de dos carriles.	219
Cuadro 4.6 Factor de vehículos pesados para cada Nivel de Servicio.	220
Cuadro 4.7 Intensidad de Servicio para cada arteria que converge a la intersección.	221
Cuadro 4.8 Niveles de Servicio de las Arterias	222
Cuadro 4.9 Equivalente en vehículos ligeros para intersecciones sin semáforos.	224
Cuadro 4.10 Criterios de los intervalos críticos en intersecciones sin semáforos.	227
Cuadro 4.11 Criterios de nivel de servicio para intersecciones sin semáforos	232
Cuadro 4.12 Vehículos ligeros por cada maniobra.	237
Cuadro 4.13 Distancia de visibilidad para giros a la derecha e izquierda en intersecciones.	245
Cuadro 4.14 Dimensiones de los vehículos de diseño.	251
Cuadro 4.15 Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño.	252
Cuadro 4.16 Elementos de diseño para rotondas.	253
Cuadro 4.17 Rango de volúmenes para determinar el número de carril.	255
Cuadro 4.18 Intensidades por maniobras en vehículos ligeros equivalentes.	257
Cuadro 4.19 Dimensiones típicas de diámetros de círculos inscritos de rotondas.	259
Cuadro 4.20 Dimensiones típicas de las bahías para el refugio de autobuses	274
Cuadro 4.21 Dimensiones para la rotonda propuesta 1.	279
Cuadro 4.22 Capacidad de entrada en arterias propuesta 1.	284
Cuadro 4.23 Demoras de las arterias de entrada propuesta 1.	285



Descripción	No pág.
Cuadro 4.24 Demoras para las arterias que convergen a la intersección propuesta 1.	286
Cuadro 4.25 Nivel de Servicio de Rotondas.	287
Cuadro 4.26 Nivel de Servicio de la propuesta 1.	287
Cuadro 4.27 Longitud de cola de cada entrada, propuesta 1.	288
Cuadro 4.28 Dimensiones para la rotonda propuesta 2.	289
Cuadro 4.29 Capacidad de entrada en arterias, propuesta 2.	291
Cuadro 4.30 Demoras de las arterias de entrada, propuesta 2.	291
Cuadro 4.31 Demoras para las arterias que convergen a la intersección, propuesta 2.	292
Cuadro 4.32 Nivel de Servicio de la propuesta 2.	292
Cuadro 4.33 Longitud de cola de cada entrada, propuesta 2.	292
Cuadro 5.0. Límite de peso por eje.	336
Cuadro 5.1. Calculo de ESAL's de diseño.	337
Cuadro 6.0. Ubicación de Pozo Cielo Abierto en campaña geotécnica.	351
Cuadro 6.1. Pasante y porcentajes de agregados gruesos.	356
Cuadro 6.2 Humedad del material.	358
Cuadro 6.3 Pasante y porcentajes de material lavado en malla N° 200.	359
Cuadro 6.4 Análisis granulométrico de PCA No 1.	362
Cuadro 6.5 Análisis granulométrico de PCA No 2	364
Cuadro 6.6 Análisis granulométrico de PCA No 4	366
Cuadro 6.7 Limites de consistencia de PCA No 3.	368
Cuadro 6.8 Limites de consistencia de PCA No 1.	371
Cuadro 6.9 Limites de consistencia de PCA No. 2	372
Cuadro 6.10 Limites de consistencia PCA No. 4	373
Cuadro 6.11 Gravedad especifica de PCA No 3.	379
Cuadro 6.12 Gravedad Especifica de PCA No 2.	381
Cuadro 6.13 Gravedad Especifica de PCA No 4.	382
Cuadro 6.14 Valores dados por el edómetro para el PCA No 3.	383



Descripción	No pág.
Cuadro 6.15 Expansión de suelos cohesivos PCA No 1.	385
Cuadro 6.16 Expansión de suelos cohesivos PCA No 2.	386
Cuadro 6.17 Expansión de suelos cohesivos PCA No 4.	387
Cuadro 6.18 Determinación de la humedad de PCA No 3.	388
Cuadro 6.19 Determinación de la relación Densidad-Humedad de PCA No 3.	389
Cuadro 6.20 Valor de Relación Densidad – Humedad de PCA No 1.	391
Cuadro 6.21 Valor de Relación Densidad – Humedad de PCA No 2.	393
Cuadro 6.22 Valor de Relación Densidad – Humedad de PCA No 4.	395
Cuadro 6.23 Determinación de la densidad para CBR del PCA No 3.	397
Cuadro 6.24 Humedades de CBR para PCA No 3.	398
Cuadro 6.25 Saturación para CBR de PCA No 3.	399
Cuadro 6.26 Aplicación de cargas de CBR para PCA No 3.	400
Cuadro 6.27 CBR para PCA No 1.	402
Cuadro 6.28 CBR para PCA No 2.	404
Cuadro 6.29 CBR para PCA No 4.	406
Cuadro 7.0. Límite de peso por eje Según SIECA y MOP.	412
Cuadro 7.1 Factores de carga por interpolación.	414
Cuadro 7.2 Factor de carga para Automóvil	415
Cuadro 7.3 Factor de carga para Pick Up.	415
Cuadro 7.4 Factor de carga para Bús.	415
Cuadro 7.5 Factor de carga para Microbús.	415
Cuadro 7.6 Factor de carga para camión C2.	415
Cuadro 7.8 Factor de carga para camión C3.	415
Cuadro 7.9 Factor de carga para Semirremolque T2-S1.	415
Cuadro 7.10 Factor de carga para Semirremolque T2-S2.	415
Cuadro 7.11 Factor de carga para Semirremolque T3-S2.	415
Cuadro 7.12 factor de carga para camión C4.	416
Cuadro 7.13 Factor de carga para Semirremolque T2-S3.	416
Cuadro 7.14 Factor de carga para Semirremolque T3-S3.	416



Descripción	No pág.
Cuadro 7.15 Cálculo de ESAL'S de diseño.	418
Cuadro 7.16: Dimensiones de las canaletas de las arterias	440
Cuadro 7.17 Dimensiones de las secciones de las arterias	445



Índice de figuras.

Descripción	No pág.
Figura 2.1 Cruce a la izquierda en Intersección.	66
Figura 2.2 Cruce entre intersección de carreteras principales y secundarias.	66
Figura 2.3 Transito en Rotación y señales.	67
Figura 2.4 Tipos de Rotondas.	84
Figura 2.5 Correlación PSI-IRI.	94
Figura 2.6 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos.	98
Figura 2.7 Tipos de superficie de rodadura en pavimentos flexibles.	102
Figura 2.8 Señales de Reglamentación.	114
Figura 2.9 Señales de Prevención.	115
Figura 2.10 Señales de Identificación.	116
Figura 2.11 Líneas Longitudinales en el Pavimento.	119
Figura 2.12 Señalización Peatonal.	121
Figura 2.13 Demarcación en Islas.	121
Figura 3.1 vista en planta de la intersección.	122
Figura 3.2. Canaleta tipo V en zona de influencia.	124
Figura 3.3 Vista en Planta de las estaciones de conteos manuales.	146
Figura 3.4. Estudio de Demanda Portuaria El Salvador, IFC, 2011.	161
Figura 3.5 Movimientos que realizan los vehículos en la intersección.	180
Figura 3.6 Ubicación de estación meteorológica de San Francisco Gotera	185
Figura 3.7 Trazo de la cuenca de incidencia en la intersección	191
Figura 4.1 Conflictos por movimientos de vehículos.	225
Figura 4.2 Capacidad potencial en función del volumen de tráfico conflictivo y la longitud del intervalo crítico.	228
Figura 4.3 Esquema del cálculo de la impedancia.	230
Figura 4.4 Factor de impedancia en función de los movimientos congestionados.	230
Figura 4.5 Nomenclatura para cada movimiento en la intersección.	237
Figura 4.6 Comparación de Intersecciones canalizadas	243
Figura 4.7 Distancia de visibilidad para giros de izquierda y derecha.	246



Descripción	No pág.
Figura 4.8 Tipos de intersecciones para diferentes volúmenes de tránsito.	248
Figura 4.9 Elementos geométricos de una rotonda normal	250
Figura 4.10 Dimensiones del vehículo de diseño (WB-20).	252
Figura 4.11 Esquema de volúmenes de entrada y de tráfico en una rotonda.	254
Figura 4.12 volumen vehicular en la intersección en la hora punta.	255
Figura 4.13 Volúmenes que circulan por la rotonda.	256
Figura 4.14 Dimensiones típicas para islas divisorias.	260
Figura 4.15 Isla central con faldón.	262
Figura 4.16 Comparación de radios de entrada de rotonda.	265
Figura 4.17 Alineación de la ruta de entrada con curva pequeña y tangente.	266
Figura 4.18 Análisis de la ruta de entrada con curva de entrada de un solo radio.	267
Figura 4.19 Conflictos en la salida de la senda giratoria debido a grandes separaciones entre ramales y corrección de ramales de entrada.	268
Figura 4.20 Acomodamiento de autobús y auto en su respectivo carril.	269
Figura 4.21 Técnica de isla de bandas entre los carriles.	271
Figura 4.22 Bypass de Giro a la derecha.	272
Figura 4.23 Accesos cerca de la rotonda.	273
Figura 4.24 Dimensiones típicas para accesos cerca de las rotondas.	273
Figura 4.25 Figura típica de parada para 2 buses.	274
Figura 4.26 Perfiles generales de rotonda.	275
Figura 4.27 Perfiles para cada arteria.	276
Figura 4.28 Perfil para la isla central.	276
Figura 4.29 Métodos para diseño vertical de una calzada circulatoria.	278
Figura 4.30 Elementos geométricos de una rotonda.	282
Figura 4.31 Componentes geométricos de la rotonda propuesta 1	283
Figura 5.1 Carta de Plasticidad AASHTO.	307
Figura 5.2 Aparato para la Relación de Soporte California (CBR).	328
Figura 5.3 Procedimiento para determinar el espesor de capas.	343
Figura 5.4 Diseño de Número Estructural	344



Descripción	No pág.
Figura 5.5. Abaco de variación en el coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico.	348
Figura 5.6. Abaco de variación en el coeficiente estructural de la capa de base granular (Sin estabilizar).	349
Figura 5.7. Abaco de variación en el coeficiente estructural de la capa de subbase.	349
Figura 6.0 Clasificación SUCS.	376
Figura 6.1 Sistema de clasificación de suelos unificado SUCS.	377
Figura 7.1 Calculo de coeficiente estructural de capa a1 para carpeta asfáltica.	430
Figura 7.2 Calculo de coeficiente estructural para base.	431
Figura 7.3 Calculo de coeficiente estructural para subbase.	431
Figura 7.4 Número Estructural para proteger la subrasante (Mr).	433
Figura 7.5 Espesores de capa finales	435
Figura 7.6 Secciones tipo de canaletas	436
Figura 7.7 Coeficiente de rugosidad	437
Figura 7.8 Área tributaria de la canaleta izquierda de la ruta MOR24E.	438
Figura 7.9 Calculo del tirante normal para el lateral izquierdo de MOR24E	439
Figura 7.10 Giros de vehículos de RN18E a CA07N GOT y de CA07N SM a RN18E	441
Figura 7.11 Giro de los vehículos de CA07N SM a CA07N GOT	442
Figura 7.12 Giros de vehículos de RN18E y CA07N GOT hacia CA07N SM, y de CA07N SM hacia MOR24E	443
Figura 7.13 Trazo de nuevas alineaciones	444
Figura 7.14 Perfil de alineaciones	445
Figura 7.15 Rotonda propuesta	446
Figura 7.16 perfiles y alineamientos de la rotonda.	446
Figura 7.17 Obra lineal de las arteria e intersección tipo rotonda	447
Figura A.1: Hoja 1 de 2 Propuesta Geométrica	452



Descripción	No pág.
Figura A.2: Hoja 2 de 2 Propuesta Geométrica.	452
Figura A.3: Propuesta Geométrica.	453
Figura A.4: Solicitud de Alcaldía de San Francisco Gotera.	454
Figura A.5: Solicitud de Estudiantes Al Ministerio de Obras Publicas.	455



Índice de gráficos.

Descripción	No pág.
Grafica 3.1 Porcentaje de error de la desviación estándar vrs. Número de días aforados.	145
Grafica 3.2 Proyección de TEUs de puerto de La Unión.	162
Grafico 3.3 Curvas IDF Estación San Francisco Gotera Z-2, Escala Logarítmica.	189
Grafico 3.4 Curvas IDF Estación San Francisco Gotera Z-2, Escala Aritmética.	189
Grafico 5.0. Grafico para curva granulométrica.	298
Grafico 6.0 Grafica de curva granulométrica de PCA No 3.	360
Grafico 6.1 Curva granulométrica de PCA No 1.	363
Grafico 6.2 Curva granulométrica de PCA No 2.	365
Grafico 6.3 Curva granulométrica de PCA No 4	367
Grafico 6.4 Limite liquido de PCA No 3.	369
Grafico 6.5 Curva de compactación de PCA No 3.	390
Grafico 6.6 Curva de compactación de PCA No 1.	392
Grafico 6.7 Curva de compactación de PCA No 2.	394
Grafico 6.8 Curva de compactación de PCA No 4.	396
Grafico 6.9 Curva Esfuerzo- Deformación de CBR para PCA No 3.	400
Grafico 6.10 Densidad seca vrs CBR de diseño para PCA No 3.	401
Grafico 6.11 Curva Esfuerzo- Deformación de CBR para PCA No 1.	403
Grafico 6.12 Densidad seca vrs CBR de diseño para PCA No 1.	403
Grafico 6.13 Curva Esfuerzo- Deformación de CBR para PCA No 2.	405
Grafico 6.14 Densidad seca vrs CBR de diseño para PCA No 2.	405
Grafico 6.15 Curva Esfuerzo- Deformación de CBR para PCA No 4.	407
Grafico 6.16 Densidad seca vrs CBR de diseño para PCA No 4.	407



Índice de ecuaciones

Descripción	No pág.
Ecuación 2.1 Formula general del numero estructural de pavimentos.	107
Ecuación 3.1 Calculo del error de aforo	145
Ecuación 3.2 Proyección de transito	155
Ecuación 3.3: Factor de hora pico	170
Ecuación 3.4: Intensidad horaria	170
Ecuación 3.5: Determinación de caudal	192
Ecuación 3. 6: Tiempo de concentración	193
Ecuación 4.1 Factor de vehículos pesados	213
Ecuación 4.2 Intensidad de servicio para el nivel i	213
Ecuación 4.3 Capacidad del carril compartido	231
Ecuación 4.4: Capacidad de entrada de ramal	281
Ecuación 4.5 Factor corrector del ángulo y radio de entrada	281
Ecuación 4.6 constante geométrica F	281
Ecuación 4.7 constante geométrica fc	281
Ecuación 4.8 control de retraso para carriles de entrada.	285
Ecuación 4.9 Longitud de cola 95th percentil	287
Ecuación 4.10 Capacidad de carril de derivación.	288
Ecuación 5.0 porcentaje retenido en criba	297
Ecuación 5.1 porcentaje retenido en malla	297
Ecuación 5.2 porcentaje de perdida	297
Ecuación 5.3 coeficiente de uniformidad	298
Ecuación 5.4 coeficiente de curvatura	298
Ecuación 5.5 Indice plástico	302
Ecuación 5.6 Indice de grupo	307
Ecuación 5.7 Restricción para los finos	308
Ecuación 5.8 humedad total	311



Descripción	No pág.
Ecuación 5.9 gravedad especifica del agregado secado al horno	313
Ecuación 5.10 gravedad especifica del agregado saturado	313
Ecuación 5.11 Densidad relativa aparente	314
Ecuación 5.12 Densidad del agregado secado al horno SM	314
Ecuación 5.13 Densidad del agregado secado al horno SI	314
Ecuación 5.14 Densidad del agregado SSS SM	314
Ecuación 5.15 Densidad del agregado SSS SI	314
Ecuación 5.16 Densidad aparente SM	314
Ecuación 5.17 Densidad aparente SI	314
Ecuación 5.18 Gravedad especifica	314
Ecuación 5.19 Porcentaje de absorción	315
Ecuación 5.20 Indice de expansión	319
Ecuación 5.21 Cantidad de agua a agregar a una muestra de suelo	322
Ecuación 5.22 Volumen de compactación SM	324
Ecuación 5.23 Volumen de compactación SI	324
Ecuación 5.24 Contenido de humedad para espécimen ensayado	324
Ecuación 5.25 Densidad húmeda de espécimen	324
Ecuación 5.26 Peso unitario seco	325
Ecuación 5.27 Contenido de agua para el 100% de saturación	325
Ecuación 5.28 Porcentaje de hinchamiento	330
Ecuación 5.29 CBR	332
Ecuación 5.30 Diseño de espesores método AASHTO	334
Ecuación 5.31 Modulo de resiliencia MPa	340
Ecuación 5.32 Modulo de resiliencia PSI	340
Ecuación 5.33 Numero estructural	342
Ecuación 5.34 Espesor mínimo capa asfáltica	343
Ecuación 5.35 Valor real de espesor asfaltico	343



Descripción	No pág.
Ecuación 5.36 Relación espesor y numero estructural	343
Ecuación 5.37 Sumatoria de espesores	343
Ecuación 5.38 Calculo de espesor 1	345
Ecuación 5.39 Calculo de espesor 2	345
Ecuación 5.40 Calculo de espesor 2 de otra forma	345
Ecuación 5.41 Calculo de espesor 3	345
Ecuación 5.42 Calculo de espesor 3 de otra forma	345
Ecuación 5.43 Comprobación de numero estructural	345



INTRODUCCIÓN.

La presente documentación consiste en una propuesta intersección, ubicada entre la CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.

La actual intersección presenta muchos aspectos que basados en normativas establecidas para obras viales, está caracterizada por un mal funcionamiento y un alto riesgo de accidentes vehiculares, así como peatonales.

En función de lo anterior y con la idea de evaluar el nivel de servicio de la intersección actual se procedió a realizar aforos vehiculares en la zona, esto llevó consigo otros estudios relacionados para poder diagnosticar su estado actual.

El diseño geométrico de la propuesta estuvo de la mano con los software más recientes aplicados al área de obras viales, así como normativas, manuales y demás.

Según los datos obtenidos se propone una solución preliminar, que a criterio de los involucrados es la más idónea, esta será sujeta a evaluación de expertos en el área, esperando cumplir con los estándares necesarios para su ejecución.



CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO.

1.0 DEFINICIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.0.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

La intersección actual ubicada en el desvío a San Francisco Gotera conocido como kilómetro 18 entre CA 07 y RN 18, tiene un diseño similar al de una “Y” el cual fue funcional en su debido tiempo, en donde los volúmenes de tránsito circulados no eran excesivos y la demanda de urbanización comenzaba a incrementarse en dicha zona.

En la actualidad la carretera Ruta Militar es una arteria primaria, considerada de las más importantes ya que permite un alto nivel de comercialización, teniendo en cuenta que es la única autovía que une en tramo corto, la zona norte de San Miguel con municipios de Santa Rosa de Lima y San Francisco Gotera entre otros caseríos. También es una ruta directa con la Frontera “El Amatillo”.

1.0.1.1 CA07: San Miguel - San Francisco Gotera – Perquín.

Esta carretera Llamada Ruta Militar, es el acceso principal a la cabecera departamental de Morazán así como a la mayoría de municipios de la zona norte de dicho departamento.

San Miguel – San Francisco Gotera.

Este tramo presenta un ancho de calzada de 7.60 m y un hombro de 2.60 m desde San Miguel hasta el desvío El Dieciocho que fue ampliado en un mismo proyecto con la ruta RN 18 descrita más adelante. Desde El Dieciocho hasta San Francisco Gotera, fue rehabilitada en años próximos pasados y contiene una calzada de 7.00 m y hombros de tierra.

San Francisco Gotera – Perquín.



Este tramo cuyo ancho de calzada es de 7.00 y con hombros de tierra, se desarrolla principalmente en la zona montañosa del departamento de Morazán; conectando casi todos los municipios que se encuentran en la zona norte de la cabecera departamental.

En toda esta ruta, por su condición topográfica, se ha construido en los últimos meses buena cantidad de obras de drenaje longitudinal y muros de retención. Por lo general se encuentra en buenas condiciones de transitabilidad. (Análisis de rendimientos de obra para mantenimiento de carreteras, 2006, p. 34).

1.0.1.2 RN 18: CA 07 – Santa Rosa de Lima – CA01.

Principal acceso al municipio de Santa Rosa de Lima y otros varios pueblos y ciudades cuyas carreteras de acceso parten de esta interconexión. Su importancia estriba en conducir a modo de atajo, todo el tráfico que por la Carretera *Panamericana o CA01 se dirige a Frontera El Amatillo.*

En buen estado de transitabilidad, ha requerido en la calzada de sello de fisuras y bacheo superficial aislado. (Análisis de rendimientos de obra para mantenimiento de carreteras, 2006, p. 36)

La Unidad de Planificación Vial realizó una propuesta geométrica de una rotonda para el lugar, realizado en el 2008 pero que no se implementó por factores relacionados con la adquisición de derecho de vía (Informe técnico MOP, 2011), ya que para ese diseño se requería de tierra de los colindantes y pertenecía y sigue perteneciendo a propiedad privada.

Teniendo en cuenta la información anterior, con el transcurso de los años la institución de gobierno el Ministerio de Obras Públicas (MOP), el 3 de febrero del 2011 realizó un estudio técnico de inspección para evaluar el comportamiento de la arteria y cuál ha sido su evolución hasta la actualidad para lo cual se consideró que debía tener un crecimiento de tránsito del 3% anual.



Dentro de las observaciones de campo encontradas en ese periodo fueron:

- La intersección se encuentra ubicada entre la CA07 y la RN18 ambas vías catalogadas como troncales rurales según la clasificación de la SIECA¹ y según clasificación Nacional se les da la categoría de primarias, con volúmenes de tráfico de 9,849 vpd y 6,409 vpd respectivamente. (Dato según estudio de tránsito, 2010).
- Teniéndose un porcentaje de vehículos pesados alto contabilizándose 2,422 y 541 vpd respectivamente (Dato según estudio de tránsito, 2010).
- Para este tipo de carreteras las velocidades de diseño oscilan entre los 60 y los 80 km/h, permitiendo que algunos vehículos circulen a velocidades superiores a los 90 km/h.

En la inspección se constató que la intersección está ubicada en una zona con topografía relativamente plana, en un tramo de carretera enmarcado entre dos curvas de sentido opuesto y una distancia entre curvas de aproximadamente 250 metros, existen construcciones principalmente en el costado poniente de la vía principal, mencionándose principalmente una gasolinera y un centro comercial.

De acuerdo a la disposición de la intersección ésta se clasifica como una intersección convencional con prioridad de paso de tres ramales y su configuración es tal que el ángulo entre el ramal principal y la carretera secundaria es agudo y cercano a los 50°, un ángulo muy agudo considerando que lo recomendable para este tipo de intersecciones es un ángulo que oscile entre los 90° y los 75° (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras, con Enfoque de Gestión de Riesgo y de Seguridad Vial, 2011, p. 5-16) el cual requiere amplias áreas para las maniobras principalmente para los vehículos que realizan la maniobra de cruce e incorporación a la carretera principal saliendo del desvío de San Francisco

¹ Secretaria de Integración Económica Centroamericana.



Gotera ya sea hacia Frontera el Amatillo o a San Miguel incrementando el área de exposición a los peligros de accidentes y limita la visibilidad.

Durante la inspección se realizó un conteo vehicular por un período de una hora (de 9:15 a 10:15 am) pudiéndose constatar que en ese período de tiempo por la intersección circulan más de 700 vehículos (Perfil técnico MOP, 2011) y cuya composición por maniobra y tipo de vehículo se representa en el cuadro siguiente.

Tabla 1.0 Vehículos que transitan la intersección.

Maniobra	Tipo de vehículos				Totales
	Liviano	Bus	Camión	Camión articulado	
A	133	13	28	22	196
B	104	7	21	1	133
C	155	12	24	24	215
D	30		7	1	38
E	40		7	1	48
F	61	4	12	2	79
G	7		1		8
H	6		3		9
I	2				2
Totales	538	36	103	51	728

Fuente: Perfil técnico MOPTVDU, 2011.

Del cuadro anterior se puede observar que un alto volumen de vehículos realizan las maniobras B, E y F, adicional a los que realizan las maniobras altamente peligrosas G y H, por lo que representa un alto riesgo de accidentes vehiculares por colisión (ver imagen 1.0. Maniobra especial y alto riesgo, pág. 16). Adicionalmente a estas características se observaron en la zona presencia de ventas y paradas de bus justamente frente a la intersección lo que incrementa el riesgo de accidentes vehiculares por la presencia de obstáculos en el camino que obligue a los vehículos a salirse de su carril para sobrepasar los obstáculos, así como la presencia de peatones que atraviesan la carretera principal exponiéndose al riesgo de ser atropellados.



El análisis de riesgo propuesto fue cualitativo, dentro del diagnóstico se determinó que al analizar el cuadro anterior y considerando las observaciones descritas anteriormente, se puede llegar a lo siguiente:

- Debido a los niveles de tránsito vehicular por la intersección, a la alta velocidad de circulación, a la limitada visibilidad que presta la intersección y a las complicadas maniobras de circulación para realizar todas las operaciones de divergencia y convergencia; se presenta un alto riesgo de accidentes tanto vehiculares como peatonales.
- Después de analizar los volúmenes de tránsito, los cuales se encuentran cercanos al límite recomendado por la SIECA para la utilización de intersecciones convencionales con prioridad de paso, y considerando que es normalmente aceptado aplicar una tasa de crecimiento de 3% anual para el tránsito vehicular, se estima que el nivel de riesgo se incrementará de mantenerse la configuración actual de la intersección.
- Por tal razón es necesario en el corto plazo atacar los factores de riesgo con el fin de disminuir los accidentes de tránsito en la zona.

Uno de los resultados obtenidos en los estudios realizados en 2008 al 2011 fue una propuesta geométrica de una rotonda, hasta la fecha ha sufrido modificaciones en la geometría, como la inclusión de isletas en el diseño. La propuesta más reciente fue presentada por una comisión de ingenieros asignada al proyecto en una reunión realizada en la sede del MOP en San Salvador, en el corriente año, la cual será la base de los estudios y diseños de este proyecto.

1.0.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

¿De qué manera minimizar la complicada circulación vehicular de la intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán; generada por la poca visibilidad, maniobras riesgosas, el poco señalamiento peatonal y las altas velocidades que producen congestionamiento, riesgo de accidentes vehiculares y peatonales en la zona?



1.0.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática del riesgo de accidentes vehiculares en la intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán, debido a las altas velocidades de circulación, la poca visibilidad, la maniobras especiales y al crecimiento vehicular hacen obsoleta la estructuración de la intersección existente, por lo cual es necesario llevar a cabo una nueva propuesta de intersección, pretendiendo mejorar la circulación vehicular, incrementando la seguridad para los que frecuentan la zona y canalizar de forma adecuada los vehículos que entran y salen.

La actual intersección se clasifica como una intersección convencional con prioridad de paso de tres ramales y su configuración es tal que el ángulo entre el ramal principal y la carretera secundaria (RN18) es agudo y cercano a los 50° el cual requiere amplias áreas para las maniobras incrementando el área de exposición a los peligros de accidentes y limitando la visibilidad.

Adicionalmente a estas características en la zona se realizan maniobras especiales y altamente peligrosas debido a la presencia de una gasolinera y un local comercial; como también, existe la presencia de ventas y paradas de bus justamente frente a la intersección lo que incrementa el riesgo de accidentes vehiculares por los obstáculos en el camino que obliga a los vehículos a salirse de su carril para sobrepasar los obstáculos, así como la presencia de peatones que atraviesan la carretera principal exponiéndose al riesgo de ser atropellados.

En las imágenes se muestran las maniobras principales de divergencia y convergencia que se realizan en la intersección así como también algunas maniobras especiales y altamente peligrosas que se realizan debido a la presencia de una gasolinera y un local comercial al costado poniente de la intersección.



Imagen 1.0 Maniobras especiales y de alto riesgo.



Fuente: Estudio preliminar realizado por el MOPTVDU, 2011.

Imagen 1.1 Vista en planta de intersección desvío a San Francisco Gotera.



Fuente: Estudio preliminar realizado por el MOPTVDU, 2011.

1.0.4 JUSTIFICACIÓN.

La actual Intersección del desvío a San Francisco Gotera mejor conocida como “desvío el km 18” presenta problemáticas de circulación vehicular por el hecho de no haber considerado algunas situaciones al diseñar dicha obra y también el desfase de esta con el tiempo al incrementar el flujo vehicular y la densidad poblacional en los alrededores.



Las problemáticas latentes son: Altas velocidades de circulación, la limitada visibilidad que presenta la intersección, no existe señalización peatonal, las complicadas maniobras vehiculares para realizar todas las operaciones de divergencia y convergencia, maniobras especiales; otro factor de importancia considerado por la Institución de Gobierno MOPTV DU es el crecimiento vehicular, todo lo mencionado contribuye al riesgo de accidentes vehiculares como peatonales y esto aumentara al mantenerse la configuración actual de la intersección. A continuación se muestra un análisis cualitativo de riesgo que se presenta en dicha intersección con sus respectivos factores generadores de Amenaza y Vulnerabilidad.

Tabla 1.1 Cuadro cualitativo de riesgo en la intersección.

ELEMENTOS EN RIESGO	AMENAZA		VULNERABILIDAD		RIESGO	
	TIPO	VALOR	FACTORES	VALOR	TIPO	NIVEL
PEATONES	ALTO VOLUMEN DE TRAFICO	ALTA	NO EXISTEN PASOS PEATONALES	ALTA	MUERTE POR ATROPELLAMIENTO	ALTO
VEHICULOS	ALTA VELOCIDAD	ALTA	POCA VISIBILIDAD	ALTA	MUERTE POR ACCIDENTE DE TRÁNSITO	ALTO
VEHICULOS	ALTO VOLUMEN DE TRAFICO	ALTA	MANIOBRAS FORZADAS	ALTA	MUERTE POR ACCIDENTE DE TRÁNSITO	ALTO

Fuente: Perfil técnico por el MOPTV DU, 2011

Estudiar la problemática es necesaria ya que a medida que el tiempo transcurra los volúmenes de transito aumentaran y el riesgo de accidente será mayor.

Otra razón es la solicitud enviada al MOPTV DU el 3 de noviembre del año 2013, por el alcalde de San Francisco Gotera Carlos Calixto Hernández, esta contiene una petición de apoyo y asesoría técnica para solucionar el congestionamiento vehicular de la intersección y brindar seguridad a la comunidad y visitantes (ver en anexos, Solicitud de Alcaldía de San Francisco Gotera).

- ▶ Propuesta de intersección entre CA-7 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.



Es por ello que en conjunto con la institución MOPTVDU y los alcaldes interesados se pretende contribuir a solucionar la problemática latente mediante una propuesta de intersección que cumpla para los volúmenes de tránsito proyectados a futuro y minimice los riesgos vehiculares y peatonales en la zona.



1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta de intersección que minimice los conflictos de riesgo que presenta la actual intersección ubicada entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán, beneficiando así a los conductores y peatones que transitan a diario por la zona.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⇒ Actualizar el estudio de tránsito de las carreteras que conectan la intersección ubicada entre la CA07 y RN18, para determinar la demanda vehicular de la zona, y así poder calcular los niveles de servicio de las carreteras que convergen y la intersección en estudio.
- ⇒ Dimensionar geoméricamente la nueva propuesta de intersección en base a parámetros establecidos y verificar si estos cumplen los radios de giro de vehículo de diseño.
- ⇒ Evaluar la capacidad de la intersección propuesta para una demanda de tránsito proyectada.
- ⇒ Diseñar los espesores de la estructura de pavimento para un volumen de tránsito proyectado.



1.2 ALCANCES Y LIMITANTES.

1.2.1 ALCANCES

- ⇒ Realizar un levantamiento topográfico complementario entre la intersección de las rutas CA07N y RN18E.
- ⇒ El levantamiento topográfico complementario abarcará solamente la ubicación futura de la intersección propuesta.
- ⇒ El método utilizado en el estudio de tránsito será el conteo manual, según la clasificación que establece el Ministerio de Obras Públicas.
- ⇒ El estudio de tránsito será en el periodo de cuatro días entre las 6:00 am a 6:00 pm, este incluirá conteo vehicular de las arterias que conectan a la intersección y clasificación de los vehículos.
- ⇒ Mediante los datos obtenidos de la estación meteorológica de Morazán, determinar la magnitud del caudal de la cuenca en estudio.
- ⇒ Proponer el sistema de drenaje superficial para la intersección en estudio.
- ⇒ El diseño del sistema de drenaje propuesto de la intersección se llevará a cabo teniendo en cuenta el diseño geométrico y también la topografía de la zona.
- ⇒ El diseño de las estructuras hidráulicas se realizará mediante la utilización del software AutoCAD Civil 3D y el programa HCANALES.
- ⇒ Establecer la tasa de crecimiento vehicular mediante un método de proyección, para la obtención del TPDA y la intensidad vehicular futura y así poder determinar la carga que soportará la estructura de pavimento.
- ⇒ Para las pruebas de laboratorio, ensayos y demás estudios pertinentes se contará con la colaboración de la entidad pública MOPTVDU.



-
- ⇒ Los espesores del pavimento se determinaran según lo establecido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos de las SIECA, ed. 2002.
 - ⇒ Reducir los conflictos vehiculares y el riesgo de accidentes peatonales mejorando geoméricamente de la intersección.
 - ⇒ Establecer la señalización vertical y horizontal necesaria para instruir de forma segura a los usuarios que transitan por la intersección, según lo descrito en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, Ed. 2004.
 - ⇒ Realizar un perfil ambiental para conocer cómo se encuentra en esa área el proyecto.
 - ⇒ Tomar medidas preventivas que minimicen el impacto ambiental negativo que tendría la ejecución del proyecto.
 - ⇒ La propuesta de intersección obtenida como resultado final, se proporcionara al MOPTVDU para que este la utilice conforme crea conveniente.
 - ⇒ El documento final contendrá el diseño geométrico, estructura hidráulica, estructura de pavimento, señalización de la intersección, planos y especificaciones técnicas de las capas de carpeta, los demás requerimientos para la ejecución de este quedaran a cargo de las autoridades e instituciones interesadas.



1.2.2 LIMITANTES.

- ⇒ El conteo vehicular será únicamente de las rutas que conectan con la intersección, CA07N: LD San Miguel-Dv Jocoro, RN18E: CA07N (Dv. San Francisco Gotera)-Dv Sociedad (Ruta Militar), a excepción de la Ruta MOR24E (calle rural que conduce a CEPAF-MAG).
- ⇒ Se diseñara la geometría del sistema de drenaje, en cambio las especificaciones para ejecución quedaran a criterio del formulador del proyecto.
- ⇒ Una condicionante para el diseño geométrico de la intersección es el área útil que se dispone.
- ⇒ El diseño de la mezcla no será efectuado en este proyecto, en cambio se propondrá un tipo de mezcla que resista el transito que circulara por dicha intersección.
- ⇒ Al disminuir el riesgo vehicular latente en la intersección no significa que se erradicara los accidentes vehiculares y peatonales, sino que ayudara a dar mayor seguridad vial a los conductores y peatones que transiten por la zona.
- ⇒ No se profundizara con un estudio ambiental y social ya que es un tema muy amplio e implicaría otra investigación, al contrario se propondrán medidas que minimicen el impacto y descontento de las personas involucradas directamente e indirectamente.
- ⇒ Los diseños a realizar estarán sujetos a supervisión y asesoría del personal competente de la entidad pública del MOPTVDU y del asesor que asigne la facultad.
- ⇒ Si el equipo de laboratorio necesario para realizar los ensayos del diseño de la estructura de pavimento y estudios pertinentes de suelo no son proporcionados por el MOPTVDU, serán solicitados a la sede



Central de la Universidad de El Salvador o a otra entidad dispuesta a colaborar.

- ⇒ La dificultad para obtener documentaciones históricas y antecedentes de la intersección actual y la carretera involucrada en el estudio.

- ⇒ La dificultad de obtener los datos de accidentes vehiculares históricos en la intersección.

- ⇒ El proyecto abarcará solamente la etapa de diseño, lo referente a monto del proyecto, programa de trabajo, actividades de preparación, ejecución y mantenimiento, entre otras; quedara bajo la responsabilidad de las entidades interesadas de su ejecución.



1.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El desarrollo del documento se quedaría corto en mencionar un solo tipo de investigación, ya que este encierran varios dentro del contexto, entre ellos cabe destacar una investigación exploratoria y descriptiva por el hecho de plantearse la situación actual y profundizar el porqué de la problemática desde el área ingenieril, a partir de estudios realizados anteriormente pero con poca profundidad en el tema, los cuales al ser abordados nuevamente brindaran un mayor aporte para proponer medidas de solución que ayuden a solventar los problemas de riesgo que posee la actual intersección.

También contiene un poco de investigación en campo y de laboratorio debido a los diversos estudios de tránsito, topográficos e hidrológicos, así como los ensayos de suelos que este requiere, para llevar a cabo el diseño final de la intersección que se tiene planteada.

1.4.2 METODOLOGÍA

En este apartado se planteara la metodología a utilizar para llevar a cabo los objetivos planteados, este consiste en una serie de pasos a seguir durante el desarrollo del proyecto.

Para ello es necesario dividir el documento en una serie de temáticas las cuales se plantean a continuación:

1.4.2.1 Situación actual.

Para empezar es necesario conocer la situación actual de la problemática es por ello que dentro de este capítulo se abordaran los siguientes puntos:

Ubicación Geográfica: ubicación de la zona de estudio, mediante la utilización de software Google Earth.

Área de Estudio: se realizara una visita técnica para inspeccionar la zona de estudio de esta manera se recopilara información para futuros estudios; así



como determinar de manera visual el estado actual de la estructura de pavimento.

Topografía de la zona: existe un levantamiento topográfico de la intersección actual el cual fue proporcionado por el MOP, pero para desarrollar la propuesta se necesita el área que ocupara esta, es por ello que se realizara un levantamiento topográfico complementario mediante la utilización de Estación total, cinta métrica, plomada, etc.

Luego se trasladaran estos datos al software AutoCAD Civil 3D para enlazar los puntos existentes con los obtenidos y crear la superficie del área en estudio.

Análisis hidrológico: actualmente se cuenta con datos de intensidad de precipitación máxima anual proporcionados por la estación de San Francisco Gotera, Morazán del periodo de 1963-1982, del cual se debe solicitar actualizar los datos. Luego se procederá a definir cuencas mediante la utilización del software AutoCAD Civil 3D. Para obtener el caudal de diseño se necesita conocer la intensidad de precipitación media, el tiempo de concentración y el periodo de retorno de la cuenca.

Análisis de tránsito: En esta etapa se cuenta con datos históricos de TPDA realizados por el MOP del periodo de 2002 a 2010, también se cuenta con un conteo vehicular realizado por la misma entidad en el año 2010. Ya que no se dispone con datos recientes se tiene la necesidad de actualizarlo para ello se realizara un conteo y clasificación vehicular durante el periodo de cuatro día entre las 6:00am hasta las 6:00pm en lapsos de 15 minutos. Se estudiara el volumen vehicular de cada arteria que conecta a la intersección, en este caso las Rutas CA07N y RN18E. Se realizara la proyección del tránsito para un periodo de 20 años.



1.4.2.2 Evaluación de la intersección.

Se evaluará los niveles de servicio y capacidad de la intersección actual mediante la metodología establecida en el HCM 2000, además se evaluará la intersección propuesta mediante lo establecido en el Roundabouts: An Informational Guide.

En esta etapa la intersección propuesta puede sufrir modificaciones debido a que esta ha sido diseñada tomando en cuenta el área disponible y tratando en lo mínimo de afectar construcciones existentes.

1.4.2.3 Metodología.

Se planteará la metodología a utilizar para la realización de ensayos de laboratorio y también la utilizada para el diseño definitivo de la propuesta de intersección.

Estudios, análisis e interpretación de resultados.

En esta etapa se realizarán estudios de suelo entre algunos se tiene:

- ✓ Granulometría
- ✓ Límites de Atterberg
- ✓ Valor de Soporte (CBR)
- ✓ Densidad (Proctor)

Para la realización de los ensayos se contará con el apoyo del MOP o entidades interesadas.

Además se efectuará un perfil ambiental para conocer la situación actual, en relación con lo anterior se tratará el aspecto social que incluirá la reubicación de ventas ambulantes y derecho de vía.

El siguiente paso es la interpretación de resultados que servirá para el diseño posterior.



1.4.2.4 Diseño de propuesta.

Diseño de Estructuras de Drenaje: Se calcularán las medidas y ubicación de las estructuras de drenajes de acuerdo a la topografía y los datos obtenidos en el estudio hidrológico.

Diseño Geométrico: Este contendrá el diseño geométrico definitivo tomando en cuenta la señalización horizontal y vertical y las estructuras de drenaje.

Diseño de Espesores: Contendrá los espesores de pavimentos, para su obtención se utilizara el Método ASHTOO 1993 estipulado en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Características de la estructura de pavimento: En esta etapa se propondrán requisitos que deben cumplir los materiales de la sub-rasante, sub-base, base y capa de rodadura, para resistir la carga del transporte vehicular proyectado.



CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.

2.1 MARCO CONCEPTUAL.

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, de American Association of State Highway and Transportation Officials.

Base: Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Capa de rodadura: Es la última capa que se aplica, por donde debe circular el tráfico.

Ciclo Vial: Comprende las etapas necesarias para garantizar el desarrollo de proyectos viales, ecológicamente sostenibles y económicamente sustentables y una vialidad eficiente y eficaz, dichas etapas son: planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Drenaje: Es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población.

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo.

Índice Internacional de Rugosidad (International Roughness Index): para lo cual se utiliza un equipo sofisticado montado en un vehículo, el que al pasar sobre la superficie de una carretera, va midiendo los altibajos y los suma, por lo que al final se obtiene un valor acumulado en metros por kilómetro (m/km) o pulgada por milla (plg/milla).



“Equivalent simple axial load” o ESAL (ejes equivalentes): Son el número de pasadas de ejes transformados en un número de ejes tipo, que de acuerdo a directivas AASHTO es un eje simple de 18 Kips, 8.2 Tn u 80 kN. W 18 (EJE EQUIVALENTE) Se utiliza para determinar el efecto destructivo, dependiendo de las cargas y tipo de ejes de los vehículos.

Esfuerzo de compresión vertical: Actúa sobre la superficie de la subrasante. Si es excesiva, resultarán deformaciones permanentes en la estructura de pavimento debido a la sobre carga en la subrasante.

Esfuerzo horizontal de tensión: Efecto producido en la parte de abajo de la capa de superficie, si es excesivo, pueden resultar grietas en la capa de rodadura.

Espesores de pavimentos: Indican los espesores (grosor de capas) de las diversas capas que constituyen la estructura adoptada de pavimento.

Factor Equivalente de Carga LEF (Load Equivalent Factor):, es el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 kN y la producida por un eje estándar en el mismo eje. Igual al número de esal's (80 KN) # de ejes (x KN) la conversión de los ejes reales a esal's.

Impacto Ambiental: Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocadas por acción humana o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

Intersección: al área en que dos o más vías se encuentran o se cruzan y al conjunto de plataformas y acondicionamientos que pueden ser necesarios para el desarrollo de todos los movimientos posibles o permitidos de vehículos y peatones.



Módulo de Elasticidad: es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

Módulo Dinámico: Es el Módulo de Elasticidad, llamado así en mezclas asfálticas

Módulo de Resiliencia (Mr): característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la subrasante

Materiales granulares: Material grueso con tamaño nominal especificado utilizado en las diferentes capas del pavimento para darle propiedades mecánicas necesarias a la estructura.

Pavimento: Es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos.

Peralte: Elevación de la parte exterior de una curva de una vía de circulación o una pista, para impedir o limitar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo que la recorre.

Periodo de diseño: Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable.

Permeable: Que deja pasar agua u otro líquido a través de sus poros

Rasante: Línea que define la inclinación o pendiente de una calle, camino, terreno u obra en general, respecto al plano horizontal.

Rotonda: también conocida como redondel, óvalo o glorieta, es una intersección de carreteras (rutas), avenidas o calles. Todas las vías que



confluyen en la rotonda están comunicadas entre sí mediante un anillo: los vehículos, de este modo, deben circular alrededor de su centro

Señales de tránsito: Son un conjunto de símbolos estandarizados a nivel global, que pretenden transmitir información haciendo el mínimo uso de palabras. La utilización de diferentes colores también es una herramienta clave en su empleo, dado a que cada color tiene un significado específico.

Señalización Horizontal o Demarcación: La señalización horizontal tiene por objeto regular la circulación, advertir al usuario y guiar al usuario. Los elementos que la conforman se sitúan sobre el pavimento, en la calzada.

Señalización Vertical: La señalización vertical tiene como finalidad transmitir información sobre las normas de circulación, las características de la vía, situaciones de peligro y orientación.

SN (Structural Number, número estructural): Es el número que expresa la resistencia del pavimento en términos del valor de soporte del suelo, del equivalente diario de 18 kips de carga por eje, del índice de utilidad y del factor regional. Los coeficientes adecuados convierten el valor SN en el espesor real de la carpeta, de la base y de la sub-base.

Subbase: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento.

Subrasante: Es la capa en la que se apoya la estructura del pavimento Calles y carreteras.

TPDA: Tránsito promedio diario anual o TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de tiempo determinado, que es mayor a de un día y menor o igual a



un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

Tránsito: Movimiento de los vehículos que pasan por una calle, una carretera u otro tipo de camino.

Tránsito mixto: está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes.

Vida útil: Es la duración estimada que una carretera puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creada.

Volumen Horario: Es la suma de los vehículos que transitan por ambas secciones o tramos transversales de la calzada, en un lapso determinado de tiempo, siempre en un punto determinado.

Volúmenes de tránsito: Se define como el número el número de vehículos o peatones que pasan por un punto o sección transversal dado de un carril o de una calzada, durante un período determinado de tiempo.

2.2 MARCO LEGAL.

2.2.1 LEY DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES.

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, se consideran carreteras las vías cuyo rodamiento las hace de tránsito permanente; su planificación, construcción, mejoramiento, corresponde al Órgano Ejecutivo en el Ramo de Obras Públicas.

Art. 3.- Atendiendo a su importancia y características geométricas las carreteras se subdividen en:

Especiales: Son todas aquellas que reúnen condiciones geométricas superiores a las primarias.



Primarias: Las capacitadas para intensidades de tránsito superiores a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes.

Secundarias: Las capacitadas para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes.

Terciarias: Aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes.

Rurales: Las capacitadas para una intensidad de tránsito de cien vehículos promedio por día, con cinco metros de plataforma y un mínimo de tres metros de rodaje en los puentes; o que, sin llenar tales características, dicha carretera haya sido construida por el Gobierno Central.

2.2.2 LEY DE TRANSPORTE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL.

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, los vehículos se clasifican en:

- a) De motor;
- b) De tracción humana, ya sea de mano o pedal; y
- c) De tracción animal.

Art. 12.- Los vehículos automotores regulados por esta Ley serán:

1. Livianos de pasajeros:
 - a- Automóviles;
 - b- Microbuses;
 - c- Las motocicletas de dos ruedas;
 - d- Las tricimotos, que son las motocicletas de tres ruedas y las cuadrimotos, que son las motocicletas de cuatro ruedas.



2. Livianos de carga:
 - a- Pick-ups y páneles;
 - b- Camiones hasta de tres toneladas de capacidad.
3. Pesados de pasajeros:
 - a- Autobuses de todo tipo y clase;
 - b- Otros de tecnología diferente que a futuro se utilicen.

Asimismo, se establecen regulaciones especiales en lo que compete a esta ley, sobre los vehículos de tracción humana o animal; así como cualquier vehículo de tecnología diferente que a futuro pudiese incorporarse a la circulación vehicular en el país, a excepción del transporte ferroviario.

Art. 53.- El régimen de circulación, paradas, y estacionamientos en vías urbanas y rurales será definido y autorizado por el Viceministerio de Transporte. Debiendo adoptar en coordinación con la División de Tránsito Terrestre de la Policía Nacional Civil local, las medidas necesarias para evitar el entorpecimiento del tráfico.

Art. 90.- La planificación y diseño de la señalización vial, la demarcación sobre el pavimento, y todos los demás dispositivos para el control del tránsito en las vías terrestres, será competencia del Vice Ministerio de transporte; pudiendo coordinarse su ejecución y conservación con instituciones públicas, municipales y privadas.

2.2.3 LEY DE TRÁNSITO N° 18.290.

Derecho preferente de paso.

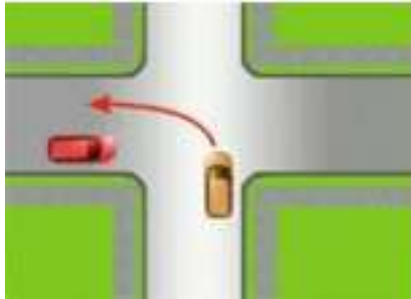
Todo vehículo que se aproxime a un cruce deberá hacerlo a velocidad razonable y prudente, deteniéndose si fuese necesario, y el de la izquierda cederá el paso al vehículo que se le acerque al cruce por la derecha, el que tendrá derecho preferente de paso.

El conductor del vehículo de la izquierda reiniciará la marcha e ingresará a la intersección solo cuando se asegure que no hay riesgos de accidente, en



atención a la distancia, visibilidad y velocidad de los otros vehículos que se aproximen por la derecha.

Figura 2.1 Cruce a la izquierda en Intersección.



Fuente: Ley de Transito N° 18.290

Este derecho preferente de paso no regirá en los siguientes casos:

1. En los cruces donde se halla determinada la preferencia mediante signos “Pare” o “Ceda el Paso”.
2. En las zonas rurales, donde tendrá preferencia el conductor del vehículo que circule por un camino principal, con respecto al vehículo que se aproxime o llegue por una vía secundaria. Se entenderá por camino principal, el que tenga pavimento de concreto o asfalto, o los que expresamente determine y señalice la Dirección de Vialidad, y;

Figura 2.2 Cruce entre intersección de carreteras principales y secundarias.

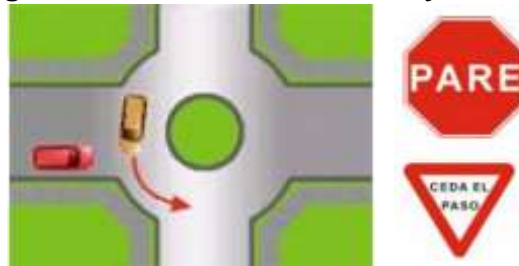


Fuente: Ley de Transito N° 18.290.

3. Respecto de los vehículo que se vayan a incorporar a una zona de tránsito en rotación.



Figura 2.3 Transito en Rotación y señales.



Fuente: Ley de Transito N° 18.290.

El conductor que enfrente el signo “Pare”, deberá detener el vehículo y permitir el paso a los que circulan por la otra vía, y reiniciará la marcha cuando pueda hacerlo en condiciones que eliminen toda posibilidad de accidente. El conductor que enfrente el signo “Ceda el Paso” deberá reducir la velocidad hasta la detención si fuese necesario, para permitir el paso a todo vehículo que circule por la otra vía y cuya proximidad constituya un riesgo de accidente.

2.2.4 LEY ESPECIAL DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA

Art. 13.- Los vehículos destinados al servicio del transporte de carga por carretera son los siguientes:

- a. Pick-ups desde una y media tonelada;
- b. Camionetas de carga desde una y media tonelada;
- c. Camiones de dos o más ejes y sus remolques;
- d. Cabezales o tractocamiones y semi-remolques articulados;
- e. Cabezales o tractocamiones y semi-remolques especiales de ejes múltiples;
- f. Maquinarias pesadas o equipos especializados montados sobre ruedas de hule; y,
- g. Otros no contemplados en esta clasificación que presten el servicio de transporte de carga por carretera, previa la resolución correspondiente, emitida por la Dirección.

Los vehículos destinados al transporte de carga por vías terrestres, con cama tipo plataforma y que utilicen estructuras desmontables tipo cajón, barandas, tubos de hierro u otros, dependiendo de la temporada o carga a transportar,



se clasificarán únicamente como tipo plataforma, sin que ello incurra en una sanción para ellos.

Art. 21.- Los pesos y dimensiones de los vehículos de carga no podrán exceder de los establecidos en esta ley.

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. En caso de sobrecarga, esta deberá distribuirse equitativamente o trasladarse a otro vehículo.

2.2.5 REGLAMENTO GENERAL DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL

Art. 112.- Queda prohibido parar y estacionar:

1. En las curvas y elevación de pendientes de visibilidad reducida, en sus proximidades en los túneles.
2. En los pasos a nivel, y paso de peatones.
3. En los carriles o partes de la vía reservadas exclusivamente para la circulación o para el servicio de determinados usuarios.
4. En las intersecciones y en sus proximidades.



Tabla 2.1 Peso Máximo Permitido por Tipo de Vehículos.

TIPO DE VEH.	ESQUEMA DEL VEHICULO	PESO MAXIMO AUTORIZADO						DIMENSIONES MAXIMAS EN METROS			
		1er. EJE	2do. EJE	3er. EJE	4to. EJE	5to. EJE	6to. EJE	PESO TOTAL EN TOR. MTL.	LARGO	ANCHO	ALTO
1 C-2A		ENTRE 1.5 y 4	ENTRE 2.3 y 6					4.0 A 20.0	7.0	2.5	4.15
2 C-2		5.00	10.00					15.00	12.0	2.5	4.15
3 C-3		5.00	16.50 8.25 8.25					21.50	12.0	2.5	4.15
4 C-4		5.00	30.00 6.67 6.60 6.65					25.00	16.75	2.5	4.15
5 T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00	16.75	2.6	4.15
6 T2-S2		5.00	9.00	16.00 8.00 8.00				30.00	17.5	2.6	4.15
7 T2-S3		5.00	9.00	20.00 6.67 6.67 6.66				34.00	17.5	2.6	4.15
8 T3-S1		5.00	16.00 8.00 8.00		9.00			30.00	20.3	2.6	4.15
9 T3-S2		5.00	16.00 8.00 8.00		16.00 8.00 8.00			37.00		2.6	4.15
10 T3-S3		5.00	16.00 8.00 8.00		20.00 6.67 6.67 6.66			41.00		2.6	4.15
11 C2-82		5.00 5.00 5.00	30.00 30.00 30.00	4.5m 4.5m 7.0m	4.5m 7.0m 7.0m			24.00 26.50 29.00	18.3	2.6	4.15
12 C3-82		5.00 5.00 5.00	16.50 8.25 8.25		4.5m 4.5m 7.0m	4.5m 7.0m 7.0m		30.50 33.00 35.50	18.3	2.6	4.15
13 C3-83		5.00 5.00	16.50 8.25 8.25		4.0m 6.3m	13.00 6.50 6.50		38.50 41.00	18.3	2.6	4.15

Fuente: Ley Especial de Transporte de Carga por Carretera (Decreto N° 367), Mayo 2013.

- Sobre los rieles del ferrocarril o tan cerca de ellos que pueda entorpecer su circulación.



6. En los lugares donde se impida la visibilidad de señalización a los usuarios a quienes afecte u obligue a hacer maniobras.
7. En autopistas, salvo en las zonas habilitadas al efecto.
8. Estacionar en doble fila.
9. En puentes y ejes preferenciales; y
10. Otros sitios donde la señalización vial expresamente así lo indique.

Art. 205.- En las intersecciones reguladas simultáneamente con semáforo y señal de ALTO, los semáforos tendrán prioridad sobre las señales de alto, debiendo ser acatadas estas señales de ALTO cuando el semáforo esté fuera de operación por cualquier causa.

2.2.6 NORMAS AMBIENTALES ESPECÍFICAS PARA OBRAS VIALES.

Normas Regionales:

Entre las Normas Regionales aplicadas al Ciclo vial se destacan:

- Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, (2000). Sección 1400 ANEXOS: 1,401: Lineamientos para la Mitigación de Daños Provenientes de Inundaciones. 1,402: Lineamientos para la Mitigación de Daños Provenientes de Derrumbes y Deslizamientos.
- Manual Centroamericano. Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. (2001). Acápites 8.6. Los Desastres Naturales en el Contexto de la Seguridad Vial.
- Manual Centroamericano. Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales. (2001). Sección 111: Disposiciones Ambientales Generales.
- Plan Puebla Panamá. Iniciativa de Integración Vial. Memorandum de Entendimiento.
- Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM), (2002). Anexo II. Capítulo 5: Medio Ambiente y Paisaje.

Situación Legal Actual:

De conformidad con la información diagnóstica enviada por los Delegados Nacionales y otros informantes claves, la situación legal que se presenta para



el Desarrollo de los Proyectos Viales en los distintos países de la Región se resume en el la tabla 2.2 a continuación:

Tabla 2.2 Existencia de Normas Ambientales Especificas para Carreteras.

Países	Normas
Costa Rica	No existen, se aplican leyes generales y/o sectoriales.
El Salvador	No existen, se aplican leyes generales y/o sectoriales.
Guatemala	No, aplican especialmente Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes (División 800, edición 2,000).
Honduras	No, aplican leyes generales y/o sectoriales. Han desarrollado una Guía Ambiental para Proyectos Viales.
Nicaragua	No, aplican leyes generales y/o sectoriales y tienen consensuadas las "Especificaciones Generales par la Construcción de Caminos, Calles y Puentes" NTON 12001-00 y "Normas Ambientales Básicas para la Construcción Vial" NTON 12002-00.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras (Anexos: Diagnóstico de aspectos institucionales, Legales, ambientales y biofísicos de la Región, relacionados con la red vial Centroamericana), Noviembre 2002.

A continuación se resumen las leyes generales y/o sectoriales que son aplicadas en El Salvador:

2.2.7 LEY DE MEDIO AMBIENTE (DECRETO NO.233).

Art. 1.- La presente ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refiere a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.

2.2.8 LEY DE MINERÍA (DECRETO NO. 544).

Art. 1.- La Ley de Minería tiene por objeto regular los aspectos relacionados con la exploración, explotación procesamiento y comercialización de los recursos naturales no renovables existentes en el suelo y subsuelo del



territorio de la República; excepto los hidrocarburos en estado líquido o gaseoso, que se regulan en leyes especiales, así como la extracción de material pétreo de ríos, playas y lagunas que se regulará de acuerdo a la normativa ambiental existente; y la extracción de sal obtenida por procesos de evaporación de aguas marinas la cual se encuentra regulada en el Reglamento para el establecimiento de salineras y explotaciones con fines de acuicultura de los bosques salados.

2.2.9 LEY FORESTAL (DECRETO NO. 852)

Art. 1.- La presente Ley tiene por objeto establecer disposiciones que permitan el incremento, manejo y aprovechamiento en forma sostenible de los recursos forestales y el desarrollo de la industria maderera; los recursos forestales son parte del patrimonio natural de la Nación y corresponde al Estado su protección y manejo.

2.2.10 REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE MEDIO AMBIENTE.

Art. 1.- El presente Reglamento General tiene por objeto desarrollar las normas y preceptos contenidos en la Ley del Medio Ambiente, a la cual se adhiere como su instrumento ejecutorio principal.

2.2.11 REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL (DECRETO NO. 40).

Art. 1.- El presente Reglamento tiene por objeto determinar los lineamientos o directrices para el establecimiento de las normas técnicas de calidad ambiental en los medios receptores, y los mecanismos de aplicación de dichas normas, relativo a la protección de la atmósfera, el agua, el suelo y la bio-diversidad.

2.2.12 LEY ESPECIAL DE PROTECCIÓN AL PATRIMONIO CULTURAL DE EL SALVADOR (DECRETO NO. 513).

Art. 1.- La presente Ley tiene por finalidad regular el rescate, investigación, conservación, protección, promoción, fomento, desarrollo, difusión y



valoración del Patrimonio o Tesoro Cultural Salvadoreño, a través del Ministerio de Educación o de la Secretaría de Estado que tenga a su cargo la Administración del Patrimonio Cultural del País, quien en el transcurso de la presente ley se denominará el Ministerio.

2.2.13 MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS AMBIENTALES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS.

Conforme el convenio USAID No. 596-0181.20 la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, puso a disposición de la SIECA los recursos necesarios para desarrollar el proyecto Mejor Capacidad de la Región para Mitigar los Efectos Transnacionales de Desastres. Este proyecto contempló la realización de las siguientes consultorías relacionadas con el sistema vial y el transporte por carreteras:

1. Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras.
2. Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras.
3. Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales.
4. Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.
5. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.

En la XXIII Reunión del Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica, COMITRAN, dicho Consejo aprobó los trabajos ejecutados y la representación de USAID puso a disposición otra etapa de Resultados Intermedios Esperados con la meta de realizar otros tres estudios. Uno de ellos es el Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras, para fortalecer técnicamente los aspectos normativos de diseño, construcción y mantenimiento, relacionados con el sistema vial regional y el transporte por carreteras.



La SIECA ha considerado pertinente la elaboración del Estudio: “Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras”, el cual debe orientarse hacia la estandarización regional de las mismas en las actividades relacionadas directa e indirectamente durante el ciclo de proyectos viales.

2.2.14 NORMAS AMBIENTALES PARA LAS DIFERENTES ETAPAS DEL CICLO VIAL.

Este documento contiene normas a cumplir durante los procesos de planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de obras viales, con el fin de reducir al mínimo los efectos negativos, tanto directos como indirectos, sobre el medio ambiente y los recursos naturales en el área de influencia de las carreteras regionales.

2.2.15 NORMAS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN.

Aunque una obra de infraestructura vial ocasiona, inevitablemente, impactos sobre su entorno, la intensidad y gravedad de éstos, es mayor cuando se ha omitido una adecuada planificación ambiental del proyecto. Por esta razón es imprescindible que la dimensión ambiental se incorpore en todas las etapas del ciclo vial, desde su concepción y diseño hasta la fase de operación y mantenimiento.

En los Estudios de Impacto Ambiental del Proyecto vial, deberán evaluarse los siguientes aspectos:

- Asentamientos humanos e infraestructura de servicios;
- Patrimonio cultural e histórico;
- Biodiversidad y otros recursos naturales;
- Áreas Protegidas;
- Contaminación sónica;
- Valor estético del paisaje y su conservación;
- Efectos inducidos para el bosque, la vegetación, humedales y otros ecosistemas; y
- Contaminación de agua, del aire y del suelo



- Posibles incendios, plagas, enfermedades y procesos extractivos.
- Vulnerabilidad a desastres naturales
- Revisión del diseño de la carretera de tal manera que incorpore las medidas ambientales.
- Impactos de uso de materiales, equipos, maquinaria y efectos de la construcción para: limpieza y desmonte, subbase, base, hombros, bermas, puentes, alcantarillas, drenaje longitudinal, subdrenaje y otros.
- Impacto de los materiales para la pavimentación y mantenimiento de calzadas.
- Impactos de la explotación de canteras y cauces.
- Impactos de la instalación y operación de plantas de asfalto o concreto hidráulico, instalación y operación de plantas de trituración de materiales pétreos e instalación de campamentos durante el tiempo que dure la obra.
- Disposición de sobrantes y escombros y las contempladas en el acápite precedente.

En el estudio de factibilidad del proyecto, deberán incluirse los costos para mitigar o compensar todos los impactos ambientales directos o indirectos potenciales identificados, analizados y valorizados en el correspondiente EIA, como producto de la construcción de una carretera.

2.2.16 NORMAS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE DISEÑO.

El Contratante de la obra vial debe cerciorarse de que los planos de construcción y el presupuesto incluyan todas las obras ambientales específicas establecidas en los EIA así como en los permisos o licencias correspondientes.

Dentro de los impactos más frecuentes se pueden mencionar los siguientes:

- Pérdida de cobertura vegetal,
- Afectación de especies vegetales cercanas,
- Aparición de fenómenos erosivos,
- Desestabilización de taludes y laderas naturales,
- Compactación de suelos,
- Atropellamiento o ahuyentamiento de fauna,



- Arrojo de material sobrante a media ladera,
- Obstrucción de drenajes,
- Inestabilidad de márgenes,
- Emisiones de polvo y partículas,
- Emisiones de gases y ruido,
- Cambios en el paisaje,
- Deterioro de infraestructura existente,
- Afectación de predios aledaños, entre otros.

2.2.17 NORMAS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.

El Contratista debe cumplir con todas las regulaciones, leyes, decretos o normas relativas a la Protección Ambiental tanto locales como nacionales que, de una forma u otra, involucren la Construcción Vial (reconstrucción, rehabilitación, mejoramiento, ampliación y otras), esta etapa se ha dividido en las siguientes fases:

- Implementación;
- Supervisión ambiental;
- Construcción y operación de campamentos;
- Apertura y adecuación de accesos;
- Plantas trituradora, de asfalto y /o de concreto;
- Operación de maquinaria;
- Transporte y acarreos;
- Bancos de préstamo o canteras,
- Cortes y rellenos o terraplenes;
- Secciones típicas para excavación en roca;
- Secciones típicas para excavación en tierra;
- Secciones típicas para construcción de rellenos;
- Secciones típicas para rellenos sobre áreas húmedas;
- Depósito de desperdicios en botaderos;
- Medidas para protección de taludes;
- Construcción de obras de drenaje;
- Construcción de puentes y obras especiales;
- Construcción de túneles;
- Extendido y compactación de carpeta de rodadura;
- Demarcación y señalización temporal y definitiva;



- Limpieza final de la obra; y
- Finalización de los trabajos de construcción.

2.2.18 NORMAS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE OPERACIÓN O VIALIDAD.

Después de aceptados los trabajos de construcción, se pasa a las etapas de operación y mantenimiento de todas las obras viales, así como la continuación de las medidas ambientales a efecto de lograr la sustentabilidad y sostenibilidad de las mismas.

2.3 MARCO REFERENCIAL.

2.3.1 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS.

2.3.1.1 Intersecciones.

Se denomina intersección al área en que dos o más vías se encuentran o se cruzan y al conjunto de plataformas y acondicionamientos que pueden ser necesarios para el desarrollo de todos los movimientos posibles o permitidos de vehículos y peatones.

Las intersecciones intervienen gran cantidad de variables, pudiendo existir múltiples soluciones para resolverla. Los factores a considerar de cara al diseño de una intersección son los siguientes:

- A. Datos funcionales:** Debe estudiarse el tipo y rango de las vías que concurren, dando una mayor preferencia a aquella que mayor tráfico posea.
- B. Datos físicos:** Topografía y en su caso disposición urbana de la zona, apuntando las posibles barreras existentes para extender la superficie.
- C. Datos de tráfico:** Se debe efectuar un análisis tanto cuantitativo, conociendo las intensidades de tráfico en cada vía, como cualitativo, estudiando la composición de dicho tráfico.
- D. Accidentes:** La repetición de accidentes en una intersección puede justificar su acondicionamiento.



Objetivos principales de la localización y el diseño de intersecciones:

- La mejora de la circulación del tráfico motorizado, según jerarquía de la vía.
- La reducción de la severidad de los conflictos potenciales entre vehículos, facilitando la comodidad y confort de su travesía por los usuarios.
- El control de las condiciones de circulación (intensidad, velocidad, etc.).

Clasificación General

En general se clasifican las intersecciones de la siguiente manera, mencionadas en orden creciente de importancia y complejidad en su diseño:

- Intersecciones convencionales al mismo nivel.
- Intersecciones canalizadas.
- Intersecciones controladas por semáforos.
- Rotondas ó intersecciones giratorias.
- Intersecciones a distinto nivel e intercambios

2.3.1.2 Proceso de selección del diseño.

Para seleccionar el tipo de intersección, existen aspectos generales a considerar, donde el proceso de estudio podría incorporar las siguientes fases:

- Un estudio del tránsito de vehículos en la intersección, actuales y proyectados, que incluya volúmenes por acceso, movimientos direccionales, distribución horaria y datos en hora pico y composición del tránsito por tipos de vehículos.
- Estudios especiales del movimiento peatonal, donde el caso lo justifique.
- Definición previa de los objetivos de la intersección en relación al funcionamiento de la carretera.
- Definición de objetivos en relación al entorno, en especial lo relativo a la preservación de lugares con atractivos turísticos y la protección del ambiente local.
- Estudio de posibles opciones dentro de parámetros de diseño conciliados con su entorno, tomando en cuenta capacidad, nivel de servicio, costos de construcción y mantenimiento.



2.3.1.3 Criterios de diseño.

En cualquier tipo de vía se debe procurar con el proyecto de una intersección una mayor seguridad, así como el mantener una velocidad adecuada en la vía principal.

Para el efecto se deben seguir dos criterios o principios básicos:

- Sencillez.
- Uniformidad.

La Sencillez se logra cuando todos los movimientos permitidos son fáciles y evidentes y los prohibidos o no deseados sean difíciles o imposible de realizar. La uniformidad se pierde, por ejemplo, cuando en una serie de intersecciones con carril de espera para giro a la izquierda se intercala una intersección con una vía de enlace u oreja para la misma maniobra.

2.3.1.4 Orientaciones básicas para el alineamiento horizontal.

Como regla general, el alineamiento de una intersección a nivel debe ser en tangente y las pendientes tan suaves como ello sea posible. Aunque las condiciones del terreno son las que dictan la última palabra, es bajo esas condiciones ideales que los conflictos entre vehículos, peatones y ciclistas se reducen.

Por consideraciones de economía en los costos y seguridad en las operaciones, las carreteras deben interceptarse en ángulo recto o lo más cercano a dicho ángulo (hasta un ángulo de 75 grados se considera generalmente deseable, un ángulo de 60 grados puede ser una variación máxima permisible). Las intersecciones en ángulos agudos, requieren amplias áreas para las maniobras de giro, o sea que incrementan las áreas de exposición a los peligros, y tienden a limitar la visibilidad, sobre todo de los conductores de vehículos pesados de carga.

Las intersecciones en curvas agudas, por otra parte, deben evitarse en tanto sea posible, para evitar la reducción de las visibilidades y las complicaciones



de la sobreelevación y de los ensanchamientos en curva. Por lo que se refiere al perfil longitudinal, se insiste en conservar las distancias de visibilidad a lo largo de las dos carreteras y de la intersección misma, por lo que debe evitarse la combinación de gradientes que hacen difícil el control de los vehículos.

2.3.1.5 Visibilidad de cruce.

- **Triángulo de Visibilidad.**

En una Intersección, la distancia de visibilidad no se refiere sólo al camino en que se desplaza el vehículo, sino que también se extiende en el sentido lateral, de manera que permita al conductor observar los vehículos que accedan al cruce coincidentemente con él.

- **Efecto del Esviaje del Cruce en el Triángulo de Visibilidad.**

Si dos carreteras se cruzan bajo un ángulo fuertemente oblicuo, inferior a 60°, algunos de los factores que determinan el cuadro de visibilidad, resultan modificados.

2.3.1.6 Islas.

Las islas pueden agruparse en tres clases principales, según su función:

Islas divisorias que sirven para separar sentidos de circulación igual u opuesta.

Islas de canalización o encauzamiento, diseñadas para controlar y dirigir los movimientos de tránsito, especialmente los de giro.

- (a) Islas refugio que sirvan para proporcionar una zona de refugio a los peatones.

La mayoría de las islas que se emplean en intersecciones combinan dos o todas estas funciones:

- **Islas Divisorias.**

Este tipo de isla se emplea con frecuencia en carreteras sin división central, para avisar a los conductores de la presencia ante ellos de un cruce, a la vez que regulan el tránsito a través de la Intersección. Son particularmente ventajosa para facilitar los giros a la izquierda en intersecciones en ángulo oblicuo y en puntos donde existan ramales separados para giros a la derecha, dividen sentidos opuestos de circulación, separan corrientes de tránsito de igual sentido, separa un carril central especial para giros a la izquierda y separa



de los carriles normales de tránsito de la vía, un pavimento adyacente para uso de servicios locales.

- **Islas de Canalización o Encauzamiento.**

Estas islas determinan el recorrido correcto que debe seguir un conductor para efectuar un movimiento específico dentro de la Intersección. Pueden ser de diversas formas y tamaños, según las características y dimensiones de la intersección: triangulares, para separar giros a la derecha y centrales, alrededor de las cuales los vehículos efectúan sus giros. Las líneas de contorno de estas islas deben ser curvas o rectas aproximadamente paralelas a la trayectoria de los vehículos. Las islas que separan el tránsito que gira del tránsito directo, deben tener la parte curva con un radio igual o superior al mínimo que requiere la velocidad de giro deseada. Las intersecciones con múltiples ramales de giro pueden necesitar tres o más islas para canalizar diversos movimientos.

- **Islas Refugio.**

Estas islas pueden emplearse para evitar cruces demasiado largos, intercalándolas en carreteras de cuatro o más carriles y para facilitar los cruces de ramales en intersecciones.

2.3.1.7 Intersecciones rotatorias.

En la intersección a nivel rotatoria o rotonda, se transforman las maniobras de cruce en entrecruzamientos, haciendo que los vehículos den vueltas parciales alrededor de una isla central. Es una solución a base de bajas velocidades relativas y circulación continua de las corrientes vehiculares.

En ciertos lugares las rotondas pueden ser más convenientes que las intersecciones a nivel. En general su funcionamiento es mejor cuando el volumen de tránsito en todas las ramas de la intersección es aproximadamente igual.

Sin embargo, su eficiencia depende de la cantidad de maniobras de entrecruzamiento que se realicen, y por lo tanto se adaptan mejor a intersecciones donde los vehículos que giran son más que los que siguen directo.



Ventajas.

- ✓ Marcan la transición entre distintos tipos de flujos vehiculares urbanos e interurbanos, al conseguir la reducción de velocidad a la entrada y salida del tránsito en los diferentes accesos.
- ✓ En la rotonda, los vehículos deben transitar a una velocidad uniforme para incorporarse, entrecruzarse y salir de la corriente de tránsito, sin serios conflictos.
- ✓ Las rotondas son aplicables cuando los volúmenes de tránsito que llegan a la intersección alcanzan unos 60,000 vehículos por día ó 6,000 vehículos por hora en la hora punta, tomando en cuenta siempre que la proporción de tránsito en las entradas sea equilibrada. El volumen total de las ramas no norma el diseño, su capacidad se rige más bien por el tránsito principal y por el que se entrecruza en el sitio crítico de confluencia de la rotonda.
- ✓ Las rotondas funcionan mejor en sitios con tránsito peatonal escaso.
- ✓ Desde el punto de vista de su localización, ofrece ventajas de visibilidad a los conductores, cuando éstas garantizan una visión segura en sus aproximaciones y dentro de la isleta central.

Desventajas.

- ✓ No son apropiadas cuando el volumen de peatones es apreciable, pues el tránsito en ellas debe circular sin interrupciones, lo que no es posible si hay peatones cruzando las calzadas.
- ✓ Los peatones no encuentran satisfacción de cruce similar a los acostumbrados en otros tipos de intersecciones.
- ✓ Aumentan las distancias recorridas por los vehículos, aunque pueden disminuir sus tiempos de recorrido.
- ✓ No se puede ampliar con facilidad y por lo tanto no se adaptan a planes de construcción por etapas.
- ✓ No existen prioridades de las corrientes de tránsito en los accesos.
- ✓ Las rotondas requieren grandes dimensiones cuando los caminos que se intersectan son de alta velocidad, ya que las zonas de entrecruzamiento tienen que ser de mayor longitud, o bien cuando la intersección está formada por más de cuatro ramales.



2.3.1.8 Tipos de rotondas.

Los elementos básicos de una rotonda son: una isleta central, cuyo radio debe corresponder a la velocidad de diseño; la calzada de la rotonda, que tiene un solo sentido de circulación alrededor de la glorieta central; las entradas y salidas de la rotonda, que para operar con eficiencia y seguridad deben alcanzar velocidades equiparables a las de la propia rotonda; y las islas canalizadoras, que dividen los accesos para formar las entradas y salidas a los mismos. Para sintetizar esta descripción, se ha preparado la figura 2.4 que contiene esquemáticamente tres tipos de rotondas:

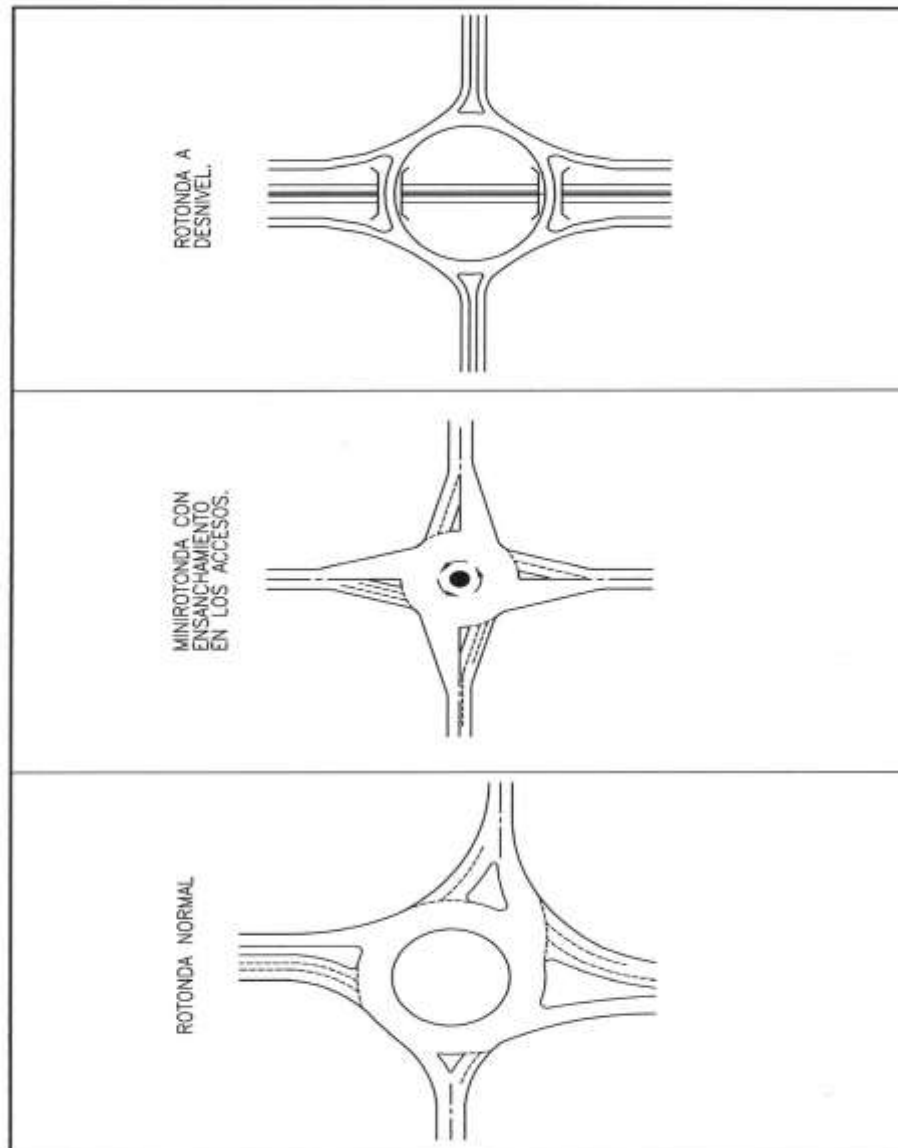
- **Rotonda normal:** que está compuesta de 4 accesos con entradas ensanchadas, para permitir que entren como máximo 3 vehículos al mismo tiempo, con una franja asfáltica de 12 metros alrededor de una isla central circular de diferente diámetro, en concordancia con los volúmenes de tránsito.
- **Mini – rotonda:** son rotondas pequeñas con una isleta central totalmente transitable. Ellos son los más comúnmente utilizados en los entornos urbanos de baja velocidad con un promedio de las velocidades de operación de 50 km/h o menos.
- **Rotonda a desnivel:** está rotonda está integrada por dos puentes que permiten el tránsito ininterrumpido de los vehículos en maniobras de cruce de la corriente principal, mientras que en la parte superior se mueven también elevados volúmenes de tránsito correspondientes al balance del tránsito total, operando bajo el régimen de circulación en el sentido opuesto a las manecillas del reloj, típico de las rotondas.

2.3.1.9 Capacidad de intersección rotatoria.

Las rotondas se componen de tramos de entrecruzamiento y por lo tanto el análisis de capacidad debe hacerse haciendo uso de los conceptos de las normas de diseño. La capacidad de los tramos de entrecruzamiento de una rotonda se estudia para condiciones de movimiento continuo de vehículos. Si por el contrario, éstas estuvieran controladas por semáforos, su funcionamiento sería semejante al de Intersecciones canalizadas de cuatro o más ramales bajo el mismo control.



Figura 2.4 Tipos de Rotondas.



Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011

2.3.1.10 Elementos de diseño en rotondas.

- **Velocidad de Diseño:** En una rotonda los vehículos deben operar a velocidad uniforme para efectuar los entrecruzamientos desde los distintos accesos, sin conflictos serios. La velocidad de diseño de una rotonda debe seleccionarse previamente y empalmar todos los



elementos del trazado uniformemente a dicha velocidad; ésta no debe diferir mucho de lo normal de los accesos a la intersección, ya que de lo contrario se obliga a una reducción importante de la misma, el peligro se incrementa y la utilidad de la rotonda como intersección desaparece.

- **Trazado de la Isla Central:** El trazado de la isla central de una rotonda está subordinado a la velocidad de diseño de la misma, el número y situación de los accesos y a las distancias necesarias para los tramos de entrecruzamiento. Hay posibilidad de muchas posiciones para cada ramal de entrada y salida. Cada combinación de ellas sugiere una forma diferente de la isla central.
- **Trazado de los Accesos:** El buen funcionamiento de una rotonda depende en gran parte de un trazado adecuado de los accesos, el tránsito afluente puede salir con eficacia y seguridad cuando su velocidad media de operación es aproximadamente igual a la de diseño de la rotonda. Las salidas deben diseñarse para que proporcionen la misma velocidad de diseño de la rotonda y preferiblemente algo mayor, con lo que se permite un despeje rápido de la misma y se facilita la tendencia natural de los conductores a aumentar su velocidad al salir de una intersección.
- **Islas de Canalización:** El trazado de las islas que dividen los accesos en las proximidades de una rotonda para ajustarlos a la forma de ésta, afecta directamente la operación de los vehículos. Fundamentalmente su trazado se basa en los detalles expuestos en las normas de diseño, y necesitan además una especial atención para asegurar una canalización con ángulos adecuados al entrecruzamiento.
- **Peraltes:** La relación entre radios, velocidades y peraltes en rotondas es la misma que la indicada en las normas. La mayor dificultad que se presenta en las rotondas es la de lograr el peralte deseable, ya que su curvatura es opuesta a la de los accesos de entrada y salida; existe además una limitación práctica en cuanto a la diferencia de los peraltes en las aristas de coronación del carril que llevan distintos movimientos de giro y de entrecruzamiento, particularmente cuando hay tránsito de grandes camiones.
- **Distancia de Visibilidad y Rasante:** La distancia de visibilidad en las proximidades de una rotonda debe ser suficiente para que permita a los conductores percibirse con anticipación de la presencia de las islas de encauzamiento y de la isla central. Para las primeras es preferible que



exceda a la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño del acceso. Para velocidades bajas o medias son convenientes valores de 1.80 m. y algo mayores para velocidades superiores. La inclinación de la rasante a través de la rotonda debe ser lo más cercana posible a la horizontal, con objeto de proporcionar a los conductores facilidad de maniobra, sin encontrarse afectados por una reducción de velocidad a causa de cambios bruscos de rasante.

2.3.1.11 Aspectos estéticos del trazado.

El desarrollo de un buen aspecto estético y a la vez efectivo de una rotonda, debe formar parte del proyecto de trazado de la misma, ya que ayuda al conductor a apreciar la existencia de la intersección y por consiguiente a ajustar su velocidad y trayectoria. Por ejemplo, un contraste en color y configuración con islas cubiertas de hierbas o con plantaciones de grupos de arbustos que destaquen a distancia, avisa al conductor que se aproxima a la rotonda y que necesita reducir la velocidad. La única precaución que hay que tener en cuenta es que las plantaciones no reduzcan la visibilidad necesaria.

2.3.1.12 Control de parada y preferencia.

En rotondas con gran intensidad de tránsito, con importante número de peatones, que no tengan el tamaño adecuado, puede ser necesario, especialmente en zonas urbanas, recurrir a disposiciones de control de tránsito con prioridad de paso, obligación de parada o instalación de semáforos. En estos casos el proyecto del trazado de una rotonda debe analizarse y compararse con el otro tipo de intersección canalizada, ya que éstas proporcionan un recorrido menor y una capacidad posiblemente más elevada.

2.3.2 ANÁLISIS DE TRANSITO.

El diseño de una carretera, o de cualquiera de sus partes, debe basarse en la información real incluyendo factores relativos al tránsito. El financiamiento, la calidad de las cimentaciones, disponibilidad de materiales, costo del derecho de vía y otros factores, todos tienen importante conexión con el diseño; por



otro lado, los volúmenes de tránsito indican la necesidad de mejorar las características geométricas del diseño tales como número de carriles, anchos, alineamientos y pendientes. La información de tránsito sirve para establecer las cargas para el diseño geométrico de la carretera.

Generalmente los datos de tránsito para un camino o sección de camino están disponibles o pueden obtenerse mediante conteos ya sean manuales o electrónicos. Los datos colectados por las instituciones estatales o locales incluyen los volúmenes de tránsito por día del año y hora del día, así como también la distribución de los vehículos por tipos y por pesos. Los datos también incluyen información sobre las tendencias, de las cuales el proyectista puede estimar el tránsito que puede esperarse en el futuro.

2.3.2.1 Volumen.

- **Transito Promedio Diario Anual:** La unidad general de medida del tránsito sobre una carretera es el volumen del tránsito promedio diario anual (TPDA). El TPDA se define como el volumen total durante un período determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, dividido por el número de días comprendido en ese período de tiempo.
- **Tránsito de Hora Pico:** Siendo el TPDA una medida muy genérica de la intensidad del tránsito a lo largo de un día, se vuelve necesario tomar en cuenta las variaciones extremas que registra el movimiento de vehículos a lo largo de las veinticuatro horas del día, para seleccionar las horas de máxima demanda como base más apropiada para el diseño geométrico de las carreteras.
- **Composición del Tránsito:** Dependiendo del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en cuenta que los vehículos pesados. El efecto total sobre la operación de tránsito de un camión es equivalente a varios vehículos de pasajeros. El número de vehículos de pasajeros equivalentes depende de la pendiente y en carreteras de dos carriles, de la distancia de visibilidad de adelantamiento disponible. Así, cuanto mayor sea la proporción de camiones en una



corriente de tránsito, mayores serán la carga de tránsito y la capacidad requerida.

Por el efecto que tienen en el tránsito, los vehículos pueden agruparse en dos categorías:

- Vehículos de pasajeros; todos los vehículos de pasajeros, incluyendo minivans, vans, pickup y vehículos deportivos/utilitarios.
 - Camiones; todos los buses, camiones de unidad única y combinaciones 2. de camiones, excepto vehículos recreacionales. En esta categoría se sitúan los que tienen 4 toneladas métricas o más de peso y los que tienen llantas dobles en el eje trasero.
- **Proyección Futura de las Demandas de Tránsito:** Una carretera nueva o la mejora de una carretera existente, debe diseñarse para acomodar el tránsito que pueda ocurrir durante el período de diseño, sometida a un mantenimiento razonable. Es difícil definir el período de diseño de una carretera porque los elementos principales pueden tener diferentes períodos de vida física. Se recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como base para el diseño. Para determinar las proyecciones de tránsito de una carretera o intersección se utiliza una diversidad de procedimientos, entre ellos, dos procedimientos son universalmente aceptados, aunque cabe señalar que a mayor incertidumbre en las estimaciones a futuro, mayor será la conveniencia de complementar los estudios con un análisis de sensibilidad para prever situaciones extremas en las perspectivas a largo plazo. El primero se fundamenta en el análisis de las tendencias históricas del comportamiento del tránsito, conocidas mediante registros de los volúmenes durante un período de duración. El segundo método reconoce que los pronósticos de tránsito guardan estrecha relación con indicadores de las múltiples actividades humanas, cuyos patrones relacionados con la movilidad, se consideran invariables en el período de diseño de las obras viales, a menos que se conozcan de antemano factores que pueden influir en su futuro comportamiento.



2.3.2.2 Capacidad.

Se define en general, como capacidad de una vía a la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar un perfil transversal o tramo uniforme de un carril o calzada durante un periodo definido de tiempo bajo condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de regulación.

Niveles de servicio: La definición del nivel de servicio describe generalmente estas condiciones en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad y conveniencia o adecuación del flujo a los deseos del usuario, y la seguridad vial. Para cada tipo de vía para el que se dispone de procedimientos de análisis se han definido seis niveles de servicio. Se le denomina por las letras A a F, representando el nivel A de las mejores condiciones de circulación y el nivel F las peores.

- **Nivel de servicio A:** Representa una circulación libre. Los usuarios individuales están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad, tanto de selección de sus velocidades deseadas como de maniobra dentro del tráfico. El nivel general de comodidad y convivencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón es excelente.
- **Nivel de servicio B:** Está dentro del campo del flujo estable, aunque se empieza a percibir la presencia de otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas permanece relativamente inafectada, aunque existe una ligera una ligera disminución en la libertad de maniobra en relación a la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y convivencia proporcionado por la circulación al usuario es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.
- **Nivel de servicio C:** Pertenece al campo de flujo estable, pero marca el comienzo de dominio en el que la operación de los usuarios



individuales se ve afectada en forma significativa por las intersecciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la realización de maniobras dentro de la circulación obliga al usuario a una vigilancia importante. El nivel general de comodidad y convivencia en este nivel desciende notablemente.

- **Nivel de servicio D:** Presenta una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo en una circulación operando en este nivel ocasionarían generalmente problemas de funcionamiento.
 - **Nivel de servicio F:** Representa condiciones de funcionamiento en, o cerca de, capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo pero bastante uniforme. La libertad de maniobra dentro de la circulación extremadamente difícil, y se consigue generalmente forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso” a estas maniobras concretas. Los niveles de comodidad y la convivencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores, o peatones. La circulación en este nivel es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos de flujo o ligeras perturbaciones dentro de la corriente producen colapsos.
- **Intensidad de servicio:** Es la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que circulan por un punto o sección uniforme de un carril o carretera durante un cierto periodo manteniendo simultáneamente un nivel de servicio determinado. Para la definición de la capacidad la intensidad de servicio se considera en general en un periodo de 15 minutos.

2.3.3 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO.

La clasificación de calles y carreteras es un el proceso por medio del cual las vías transitables son organizadas dentro de un sistema funcional, de acuerdo con el carácter de servicio que prestan y que ayude a seleccionar los factores apropiados de tránsito y otras variables que sean necesarias, según se muestran en la tabla 2.3.



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

Tabla 2.3 Clasificación funcional de las Carreteras Regionales, Volúmenes de Tránsito, Número de Carriles y Tipo de Superficies de Rodadura.

TPDA	> 20,000		20,000 – 10,000		10,000–3,000		3,000 - 500	
	C	S	C	S	C	S	C	S
AR – Autopistas Regionales	6 – 8	Pav.	4 – 6	Pav.				
TS – Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR – Troncales Rurales	4	Pav.	2 – 4	Pav.	2	Pav.		
CS – Colectoras Suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR – Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

TPDA = Tránsito promedio diario anual; C= Número de carriles; S= Superficie de rodadura; Pav. = pavimentadas

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de carreteras Regionales, SIECA, 2001.

La subrasante que es la capa más baja de la estructura de pavimento, se asume infinita en el sentido vertical y horizontal; las otras capas de espesor finito son asumidas finitas en dirección horizontal.

Las cargas colocadas sobre la superficie de un pavimento producen dos esfuerzos que son críticos para los propósitos de diseño; un esfuerzo horizontal de tensión E_t en la parte de abajo de la capa de superficie y el esfuerzo de compresión vertical E_c actuando sobre la superficie de la subrasante. Si el esfuerzo de tensión horizontal es excesivo, pueden resultar grietas en la capa de rodadura. Si la fuerza vertical de compresión es excesiva,



resultarán deformaciones permanentes en la estructura de pavimento debido a la sobre carga en la subrasante. Una excesiva deformación de las capas solamente puede ser controlada por las limitaciones de las propiedades de los materiales.

Todos los materiales están caracterizados por el Módulo de Elasticidad, llamado Módulo Dinámico en mezclas asfálticas; Módulo de Resiliencia para los materiales granulares sin tratar y los materiales de los suelos. El Módulo Dinámico en mezclas de asfalto es dependiente de la temperatura sobre el pavimento.

2.3.3.1 Análisis de tránsito.

El método o técnica más utilizada en Centroamérica para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales de rodadura tanto asfálticas como de concreto hidráulico, siempre se refiere a la AASHTO (Según Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993); en este método requiere de la carga por eje, la configuración del mismo, así como el número de aplicaciones o paso de este eje sobre la superficie de pavimento.

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

Para el diseño de estructuras de pavimento es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Estos aforos se realizan con el objeto de:



- ✓ Determinar la composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras.
- ✓ Determinar el número de vehículos que transitan en cierta zona o que circulan dentro de ella.
- ✓ Evaluar índices de accidentes.
- ✓ Servir de base para la clasificación de caminos.
- ✓ Datos útiles para la planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos.
- ✓ Proyectar sistemas de control de tránsito.
- ✓ Elaborar sistemas de mantenimiento.
- ✓ Establecer prioridades y técnicas de construcción.
- ✓ Determinar el tránsito futuro, etc.

En todo estudio de volúmenes de tránsito es necesario obtener dos datos básicos: el tránsito medio diario general y el tránsito medio diario de camiones.

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 tránsito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada según AASTHO es de 80 kN o 18 Kips y la conversión se hace a través de los **Factores Equivalentes de Carga LEF (Load Equivalent Factor)**.

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (Perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0 (Pésimas condiciones). A la diferencia entre estos dos valores se le conoce como la

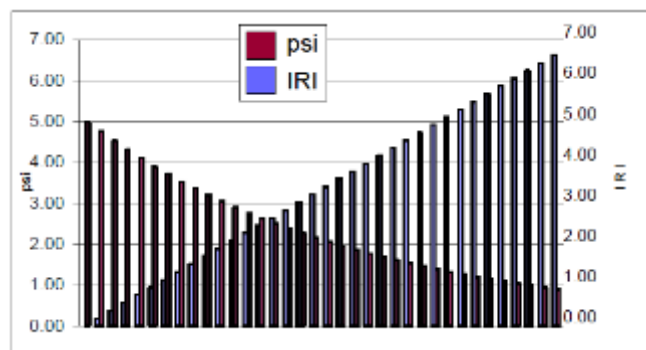


pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) o sea el Índice de Serviabilidad Presente (Present Serviability Index).

Actualmente para medir este deterioro se utiliza el IRI, **Índice Internacional de Rugosidad (International Roughness Index)**, para lo cual se utiliza un equipo sofisticado montado en un vehículo, el que al pasar sobre la superficie de una carretera, va midiendo los altibajos y los suma, por lo que al final se obtiene un valor acumulado en metros por kilómetro (m/km) o pulgada por milla (plg/milla).

En la Figura 2.5, se presenta la correlación entre PSI e IRI, en la cual ya se ha hecho la conversión a metros por kilómetro.

Figura 2.5 Correlación PSI-IRI.



Fuente: Generada por consultor

Por lo anteriormente expuesto, el **Factor Equivalente de Carga (LEF)**, es el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 kN y la producida por un eje estándar en el mismo eje.

$$LEF = \frac{\text{No. de ESAL's de 80 kN que produce una perdida de serviciabilidad}}{\text{No. de ejes de 80 kN que produce la misma perdida de serviciabilidad}}$$

Como cada tipo de pavimento responde de manera diferente a una carga, los LEF's también cambian en función del tipo de pavimento. Por lo que, los



pavimentos rígidos y flexibles tienen diferentes LEF's y que también cambia según el **SN (Structural Number, número estructural)** en pavimentos flexibles y según el espesor de la losa en pavimentos rígidos, además que también cambia según el valor del índice de serviciabilidad asumido para el diseño.

2.3.3.2 Evaluación de subrasantes.

La Subrasante es la capa en la que se apoya la estructura del pavimento y la característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la subrasante, se conoce como Módulo de Resiliencia (Mr). Cuando se comenzaron a efectuar los primeros diseños de pavimento, este concepto estaba basado en las propiedades de la subrasante tales como:

- ✓ Granulometría.
- ✓ Plasticidad.
- ✓ Clasificación de suelos.
- ✓ Resistencia al corte.
- ✓ Susceptibilidad a las variaciones de temperatura.
- ✓ Drenaje.

Posteriormente se tomaron en cuenta las propiedades básicas de la subrasante y se analizaron otro tipo de ensayos que permitieran conocer en mejor forma el comportamiento de estos suelos. Se efectuaron ensayos utilizando cargas estáticas o de baja velocidad de deformación tales como el CBR, ensayos de compresión simple.

Las propiedades físico-mecánicas son las características utilizadas para la selección de los materiales, las especificaciones de construcción y el control de calidad. Para conocer las propiedades de los suelos en un proyecto, es necesario tomar muestras en todo el desarrollo del mismo, posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades:

- ✓ Granulometría
- ✓ Límites de Atterberg (líquido e índice plástico)



- ✓ Valor Soporte (CBR)
- ✓ Densidad (Proctor)
- ✓ Humedad

Con los datos obtenidos, se elabora un perfil estratigráfico en el cual se detallan los distintos tipos de suelos y su profundidad.

2.3.3.3 Clasificación de suelos.

La clasificación que mejor describe y determina las propiedades de un suelo a usarse como subrasante es la clasificación de AASHTO M-145; las primeras variables son: la granulometría y la plasticidad. En términos generales, un suelo conforme a su granulometría se clasifica así:

- ✓ **Grava:** de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz No. 10 (2 mm)
- ✓ **Arena Gruesa:** de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz No. 40 (0.425 mm)
- ✓ **Arena Fina:** de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz No. 200 (0.075 mm)
- ✓ **Limos y Arcillas:** tamaños menores de 0.075 mm

Las propiedades de plasticidad, se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg, las cuales son:

- ✓ **Límite Líquido o LL:** Es el estado de un suelo, cuando pasa de un estado plástico a un estado semilíquido.
- ✓ **Límite Plástico o LP:** Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo.
- ✓ **Índice Plástico o IP:** es la diferencia entre LL y LP, que indica la plasticidad del material.

Para los suelos gruesos, la propiedad más importante es la granulometría y para los suelos finos son los límites de Atterberg.

La relación entre la humedad y la densidad de un suelo compactado, es una situación muy importante que se requiere al analizar las propiedades del mismo. Para el efecto se desarrollaron los ensayos Proctor, AASHTO T-99 (estándar) y T-180 (modificado) y son los que permiten determinar la humedad



óptima o sea la humedad ideal en la cual el suelo llega a su densidad máxima y a su vez alcanza sus mejores propiedades mecánicas. El valor de esta humedad óptima depende directamente de la cantidad de energía de compactación a la que se ha sometido el suelo; al ser mayor la energía de compactación, la humedad óptima será menor y la densidad seca será mayor.

2.3.3.1 Ensayos de suelos.

Existen diferentes métodos para medir la resistencia de los suelos de la subrasante que han sido sometidos a cargas dinámicas de tránsito, entre los cuales están los siguientes:

- ✓ Relación de Valor Soporte de California (CBR, California Bearing Ratio).
- ✓ Valor de resistencia Hveem (Valor R).
- ✓ Ensayo de plato de carga (Valor k).
- ✓ Penetración dinámica con cono.
- ✓ Módulo de resiliencia (Mr) para pavimentos flexibles.
- ✓ Módulo de reacción (Mk) para pavimentos rígidos.

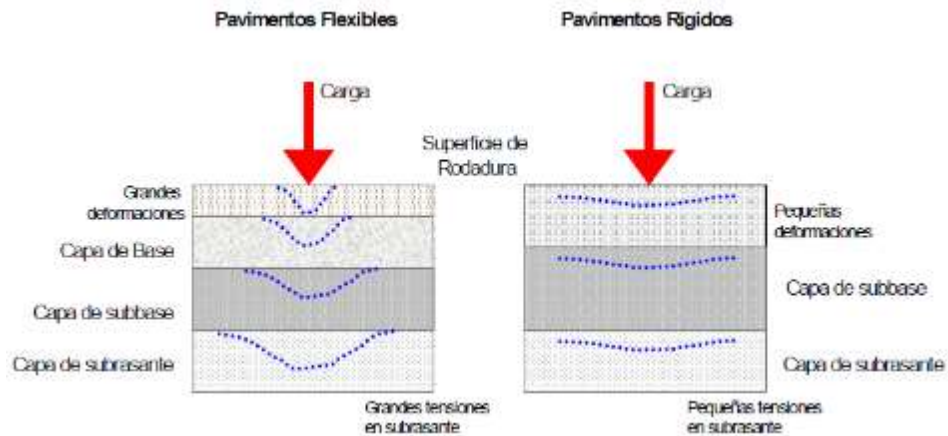
2.3.4 ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. El comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente, tal como puede verse en la figura 2.6.

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.



Figura 2.6 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos.



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1993

3.3.4.1 Subrasante.

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

- ⇒ **Materiales:** En general los materiales apropiados para capa de subrasante, son los suelos de preferencia granulares con porcentajes de hinchamiento según ensayos AASHTO T-193 y que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo.
- ⇒ **Compactación:** Para compactar la capa de subrasante, el espesor de ésta debe escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse en su totalidad, hasta lograr la densidad máxima según AASHTO T- 180.

3.3.4.2 Subbase.

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares.



- ⇒ **Materiales:** El material de subbase deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte (CBR) que el material de subrasante y su espesor será variable por tramos, dependiendo de las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante.
- ⇒ **Compactación:** El material de subbase debe ser tendido en capas no mayores de 20 centímetros de espesor. Este debe homogenizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua que sea necesaria para lograr la compactación en su totalidad, hasta alcanzar su densidad máxima por el método AASHTO T-180.

3.3.4.3 Base.

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. Las bases especificadas son las siguientes:

a) Base granular.

Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento.

- ⇒ **Materiales:** Debe corresponder a los tipos de graduación determinados según AASHTO T-27 y T-11.
- ⇒ **Compactación:** Antes de tender el material de base, el material de subbase debe tener la compactación especificada. Cuando el espesor de base sea mayor de 20 centímetros, se tendrá que hacer la compactación por capas, siempre que éstas no sean mayores de 20 ni menores de 10 centímetros. Además, se tiene que humedecer la superficie entre capas, para conseguir una mejor adhesión entre éstas y así evitar deslizamientos. Al compactar, el material debe ser homogéneo y debe estar humedecido y mezclado, para lograr la densidad especificada. La capa de base ya terminada, tiene que quedar lo más uniforme posible, para evitar concentración de esfuerzos en la capa de rodadura, al estar el pavimento ya dispuesto para la circulación de vehículos.

b) Base estabilizada.

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con materiales o productos



estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de subbase.

2.3.4.4 Productos estabilizadores.

- ⇒ **Cemento Portland:** Es el producto de la mezcla de diferentes materiales que se someten a un proceso de cocción y molido, para constituir un material ligante al combinarse con agua y suelo.
- ⇒ **Cal:** Es el producto de la cocción de la piedra caliza, para constituir un material ligante al combinarse con agua y suelo. La utilización de cal para la estabilización de bases, se considera cuando es necesario cambiar algunas características físicas y mejorar las condiciones mecánicas del material. Es necesario tomar en cuenta, que el utilizar cal para estabilizar, los materiales obtienen del material estabilizador algunas condiciones de beneficio como son la impermeabilidad, disminución de los límites de consistencia y aumento del CBR; en el caso de la cal es difícil llegar a tener un material rígido, porque la reacción química es más lenta que con cemento para lograr una resistencia especificada.

2.3.4.5 Materiales bituminosos.

Asfalto es el último producto resultante de la destilación del petróleo. La combinación de suelos con asfalto mejora las condiciones de estabilidad y resistencia a la humedad, proporcionando mejor distribución de las cargas ocasionadas por el tránsito a las capas subyacentes de la estructura de pavimento.

- ⇒ **Requisitos del material bituminoso:** El material bituminoso debe ser cemento asfáltico de alta penetración, asfaltos rebajados, emulsiones asfálticas y alquitranes. La cantidad de emulsión asfáltica puede variar entre 4% y 8% y al utilizar asfaltos rebajados, entre 3.5% a 7.5% con respecto al peso seco del material a estabilizar.
- ⇒ **Compactación:** La mezcla debe ser uniformemente compactada, hasta lograr la densidad máxima. En caso que el espesor de la base estabilizada con material bituminoso fuera mayor de 15 centímetros, la mezcla debe ser tendida y compactada en dos o más capas.



2.3.3.6 Superficies de rodadura.

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros), excepto el caso de riegos superficiales, ya que para estos se considera nula. Las superficies de rodadura de los pavimentos flexibles se dividen, según se muestra en la figura 2.8.

2.3.5 CAPAS ASFÁLTICAS.

2.3.5.1 Mezcla asfáltica en caliente

Es la mezcla de agregados pétreos con aglomerantes bituminosos, materiales que deben cumplir con los requisitos aquí especificados, los cuales mezclados mediante procedimientos controlados en caliente, darán como resultado un material con propiedades y características definidas.

⇒ Materiales

- 1) **Material bituminoso:** El material asfáltico, tipo, grado, y especificación del cemento asfáltico o del cemento asfáltico modificado con polímeros a usar, debe ser uno de los establecidos en la tabla 2.4.



Figura 2.7 Tipos de superficie de rodadura en pavimentos flexibles.



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1993.

- 2) **Agregados pétreos:** Para los requerimientos de la Mezcla Asfáltica, se adoptará el método Marshall según AASHTO T-245, que sirve para verificar las condiciones de vacíos y estabilidad que deben satisfacer los valores indicados en el Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, SIECA, 2,002. La porción de agregados minerales gruesos retenida en la malla No. 8 se denominará agregado grueso y se compondrá de piedras o gravas trituradas. Sólo se podrá utilizar un tipo único de agregado grueso. La porción de agregados minerales que pasa la malla No. 8 se denominará agregado fino y podrá estar compuesto por arena natural, tamizados de piedra o de una combinación de ambos. Ver tabla 2.5.

Tabla 2.4 Especificaciones del cemento asfáltico.

Tipo y grado de cemento asfáltico	Especificación
Graduación por viscosidad:	
• AC-10	
• AC-20	AASHTO M 208
• AC-10	
Graduación por penetración:	
• 40 – 50	
• 60 – 70	
• 85 – 100	AASHTO M 20
• 120 – 150	
Graduación PG:	
• 22 – 64	
• 22 – 70	AASHTO MP 1
• 22 – 75	
• 22 – 82	

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, Dirección General de Caminos, Guatemala año 2000.



Tabla 2.5 Granulometría del relleno mineral.

Tamiz		% que pasa
0.60 mm	No. 30	100
38.1 mm	No. 100	95 - 100
25.0 mm	No. 200	65 - 100

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, Dirección General de Caminos, Guatemala año 2000.

2.3.6 DRENAJES.

La humedad es una característica muy especial de los pavimentos, ya que ésta reviste gran importancia sobre las propiedades de los materiales que forman la estructura de un pavimento y sobre el comportamiento de los mismos.

Los efectos de esta agua (cuando está atrapada dentro de la estructura) sobre el pavimento son los siguientes:

- a) Obligadamente reduce la resistencia de los materiales granulares.
- b) Reduce la resistencia de los suelos de la subrasante cuando ésta se satura y permanece en similares condiciones durante largos períodos.
- c) Succiona los suelos de apoyo de los pavimentos de concreto con las consiguientes fallas, grietas y el deterioro de hombros.
- d) Succiona los finos de los agregados de las bases que están bajo los pavimentos flexibles, haciendo que las partículas de suelo se desplacen con los resultados de pérdida de soporte por la erosión provocada.

Con menor frecuencia, se suceden problemas de agua incluida y atrapada, pero no se limitan a ello, tales como:

- a) Degradación de la calidad del material del pavimento por efecto de la humedad, creando desvestimiento de las partículas del mismo.
- b) Los diferenciales que se producen con el desplazamiento dado por el hinchamiento de los suelos.
- c) Por la expansión y contracción debida al congelamiento de los suelos.

Para obtener un adecuado drenaje del pavimento, se debe considerar en el diseño, la provisión de tres tipos de sistemas de drenaje para el control ó la reducción de los problemas causados por el agua:

- ✓ Drenaje superficial.



- ✓ Subdrenajes.
- ✓ Estructuras de drenaje.

2.3.6.1 Consideraciones de drenaje en el diseño de pavimentos

Un buen drenaje mantiene la capacidad soporte de la subrasante (mantiene el módulo de resiliencia cuando la humedad es estable) lo que hace un camino de mejor calidad, así como permite en determinado momento el uso de capas de soporte de menor espesor.

2.3.6.2 Selecciones del coeficiente

Para seleccionar el coeficiente, es necesario seguir las siguientes indicaciones:

- 1) Se calcula el tiempo de drenaje de cada una de las capas no ligada para pavimentos.
- 2) Se selecciona una calidad de drenaje en función del tiempo de drenaje calculado.
- 3) Calcular el tiempo en que la estructura de pavimento va a estar expuesta a niveles de humedad próximos a saturarse.
- 4) Con la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo en que el pavimento va a estar expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación, se selecciona el coeficiente de drenaje sea el tipo de pavimento que se esté calculando.

2.3.6.3 Coeficiente de drenaje AASHTO.

Los coeficientes de drenaje son: valores menores, iguales ó mayores a la unidad, esto depende de la calidad percolante de las capas de drenaje; al tener capas de drenaje con valores mayores que la unidad, entonces es factible la posibilidad de diseñar paquetes estructurales con espesores menores; en el caso que el drenaje no es bueno, el coeficiente es menor que la unidad lo que obligara a diseñar un paquete estructural con mayor espesor, que permita resistir en igualdad de condiciones el tránsito para el que fue diseñado; un mayor espesor de paquete estructural, no garantiza el tener un buen drenaje.



2.3.6.4 Análisis de drenaje.

En el análisis de drenaje, es necesario estudiar todas las granulometrías y permeabilidades de los materiales que se tengan en el proyecto; esta permeabilidad se puede determinar tanto en el lugar como en laboratorio. Será necesario también calcular la capacidad de los drenajes longitudinales, tanto las cunetas así como los subdrenajes, con el fin de conocer su capacidad de evacuación de las aguas; para el caso, es necesario que los drenajes deben diseñarse para evacuar el agua por lo menos en un período de dos horas ó menos, posteriores a la finalización de la lluvia; un buen sistema de drenajes tiene que aumentar su capacidad drenante desde el material que esta aguas arriba hacia el material que esta aguas abajo.

En el caso de la utilización de telas tipo geotextil como filtro de las capas drenantes, se deben considerar las siguientes propiedades:

- 1) Retención de las partículas de suelo
- 2) Permeabilidad
- 3) Capacidad de taponamiento
- 4) Resistencia a los agentes químicos
- 5) Fácil maniobrabilidad y durabilidad

2.3.7 DISEÑO DE ESPESORES.

El diseño de pavimentos flexibles incluye la superficie con concretos o mezclas asfálticas. El concepto del diseño de pavimentos tanto flexibles, es determinar primero el espesor de la estructura basado en el nivel de tránsito como en las propiedades de los materiales; el período de desempeño de un pavimento está en función de la pérdida de serviciabilidad.

2.3.8 PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Para el diseño de espesores en pavimentos flexibles, se usarán dos tipos de métodos, los cuales son los siguientes:

- ✓ Método de AASHTO, 1,993.



- ✓ Método del Instituto de Asfalto.

2.3.7.1 Método de AASHTO.

a) Las variables que se tienen que considerar en este método, serán las siguientes.

⇒ **Variables en función del tiempo:** Existen dos variables que deben tomarse en cuenta y son:

- El período de diseño: es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.
- La vida útil del pavimento: es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

⇒ **Variables en función del tránsito:** Esta variable es la calculada con el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (80 kN) ó ESAL's. La conversión de una carga dada por eje a eje equivalente o ESAL's se hace a través de los factores equivalentes de carga (LEF's).

⇒ **Confiabilidad (R):** Este valor se refiere al grado de seguridad ó veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento, puede llegar al fin de su período de diseño en buenas condiciones.

⇒ **Criterios para determinar la serviciabilidad.**

Serviciabilidad inicial.

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles.

Serviciabilidad final (no deben ser menores a los indicados).

$P_t = 2.5$ ó más para caminos principales.

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor.

⇒ **Propiedades de los materiales:** Se consideran las propiedades de los materiales, que son las que se valoran para obtener el módulo de resiliencia, ya que en función de éste se llega a los coeficientes de los números estructurales (SN).



⇒ **Drenajes:** Se estudian estos valores con el método de AASHTO y son los coeficientes de capa, los cuales se ajustan con factores mayores o menores que la unidad para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están sometidas a niveles de humedad cerca de la saturación.

b) Determinación de espesores.

En los pavimentos de mezclas asfálticas por medio de la fórmula de diseño se obtiene el número estructural (SN) y en función del mismo se determinan los distintos espesores de las capas que conforman el paquete estructural; el diseño está basado en la identificación del número estructural del pavimento flexible y la cantidad de ejes de carga transitando

⇒ **Determinación del número estructural requerido:** Las variables para determinar el número estructural de diseño requerido son las siguientes:

- ✓ La cantidad estimada de ejes equivalentes (ESAL's) por carril, para el período de diseño.
- ✓ La confiabilidad (R)
- ✓ El conjunto total de las desviaciones estándar (So).
- ✓ El módulo de resiliencia efectivo (Mr).
- ✓ La pérdida de serviciabilidad $\Delta PSI = P_o - P_t$

La fórmula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa es la siguiente:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3 \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

En Donde:

a1, a2, a3 son los coeficientes estructurales ó de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.

m2, m3 son los coeficientes de drenaje para base y subbase.

D1, D2, D3 son los espesores de capa en pulgadas para la superficie de rodadura, base y subbase.

Esta fórmula tiene muchas soluciones, en función de las diferentes combinaciones de espesores; no obstante, existen normativas que tienden a



dar espesores de capas que deben ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes, por efecto de las capas superiores de mayor resistencia.

⇒ **Estabilidad y factibilidad de la construcción:** En la práctica no deben colocarse capas con espesores menores que los mínimos requeridos, ya que las capas con espesores mayores que el mínimo son más estables. Frecuentemente se especifica un valor mayor en el espesor de capas, con el objeto de mantener la estructura de pavimento en mejores condiciones para absorber los efectos que producen los suelos expansivos. Si el resultado de la suma de los números estructurales es menor al número estructural requerido, es necesario revisar los espesores asumidos en el inicio, incrementándolos para obtener un número estructural mayor. Se deben considerar otros factores que pueden modificarse para obtener el número estructural requerido (materiales, drenajes, períodos de diseño, etc.).

2.3.9 SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO.

2.3.9.1 Generalidades.

El señalamiento y los dispositivos de control de tránsito deben ser utilizados para asistir y dirigir a los conductores en las tareas de prevención, guía, orientación y navegación propias de la conducción de un vehículo automotor para garantizar el viaje seguro en cualquier calle, camino o carretera abierta al público. Para que sea efectivo cualquier dispositivo para el control del tránsito deberá cumplir a cabalidad los cinco requisitos fundamentales que se enumeran a continuación:

1. Satisfacer una necesidad para el adecuado desenvolvimiento del tránsito.
Cuando se coloca un dispositivo donde no se requiere, no solo resulta inútil sino perjudicial por cuanto inspira irrespeto en el usuario.



2. Alterar la atención del usuario. Todo dispositivo debe ser advertido por el público.
3. Transmitir un mensaje claro y sencillo. La indicación suministrada por un dispositivo debe ser lacónica y clara para que sea interpretada rápidamente.
4. Infundir respeto a los usuarios de las vías. Se debe utilizar un lenguaje formal.
5. Permitir suficiente tiempo y espacio para una respuesta adecuada. Los dispositivos deben tener un diseño y colocarse de modo que el usuario tenga suficiente tiempo y espacio para efectuar la maniobra.

Para conseguir los propósitos antes mencionados, deben tenerse en cuenta los siguientes factores básicos: Diseño, Localización, Operación, Uniformidad y Mantenimiento.

- **Diseño:** El diseño del dispositivo debe asegurar que cada característica como tamaño, contraste, colores, fisura, composición e iluminación o reflectorización, estén combinadas para llamar la atención del usuario hacia el dispositivo.
- **Localización:** La ubicación de los dispositivos debe ser tal que garantice que el dispositivo este dentro del cono visual del usuario.
- **Uniformidad:** La uniformidad de los dispositivos para el control del tránsito simplifica a la labor del usuario de las vías públicas, puesto que ayuda al reconocimiento y entendimiento de los mismos, ofreciendo la misma interpretación de un dispositivo dado.
- **Operación:** La operación o aplicación debe asegurar que los dispositivos y equipos apropiados se instalen para cumplir con las demandas del tránsito en un sitio dado.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento de los dispositivos debe ser de primera calidad para asegurar su legibilidad y visibilidad; los dispositivos limpios, legibles, adecuadamente localizados y en buenas condiciones de funcionamiento, llaman la atención e inspiran el respeto de los conductores y peatones.

2.3.9.2 Códigos de colores.

Los siguientes códigos de colores establecen significados generales para nueve colores de doce posibles, que han sido identificados como apropiados para uso en la transmisión de información de control de tránsito.



- AMARILLO: Prevención general (colar de fonda de las señales de prevención).
- ANARANJADO: Prevención de situaciones temporales, como trabajos de construcción, mantenimiento, reparaciones, atención de incidentes y emergencias (color de fondo de señales de prevención temporal).
- BLANCO: Regulación e información (color de fondo para las señales de reglamentación y de información en vías convencionales. Se usa en la leyenda de la señal de "ALTO", R- 1-1, y en las leyendas de las señales con color de fondo rojo, negro, Verde, azul y café).
- NEGRO: Regulación, prevención e información (color de fondo de señales de regulación nocturna. Se usa en los símbolos, ribetes y figuras de todo tipo de señales, en particular en las señales con color de fondo blanco, amarillo y anaranjado).
- ROJO: Alta, prohibición o maniobra crítica (color de fondo en la señal de "ALTO" y atrás reglamentarias que se refieren a maniobras críticas. También se usa en las orlas, símbolos, letras y la barra o franja diagonal en algunas señales de reglamentación,).
- AZUL: Guía de servicios al automovilista y al turista (color de fondo de esas señales informativas).
- VERDE; Indica movimientos permitidos y guía de navegación y direcciones en vías rápidas, autopistas y ciclovías (color de fondo de ese tipo de señales informativas).
- CAFE: Guía a sitios recreativos, parques nacionales y otros de interés cultural, administrados por entes públicos o sin fines de lucro (color de fondo de esas señales informativas).
- AMARILLO LIMON (Fluorescente): se autoriza su uso opcional en sustitución del amarillo, únicamente para prevenir sobre la presencia de cruces de peatones, de bicicletas y en zonas escolares, con el fin de mejorar la visibilidad de la señal en horas de baja luminosidad solar.

2.3.9.3 Señales verticales.

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su



entorno, o para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

2.3.9.4 Clasificación de las señales.

Desde el punto de vista funcional, las señales verticales se clasifican en:

- **Señales de Reglamentación:** Son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía.
- **Señales de Prevención:** Son las que indican al conductor de las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno.
- **Señales de información:** Son las que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de travesía y orientación de los usuarios.

Las señales informativas se clasifican en los siguientes seis grupos y se discuten en las secciones del Manual Centroamericano indicadas a continuación:

- Señales de Información de Identificación (II).
- Señales de Información de Destino (ID).
- Señales de Información de Servicios y Turísticas (IS).
- Señales de Información de Áreas Recreativas y Parques Nacionales (IR).
- Señales de Información de Defensa Civil y Emergencias (IE).
- Señales de Información General (IG).

2.3.9.5 Diseño.

La uniformidad en el diseño incluye forma, color, dimensiones, leyendas, iluminación y reflectorización. El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito presenta muchas señales estandarizadas típicas aprobadas para su uso en calles y carreteras. Los dibujos detallados de estas señales están disponibles en el Anexo C del Manual Centroamericano.



2.3.9.6 Formas.

Las formas uniformes de las señales son:

- **El octágono regular** está reservado para uso exclusivo de la señal de "ALTO" (R-1-1).
- **El triángulo equilátero, con una punta hacia abajo**, está reservado exclusivamente para la señal de "CEDA EL PASO" (R-1-2).
- **La forma circular** está reservada para los marcadores de ruta de evacuación (E-1-1) y el escudo de las rutas nacionales secundarias (II-1-4b).
- **El rombo o forma de diamante (cuadrado con diagonal vertical)** deberá ser utilizado para las señales de prevención y algunas de las señales de uso provisional, que incluyen las señales preventivas de control de tránsito durante la ejecución de trabajos de construcción y mantenimiento sobre la vía, y en señales destinadas para defensa civil y emergencias.
- **El rectángulo**, generalmente con la dimensión más larga en el eje vertical, deberá usarse para las señales de reglamentación, con excepción de la señal de "ALTO" y "CEDA EL PASO".
- **El rectángulo**, generalmente con la dimensión más larga en el eje horizontal, deberá usarse para señales de información y orientación, con la excepción de ciertos marcadores de ruta.
- **El cuadrado** está reservado para uso en las señales reglamentarias con solo símbolo, en señales informativas de servicios (serie IS) y las de áreas recreativas y parques nacionales (serie IR).
- **El pentágono**, apuntando hacia arriba, está reservado para uso exclusivo de la señal de proximidad de zona escolar (E-1-1 y E-1-3) y la señal de parada de autobuses escolares (E-1-4).

2.3.9.7 Visibilidad Diurna y Nocturna.

Las señales de reglamentación, prevención e información, a menos que se indique una excepción en las normas que rigen, deberán estar hechas con material retroreflectante o iluminadas, de modo que muestren la misma forma y color, tanto de día como de noche.



2.3.9.10 Señales Elevadas.

Las condiciones de operación del sistema vial centroamericano y particularmente el urbano, hacen que las señales elevadas sean muy valiosas para agilizar la circulación y aumentar la seguridad vial. Los factores que justifican la instalación de las señales elevadas, generalmente de información, no se pueden definir en términos numéricos, para justificar su uso se deben considerar la presencia o existencia de las siguientes condiciones o factores:

- Volúmenes de tránsito en o cerca a la capacidad de la vía o intersección.
- Intercambios de configuración compleja.
- Tres o más carriles por dirección.
- Rotondas con accesos de dos o más carriles en el cruce de vías arteriales o intercambios.
- Distancia de visibilidad restringida
- Intercambios espaciados a intervalos muy seguidos.
- Salidas de autopista o intercambios con carriles múltiples o por el lado izquierdo.
- Alto porcentaje de vehículos pesados.
- Tránsito de alta velocidad.
- Consistencia en la ubicación de señales de información a través de una serie de intercambios.
- Espacio insuficiente para colocar señales erigidas en el suelo.
- Empalme o intersección de dos autopistas, o de una autopista con una carretera rápida.

2.3.10 SEÑALES DE REGLAMENTACIÓN.

Las señales de reglamentación son aquellas que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito. La letra de identificación será la letra "R". Si la señal pertenece a algún grupo o serie, el primer número deberá ser el valor asignado para ese grupo o serie, y el segundo número corresponderá al número siguiente al último utilizado en esa serie.



2.3.10.1 Clasificación de las señales de Reglamentación.

Las señales de reglamentación se clasifican según el Manual Centroamericano en los siguientes grupos:

- | | |
|--|--------------------|
| 1. Derecho y Prioridad de Paso | (R-1-1 a R-1-8) |
| 2. Límites de Velocidad | (R-2-1 a R-2-12) |
| 3. Restricciones de Giros y maniobras | (R-3-1 a R-3-19) |
| 4. Serie para Intersecciones con Semáforos | (R-4-1 a R-4-8) |
| 5. Dirección de Circulación | (R-5-1 a R-5-9) |
| 6. Dirección de Circulación | (R-6-1 a R-6-9) |
| 7. Exclusión de Flujo | (R-7-1 a R-7-23) |
| 8. Estacionamiento | (R-8-1 a R-8-31) |
| 9. Vías Exclusivas | (R-9-1 a R-9-14) |
| 10. Transporte Público | (R-10-1 a R-10-10) |
| 11. Peatones y Cruces Protegidos | (R-11-1 a R-11-18) |
| 12. Restricciones de Dimensiones, Peso y Tipo de Carga | (R-12-1 a R-12-5) |
| 13. Otras Restricciones al Conducir | (R-13-1 a R-13-8) |
| 14. Inspección Oficial y Peajes | (R-14-1 a R-14-6) |
| 15. Camino Cerrado y Sentido Obligatorio | (R-15-1 a R-15-15) |
| 16. Confirmación de las Reglas de Conducción | (R-16-1 a R-16-6) |

A continuación se muestran imágenes de algunos tipos de Señales de Reglamentación:

Figura 2.8 Señales de Reglamentación.



Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (Catalogo de Señales Verticales). Ed. 2000.



2.3.11 SEÑALES DE PREVENCIÓN

Estas señales se emplean con el objeto de prevenir al tránsito de condiciones peligrosas existentes o potenciales, en la carretera o adyacentes a ella y la naturaleza de las mismas. Las señales de prevención exigen precaución de parte del conductor ya sea para disminuir la velocidad o para que efectúe otras maniobras que redundan en su beneficio y en el de otros conductores y peatones.

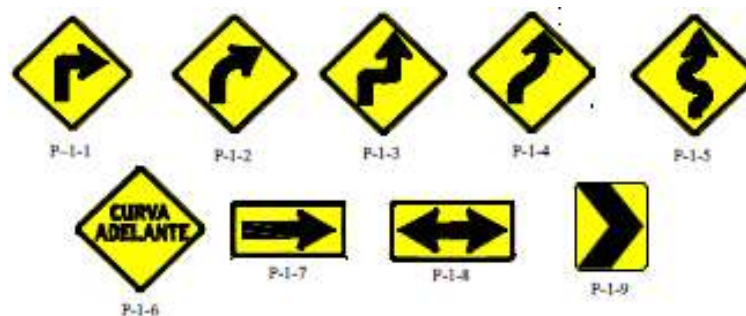
2.3.11.1 Clasificación de las Señales de Prevención

Las señales de prevención se clasifican en los siguientes grupos:

1. Cambios en el alineamiento horizontal (P-1-1)
2. Intersecciones (P-2-1)
3. Proximidad a un dispositivo de control (P-3-1a)
4. Vías de tránsito convergentes y carreteras divididas (P-4-1)
5. Pasos angostos y claro vertical restringido (P-5-1)
6. Pendientes y rampas de emergencia (P-6-1)
7. Condiciones de peligro (P-7-1)
8. Cruces de ferrocarril y tranvía (P-8-1)
9. Advertencia de la presencia de personas y reductores de velocidad (P-9-1)
10. Semovientes en la vía (P-10-1)
11. Variaciones y limitaciones en la vía (P-11-1)
12. Delineadores y marcas de objetos (P-12-1)

Algunas Señales de Prevención son las siguientes:

Figura 2.9 Señales de Prevención.



Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (Catalogo de Señales Verticales), Ed. 2000.



2.3.12 SEÑALES DE INFORMACIÓN.

Las señales de información son las que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de navegación y orientación de los usuarios.

2.3.12.1 Clasificación de Señales de Información

Las Señales de Información se clasifican en los siguientes grupos:

1. Señales de Información de Identificación. (II)
2. Señales de Información de Destino. (ID)
3. Señales de Información de Servicios y Turísticas. (IS)
4. Señales de Información de Áreas Silvestres. (IR)

Recreativas y Parques Nacionales

5. Señales de Información de Defensa Civil y Emergencias. (IE)
6. Señales de Información General. (IG)

Las Señales de Información de Destino (ID) se dividen en dos categorías dependiendo del tipo de carreteras en la cual se van a instalar.

-Señales de Información de Destino de Vías Convencionales.

-Señales de Información de Destino para Autopistas y Carreteras Rápidas.

A continuación se muestran algunos tipos de Señales de Información:

Figura 1.10 Señales de Identificación.



Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (Catalogo de Señales Verticales). Ed. 2000



2.3.13 DEMARCACIÓN EN EL PAVIMENTO.

La demarcación está constituida por las líneas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

Las marcas en el pavimento desempeñan funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de control de tránsito.

2.3.13.1 Clasificación.

Por uso, la demarcación se clasifica como sigue:

Demarcación de Pavimentos:

- Líneas de centro.
- Líneas de carril.
- Líneas de barrera.
- Líneas de borde de pavimento.
- Transiciones en el ancho del pavimento.
- Líneas de canalización.
- Aproximaciones a obstáculos.
- Marcas de giros.
- Líneas de parada.
- Pasos para peatones.
- Aproximación a pasos a nivel con vías férreas.
- Zonas de estacionamiento.
- Palabras y símbolos sobre el pavimento.
- Marcas para regular el uso de la vía.
- Otros dispositivos y marcas auxiliares.

2.3.12.2 Materiales.

El método más común de demarcar pavimentos, bordes de calles o carreteras y objetos, es mediante la pintura. Sin embargo, otros materiales tales como termoplásticos, concreto, coloreado, incrustaciones planas fabricadas en metal, cerámica, plástico entre otros, o elementos metálicos, se utilizan también



en demarcaciones. El Anexo D del Manual Centroamericano, se presenta un resumen de las especificaciones técnicas de estos materiales.

2.3.13.3 Colores.

Las marcas en el pavimento serán generalmente blancas y en algunas ocasiones amarillas.

- **AMARILLO:** El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuestos en caminos de doble sentido de calzadas de varios carriles, líneas de barrera y franjas amarillas de estacionamiento prohibido. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloque de una intersección.
- **BLANCO:** El color blanco define la separación de corrientes de tránsito en el mismo sentido y la demarcación de bordes de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. El color blanco se utiliza también en las palabras y en las flechas direccionales, así como en los distanciadores, las marcas de carril exclusivo y reversible y en algunas islas canalizadoras.

2.3.13.4 Líneas longitudinales.

Las líneas longitudinales de trazo discontinuo tienen carácter permisivo, es decir pueden ser cruzadas siempre que ello se efectúe dentro de las condiciones normales de seguridad.

Las líneas longitudinales de trazo continuo tienen carácter restrictivo, no deben ser cruzadas, ni se pueden circular sobre ellas.

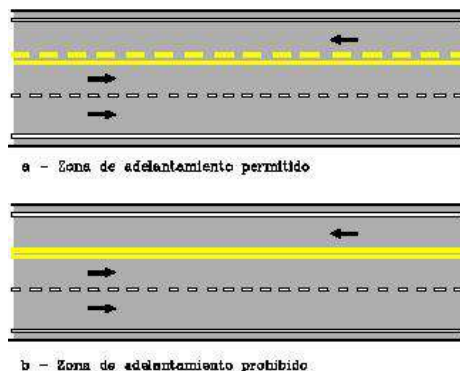
De acuerdo con lo enunciado, los tipos de líneas son los siguientes:

1. La línea blanca de trazo discontinuo se emplea como línea de carril en calzadas de varios carriles y como línea central en carreteras de dos carriles en el mismo sentido donde se permite el adelantamiento.
2. La línea blanca de trazo continuo se utiliza para demarcar el borde de un flujo de circulación donde se permite circular a ambos lados de la línea en el mismo sentido, en cuyo caso tiene la función de desalentar el cambio de carril.



3. La línea doble blanca de trazo continuo demarca el borde de un flujo de circulación donde se perimiré circular a ambos lados de la línea en el mismo sentido.
4. La línea amarilla de trazo continuo se utiliza para demarcar el borde izquierdo de la calzada, en una carretera dividida, en aproximación a una obstrucción para definir isletas de tránsito.
5. La línea amarilla de trazo discontinuo es utilizada como línea de centro en carreteras de dos carriles en sentido contrario donde es permitido adelantar.
6. La isla doble formada por dos líneas amarillas de trazo continuo, demarca la separación de flujos de circulación con sentidos opuestos en carreteras con calzada de múltiples carriles, donde no es permitido adelantar.
7. La línea doble formada por dos líneas amarillas de trazos discontinuos, demarca el borde de un carril cuyo sentido de circulación es variable. Se utiliza para indicar carriles reversibles.
8. La línea doble constituida por una línea amarilla de trazo continuo y una de trazo discontinuo demarca el borde de un flujo de circulación donde se permite circulara a ambos lados de la línea en sentido opuesto, y donde adelantar es permitido para el transito adyacente a la línea de trazo discontinuo y es prohibido para el transito adyacente a la línea de trazo continuo.
9. La línea punteada demarca la prolongación de otras líneas a través de una intersección o de una zona de intercambio. Su color debe ser el mismo que el de la línea que prolonga.

Figura 2.11 Líneas Longitudinales en el Pavimento.



Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (Resumen Técnico). Ed. 2004



2.3.13.5 Marcas transversales.

Las líneas transversales incluyen marcas en el Hombro (Hombros), palabras y símbolos, líneas de parada, líneas para sendas peatonales, marcas para reducir la velocidad, marcas para espacio de parqueos y otras. Las mismas deben ser blancas, excepto en los siguientes casos:

- a) Marcas en islas que separan flujos en sentido opuesto, las cuales son de color amarillo.
- b) Marcas en intersecciones, las cuales son de color amarillo.
- c) Marcas que indiquen al tránsito que viaja contra vía, las cuales son de color rojo.

2.3.13.6 Marcas incrustadas en el pavimento.

Las marcas reflectivas tipo captaluz (ojo de gato o vialetas) son la preferidas, principalmente en lugares donde las condiciones adversas del clima dificultan la visibilidad.

2.3.13.7 ReflectORIZACIÓN.

Todas las marcas en el pavimento deben ser claramente visibles durante la noche, la reflectorización no es normal esencial donde existe una buena iluminación vial, pero aun sobre calles de ciudad que están bien iluminadas es deseable que las demarcaciones sean reflectantes.

2.3.13.8 Líneas de peatones.

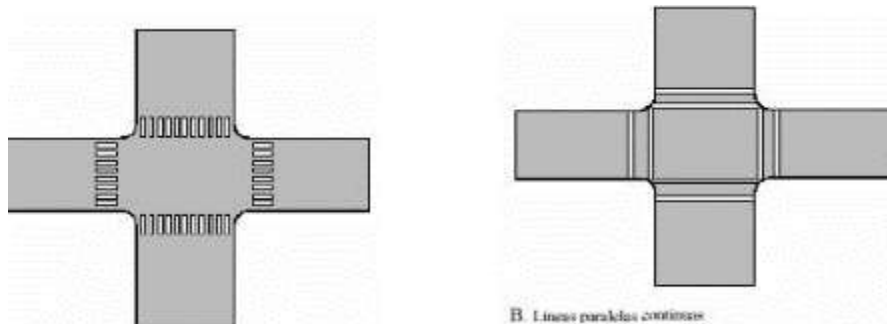
Se utilizan en las intersecciones donde puedan presentarse conflictos entre los movimientos de vehículos y peatones. Su definición dependerá del tipo de intersección rural o urbana, el volumen de peatones, las características del cruce, la presencia o no de señales luminosas, etc. Se tienen los siguientes tipos de sendas o pasos peatonales.

1. Tipo Cebra o cebrado, para intersecciones con alto volumen de peatones o en lugares donde no es fácil identificar la presencia de un cruce peatonal. El ancho de las líneas y la separación entre ellas será como mínimo 40 cm y como máximo 60 cm.



2. Líneas paralelas continuas, cuando la geometría de la intersección o el ancho considerable de la calzada hace preferible delimitar la senda con exactitud.

Figura 2.12 Señalización Peatonal.



Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (Resumen Técnico). Ed. 2004

2.3.14 DEMARCACIÓN DE ISLAS EN EL PAVIMENTO.

Una isla de control de tránsito es una zona definida entre carriles de tránsito para el control de los movimientos de vehículos o para refugio de peatones. Una isla puede designarse mediante pintura, barras verticales, tachuelas en forma de hongo, postes, bordes del pavimento u otros dispositivos.

2.3.14.1 Clasificación.

Las islas pueden clasificarse, funcional y físicamente, del modo siguiente:

- Isla para Refugio de Peatones
- Islas para División del Tránsito
- Islas para la Canalización del Tránsito

Figura 2.13 Demarcación en Islas.



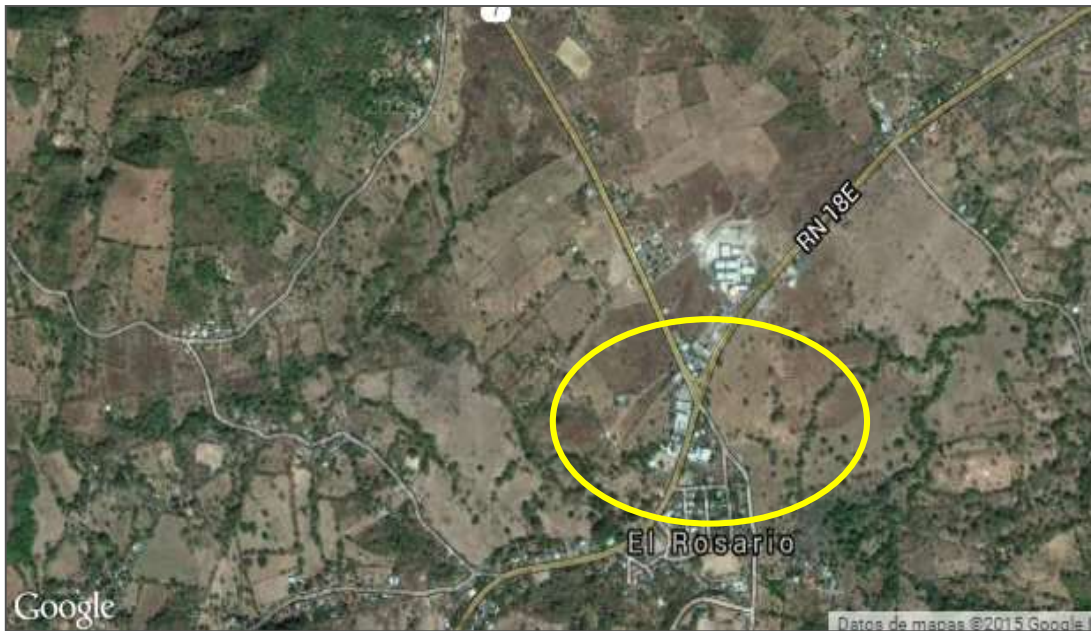
Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (Resumen Técnico). Ed. 2004.



CAPÍTULO III: SITUACIÓN ACTUAL.

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Figura 3.1 vista en planta de la intersección.



Fuente: Google Maps, 2015.

La intersección en estudio se encuentra ubicada entre las carreteras RN18E y CA07N, desvío a San Francisco Gotera, en el Km 18, El Divisadero, Departamento de Morazán, con coordenadas geográficas aproximadas de 13°35'06.4" N 88°04'39.1" W (Para mayor detalle ver Anexo A - 1. Detalle de intersección).

Esta se encuentra en una zona poco poblada, considerada como rural; pero a medida el tiempo transcurre va creciendo en comercio, prueba de ello son una serie de negocios que se encuentran antes de llegar a la intersección; así como una Gasolinera Alba y un local comercial al costado Sur Oeste de esta, y después de ella a unos 300 m se encuentran ubicadas las instalaciones de Ciudad Mujer Morazán, estos son factores que provocan que la afluencia vehicular cada vez sea mayor.



3.2 DIMENSIONES DE LA INTERSECCIÓN.

Las dimensiones que actualmente presentan las carreteras que conectan a la intersección son variadas debido a que a medida estas convergen sufren un ensanchamiento, a continuación se presentan las medidas promedio:

Cuadro 3.1 Dimensiones de las carreteras que conectan la intersección.

RUTAS	Medidas proporcionadas por el MOP	Medidas tomadas en campo.
CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO	Rodaje: 10.90 m Hombro derecho: 1.50 m	Rodaje: 12.87 m Hombro derecho: 2.20 m (estimado). Hombro izquierdo: 1.00 m (estimado).
RN18E: CA07N (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR)	Rodaje: 7.50 Hombro derecho: 2.15 m Hombro izquierdo: 2.30 m	Rodaje: 9.37 m Hombro derecho: 0.79 m Hombro izquierdo: 2.00 m
CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS	Rodaje: 5.70 m No posee hombros	Rodaje: 6.00 m No posee hombros
MOR24E	Rodaje: 5.00 m No posee hombros	Rodaje: 5.00 m No posee hombros

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis se consideraran las medidas propias, tomadas en visitas de campo.

En el siguiente cuadro se detalla las estructuras que podrían salir afectadas con la propuesta de una intersección:

Cuadro 3.2. Área afectada en diseño de nueva intersección.

ÁREA APROXIMADA	INSTALACION	PROPIEDAD	
		PUBLICA	PRIVADA
4,683.26 m ²	Bernabé Flores		X
828.24 m ²	CASAS UBICADAS EN CORSAIN	X	
147.21 m ²	Marlene Bonilla		X
56.47 m ²	María Iglesias		X

Fuente: Elaboración propia.



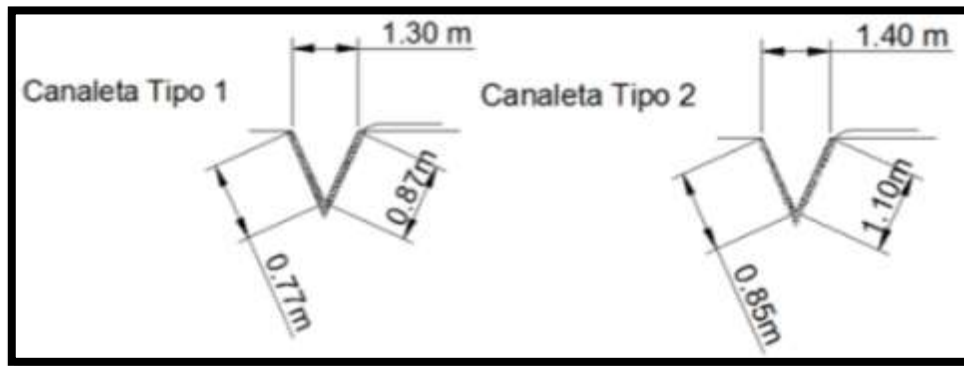
El detalle anterior muestra las dimensiones de las rutas que conectan a la intersección y las propiedades posiblemente afectadas por la nueva propuesta de intersección, esto se visualiza de mejor manera en el anexo A - 1.

3.3 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES EN LA INTERSECCIÓN.

Se realizó una visita de campo a la zona en estudio, para determinar las estructuras hidráulicas existente en la intersección y su condición actual; mediante inspecciones, mediciones y recopilación fotográfica en campo, se obtuvieron los siguientes resultados.

3.3.1 CANALETAS.

Figura 3.2. Canaleta tipo V en zona de influencia.



Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.2 Descripción.

Canaleta tipo 1. Está ubicada al lateral derecho del carril que se dirige de San Miguel a Santa Rosa de Lima desde la intersección dirigiéndose a la misma dirección descrita anteriormente. La cual está relativamente en buenas condiciones estructuralmente, ya que no se observó daño severo en cada una de las pastillas, pues solamente se apreció obstrucción por materiales orgánicos como basura y tierra. Se desconoce el espesor de dicha canaleta.



Imagen 3.1 Canaleta tipo 1.



Fuente: Elaboración propia.

Canaleta tipo 2. Está ubicada al lateral derecho del carril que se dirige de San Miguel a Santa Rosa de Lima desde la intersección retornando en dirección hacia San Miguel. A diferencia de la anterior esta si presenta daños menores como quebraduras con más notoriedad cerca de los accesos comerciales. También presenta obstrucción por presencia de basura y otros elementos orgánicos. Se desconoce su espesor.

Imagen 3.2 Canaleta tipo 2.



Fuente: Elaboración propia.



3.3.2 DERRAMADEROS.

Aproximadamente a 200 metros de la intersección (frente a Ciudad Mujer, Morazán como referencia) está ubicado el derramadero donde desembocan todas las aguas pluviales y servidas recolectadas por ambas canaletas, unida a la canaleta tipo 1. El agua es depositada en un predio baldío cerca de zonas comerciales (fábrica de materiales de construcción y comedores) donde es introducida por un tubo de unos 50 m de largo y de 12” de diámetro.

Imagen 3.3 Derramadero de canaleta tipo 1 desembocando en predio baldío.



Fuente: Elaboración propia.

En la intersección, a lateral derecho que se dirige a la calle rural MOR24E, se encuentra una tubería que recolecta las aguas pluviales y servidas provenientes de dicho acceso, también obstruidas por materiales orgánicos y basura. Esta tubería deposita el agua recolectada en la canaleta tipo 2 que luego es redirigida a la canaleta tipo 1, donde la transición se hace por medio de un badén a inicios de acceso a calle rural.



Imagen 3.4. Derramadero de intersección de calle rural MOR24E a conectar en canaleta tipo 2.



Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 BADÉN.

Ubicado en el lateral derecho del carril que se dirige de San Miguel a Santa Rosa de Lima, como acceso a la calle rural MOR24E. Elaborado en su tiempo con concreto hidráulico en condiciones estructuralmente con daños leves, ya que posee quebraduras, fisuras y hasta crecimiento de material orgánico.

Imagen 3.5. Badén en intersección a calle rural MOR24E.



Fuente: Elaboración propia.

Observaciones: La canaleta se encuentra solamente en el lateral derecho de la intersección que va desde San Miguel a Santa Rosa de Lima. Iniciando a unos 100 m aproximadamente antes de la intersección (de San Miguel a desvío) y 200 m después de la misma (de desvío a Santa Rosa de Lima) adelante de Ciudad mujer Morazán desembocando en un predio baldío. En la intersección que se dirige a la calle rural MOR24E, la canaleta está cubierta por badén dejando libre el flujo en la misma dirección en la parte baja. Lastimosamente por ventas alojadas en la orilla, una parte de la canaleta es



obstruida con tierra, basura, objetos, etc. no pudiéndose observar detalle de ella, se puede observar que la mayoría de los accesos que están sobre la canaleta están cubiertas de tierra hasta la mitad de su perímetro mojado, no permitiendo la total funcionalidad de ella.

Imagen 3.6 Basura y materiales orgánicos obstruyendo canaletas.



Fuente: Elaboración propia.

Además de determinar las estructuras hidráulicas, se realizó en campo una inspección visual de la condición del pavimento de las carreteras que conectan a la intersección, así como la señalización horizontal y vertical existente; utilizando la misma metodología de recopilación fotográfica.

3.4 ESTADO DE LA CAPA DE RODADURA DE LA INTERSECCIÓN.

Se detalla por medio de imágenes el estado en el que se encuentra la carpeta asfáltica en la zona de estudio, abarcando por lo menos 80 m de distancia para cada ramal que interviene en la intersección. Ver Anexo A – 2. Identificación de daños sobre carpeta asfáltica en intersección.



2.3.3 DE SAN MIGUEL A DESVÍO.

3.4.1.1 Descripción.

La calzada presenta fallas estructurales en la mayoría del ancho de la calzada, por la falta de marcación no puede observarse cuantos carriles posee ni cuál es el ancho de hombros. Puede apreciarse una demarcación de una isleta como separación de los carriles que se ha ido borrando con el tiempo.

3.4.1.2 Fallas sobre pavimento.

⇒ Piel de cocodrilo:

Imagen 3.7 Piel de cocodrilo en intersección de CAM-DV.



Fuente: Elaboración propia.



⇒ Fisuras horizontales y verticales.

Imagen 3.8. Fisuras horizontales y verticales en intersección de CAM-DV.



Fuente: Elaboración propia.

⇒ Grietas de contracción (bloque).

Imagen 3.9. Grietas de contracción en intersección de CAM-DV.



Fuente: Elaboración propia.



⇒ Bacheo y taponeado.

Imagen 3.10. Recarpeteo y desprendimiento en intersección de CAM-DV.



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 DE DESVIÓ A SANTA ROSA DE LIMA.

3.4.2.1 Descripción.

Posee daños estructurales en toda la calzada, puede observarse la demarcación del ancho de calzada y división de carriles, el hombro del carril izquierdo es más ancho que el derecho.

3.4.2.2 Fallas sobre pavimento.

⇒ Piel de cocodrilo.

Imagen 3.11. Piel de cocodrilo en intersección DV-RN.



Fuente: Elaboración propia.



⇒ Fisuras horizontales y verticales.

Imagen 3.12. Fisuras horizontales y verticales en intersección DV-RN.



Fuente: Elaboración propio.

⇒ Grietas de contracción (bloque).

Imagen 3.13. Grietas de contracción en intersección DV-RN.



Fuente: Elaboración propia.



⇒ Baches y taponamiento.

Imagen 3.14. Recarpeteo y desprendimiento en intersección de DV-RN.



Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 DE DESVÍO A MORAZÁN.

3.4.3.1 Descripción.

En esta rama de la intersección es la más dañada estructuralmente, posee gran parte piel de cocodrilo en la mayoría de la calzada, no posee hombros, las orillas de los carriles están en mal estado ya que ese ha levantado gran parte del asfalto.

3.4.3.2 Fallas sobre pavimento.

⇒ Piel de cocodrilo.

Imagen 3.15. Piel de cocodrilo en intersección DV-CAG.



Fuente: Elaboración propia.



⇒ Deterioro del pavimento.

Imagen 3.16. Estado del pavimento donde no hay hombros.



Fuente: Elaboración propia.

3.4.4 DE DESVÍO A CALLE RURAL MOR24E.

3.4.4.1 Descripción.

Elaborada con concreto hidráulico, estructuralmente presenta fisuras y daños en casi toda la calzada. No posee hombros y el carril es limitado por cordón – cuneta en ambos lados.

3.4.4.1 Fallas sobre pavimento.

⇒ Fisuras horizontales y verticales.

Imagen 3.17. Fisuras horizontales en pavimento hidráulico de calle rural MOR24E.



Fuente: Elaboración propia.



⇒ Grietas de contracción (bloque).

Imagen 3.18. Grietas de contracción en pavimento hidráulico en calle rural MOR24E.



Fuente: Elaboración propia.

3.5 SEÑALIZACIÓN EXISTENTE EN LA INTERSECCIÓN.

3.5.1 SEÑALES.

Cabe destacar que la señalización en la intersección no está completa del todo, pues no hay señalización peatonal, ni horizontal de ningún tipo, la única demarcación que existe es la de una isleta que sirve para separar carriles pero que tiende a confundir al conductor ya que no representa nada. Dentro de las señales verticales encontradas en la intersección y cerca de la zona de influencia fueron preventivas, restrictivas e informativas, las cuales se presentan a continuación:



⇒ Preventivas

Imagen 3.19. Señales de reglamentación preventivas en la zona de influencia.



Fuente: Elaboración propia.

⇒ Restrictivas

Imagen 3.20. Señales reglamentarias restrictivas en la zona de influencia.



Fuente: Elaboración propia.



⇒ Informativas.

Imagen 3.21. Señales reglamentarias informativas en la zona de influencia.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 DEMARCACIÓN EN EL PAVIMENTO.

⇒ Demarcación horizontal

Imagen 3.22. Demarcación de isleta en intersección de CAM-DV.



Fuente: Elaboración propia.



3.5.3 OBRAS Y DISPOSITIVOS DIVERSOS.

Defensas

Imagen 3.23. Centinelas colocados en isletas.



Fuente: Elaboración propia.

3.6 ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

Par conocer la topografía de la zona se procedió a investigar sobre mediciones anteriores, en este proceso se descubrió que existe un levantamiento topográfico de la intersección, realizado por el Ministerio de Obras Publicas aproximadamente en el año 2010.

Para el desarrollo del proyecto, el levantamiento topográfico se encuentra incompleto; ya que es necesario realizar un levantamiento complementario de un terreno privado ubicado al noroeste de la intersección.

Primeramente se procedió a conseguir los permisos necesarios para realizar la medición, para ello se ubicó a Señor Bernabé Flores dueño de la propiedad, y se le solicito verbalmente el permiso para poder realizar el levantamiento topográfico en su propiedad.

Luego se ubicó mediante el detalle topográfico proporcionado por el MOP los mojones utilizados por ellos en su momento, para tomarlos como punto de partida. Para el análisis se denominan mojón 1 y mojón 2 con coordenadas



$x=599941.657$, $y=274126.314$, $z=222.028$ y $x=599959.39$, $y=274146.766$, $z=221.701$ respectivamente.

Imagen 3.24 Mojón 2 ubicado en derecho de vía de la propiedad del Señor Bernabé Flores.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se partió a campo, llevando el equipo necesario para el levantamiento: estación total, prisma, GPS, cinta métrica, plomada, trompos, clavos, martillo y demás implementos para el buen desarrollo de la medición.

Se tomó como puntos de partidas los mojones, ubicando la estación total en el mojón 1 y dando vista al mojón 2, se ingresaron las coordenadas del punto, luego se ubicó la estación total en el mojón 2 dando vista al mojón 1 y se ingresaron también las coordenadas respectivas. Una vez que se ubicaron los puntos, se procedió a levantar la **canaleta y el terreno**.

Imagen 3.25 Levantamiento topográfico de la propiedad privada y canaleta.



Fuente: Elaboración propia.



Una vez realizada la medición, se prosiguió a unir los puntos levantados con los proporcionados por el MOP, esto se realizó utilizando el programa de AutoCAD Civil 3D versión 2013.

Como resultado final se obtienen las curvas de nivel de la zona en estudio, estas se reflejan en el Anexo A - 3 Curvas de Nivel de la Zona.

3.7 ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

El diseño de una carretera, o de cualquiera de sus partes, debe basarse en la información real incluyendo factores relativos al tránsito, los volúmenes de tránsito indican la necesidad de mejorar las características geométricas del diseño tales como número de carriles, anchos, alineamientos y pendientes.

Para comprender el comportamiento del volumen vehicular conforme al tiempo es necesario conocer los datos históricos del tránsito.

3.7.1 CONTEOS HISTÓRICOS.

En esta etapa se recopiló la información histórica sobre estudio de tránsito de las carreteras que conectan con la intersección, obteniendo datos históricos de los años 2002, 2003, 2005, 2009 y 2010; esta fue proporcionada por la Dirección de Planificación de la Obra Pública Subdirección de Administración de Obras de Paso y de Inventarios Viales del Departamento de Estudios de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas.

Además la institución proporcionó los Factores de Expansión diurnos, nocturnos y mensuales utilizados en toda la región Oriental, la estación de la que se tomaron fue SAMISC005 ubicada en la carretera CA01E: Tramo Dv. San Jorge a San Miguel El Triángulo. A continuación se presenta el cuadro 3.3 y 3.4 donde detalla la clasificación y volumen de tránsito por año de las carreteras CA07N y RN18E, y el cuadro 3.5 que corresponde a los Factores de Expansión.



► Propuesta de intersección entre CA-7 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.

Cuadro 3.3. Transito Promedio Diario Anual de los años 2002, 2003, 2005, 2009 y 2010 de las rutas: CA07N y RN18E.

EL SALVADOR
REPUBLICA DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR EN LA AMERICA CENTRAL

MOP
Ministerio Obras para la Gente

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA PÚBLICA
SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE OBRAS
DE PASO Y DE ANÁLISIS DE VALORES
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE TRÁNSITO

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (HISTÓRICO)

DEPARTAMENTO DE MORAZÁN ESTADO DE LA RED VIAL/VIAS	AÑO	L I T E R A L E S										TOTAL					
		PASAJEROS		M. BUS		P E S A D O S											
		2002	2003	2005	2009	2010	2002	2003	2005	2009	2010						
CA07N	C/ San Miguel - Dv. Joco	2002	1738	2721	0	494	1709	79	0	0	0	0	0	0	0	0	1902
		2003	1802	3492	0	492	1911	101	0	0	0	0	0	0	0	0	2126
		2005	2209	4920	17	1073	1192	81	0	0	0	0	0	0	0	0	1887
		2009	2898	8790	0	492	307	133	0	0	0	0	0	0	0	0	3090
		2010	3098	4039	0	494	331	180	0	0	0	0	0	0	0	0	3800
	Dv. Joco - San Carlos	2002	100	1444	0	170	428	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1070
		2003	1010	1317	0	190	329	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1129
		2005	1212	2888	0	180	178	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1384
		2009	1598	2589	0	190	272	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1717
		2010	1279	1877	0	180	340	17	0	0	0	0	0	0	0	0	1530
	San Carlos - San Francisco Gotera (Incluye Av. Thompson y 2 Av. 180 - Bus)	2002	100	1444	0	170	428	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1070
		2003	1010	1317	0	190	329	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1129
		2005	1010	2088	0	200	378	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1384
		2009	1598	2589	0	190	272	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1717
		2010	1279	1877	0	180	340	17	0	0	0	0	0	0	0	0	1530
San Francisco Gotera - Dv. Lantigua	2002	81	444	0	49	150	1	0	0	0	0	0	0	0	0	536	
	2003	490	444	0	17	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1084	
	2005	547	882	4	104	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1184	
	2009	861	1500	0	190	220	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1410	
	2010	869	1730	18	207	227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1870	
Dv. Lantigua - Dv. de Comapa	2002	81	444	0	49	150	1	0	0	0	0	0	0	0	0	536	
	2003	490	444	0	17	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1084	
	2005	547	882	4	104	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1184	
	2009	861	1500	0	190	220	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1410	
	2010	869	1730	18	207	227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1870	
Dv. de Comapa - Dv. Desea	2002	81	444	0	49	150	1	0	0	0	0	0	0	0	0	536	
	2003	490	444	0	17	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1084	
	2005	547	882	4	104	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1184	
	2009	861	1500	0	190	220	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1410	
	2010	869	1730	18	207	227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1870	
Dv. Desea - Murgueta	2002	81	444	0	49	150	1	0	0	0	0	0	0	0	0	536	
	2003	490	444	0	17	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1084	
	2005	547	882	4	104	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1184	
	2009	861	1500	0	190	220	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1410	
	2010	869	1730	18	207	227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1870	
Murgueta - Dv. Avaroa	2002	81	444	0	49	150	1	0	0	0	0	0	0	0	0	536	
	2003	490	444	0	17	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1084	
	2005	547	882	4	104	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1184	
	2009	861	1500	0	190	220	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1410	
	2010	869	1730	18	207	227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1870	
Dv. Avaroa - Pericu (Incluye Calle Los Hornos, Incluye Av. Calderón Calle La Esperanza, Av. Los Hornos y Fincas Los Hornos)	2002	81	444	0	49	150	1	0	0	0	0	0	0	0	0	536	
	2003	490	444	0	17	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1084	
	2005	547	882	4	104	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1184	
	2009	861	1500	0	190	220	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1410	
	2010	869	1730	18	207	227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1870	
CA07N-Dv. San Francisco Gotera - Dv. Desea (Pista Bypass)	2002	1010	2621	21	380	464	77	0	0	0	0	0	0	0	0	1369	
	2003	2079	2719	17	107	389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2352	
	2005	1728	3790	0	490	100	30	0	0	0	0	0	0	0	0	1889	
	2009	1769	2889	209	209	171	74	0	0	0	0	0	0	0	0	2147	
	2010	1779	2704	219	219	340	37	0	0	0	0	0	0	0	0	1840	
Dv. Desea - C/ La Unión (Pista Bypass)	2002	1010	2621	21	380	464	77	0	0	0	0	0	0	0	0	1369	
	2003	2079	2719	17	107	389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2352	
	2005	1728	3790	0	490	100	30	0	0	0	0	0	0	0	0	1889	
	2009	1769	2889	209	209	171	74	0	0	0	0	0	0	0	0	2147	
	2010	1779	2704	219	219	340	37	0	0	0	0	0	0	0	0	1840	

Fuente: Dirección de Planificación de la Obra Pública, Ministerio de Obras Públicas (MOP), 2015.



► Propuesta de intersección entre CA-7 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.

Cuadro 3.4. Transito Promedio Diario Anual del año 2010.



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



Buenas Obras para la Gente

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (AÑO 2010)
--

DEPARTAMENTO DE MORAZÁN LISTADO DE LA RED PAVIMENTADA		LIVIANOS		P E S A D O S									TPOA
		PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A							
CÓDIGO	TRAMO	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	T2B1	T2B2	T2B3	T2B2	T2B3	
CA07N	LD. San Miguel - Dv. Jocoro	1746	4716	18	1300	1482	294	0	0	0	272	21	6649
	Dv. Jocoro - San Carlos	1273	1677	0	163	343	17	0	0	0	13	5	3791
	San Carlos - San Francisco Gotera (Incluye Av. Thomson y 2a. Av. Nte - Sur)	1273	1677	0	163	343	17	0	0	0	13	5	3791
	San Francisco Gotera (Final Av. Morazán) - Dv. Loloquillo	558	1730	18	207	257	0	0	0	0	0	0	2870
	Dv. Loloquillo - Delicias de Concepción	558	1730	18	207	257	0	0	0	0	0	0	2870
	Delicias de Concepción - Dv. Ocotea	558	1730	18	207	257	0	0	0	0	0	0	2870
	Dv. Ocotea - Meanguera	558	1730	18	207	257	0	0	0	0	0	0	2870
	Meanguera - Dv. Arambala	558	1730	18	207	257	0	0	0	0	0	0	2870
RN18E	Dv. Arambala - Pinguin (Final Calle Los Héroes) (Incluye ejes viales Calle La Esperanza, Av. Los Próceros y Final Calle Los Héroes)	558	1730	18	207	257	0	0	0	0	0	0	2870
	CA07N (Dv. San Francisco Gotera) - Dv. Sociedad (Ruta Militar)	1135	3069	12	846	860	191	0	0	0	277	14	6409
	Dv. Sociedad - LD. La Unión (Ruta Militar)	1135	3069	12	846	860	191	0	0	0	277	14	6409



Fuente: Dirección de Planificación de la Obra Pública, Ministerio de Obras Públicas (MOP), 2015.



► Propuesta de intersección entre CA-7 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.

Cuadro 3.5 Factores de Expansión.



NOMBRE DE LA ESTACION: **SAMISC005**
 UBICACIÓN: **CA01E TRAMO DV SAN JORGE A San Miguel el triangulo.**
 FECHAS DE CONTEO: **DE: DOMINGO 04/07/2010**
A: SABADO 10/07/2010

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
FACTOR NOCTURNO	1.2339	1.2753	1.2781	1.2631	1.2728	1.2461	1.2778
FACTOR DIARIO	0.9583	0.9804	0.9869	0.9487	0.8863	0.9796	1.3890

FACTOR MENSUAL	FACTORES MENSUALES ESTACION PERMANENTE DE: CHAPELTIQUE											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	0.9643	0.9797	0.9812	0.9868	0.9565	1.0210	1.0242	0.9729	1.0856	1.1155	1.0280	0.9171

VERIFICACION	0.9643	0.9797	0.9812	0.9868	0.9565	1.0210	1.0242	0.9729	1.0856	1.1155	1.0280	0.9171
--------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Fuente: Dirección de Planificación de la Obra Pública, Ministerio de Obras Públicas (MOP), 2015.



3.7.2 ANÁLISIS DE LAS VÍAS QUE CONVERGEN A LA ZONA DE ESTUDIO.

3.7.2.1 Generalidades.

Interesa definir los términos a utilizar uno de ellos es la capacidad de una vía se define como la máxima intensidad de flujo sostenido (durante un intervalo mínimo de 15 minutos) que tiene la circulación en un punto o segmento uniforme de la carretera bajo las condiciones prevalecientes de operación y del tráfico. La capacidad se define en un único sentido de circulación, y se expresa en vehículos/hora.

Debido a que no existe estudios de tránsito actualizados se realizó un aforo vehicular de las carreteras que conectan a la intersección. El método a utilizar fue conteo y clasificación vehicular manual, este procedimiento se desarrolló durante el periodo de 4 días, de lunes a jueves, en lapsos de 15 minutos.

3.7.2.2 Periodos de aforo.

El periodo de duración del aforo es un factor muy importante, ya que de él depende el nivel de confianza y el porcentaje de error que se tenga de los datos obtenidos para el diseño.

Lo ideal sería que el periodo de aforo durara los 365 días del año, pero debido a falta de recursos humanos y de capital no está al alcance de este proyecto. En la gráfica 3.1 muestra tres niveles de confianza (R) del 60%, 90% y 99%; depende del porcentaje de error que se quiera obtener así serán los periodos de aforo a considerar, a mayor periodo de aforo menor incertidumbre y mejor calidad de datos.

Para la toma de datos primero se optó en realizarlo en los 7 días de la semana para obtener un nivel de confianza del 60% y un error en la desviación estándar del 9%, pero por motivos de seguridad y por falta de personal, se consideró desarrollar el aforo en 4 días.



Para conocer el porcentaje de error que darán los 4 días de aforo con un nivel de confianza del 60% y con un Coeficiente de confianza (Z_r) del 0.25, se utiliza la ecuación 3.1:

$$\left(\frac{\text{error}}{s}\right) \% = \frac{Z_r}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{365-n}{365-1}} \times 100 \quad \text{Ecuación 3.1 Cálculo del error de aforo}$$

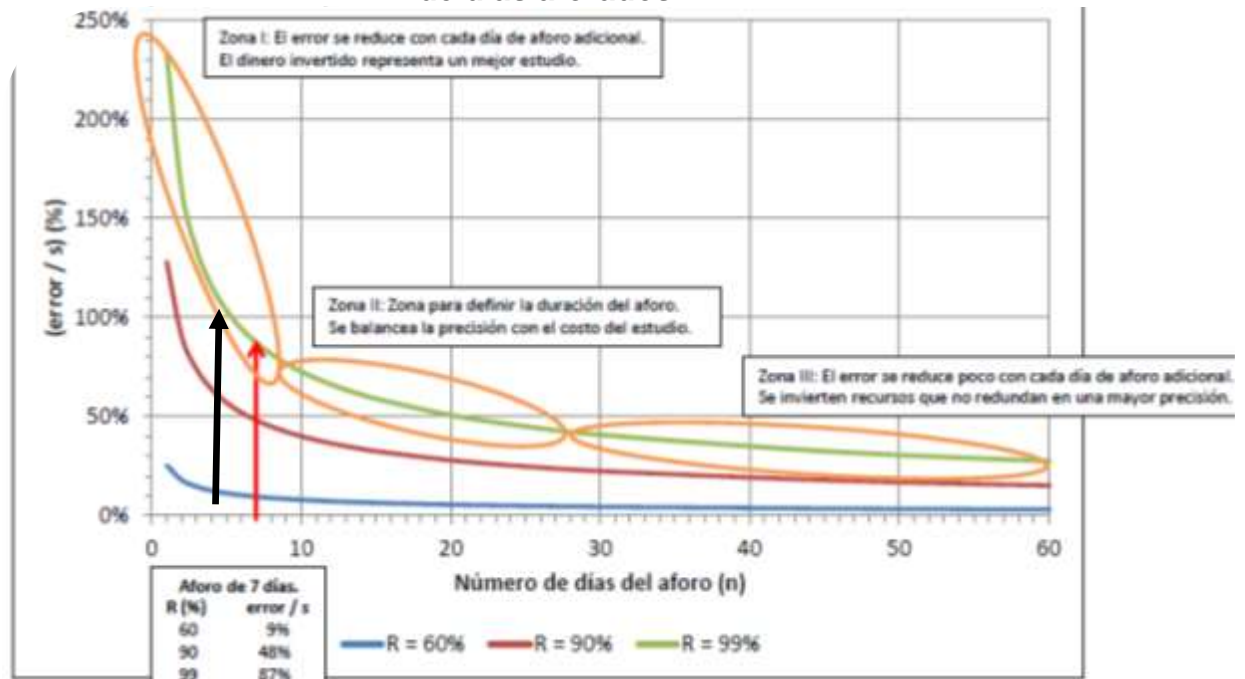
Al sustituir datos se tiene:

$$\left(\frac{\text{error}}{s}\right) \% = \frac{0.25}{\sqrt{4}} \times \sqrt{\frac{365-4}{365-1}} \times 100$$

$$\left(\frac{\text{error}}{s}\right) \% = 12\%$$

El error de toma de datos para 4 días de aforo será del 12% con un nivel de confianza del 60%.

Grafica 3.1. Porcentaje de error de la desviación estándar vs. Número de días aforados.



Fuente: Cálculo del número de ejes sencillos equivalentes de 80 kN del estándar AASHTO para pavimentos flexibles (NESE) a partir de series históricas del MOPT –INVIAS.



Los días de aforo serán del lunes 20 al jueves 23 de Julio del año 2015, el periodo de aforo de cada día estará comprendido de 6:00 am a 6:00 pm, durante lapsos de 15 minutos en las tres carreteras que convergen en la intersección, para este conteo no se tomó en cuenta la carretera rural MOR24E debido a que no se poseen datos históricos de esta ruta y a la poca afluencia vehicular que presenta.

3.7.3 DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR.

La determinación de volúmenes se obtuvo contabilizando la cantidad de vehículos que transitaban en las carreteras CA07N y RN18E, las estaciones de conteo fueron ubicadas a unos 100 m aproximadamente antes y después de la intersección como se muestra en la figura 3.3, según la conveniencia, para facilitar el conteo. Además de contabilizar se clasifico cada vehículo, para ello se usó el formato utilizado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), según el tipo de carga se dividen en livianos y pesados, hay que tomar en cuenta que la carreteras CA07N y RN18E son muy transitada por vehículos pesados que transportan cargamento pesado hacia la Frontera el Amatillo.

Figura 3.3 Vista en Planta de las estaciones de conteos manuales.



Fuente: Google Maps, 2015.



Se presentan la cuadros 3.6, 3.7 y 3.8 esta corresponde al aforo realizado en la carretera RN18E y CA07N.

Cuadro 3.6. Aforo vehicular de Ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Día	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
Lunes	1956	2403	265	282	417	33	0	5	5	3	134	22	5525
Martes	1789	2428	206	229	501	18	0	0	0	0	160	56	5387
Miércoles	2149	2118	194	215	560	5	1	0	0	0	251	73	5566
Jueves	1449	2299	147	191	293	19	0	0	0	25	173	32	4628
TOTAL	7343	9248	812	917	1771	75	1	5	5	28	718	183	21106

Fuente: Clasificación y conteo vehicular de la ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR), del lunes 20 al jueves 23 de julio 2015.

Cuadro 3.7. Aforo vehicular de Ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO

Día	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
Lunes	2995	3682	402	410	842	61	0	5	4	4	77	34	8516
Martes	3404	3788	391	400	759	52	0	0	0	0	211	74	9079
Miércoles	3258	3691	396	366	810	61	0	0	0	0	264	69	8915
Jueves	3633	3592	370	384	850	71	2	0	0	0	230	79	9211
TOTAL	13290	14753	1559	1560	3261	245	2	5	4	4	782	256	35721

Fuente: Clasificación y conteo vehicular de la ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO, del lunes 20 al jueves 23 de julio 2015.



Cuadro 3.8. Aforo vehicular de Ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

Día	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
Lunes	1997	2086	184	144	420	72	0	0	3	2	1	7	4916
Martes	1787	2012	222	153	357	44	0	1	0	0	10	14	4600
Miércoles	1825	1993	207	151	334	40	0	0	0	0	4	13	4567
Jueves	1944	2093	210	166	295	47	0	0	0	0	2	14	4771
TOTAL	7553	8184	823	614	1406	203	0	1	3	2	17	48	18854

Fuente: Clasificación y conteo vehicular de la ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS, del lunes 20 al jueves 23 de julio 2015.

La clasificación y conteo vehicular fue realizada según formato de conteos históricos que realiza el Ministerio de Obras Públicas, para los días lunes, martes, miércoles y jueves , en periodos de 15 minutos durante 12 horas consecutivas de 6:00 am a 6:00 pm; lo anterior se detalla en el anexo A – 4. Aforo vehicular de las rutas que convergen a la intersección en estudio.



3.7.4 CALCULO DEL TRÁNSITO DIARIO (TD).

Para el cálculo del tránsito diario como primer paso se encuentra el volumen total de vehículos, este aparece contemplado en los cuadros 3.6, 3.7 y 3.8, ya que el aforo fue realizado en 12 horas diurnas, para tener el tránsito diario es necesario proyectarlo a 24 horas, para ello se hará uso de los factores nocturnos que aparecen en la cuadro 3.5. A continuación se muestra el procedimiento de cálculo para conocer el volumen vehicular diario de la Ruta RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR):

$$Volumen_{24 \text{ horas}} = Volumen_{12 \text{ horas}} \times \text{Factor de expansion}_{nocturno}$$

Esta fórmula se utilizara para cada día y para cada tipo de vehículo, se inicia con el lunes:

Para el auto se tiene:

$$Volumen_{24 \text{ horas}} = Volumen_{12 \text{ horas}} \times \text{Factor de expansion}_{nocturno}$$

Datos:

$$Volumen_{12 \text{ horas}} = 1956 \text{ autos}$$

$$\text{Factor de expansion}_{nocturno} = 1.2339$$

$$Volumen_{24 \text{ horas}} = ?$$

Solución:

$$Volumen_{24 \text{ horas}} = 1,956 \text{ autos.} \times 1.2339$$

$$Volumen_{24 \text{ horas}} = 2,413 \text{ autos.}$$

Para el pick up se tiene:

$$Volumen_{24 \text{ horas}} = Volumen_{12 \text{ horas}} \times \text{Factor de expansion}_{nocturno}$$

$$Volumen_{24 \text{ horas}} = 2,403 \text{ pick up.} \times 1.2339$$

$$Volumen_{24 \text{ horas}} = 2965 \text{ pick up.}$$

Esto se repite para los tipos de vehículos y para los días martes, miércoles y jueves, de cada ruta, los cuadros 3.9, 3.10 y 3.11 presenta el Tránsito Diario para cada carretera:



Cuadro 3.9. Transito Diario de la Ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Día	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
Lunes	2413	2965	327	348	514	41	0	6	6	4	165	27	6816
Martes	2281	3096	263	292	639	23	0	0	0	0	204	71	6869
Miércoles	2747	2707	248	275	715	6	1	0	0	0	321	93	7113
Jueves	1830	2904	186	241	370	24	0	0	0	32	218	40	5845
TOTAL	9271	11672	1024	1156	2238	94	1	6	6	36	908	231	26643

Cuadro 3.10: Transito Diario de la Ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

Día	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
Lunes	3695	4543	496	506	1039	75	0	6	5	5	95	42	10507
Martes	4341	4830	499	510	968	66	0	0		0	269	94	11577
Miércoles	4164	4717	506	468	1035	78	0	0	0	0	337	88	11393
Jueves	4589	4537	467	485	1074	90	2	0	0	0	290	100	11634
TOTAL	16789	18627	1968	1969	4116	309	2	6	5	5	991	324	45111

Cuadro 3.11: Transito Diario de la Ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

Día	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
Lunes	2464	2574	227	178	518	89	0	0	4	2	1	9	6066
Martes	2279	2693	283	195	455	56	0	1	0	0	13	18	5993
Miércoles	2332	2547	265	193	427	51	0	0	0	0	5	17	5837
Jueves	2455	2644	265	210	373	59	0	0	0	0	2	18	6026
TOTAL	9530	10458	1040	776	1773	255	0	1	4	2	21	62	23922

Fuente: Elaboración propia

3.7.5 TRANSITO PROMEDIO SEMANAL (TPDS).

Para el cálculo del Transito Promedio Semanal se sumaran los TD de cada tipo de vehículo para cada ruta y se dividirá entre el número de días que fueron aforados de la semana en este caso 4 días, utilizando la siguiente fórmula:

$$Volumen_{semanal} = \frac{\text{Suma de TPD}_{\text{días aforados}}}{\text{días aforados}}$$

Calculo del TDS de la ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Para el auto se tiene:

$$Volumen_{semanal} = \frac{9,271 \text{ autos}}{4}$$

$$Volumen_{semanal} = 2,318 \text{ autos}$$

Para pick up se tiene:

$$Volumen_{semanal} = \frac{11,672 \text{ pick up}}{4}$$

$$Volumen_{semanal} = 2,918 \text{ pick up}$$

Se sigue el mismo procedimiento para cada tipo de vehículo y ruta, y se obtiene como resultado los cuadros 3.12, 3.13 y 3.14.



Cuadro 3.12. Transito Promedio Semanal en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDS
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDS	2318	2918	256	289	560	24	0	2	2	9	227	58	6661

Cuadro 3.13. Transito Promedio Semanal en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDS
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDS	4197	4657	492	492	1029	77	1	2	1	1	248	81	11278

Cuadro 3.14. Transito Promedio Semanal en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDS
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDS	2383	2615	260	194	443	64	0	0	1	1	5	16	5981

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos se consideran constantes para cada semana del mes.

3.7.6 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).

Como se consideró constante el TPDS, entonces este no variara en ninguna semana del mes por lo tanto es igual al Transito Promedio Mensual (TPDM). El Transito Diario Anual se calcula multiplicando el TPDM por el factor de expansión del mes aforado, en este caso se toma el mes de Julio.

Para el cálculo se utilizara la siguiente fórmula:

$$TPDA = TPDM \times \text{Factor de expansión}$$

Se calcula el TPDA para cada tipo de vehículo y arteria, se empieza con la ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Datos:

$$\text{Factor de expansión mes julio} = 1.0242$$

Para auto se tiene:

Solución:

$$TPDA = 2,318 \text{ autos} \times 1.0242$$

$$TPDA = 2,374 \text{ autos}$$

Para pick up se tiene:

Solución:

$$TPDA = 2,918 \text{ pick up} \times 1.0242$$

$$TPDA = 2,989 \text{ pick up}$$

Se sigue el mismo procedimiento para las siguientes rutas al final se obtiene de resultado los cuadros 3.15, 3.16 y 3.17. Se detecta que en comparación al último aforo realizado en el año 2010 a la fecha los valores del TPDA de cada arteria ha aumentado considerablemente, el mayor Transito se refleja en la carretera CA07 LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.



Cuadro 3.15: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA	2374	2989	262	296	573	24	0	2	2	9	232	59	6822

Cuadro 3.16: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA	4299	4769	504	504	1054	79	1	2	1	1	254	83	11551

Cuadro 3.17: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA	2440	2678	266	199	454	65	0	0	1	0	5	16	6124

Fuente: Elaboración propia

3.7.8 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR.

Una carretera nueva o la mejora de una carretera existente, debe diseñarse para acomodar el tránsito que pueda ocurrir durante el período de diseño, es por ello que es necesario proyectar el volumen de tránsito, para conocer la demanda futura. El Manual Centroamericano de Diseño geométrico de Carreteras, edición 2010 en el Capítulo 2, recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como base para el diseño.

3.7.8.1 Tasa de crecimiento vehicular.

Se debe tomar en cuenta que el volumen de vehículos livianos aumenta más significativamente que los vehículos pesados, el Ministerio de Obras Publicas ha adoptado en forma general una tasa de crecimiento a nivel nacional y para todo tipo de vehículo, esta se encuentra contemplada en el estudio más reciente y cercano a la zona como lo es el Estudio Preparatorio para la Construcción de Carreteras Troncales en El Salvador, By Pass San Miguel, en el capítulo 6.3 de ese documento menciona que la tasa de crecimiento utilizada según la entidad es la del 3.5% para proyecciones futuras. En base a lo anterior y siendo el estudio más reciente y cercano a la zona la tasa de crecimiento vehicular a utilizar en este proyecto será la del 3.5%.

3.7.8.2 Proyección vehicular.

Para proseguir con el diseño de la intersección es necesario conocer la demanda vehicular futura que presentaran las calles que conectan a la intersección. Para ello es necesario hacer uso de fórmulas de proyección del tránsito vehicular:

$$V_f = V_o(1 + i)^n \quad \text{Ecuación 3.2 Proyecciones de transito}$$

Donde:

V_f = Volumen proyectado.

V_o = Volumen del año actual igual al TPDA.

i = Tasa de crecimiento

n = Número de años de proyección

Se proyecta el TPDA encontrado hasta el año horizonte, utilizando la tasa de crecimiento planteada anteriormente.

Esto se realiza para cada tipo de vehículo y arteria, para ello se toman las siguientes consideraciones:

- ✓ Año de construcción de la propuesta: 2016
- ✓ Año de funcionamiento: 2017
- ✓ Año horizonte: 2036

Procedimiento:

Se proyecta para cada año, en este caso se proyectara del año 2015 al 2016 el TPDA de autos de la ruta RN18, para ello se necesitan los siguientes datos:

$V_f = \text{TPDA} = ?$

$V_o = 2374$ autos

$i = 3.5\%$

$n = 1$

Solución:

$$V_{f\ 2016} = 2,374(1 + 0.035)^1$$

$$V_{2016f} = 2,374(1 + 0.035)^1$$

$$V_{f\ 2016} = TPDA_{2016} = 2,457 \text{ autos}$$

Lo mismo se realiza para los diferentes tipos de vehículos y para cada arteria, hasta llegar al año horizonte 2036. A continuación en los cuadros 3.18, 3.19 y 3.20 se presentan la proyección de las arterias que convergen a la zona de estudio.



Cuadro 3.18: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR) proyectado.

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA 2016	2457	3093	271	306	593	25	0	2	2	10	241	61	7060
TPDA 2017	2543	3201	281	317	614	26	0	2	2	10	249	63	7308
TPDA 2018	2632	3338	300	337	651	32		1	1	8	262	62	7624
TPDA 2019	2724	3455	311	349	674	33		1	1	8	271	64	7891
TPDA 2020	2802	3576	322	361	697	34		1	1	8	280	67	8150
TPDA 2021	2900	3701	333	374	722	36		1	1	9	290	69	8435
TPDA 2022	3001	3831	345	387	747	37		1	1	9	300	71	8730
TPDA 2023	3106	3965	357	400	773	38		1	1	9	311	74	9036
TPDA 2024	3215	4104	369	414	800	40		1	1	10	322	76	9352
TPDA 2025	3328	4247	382	429	828	41		1	1	10	333	79	9680
TPDA 2026	3444	4396	396	444	857	42		1	1	10	345	82	10018
TPDA 2027	3565	4550	409	459	887	44		2	2	11	357	85	10369
TPDA 2028	3689	4709	424	475	918	45		2	2	11	369	88	10732
TPDA 2029	3819	4874	439	492	950	47		2	2	11	382	91	11107
TPDA 2030	3952	5044	454	509	983	49		2	2	12	395	94	11496
TPDA 2031	4090	5221	470	527	1018	50		2	2	12	409	97	11899
TPDA 2032	4234	5404	486	546	1053	52		2	2	13	424	101	12315
TPDA 2033	4382	5593	503	565	1090	54		2	2	13	438	104	12746
TPDA 2034	4535	5789	521	584	1129	56		2	2	13	454	108	13192
TPDA 2035	4694	5991	539	605	1168	58		2	2	14	470	111	13654
TPDA 2036	4858	6201	558	626	1209	60		2	2	14	486	115	14132



Cuadro 3.19: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO proyectado.

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA 2016	4466	4943	527	532	1100	94	1	1	1	1	263	89	12018
TPDA 2017	4622	5116	545	551	1139	97	1	1	1	1	280	92	12447
TPDA 2018	4784	5295	564	570	1179	101	1	1	1	1	289	95	12882
TPDA 2019	4952	5481	584	590	1220	104	1	1	1	1	300	99	13333
TPDA 2020	5125	5672	605	610	1263	108	1	1	1	1	310	102	13800
TPDA 2021	5304	5871	626	632	1307	112	1	1	1	1	321	106	14283
TPDA 2022	5490	6076	648	654	1352	116	1	1	1	1	332	109	14783
TPDA 2023	5682	6289	670	677	1400	120	1	1	1	1	344	113	15300
TPDA 2024	5881	6509	694	701	1449	124	1	1	1	1	356	117	15836
TPDA 2025	6087	6737	718	725	1499	128	1	1	1	1	368	121	16390
TPDA 2026	6300	6973	743	750	1552	133	1	1	1	1	381	126	16963
TPDA 2027	6520	7217	769	777	1606	138	2	2	2	2	394	130	17557
TPDA 2028	6748	7469	796	804	1662	142	2	2	2	2	408	135	18172
TPDA 2029	6985	7731	824	832	1721	147	2	2	2	2	422	139	18808
TPDA 2030	7229	8001	853	861	1781	152	2	2	2	2	437	144	19466
TPDA 2031	7482	8282	883	891	1843	158	2	2	2	2	453	149	20147
TPDA 2032	7744	8571	913	922	1908	163	2	2	2	2	468	154	20852
TPDA 2033	8015	8871	945	955	1975	169	2	2	2	2	485	160	21582
TPDA 2034	8296	9182	979	988	2044	175	2	2	2	2	502	165	22338
TPDA 2035	8586	9503	1013	1023	2115	181	2	2	2	2	519	171	23119
TPDA 2036	8886	9836	1048	1059	2189	187	2	2	2	2	538	177	23929



Cuadro 3.20: Transito Promedio Diario Anual de la ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS proyectado.

PERIODO	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA 2016	2453	2658	266	202	456	70	0	0	1	0	5	18	6129
TPDA 2017	2539	2751	275	209	472	73	0	0	1	0	5	18	6344
TPDA 2018	2628	2847	285	216	489	75	0	0	1	0	6	19	6566
TPDA 2019	2720	2947	295	224	506	78	1	0	1	0	6	20	6797
TPDA 2020	2815	3050	305	232	524	81	0	0	1	0	6	20	7033
TPDA 2021	2913	3157	316	240	542	84	2	0	1	0	6	21	7282
TPDA 2022	3015	3267	327	248	561	87	0	0	1	0	6	22	7534
TPDA 2023	3121	3382	338	257	581	90	3	0	1	0	7	22	7801
TPDA 2024	3230	3500	350	266	601	93	0	0	1	0	7	23	8071
TPDA 2025	3343	3622	363	275	622	96	4	0	1	0	7	24	8358
TPDA 2026	3460	3749	375	285	644	99	0	0	1	0	7	25	8646
TPDA 2027	3581	3880	388	295	666	103	5	0	2	0	8	26	8954
TPDA 2028	3707	4016	402	305	690	106	0	0	2	0	8	27	9262
TPDA 2029	3836	4157	416	316	714	110	6	0	2	0	8	28	9592
TPDA 2030	3971	4302	431	327	739	114	0	0	2	0	8	28	9921
TPDA 2031	4110	4453	446	338	765	118	7	0	2	0	9	29	10276
TPDA 2032	4253	4609	461	350	791	122	0	0	2	0	9	31	10628
TPDA 2033	4402	4770	477	362	819	126	8	0	2	0	9	32	11008
TPDA 2034	4556	4937	494	375	848	131	0	0	2	0	10	33	11385
TPDA 2035	4716	5110	511	388	877	135	0	0	2	0	10	34	11784
TPDA 2036	4881	5289	529	402	908	140	0	0	2	0	10	35	12196

Fuente: Proyección vehicular de las rutas que conectan a la intersección, elaboración propia .



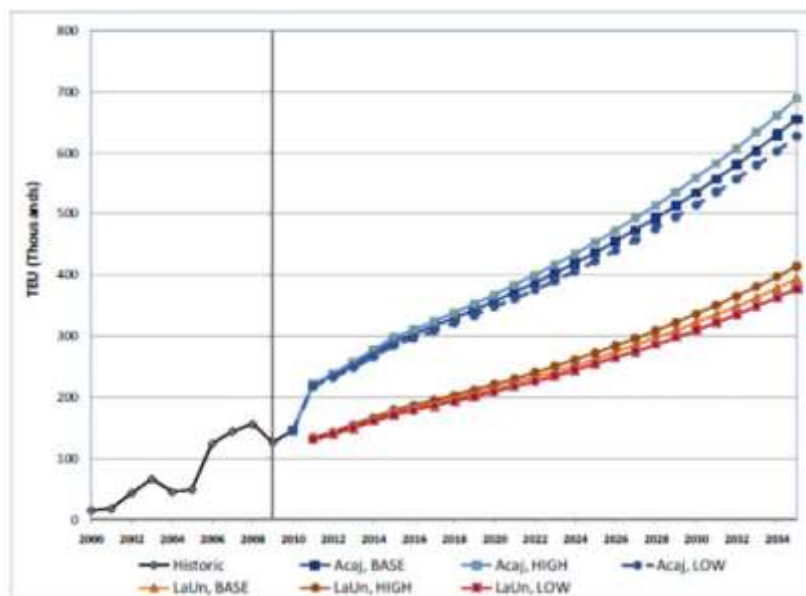
3.7.9 PRONÓSTICO DE DEMANDA DEL PUERTO LA UNIÓN.

Debido a la cercanía de la zona de estudio al puerto de La Unión, el cual no es actualmente utilizado en su totalidad. Sin embargo, se espera que los transportistas que utilizan actualmente el puerto de Acajutla, gradualmente migren a La Unión, se decidió realizar una proyección de la demanda que fluye hacia al Puerto. El tráfico orientado al Puerto, se analizó por separado de la proyección de crecimiento de tránsito anteriormente mencionada, esta proyección está basada en el volumen real de tránsito, aunque el Puerto de La Unión actualmente no presenta un gran volumen de tránsito. La Corporación Internacional de Finanzas (CIF) y la Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma de El Salvador (CEPA) han realizado el “Estudio de Demanda de Puertos en El Salvador” con fecha de febrero 2011, en la cual la cantidad de contenedores (TEUs), la carga seca a granel (ton) y su distribución regional, se han pronosticado según se muestra en la Figura 3.4 y Cuadro 3.21.

Este pronóstico de demanda para el caso base de “Red de Transporte Mejorada” lo tomaron y convirtieron en el número de vehículos. Basado en los resultados del estudio de tránsito, 1.68 TEUs de contenedores se convirtieron en un tráiler y 2.0 toneladas de carga a granel en un camión (Fuente: Estudio Preparatorio para la Construcción de Carreteras Troncales de El Salvador, marzo 2012). Para el análisis llevado a cabo se cuenta con la proyección de los contenedores que según el estudio estarían pasando al puerto de la unión en los siguientes años.



Figura 3.4. Estudio de Demanda Portuaria El Salvador, IFC, 2011.



Fuente: Estudio Preparatorio para la Construcción de Carreteras Troncales de El Salvador, Marzo 2012.

Cuadro 3.21 Distribución por Puerto por IFC.

Region	Acajutla		La Unión	
	(000TEU)	(%)	(000TEU)	(%)
San Salvador W&C	156	81.3%	27	18.8%
Ciudad de Guatemala	20	10.4%	0	0.0%
Tegucigalpa	4	2.1%	64	44.4%
San Pedro Sula	0	0.0%	0	0.0%
Managua	0	0.0%	7	4.9%
San Salvador N&E	9	4.7%	8	5.6%
EL Salvador SE	3	1.6%	15	10.4%
Honduras	0	0.0%	23	16.0%
Total	192	100.0%	144	100.0%

Fuente: Cuadro 4-11 de "Estudio de Demanda Portuaria El Salvador", IFC, 2011

Fuente: Estudio Preparatorio para la Construcción de Carreteras Troncales de El Salvador, Marzo 2012.

Según la figura 3.4 del estudio de la demanda portuaria de El Salvador, se calculó el cuadro 3.22, los datos son aproximados ya que al no contar con una



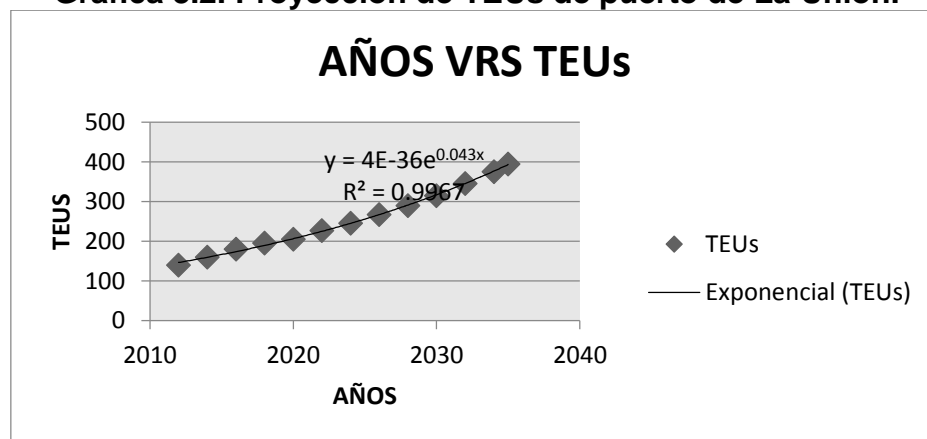
formula exacta de la proyección se asumieron valores mediante intersección de ordenadas.

Cuadro 3.22 proyección de TEUs del 2012 al 2035.

AÑO	TEUs
2012	140
2014	160
2016	180
2018	195
2020	205
2022	227
2024	245
2026	267
2028	290
2030	315
2032	345
2034	375
2035	395

De la proyección anterior se utilizó el programa Microsoft Excel para generar la ecuación que más se apege a los datos, esta se muestra en la gráfica 3.2, la gráfica presenta una variación mínima comparada con la figura 3.4, debido al error humano en la intersección de ordenadas.

Grafica 3.2. Proyección de TEUs de puerto de La Unión.



Fuente: Microsoft Excel 2010.



Según la ecuación de la gráfica, al sustituir en “x” los años faltantes da como resultado el cuadro 3.23:

Cuadro 3.23. Proyección de los TEUs según ecuación.

AÑO	TEUs
2012	140
2013	156
2014	160
2015	170
2016	180
2017	186
2018	195
2019	202
2020	205
2021	221
2022	227
2023	240
2024	245
2025	262
2026	267
2027	285
2028	290
2029	311
2030	315
2031	339
2032	345
2033	369
2034	375
2035	395
2036	420

Se ha dicho anteriormente que 1.68 TEUs es igual a 2.0 toneladas de carga seca a granel en un camión, se necesita pasar los TEUs encontrados a número de vehículos; para ello se convierte primero los TEUs a toneladas y luego las toneladas a vehículos, el vehículo al cual se transformarán será al T3-S3.

Se calculará el número de vehículos T3-S3 que se tendrá para el año 2016.

Procedimiento:



1.68 TEUs _____ 2.0 toneladas

180 TEUs _____ x

$$x = \frac{180 \text{ TEUs} \times 2 \text{ toneladas}}{1.68 \text{ TEUs}}$$

$$x = 214 \text{ toneladas}$$

Luego se pasan las toneladas a cantidad de vehículos T3-S3:

$$\text{Vehiculos}_{T3-S3} = \frac{214 \text{ toneladas} \times 1 \text{ T3S3}}{41 \text{ toneladas}}$$

$$\text{Vehiculos}_{T3-S3} = 5 \text{ vehiculos}_{T3-S3}$$

Este procedimiento se realiza para cada año proyectado, como resultado se obtiene lo descrito en el cuadro 3.24:

Cuadro 3. 24: Cantidad de Vehículos del tipo T3S3 proyectados

AÑO	TEUs	TONELADAS	CANTIDAD DE VEHICULOS T3S3
2012	140	167	4
2013	156	186	5
2014	160	190	5
2015	170	202	5
2016	180	214	5
2017	186	221	5
2018	195	232	6
2019	202	240	6
2020	205	244	6
2021	221	263	6
2022	227	270	7
2023	240	286	7
2024	245	292	7



AÑO	TEUs	TONELADAS	CANTIDAD DE VEHICULOS T3S3
2025	262	312	8
2026	267	318	8
2027	285	339	8
2028	290	345	8
2029	311	370	9
2030	315	375	9
2031	339	404	10
2032	345	411	10
2033	369	439	11
2034	375	446	11
2035	395	470	11
2036	420	500	12

3.7.10 PROYECCIÓN DEL TPDA INCLUYENDO EL INCREMENTO DEL PUERTO DE LA UNIÓN.

Para conocer el Transito Promedio Diario Anual total se incluyendo el incremento determinado que causara el buen funcionamiento del Puerto de La Unión en un futuro, se suma a los cuadros 3.18, 3.19 y 3.21, la cantidad de vehículos T3-S3 proyectados en el cuadro 3.24.

Se tiene como resultado el TPDA de diseño, contemplado en los cuadro 3.25, 3.26 y 3.27.



Cuadro 3.25. Proyección TPDA mas incremento del Puerto de La Unión de ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Años	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA 2016	2457	3093	271	306	593	25	0	2	2	10	241	63	7062
TPDA 2017	2543	3201	281	317	614	26	0	2	2	10	249	69	7313
TPDA 2018	2632	3338	300	337	651	32	0	1	1	8	262	68	7630
TPDA 2019	2724	3455	311	349	674	33	0	1	1	8	271	64	7891
TPDA 2020	2802	3576	322	361	697	34	0	1	1	8	280	72	8156
TPDA 2021	2900	3701	333	374	722	36	0	1	1	9	290	75	8442
TPDA 2022	3001	3831	345	387	747	37	0	1	1	9	300	65	8724
TPDA 2023	3106	3965	357	400	773	38	0	1	1	9	311	81	9043
TPDA 2024	3215	4104	369	414	800	40	0	1	1	10	322	83	9359
TPDA 2025	3328	4247	382	429	828	41	0	1	1	10	333	66	9666
TPDA 2026	3444	4396	396	444	857	42	0	1	1	10	345	90	10026
TPDA 2027	3565	4550	409	459	887	44	0	2	2	11	357	93	10377
TPDA 2028	3689	4709	424	475	918	45	0	2	2	11	369	66	10711
TPDA 2029	3819	4874	439	492	950	47	0	2	2	11	382	100	11117
TPDA 2030	3952	5044	454	509	983	49	0	2	2	12	395	103	11505
TPDA 2031	4090	5221	470	527	1018	50	0	2	2	12	409	68	11869
TPDA 2032	4234	5404	486	546	1053	52	0	2	2	13	424	111	12325
TPDA 2033	4382	5593	503	565	1090	54	0	2	2	13	438	115	12757
TPDA 2034	4535	5789	521	584	1129	56	0	2	2	13	454	69	13153
TPDA 2035	4694	5991	539	605	1168	58	0	2	2	14	470	123	13665
TPDA 2036	4858	6201	558	626	1209	60	0	2	2	14	486	70	14087



Cuadro 3.26. Proyección TPDA mas incremento del Puerto de La Unión de ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

Años	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA 2016	4466	4943	527	532	1100	94	1	1	1	1	263	94	12023
TPDA 2017	4622	5116	545	551	1139	97	1	1	1	1	280	98	12452
TPDA 2018	4784	5295	564	570	1179	101	1	1	1	1	289	101	12888
TPDA 2019	4952	5481	584	590	1220	104	1	1	1	1	300	105	13339
TPDA 2020	5125	5672	605	610	1263	108	1	1	1	1	310	108	13806
TPDA 2021	5304	5871	626	632	1307	112	1	1	1	1	321	112	14289
TPDA 2022	5490	6076	648	654	1352	116	1	1	1	1	332	116	14789
TPDA 2023	5682	6289	670	677	1400	120	1	1	1	1	344	120	15307
TPDA 2024	5881	6509	694	701	1449	124	1	1	1	1	356	124	15843
TPDA 2025	6087	6737	718	725	1499	128	1	1	1	1	368	129	16397
TPDA 2026	6300	6973	743	750	1552	133	1	1	1	1	381	133	16971
TPDA 2027	6520	7217	769	777	1606	138	2	2	2	2	394	138	17565
TPDA 2028	6748	7469	796	804	1662	142	2	2	2	2	408	143	18180
TPDA 2029	6985	7731	824	832	1721	147	2	2	2	2	422	148	18817
TPDA 2030	7229	8001	853	861	1781	152	2	2	2	2	437	153	19475
TPDA 2031	7482	8282	883	891	1843	158	2	2	2	2	453	159	20157
TPDA 2032	7744	8571	913	922	1908	163	2	2	2	2	468	164	20862
TPDA 2033	8015	8871	945	955	1975	169	2	2	2	2	485	170	21593
TPDA 2034	8296	9182	979	988	2044	175	2	2	2	2	502	176	22348
TPDA 2035	8586	9503	1013	1023	2115	181	2	2	2	2	519	183	23131
TPDA 2036	8886	9836	1048	1059	2189	187	2	2	2	2	538	189	23941



Cuadro 3.27. Proyección TPDA mas incremento del Puerto de La Unión de ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

Años	LIVIANOS		P E S A D O S										TPDA TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
TPDA 2016	2453	2658	266	202	456	70	0	0	1	0	5	23	6134
TPDA 2017	2539	2751	275	209	472	73	0	0	1	0	5	24	6349
TPDA 2018	2628	2847	285	216	489	75	0	0	1	0	6	25	6571
TPDA 2019	2720	2947	295	224	506	78	1	0	1	0	6	25	6802
TPDA 2020	2815	3050	305	232	524	81	0	0	1	0	6	26	7039
TPDA 2021	2913	3157	316	240	542	84	2	0	1	0	6	27	7288
TPDA 2022	3015	3267	327	248	561	87	0	0	1	0	6	28	7541
TPDA 2023	3121	3382	338	257	581	90	3	0	1	0	7	29	7808
TPDA 2024	3230	3500	350	266	601	93	0	0	1	0	7	30	8078
TPDA 2025	3343	3622	363	275	622	96	4	0	1	0	7	32	8365
TPDA 2026	3460	3749	375	285	644	99	0	0	1	0	7	33	8654
TPDA 2027	3581	3880	388	295	666	103	5	0	2	0	8	34	8962
TPDA 2028	3707	4016	402	305	690	106	0	0	2	0	8	35	9270
TPDA 2029	3836	4157	416	316	714	110	6	0	2	0	8	37	9601
TPDA 2030	3971	4302	431	327	739	114	0	0	2	0	8	38	9931
TPDA 2031	4110	4453	446	338	765	118	7	0	2	0	9	39	10286
TPDA 2032	4253	4609	461	350	791	122	0	0	2	0	9	41	10638
TPDA 2033	4402	4770	477	362	819	126	8	0	2	0	9	42	11019
TPDA 2034	4556	4937	494	375	848	131	0	0	2	0	10	44	11396
TPDA 2035	4716	5110	511	388	877	135	0	0	2	0	10	45	11795
TPDA 2036	4881	5289	529	402	908	140	0	0	2	0	10	47	12208

Fuente: Proyección del TPDA, elaboración propia.



3.7.11 INTENSIDAD HORARIA DE CADA ARTERIA

Además de obtener el TPDA proyectado es necesario conocer la proyección de la demanda en hora punta, para ello se encuentra la máxima demanda en el periodo de 15 minutos, para cada arteria y día en que se dio en el aforo.

Al revisar los datos aforados los máximos para cada arteria, se muestra en los cuadros 3.28, 3.29 y 3.30

Cuadro 3.28 Volumen en hora punta en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR), día lunes.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
12:00 - 12:15 pm	70	77	4	7	10	0	0	0	0	0	0	7	0	175
12:15 - 12:30 pm	78	81	6	8	12	0	0	0	0	0	0	1	0	186
12:30 - 12:45 pm	37	65	5	9	8	1	0	0	0	0	0	0	0	125
12:45 - 1:00 pm	24	47	5	3	10	0	0	0	0	2	0	2	0	93

Cuadro 3.29 Volumen en hora punta en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO, día martes.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	91	57	8	7	21	2	0	0	0	0	0	3	0	189
7:15 - 7:30 am	96	75	11	11	27	1	0	0	0	0	0	3	0	224
7:30 - 7:45 am	114	93	16	8	29	2	0	0	0	0	0	4	6	272
7:45 - 8:00 am	89	85	11	11	27	0	0	0	0	0	0	5	0	228

Cuadro 3.30 Volumen en hora punta en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS, día martes.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
4:00 - 4:15 pm	55	49	8	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	119
4:15 - 4:30 pm	68	58	10	4	15	0	0	0	0	0	0	0	0	155
4:30 - 4:45 pm	47	47	6	3	9	1	0	0	0	0	0	0	0	113
4:45 - 5:00 pm	49	43	2	4	5	0	0	0	0	0	0	1	0	104

Fuente: Elaboración propia

Es apreciable que el volumen máximo se dio en la arteria CA07N en el periodo de las 7:30 a 7:45 am del día martes.

Par conocer la Intensidad horaria, es necesario encontrar el factor de la hora de máxima demanda, este es un indicador de las características del flujo de



tránsito en periodos máximos. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentración de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

$$FHP = \frac{VHMD}{N \times (q_{max})} \quad \text{Ecuación 3.3 Factor de Hora Pico}$$

Donde:

FHP: Factor de Hora Pico

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda

N: Numero de periodos durante la hora máxima

q_{max} : flujo máximo durante el periodo dado

Como se mencionó antes el periodo utilizado fue de 15 min, por lo cual el número de periodos en total fueron 4 para cada hora.

Se analiza cada arteria, según los datos obtenidos; para la ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR) se tiene:

$$FHP_{RN18E} = \frac{(175 + 186 + 125 + 93)veh}{4 \times (186 veh)}$$

$$FHP_{RN18E} = 0.78$$

Se realiza el mismo procedimiento para las demás arterias y se tiene:

$$FHP_{RN18E} = 0.78$$

$$FHP_{CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO} = 0.84$$

$$FHP_{CA07N DV JOCORO SAN CARLOS} = 0.80$$

Para el cálculo de la tasa del cuarto de hora de mayor tráfico, total de la calzada, o también llamada intensidad horaria se utiliza la ecuación 3.4:

$$I = \frac{Q}{FHP} \quad \text{Ecuación 3.4 Intensidad horaria}$$



Donde:

I: Intensidad horaria, total de la calzada

Q: Volumen horario de trafico de una hora completa, total de la calzada

FHP: Factor de Hora Pico

Una vez definida la ecuación se prosigue al cálculo de las intensidades horarias para cada arteria, a modo de ejemplo se obtiene para la arteria RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR) el proceso es el siguiente:

$$I_{RN18E} = \frac{(175 + 186 + 125 + 93)veh.}{0.78}$$

$$I_{RN18E} = 742 v/h$$

Se realiza el mismo procedimiento para cada ruta y se obtiene el resultado que se muestra a continuación:

$$I_{RN18E} = 742 v/h$$

$$I_{CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO} = 1,087 v/h$$

$$I_{CA07N DV JOCORO SAN CARLOS} = 614 v/h$$

Además del cálculo de la intensidad por ruta, es necesario calcular la intensidad por sentido, para ello se sigue el mismo procedimiento anterior, con la diferencia que se desglosan los tipos de vehículos que circulan en las arterias.



Cuadro 3.31 Aforo vehicular por carril en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR), día lunes.

Desvío a Santa Rosa														
HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
12:00 - 12:15 pm	45	50	2	3	5	0	0	0	0	0	0	5	0	110
12:15 - 12:30 pm	38	26	4	4	7	0	0	0	0	0	0	1	0	80
12:30 - 12:45 pm	20	39	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	72
12:45 - 1:00 pm	6	23	2		6	0	0	0	2	0	0	0	0	39

Santa Rosa a Desvío														
HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
12:00 - 12:15 pm	25	27	2	4	5	0	0	0	0	0	0	2	0	65
12:15 - 12:30 pm	40	55	2	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	106
12:30 - 12:45 pm	17	26	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	53
12:45 - 1:00 pm	18	24	3	3	4	0	0	0	0	0	0	2	0	54

Cuadro 3.32 Aforo vehicular por carril en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO, día martes.

Desvío a San Miguel														
HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	31	25	3	4	5	1	0	0	0	0	0	3	0	72
7:15 - 7:30 am	41	37	7	5	13	1	0	0	0	0	0	3	0	107
7:30 - 7:45 am	40	50	8	6	11	2	0	0	0	0	0	2	0	119
7:45 - 8:00 am	31	48	7	6	5	0	0	0	0	0	0	2	0	99

San Miguel a Desvío														
HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	60	32	5	3	16	1	0	0	0	0	0	0	0	117
7:15 - 7:30 am	55	38	4	6	14	0	0	0	0	0	0	0	0	117
7:30 - 7:45 am	74	43	8	2	18	0	0	0	0	0	0	2	6	153
7:45 - 8:00 am	58	37	4	5	22	0	0	0	0	0	0	3	0	129

Cuadro 3.33 Aforo vehicular por carril en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS, día martes.

San Francisco Gotera a Desvío														
HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
4:00 - 4:15 pm	33	22	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	63
4:15 - 4:30 pm	44	29	6	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	88
4:30 - 4:45 pm	29	28	2	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	68
4:45 - 5:00 pm	29	27	1	2	5	0	0	0	0	0	0	1	0	65

Desvío a San Francisco Gotera														
HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
4:00 - 4:15 pm	22	27	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	56
4:15 - 4:30 pm	24	29	4	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	67
4:30 - 4:45 pm	18	19	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	45
4:45 - 5:00 pm	20	16	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39



Estos datos fueron obtenidos en campo durante el aforo y nos servirán para conocer la intensidad vehicular por carril.

Se utiliza la misma metodología para el cálculo de la intensidad horaria para cada carril, se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro 3.34 Intensidad por carril en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Desvío a Santa Rosa													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	140	177	17	14	27	1	0	0	3	0	8	0	386
Santa Rosa a Desvío													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	128	169	9	21	24	0	0	0	0	0	5	0	356

Cuadro 3.35 Intensidad carril en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

Desvío a San Miguel													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	170	190	30	25	40	5	0	0	0	0	12	0	473
San Miguel a Desvío													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	294	179	25	19	83	1	0	0	0	0	6	7	614

Cuadro 3.36 Intensidad carril en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

San Francisco Gotera a Desvío													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	169	133	16	9	26	1	0	0	0	0	1	0	355
Desvío a San Francisco Gotera													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	105	114	16	9	15	0	0	0	0	0	0	0	259



Una vez conocida la intensidad horaria para cada carril en las tres arterias, se prosigue a proyectarla, utilizando la misma fórmula para proyección del TPDA. Ya se mencionó anteriormente que el año horizonte es 2036 y la tasa de crecimiento será la misma que se utilizó para el cálculo del TPDA; lo único que varía, es que en vez de proyectar el Transito Promedio Diario Anual se proyectara la Intensidad. Se obtienen los resultados presentes en los cuadros 3.37, 3.38 y 3.39



Cuadro 3.37 Intensidad Proyectada por carriles en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Desvío a Santa Rosa													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	140	177	17	14	27	1	0	0	3	0	8	0	387
2016	145	183	18	14	28	1	0	0	3	0	8	0	401
2017	150	190	18	15	29	1	0	0	3	0	9	0	415
2018	155	196	19	16	30	1	0	0	3	0	9	0	429
2019	161	203	20	16	31	1	0	0	3	0	9	0	444
2020	166	210	20	17	32	1	0	0	4	0	10	0	460
2021	172	218	21	17	33	1	0	0	4	0	10	0	476
2022	178	225	22	18	34	1	0	0	4	0	10	0	492
2023	184	233	22	18	36	1	0	0	4	0	11	0	510
2024	191	241	23	19	37	1	0	0	4	0	11	0	527
2025	197	250	24	20	38	1	0	0	4	0	11	0	546
2026	204	258	25	20	39	1	0	0	4	0	12	0	565
2027	212	267	26	21	41	2	0	0	5	0	12	0	585
2028	219	277	27	22	42	2	0	0	5	0	13	0	605
2029	227	287	28	23	44	2	0	0	5	0	13	0	626
2030	235	297	28	23	45	2	0	0	5	0	13	0	648
2031	243	307	29	24	47	2	0	0	5	0	14	0	671
2032	251	318	31	25	48	2	0	0	5	0	14	0	695
2033	260	329	32	26	50	2	0	0	6	0	15	0	719
2034	269	340	33	27	52	2	0	0	6	0	15	0	744
2035	279	352	34	28	54	2	0	0	6	0	16	0	770
2036	288	365	35	29	56	2	0	0	6	0	16	0	797

Santa Rosa a Desvío													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	128	169	9	21	24	0	0	0	0	0	5	0	356
2016	132	175	9	22	25	0	0	0	0	0	5	0	368
2017	137	181	10	22	26	0	0	0	0	0	5	0	381
2018	142	187	10	23	27	0	0	0	0	0	6	0	395
2019	147	194	10	24	28	0	0	0	0	0	6	0	409
2020	152	201	11	25	29	0	0	0	0	0	6	0	423
2021	157	208	11	26	30	0	0	0	0	0	6	0	438
2022	163	215	11	27	31	0	0	0	0	0	6	0	453
2023	169	223	12	28	32	0	0	0	0	0	7	0	469
2024	174	230	12	29	33	0	0	0	0	0	7	0	485
2025	181	238	13	30	34	0	0	0	0	0	7	0	502
2026	187	247	13	31	35	0	0	0	0	0	7	0	520
2027	193	255	14	32	36	0	0	0	0	0	8	0	538
2028	200	264	14	33	38	0	0	0	0	0	8	0	557
2029	207	274	15	34	39	0	0	0	0	0	8	0	576
2030	214	283	15	35	40	0	0	0	0	0	8	0	596
2031	222	293	16	36	42	0	0	0	0	0	9	0	617
2032	230	303	16	38	43	0	0	0	0	0	9	0	639
2033	238	314	17	39	45	0	0	0	0	0	9	0	661
2034	246	325	17	40	46	0	0	0	0	0	10	0	684
2035	255	336	18	42	48	0	0	0	0	0	10	0	708
2036	264	348	19	43	49	0	0	0	0	0	10	0	733



Cuadro 3.38 Intensidad Proyectadas por carriles en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

Desvío a San Miguel													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	170	190	30	25	40	5	0	0	0	0	12	0	472
2016	176	197	31	26	41	5	0	0	0	0	12	0	489
2017	182	204	32	27	43	5	0	0	0	0	13	0	506
2018	188	211	33	28	44	6	0	0	0	0	13	0	523
2019	195	218	34	29	46	6	0	0	0	0	14	0	542
2020	202	226	36	30	48	6	0	0	0	0	14	0	561
2021	209	234	37	31	49	6	0	0	0	0	15	0	580
2022	216	242	38	32	51	6	0	0	0	0	15	0	601
2023	224	250	40	33	53	7	0	0	0	0	16	0	622
2024	232	259	41	34	55	7	0	0	0	0	16	0	643
2025	240	268	42	35	56	7	0	0	0	0	17	0	666
2026	248	277	44	36	58	7	0	0	0	0	18	0	689
2027	257	287	45	38	60	8	0	0	0	0	18	0	713
2028	266	297	47	39	63	8	0	0	0	0	19	0	738
2029	275	308	49	40	65	8	0	0	0	0	19	0	764
2030	285	318	50	42	67	8	0	0	0	0	20	0	791
2031	295	329	52	43	69	9	0	0	0	0	21	0	818
2032	305	341	54	45	72	9	0	0	0	0	22	0	847
2033	316	353	56	46	74	9	0	0	0	0	22	0	877
2034	327	365	58	48	77	10	0	0	0	0	23	0	907
2035	338	378	60	50	80	10	0	0	0	0	24	0	939
2036	350	391	62	51	82	10	0	0	0	0	25	0	972

San Miguel a Desvío													
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	
2015	294	179	25	19	83	1	0	0	0	0	6	7	614
2016	304	185	26	20	86	1	0	0	0	0	6	7	635
2017	315	192	27	20	89	1	0	0	0	0	6	7	658
2018	326	198	28	21	92	1	0	0	0	0	7	8	681
2019	337	205	29	22	95	1	0	0	0	0	7	8	705
2020	349	213	30	23	99	1	0	0	0	0	7	8	729
2021	361	220	31	23	102	1	0	0	0	0	7	9	755
2022	374	228	32	24	106	1	0	0	0	0	8	9	781
2023	387	236	33	25	109	1	0	0	0	0	8	9	809
2024	401	244	34	26	113	1	0	0	0	0	8	10	837
2025	415	252	35	27	117	1	0	0	0	0	8	10	866
2026	429	261	36	28	121	1	0	0	0	0	9	10	896
2027	444	270	38	29	125	2	0	0	0	0	9	11	928
2028	460	280	39	30	130	2	0	0	0	0	9	11	960
2029	476	290	40	31	134	2	0	0	0	0	10	11	994
2030	493	300	42	32	139	2	0	0	0	0	10	12	1029
2031	510	310	43	33	144	2	0	0	0	0	10	12	1065
2032	528	321	45	34	149	2	0	0	0	0	11	13	1102
2033	546	332	46	35	154	2	0	0	0	0	11	13	1140
2034	565	344	48	37	160	2	0	0	0	0	12	13	1180
2035	585	356	50	38	165	2	0	0	0	0	12	14	1222
2036	605	369	51	39	171	2	0	0	0	0	12	14	1264



Cuadro 3.39 Intensidad Proyectada por carriles en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

San Francisco Gotera a Desvío														
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
2015	169	133	16	9	26	1	0	0	0	0	0	1	0	355
2016	175	138	17	9	27	1	0	0	0	0	0	0	0	366
2017	181	142	17	10	28	1	0	0	0	0	0	0	0	379
2018	187	147	18	10	29	1	0	0	0	0	0	0	0	392
2019	194	153	18	10	30	1	0	0	0	0	0	0	0	406
2020	201	158	19	11	31	1	0	0	0	0	0	0	0	420
2021	208	163	20	11	32	1	0	0	0	0	0	0	0	435
2022	215	169	20	11	33	1	0	0	0	0	0	0	0	450
2023	223	175	21	12	34	1	0	0	0	0	0	0	0	466
2024	230	181	22	12	35	1	0	0	0	0	0	0	0	482
2025	238	188	23	13	37	1	0	0	0	0	0	0	0	499
2026	247	194	23	13	38	1	0	0	0	0	0	0	0	517
2027	255	201	24	14	39	2	0	0	0	0	0	0	0	535
2028	264	208	25	14	41	2	0	0	0	0	0	0	0	554
2029	274	215	26	15	42	2	0	0	0	0	0	0	0	573
2030	283	223	27	15	44	2	0	0	0	0	0	0	0	593
2031	293	231	28	16	45	2	0	0	0	0	0	0	0	614
2032	303	239	29	16	47	2	0	0	0	0	0	0	0	635
2033	314	247	30	17	48	2	0	0	0	0	0	0	0	658
2034	325	256	31	17	50	2	0	0	0	0	0	0	0	681
2035	336	265	32	18	52	2	0	0	0	0	0	0	0	704
2036	348	274	33	19	54	2	0	0	0	0	0	0	0	729
Desvío a San Francisco Gotera														
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
2015	105	114	16	9	15	0	0	0	0	0	0	0	0	259
2016	109	118	17	9	16	0	0	0	0	0	0	0	0	268
2017	112	122	17	10	16	0	0	0	0	0	0	0	0	277
2018	116	126	18	10	17	0	0	0	0	0	0	0	0	287
2019	120	131	18	10	17	0	0	0	0	0	0	0	0	297
2020	125	135	19	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0	308
2021	129	140	20	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0	318
2022	134	145	20	11	19	0	0	0	0	0	0	0	0	330
2023	138	150	21	12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	341
2024	143	155	22	12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	353
2025	148	161	23	13	21	0	0	0	0	0	0	0	0	365
2026	153	166	23	13	22	0	0	0	0	0	0	0	0	378
2027	159	172	24	14	23	0	0	0	0	0	0	0	0	391
2028	164	178	25	14	23	0	0	0	0	0	0	0	0	405
2029	170	185	26	15	24	0	0	0	0	0	0	0	0	419
2030	176	191	27	15	25	0	0	0	0	0	0	0	0	434
2031	182	198	28	16	26	0	0	0	0	0	0	0	0	449
2032	188	205	29	16	27	0	0	0	0	0	0	0	0	465
2033	195	212	30	17	28	0	0	0	0	0	0	0	0	481
2034	202	219	31	17	29	0	0	0	0	0	0	0	0	498
2035	209	227	32	18	30	0	0	0	0	0	0	0	0	515
2036	216	235	33	19	31	0	0	0	0	0	0	0	0	533



3.7.12 INTENSIDAD HORARIAS POR MANIOBRA DENTRO DE LA INTERSECCIÓN.

Para conocer el nivel de servicio de la intersección, será necesario calcular las intensidades para cada movimiento que realicen los vehículos dentro de estas, en la hora pico, para ello se toma como hora pico de 7:00 a 8:00 am del día martes.

Los volúmenes presentados por cada arteria en ese periodo son los siguientes:

Cuadro 3.40 Volumen por carril en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Desvío a Santa Rosa														
HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S								TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	20	15	2	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	47
7:15 - 7:30 am	26	22	4	4	7	0	0	0	0	0	0	0	1	64
7:30 - 7:45 am	30	26	1	1	12	0	0	0	0	0	0	3	5	78
7:45 - 8:00 am	27	35	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	67

Santa Rosa a Desvío														
HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S								TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	22	18	2	2	5	1	0	0	0	0	0	4	0	54
7:15 - 7:30 am	21	19	3	3	7	3	0	0	0	0	0	2	0	58
7:30 - 7:45 am	21	30	3	5	9	1	0	0	0	0	0	4	0	73
7:45 - 8:00 am	25	35	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	65

Cuadro 3.41 Volumen por carril en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO

Desvío a San Miguel														
HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S								TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	31	25	3	4	5	1	0	0	0	0	0	3	0	72
7:15 - 7:30 am	41	37	7	5	13	1	0	0	0	0	0	3	0	107
7:30 - 7:45 am	40	50	8	6	11	2	0	0	0	0	0	2	0	119
7:45 - 8:00 am	31	48	7	6	5	0	0	0	0	0	0	2	0	99

San Miguel a Desvío														
HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S								TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	60	32	5	3	16	1	0	0	0	0	0	0	0	117
7:15 - 7:30 am	55	38	4	6	14	0	0	0	0	0	0	0	0	117
7:30 - 7:45 am	74	43	8	2	18	0	0	0	0	0	0	2	6	153
7:45 - 8:00 am	58	37	4	5	22	0	0	0	0	0	0	3	0	129



Cuadro 3.42 Volumen por carril en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS

San Francisco Gotera a Desvío														
HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	16	18	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	41
7:15 - 7:30 am	26	25	3	4		0	0	0	0	0	0	0	0	58
7:30 - 7:45 am	17	21	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	43
7:45 - 8:00 am	20	18	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	45

Desvío a San Francisco Gotera														
HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
7:00 - 7:15 am	25	13	1	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	47
7:15 - 7:30 am	29	20	2	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	60
7:30 - 7:45 am	32	26	6	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	76
7:45 - 8:00 am	26	31	2	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	68

Para el diseño será necesario proyectar las intensidades horarias hasta el año horizonte, por eso es necesario conocer los movimientos que realizan los vehículos en la intersección.

Primeramente se calcula la intensidad para cada carril de las arterias, siguiendo la misma metodología, se tiene:

Cuadro 3.43 Intensidad punta por carril en ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).

Desvío a Santa Rosa														
INTENSIDAD	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
2015	132	126	10	10	36	0	0	0	0	0	0	6	8	328

Santa Rosa a Desvío														
INTENSIDAD	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
2015	114	131	10	15	31	6	0	0	0	0	0	13	0	321

Cuadro 3.44 Intensidad punta por carril en ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

Desvío a San Miguel														
INTENSIDAD	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
2015	170	190	30	25	40	5	0	0	0	0	0	12	0	473

San Miguel a Desvío														
INTENSIDAD	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
2015	294	179	25	19	83	1	0	0	0	0	0	6	7	614



Cuadro 3.45 Intensidad punta por carril en ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

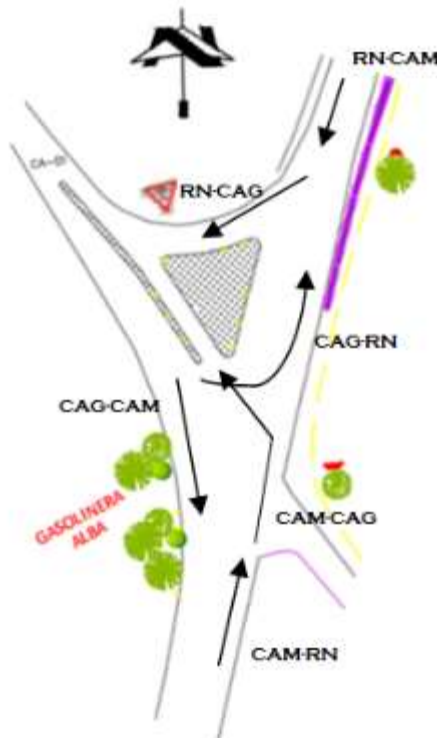
San Francisco Gotera a Desvío														
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S											TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS			C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
2015	99	103	13	13	6	1	0	0	0	0	0	0	0	234

Desvío a San Francisco Gotera														
INTENSIDAD	LIVIANOS		P E S A D O S											TOTAL
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS			C A R G A								
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
2015	140	113	14	8	40	0	0	0	0	0	0	0	0	314

Es necesario determinar las intensidades por cada movimiento que realicen los vehículos en la intersección, para ello se hará uso de un análisis de porcentajes.

Para empezar se analizan los movimientos que realizarán los vehículos al ingresar a la intersección, la figura 3.5 muestra todas las maniobras que son realizadas y el cuadro 3.43 detalla la nomenclatura utilizada.

Figura 3.5 Movimientos que realizan los vehículos en la intersección.



Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 3.46 Nomenclatura de movimientos dentro de la intersección

NOMENCLATURA	DESCRIPCION
CAG-CAM	CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS hacia CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO
CAG-RN	CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS hacia RN18E
CAM-RN	CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO hacia RN18E
CAM-CAG	CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO hacia CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS
RN-CAM	RN18E hacia CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO
RN-CAG	RN18E hacia CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS
RN-GAS	RN18E hacia Gasolinera
GAS-CAG	Gasolinera hacia CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS
RURAL	MOR24E

Fuente: elaboración propia

Ya que solo se conoce la intensidad por carril en la hora punta, y se desconocen la intensidad para cada maniobra, mediante un aforo realizado por el MOP en el año 2011, durante el periodo de 9:15 a 10:15 am (ver tabla 1.0: vehículos que transitan en la intersección, pág. 11, capítulo I), se encontrara una relación de porcentajes para aplicárselos al estudio actual y así determinar la intensidad por movimiento. Primeramente se obtendrá cuantos vehículos aproximados están entrando a la intersección por arteria según estudio de 2011, luego se calculara un porcentaje de vehículos que realizan las maniobras, obteniendo como resultado los cuadros 3.47 y 3.48.



Cuadro 3.47 Vehículos que entran a la intersección.

MANIOBRAS		LIVIANO	BUS	CAMION	CAMION ARTICULADO
A	CAM-RN	133	13	28	22
B	CAM-CAG	104	7	21	1
TOTAL		237	20	49	23
C	RN-CAM	155	12	24	24
D	RN-CAG	30		7	1
TOTAL		185	12	31	25
E	CAG-RN	40		7	1
F	CAG-CAM	61	4	12	2
TOTAL		101	4	19	3
G	RN-GAS	7		1	
H	GAS-CAG	6		3	
I	RURAL	2			
TOTAL		15		4	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.48 Porcentaje de vehículos por maniobras

MANIOBRAS		PORCENTAJES (%)			
		LIVIANO	BUS	CAMION	CAMION ARTICULADO
A	CAM-RN	56.00	65.00	57.00	96.00
B	CAM-CAG	44.00	35.00	43.00	4.00
C	RN-CAM	84.00	100.00	77.00	96.00
D	RN-CAG	16.00		23.00	4.00
E	CAG-RN	40.00		37.00	33.00
F	CAG-CAM	60.00	100.00	63.00	67.00
G	RN-GAS	47.00		25.00	
H	GAS-CAG	40.00		75.00	
I	RURAL	13.00			

Fuente: Elaboración propia

Es de mencionar que al hacer la diferencia de los vehículos que entran que son 1,169 a la intersección menos los que salen de ella que son 1,115, existen 54 vehículos que no salen de ella, lo que significa que estos vehículos realizan otro tipo de maniobra, se supone que son los que realizan la maniobra G, pero para el análisis de este proyecto no se tomaran en cuenta este tipo de maniobras.



Ahora se multiplicara el porcentaje obtenido en el cuadro 3.48 por las intensidades de los cuadros 3.43, 3.44 y 3.45, se obtiene el cuadro 3.49.

Cuadro 3.49 Maniobras de los vehículos en la intersección

INTENSIDAD POR MANIOBRA 2015						
MANIOBRAS		TIPO DE VEHÍCULO				TOTAL
		LIVIANO	BUS	CAMION	CAMION ARTICULADO	
A	CAM-RN	265	29	48	13	354
B	CAM-CAG	208	15	36		260
C	RN-CAM	206	25	28	12	271
D	RN-CAG	39		9	1	49
E	CAG-RN	81		3		83
F	CAG-CAM	121	25	4		151

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es proyectar la intensidad por maniobra, para ello se usara la misma metodología de proyección usada para el TPDA, nada más que solo se proyectara de cinco en cinco hasta el año horizonte.



Cuadro 3.50 Proyección de maniobras de los vehículos en la intersección.

INTENSIDAD POR MANIOBRA 2016						
MANIOBRAS		TIPO DE VEHÍCULO				TOTAL
		LIVIANO	BUS	CAMION	CAMION ARTICULADO	
A	CAM-RN	274	30	50	13	367
B	CAM-CAG	215	16	38		269
C	RN-CAM	213	26	29	12	281
D	RN-CAG	41		9	1	51
E	CAG-RN	84		3		86
F	CAG-CAM	125	26	5		156
INTENSIDAD POR MANIOBRA 2021						
MANIOBRAS		TIPO DE VEHÍCULO				TOTAL
		LIVIANO	BUS	CAMION	CAMION ARTICULADO	
A	CAM-RN	325	35	59	16	436
B	CAM-CAG	256	19	45		319
C	RN-CAM	253	31	35	15	333
D	RN-CAG	48		11	1	60
E	CAG-RN	99		3		103
F	CAG-CAM	149	31	5		185
INTENSIDAD POR MANIOBRA 2026						
MANIOBRAS		TIPO DE VEHÍCULO				TOTAL
		LIVIANO	BUS	CAMION	CAMION ARTICULADO	
A	CAM-RN	386	42	70	19	518
B	CAM-CAG	304	23	53		379
C	RN-CAM	300	36	42	18	396
D	RN-CAG	57		13	1	72
E	CAG-RN	118		4		122
F	CAG-CAM	177	36	6		220
INTENSIDAD POR MANIOBRA 2031						
MANIOBRAS		TIPO DE VEHÍCULO				TOTAL
		LIVIANO	BUS	CAMION	CAMION ARTICULADO	
A	CAM-RN	459	50	84	23	615
B	CAM-CAG	361	27	63		450
C	RN-CAM	357	43	49	21	470
D	RN-CAG	68		16	2	85
E	CAG-RN	140		4		145
F	CAG-CAM	210	43	8		261
INTENSIDAD POR MANIOBRA 2036						
MANIOBRAS		TIPO DE VEHÍCULO				TOTAL
		LIVIANO	BUS	CAMION	CAMION ARTICULADO	
A	CAM-RN	545	59	99	27	730
B	CAM-CAG	428	32	75		535
C	RN-CAM	424	51	59	25	558
D	RN-CAG	81		19	2	101
E	CAG-RN	166		5		172
F	CAG-CAM	250	51	9		310

Fuente: elaboración propia



3.8 ESTUDIO HIDROLÓGICO

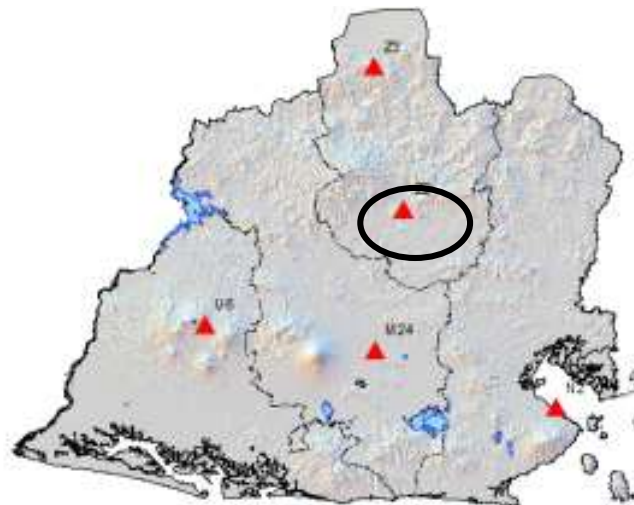
3.8.1 HIDROLOGÍA

En San Francisco Gotera está ubicada una Estación Climatológica, en la que la zona de influencia abarca todo el río Torola, y parte de la zona de estudio en este proyecto. Generosamente los técnicos especialistas proporcionaron la información de los últimos años registrados en precipitación máxima y temperaturas máximas y bajas en la zona.

3.8.2 UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

La estación meteorológica en estudio se encuentra ubicada en San Francisco Gotera, con coordenadas geográficas de $13^{\circ} 41' 32.1''$ y $88^{\circ} 06' 30.6''$ latitud y longitud respectivamente a unos 250msnm.

Figura 3.6 Ubicación de estación meteorológica de San Francisco Gotera



Fuente: Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente (MARN)

3.8.3 INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN.

Con las alturas de precipitación máximas anuales (ver tabla 3.1) se obtiene el cálculo de intensidades máximas anuales de precipitación para cada duración



y se calculan las intensidades máximas de precipitación en mm/min (ver tabla 3.2), dividiendo cada altura de precipitación por su respectiva duración. En tabla 3.2 se muestran dichos valores con su correspondiente promedio y desviación estándar, así como la intensidad máxima de la serie de años. El anexo A – 5 presenta un detalle de la precipitación del año 2014.

3.8.4 PERIODO DE RETORNO.

El Periodo de retorno, es el periodo de tiempo promedio, en años, en que un determinado evento, es igualado o superado por lo menos una vez. Los eventos de mayor período de recurrencia generan mayor número de tiempo y se requiere de una lluvia de mayor intensidad y por lo tanto, un mayor período de recurrencia del evento lluvioso.

3.8.5 CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF).

Para el análisis de la precipitación se realizan las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) las cuales correlacionan simultáneamente las 3 variables en una familia de curvas, con la ventaja de no necesitar transformar las precipitaciones a intensidades.

Las curvas IDF para diferentes periodos de retorno de la zona en estudio fueron obtenidas de la Tesis “Propuesta de actualización de curvas intensidad - duración - frecuencia en la zona oriental de el salvador”, 2014.

Se tiene los valores de la probabilidad de excedencia y no excedencia de la intensidad de lluvia máxima así como los de la variable reducida para periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25 y 50 años, así como su respectivas duraciones de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240 y 360 minutos (ver tabla 3.3). Dando como resultado una familia de curvas intensidad – duración – frecuencia para una estación, en la tabla 3.4 y 3.5 se muestran los valores obtenidos y su respectiva representación gráfica, tanto logarítmica como aritmética.



Tabla 3.1. Alturas de Precipitación Máximas Anuales, Estación Climatológica San Francisco Gotera (Z – 2).

ALTURAS DE PRECIPITACION MAXIMAS ANUALES													
En mm para diferentes periodos.													
ESTACION : SAN FRANCISCO GOTERA Z-2													
LATITUD: 13° 41' 32.1"				LONGITUD: 88° 06' 30.6"				ELEVACION: 250 m.s.n.m.					
ANO	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1962	14.00	26.00	34.95	42.00	48.00	53.55	55.80	70.20	79.20	70.50	72.00	74.40	75.60
1963	14.40	26.90	34.65	41.60	54.00	73.35	85.20	105.30	129.60	132.00	133.20	43.20	25.20
1964	12.80	20.50	27.15	35.20	44.10	49.95	51.60	52.20	55.20	39.00	41.40	48.00	43.20
1965	15.80	22.60	30.90	37.80	48.30	55.35	60.00	69.30	57.60	60.00	61.20	62.40	21.60
1966	17.00	31.40	39.45	42.80	45.60	45.90	50.40	54.90	63.60	76.50	73.80	50.40	64.80
1967	15.20	22.20	29.25	35.20	43.20	50.40	58.20	72.90	51.60	40.50	43.20	45.60	46.80
1968	13.40	25.90	36.45	46.40	57.60	59.85	50.40	60.30	32.40	33.00	34.20	38.40	28.80
1969	19.00	38.00	44.25	49.80	64.20	75.60	87.00	90.00	91.20	94.50	95.40	98.40	100.80
1970	16.60	24.10	30.00	40.00	58.50	64.80	66.00	67.50	48.00	49.50	50.40	52.80	68.40
1971	9.90	19.60	25.05	30.00	39.90	43.65	58.20	69.30	72.00	75.00	81.00	79.20	82.80
1972	10.05	19.60	17.55	22.40	30.00	40.50	45.60	47.70	48.00	51.00	52.20	52.80	61.20
1973	16.80	25.70	36.45	41.00	48.30	59.85	67.80	76.50	80.40	84.00	88.20	91.20	100.80
1974	10.00	19.60	29.40	35.00	39.30	42.75	42.60	43.20	43.20	42.00	54.00	67.20	72.00
1975	14.00	19.00	23.55	29.00	36.90	43.20	46.20	55.80	57.60	58.50	59.40	62.40	64.80
1976	12.90	23.90	29.40	37.40	48.00	57.60	63.60	65.70	66.00	66.00	72.00	76.80	75.60
1977	16.10	28.20	42.30	37.60	46.50	48.60	49.80	55.80	49.20	51.00	52.20	52.80	72.00
1978	16.20	30.90	40.65	50.40	56.10	69.75	73.20	74.70	75.60	75.00	75.60	76.80	68.40
1979	10.00	20.00	28.05	32.00	45.00	60.30	69.60	72.90	78.00	82.50	88.20	69.60	86.40
1980	13.00	22.00	28.95	35.60	42.00	45.45	48.60	52.20	60.00	90.00	93.60	69.60	104.40
1981	10.30	20.60	28.50	36.40	47.40	49.05	40.20	40.50	40.80	42.00	34.20	50.40	57.60
1982	15.20	23.30	21.00	27.20	36.90	46.35	55.20	62.10	67.20	70.50	84.60	93.60	100.80
1983	SIN DATOS												
1984	10.70	19.00	26.10	33.10	42.40	45.90	46.30	46.30	46.30	46.30	46.30	46.30	46.30
1985	13.50	21.50	30.00	37.20	53.50	68.80	87.90	111.10	114.40	116.80	118.20	120.00	120.20
1986	10.10	20.00	29.70	35.50	44.50	57.10	64.50	66.90	67.90	68.40	68.80	69.30	69.50
1987	11.00	18.50	23.80	27.70	34.00	42.00	49.00	61.60	65.20	65.90	66.40	67.50	76.40
1988	SIN DATOS												
1989	10.20	19.00	28.00	36.80	41.80	46.80	60.00	66.90	68.20	70.00	71.00	71.70	71.80
1990	10.00	17.70	22.70	27.70	33.90	38.20	44.60	60.00	66.10	69.00	69.30	73.40	80.00
1991	10.00	16.00	20.00	26.00	31.70	35.20	39.90	52.50	67.00	70.60	71.00	85.50	97.90
1992	10.00	20.00	30.00	40.00	60.00	87.00	98.80	132.00	156.60	169.10	178.70	179.10	184.10
1993	20.00	30.00	34.50	40.00	43.20	48.10	49.90	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
1994	20.00	33.50	50.00	53.00	54.70	58.50	58.80	59.10	59.60	59.60	59.60	59.60	59.60
1995	10.00	20.00	30.00	37.80	51.40	67.30	71.30	74.00	74.20	74.20	74.20	74.20	74.20
1996	10.60	20.00	26.50	33.00	46.50	53.60	54.50	56.50	59.40	62.00	64.10	66.20	67.10
1997	12.30	23.30	33.30	42.50	58.20	71.40	77.00	78.10	78.80	79.10	79.30	79.30	79.30
1998	20.00	30.00	38.10	45.10	50.10	53.90	61.60	65.80	66.50	66.70	66.70	66.70	66.70
1999	10.00	18.50	23.50	26.30	35.00	41.40	52.50	58.30	58.40	58.40	58.40	58.40	58.40
2000	10.00	18.30	20.30	28.30	37.00	38.00	38.80	38.80	38.80	38.80	38.80	38.80	38.80
2001	11.00	20.00	30.00	40.00	47.20	57.00	57.60	57.60	57.80	57.90	57.90	57.90	57.90
2002	15.00	25.00	35.00	42.00	49.00	56.00	62.70	69.60	70.00	70.00	70.50	73.10	74.50
2003	10.00	20.00	30.00	34.00	40.00	50.00	56.90	58.70	59.70	60.40	62.00	63.10	65.40
2004	10.00	20.00	30.00	40.00	48.80	56.40	60.00	64.00	64.90	65.00	70.20	73.40	73.70
2005	10.00	15.00	20.50	25.50	35.50	50.10	65.10	72.30	75.80	77.70	80.00	80.00	80.00
2006	20.00	28.90	36.00	44.90	48.90	51.40	51.90	51.90	51.90	51.90	51.90	51.90	51.90
2007	10.00	20.00	30.00	35.90	40.30	46.30	48.90	51.10	51.10	51.10	51.10	51.10	51.10
2008	15.00	25.00	36.90	48.00	54.90	57.80	58.20	58.50	58.50	58.50	58.50	58.50	58.50
2009	17.10	23.10	28.20	34.80	46.00	56.20	61.00	62.20	63.40	64.80	64.90	64.90	64.90
2010	SIN DATOS												
2011	12.30	24.30	34.80	44.80	60.00	73.50	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
2012	10.00	18.50	24.70	32.50	42.50	46.30	55.20	65.00	65.90	66.50	67.20	68.40	71.10

Fuente: Tesis: "Propuesta de actualización de curvas intensidad - duración - frecuencia en la zona oriental de el salvador", 2014.



Tabla 3.2. Intensidades Máximas Anuales de Precipitación, Estación Climatológica San Francisco Gotera (Z – 2).

INTENSIDAD DE PRECIPITACION MAXIMA ANUAL (ABSOLUTA)													
En mm/minuto para diferentes periodos.													
ESTACION : SAN FRANCISCO GOTERA Z-2													
LATITUD: 13° 41' 32.1"				LONGITUD: 88° 06' 30.6"				ELEVACION: 250 m.s.n.m.					
AÑO	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1962	2.80	2.60	2.33	2.10	1.60	1.19	0.93	0.78	0.66	0.47	0.40	0.31	0.21
1963	2.88	2.69	2.31	2.08	1.80	1.63	1.42	1.17	1.08	0.88	0.74	0.18	0.07
1964	2.56	2.05	1.81	1.76	1.47	1.11	0.86	0.58	0.46	0.26	0.23	0.20	0.12
1965	3.16	2.26	2.06	1.89	1.61	1.23	1.00	0.77	0.48	0.40	0.34	0.26	0.06
1966	3.40	3.14	2.63	2.14	1.52	1.02	0.84	0.61	0.53	0.51	0.41	0.21	0.18
1967	3.04	2.22	1.95	1.76	1.44	1.12	0.97	0.81	0.43	0.27	0.24	0.19	0.13
1968	2.68	2.59	2.43	2.32	1.92	1.33	0.84	0.67	0.27	0.22	0.19	0.16	0.08
1969	3.80	3.80	2.95	2.49	2.14	1.68	1.45	1.00	0.76	0.63	0.53	0.41	0.28
1970	3.32	2.41	2.00	2.00	1.95	1.44	31.10	0.75	0.40	0.33	0.28	0.22	0.19
1971	1.98	1.96	1.67	1.50	1.33	0.97	0.97	0.77	0.60	0.50	0.45	0.33	0.23
1972	2.01	1.96	1.17	1.12	1.00	0.90	0.76	0.53	0.40	0.34	0.29	0.22	0.17
991973	3.36	2.57	2.43	2.05	1.61	1.33	1.13	0.85	0.67	0.56	0.49	0.38	0.28
1974	2.00	1.96	1.96	1.75	1.31	0.95	0.71	0.48	0.36	0.28	0.30	0.28	0.20
1975	2.80	1.90	1.57	1.45	1.23	0.96	0.77	0.62	0.48	0.39	0.33	0.26	0.18
1976	2.58	2.39	1.96	1.87	1.60	1.28	1.06	0.73	0.55	0.44	0.40	0.32	0.21
1977	3.22	2.82	2.82	1.88	1.55	1.08	0.83	0.62	0.41	0.34	0.29	0.22	0.20
1978	3.24	3.09	2.71	2.52	1.87	1.55	1.22	0.83	0.63	0.50	0.42	0.32	0.19
1979	2.00	2.00	1.87	1.60	1.50	1.34	1.16	0.81	0.65	0.55	0.49	0.29	0.24
1980	2.60	2.20	1.93	1.78	1.40	1.01	0.81	0.58	0.50	0.60	0.52	0.29	0.29
1981	2.06	2.06	1.90	1.82	1.58	1.09	0.67	0.45	0.34	0.28	0.19	0.21	0.16
1982	3.04	2.33	1.40	1.36	1.23	1.03	0.92	0.69	0.56	0.47	0.47	0.39	0.28
1983	SIN DATOS												
1984	2.14	1.90	1.74	1.66	1.41	1.02	0.77	0.51	0.39	0.31	0.26	0.19	0.13
1985	2.70	2.15	2.00	1.86	1.78	1.53	1.47	1.23	0.95	0.78	0.66	0.50	0.33
1986	2.02	2.00	1.98	1.78	1.48	1.27	1.08	0.74	0.57	0.46	0.38	0.29	0.19
1987	2.20	1.85	1.59	1.39	1.13	0.93	0.82	0.68	0.54	0.44	0.37	0.28	0.21
1988	SIN DATOS												
1989	2.04	1.90	1.87	1.84	1.39	1.04	1.00	0.74	0.57	0.47	0.39	0.30	0.20
1990	2.00	1.77	1.51	1.39	1.13	0.85	0.74	0.67	0.55	0.46	0.39	0.31	0.22
1991	2.00	1.60	1.33	1.30	1.06	0.78	0.67	0.58	0.56	0.47	0.39	0.36	0.27
1992	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.93	1.65	1.47	1.31	1.13	0.99	0.75	0.51
1993	4.00	3.00	2.30	2.00	1.44	1.07	0.83	0.56	0.42	0.33	0.28	0.21	0.14
1994	4.00	3.35	3.33	2.65	1.82	1.30	0.98	0.66	0.50	0.40	0.33	0.25	0.17
1995	2.00	2.00	2.00	1.89	1.71	1.50	1.19	0.82	0.62	0.49	0.41	0.31	0.21
1996	2.12	2.00	1.77	1.65	1.55	1.19	0.91	0.63	0.50	0.41	0.36	0.28	0.19
1997	2.46	2.33	2.22	2.13	1.94	1.59	1.28	0.87	0.66	0.53	0.44	0.33	0.22
1998	4.00	3.00	2.54	2.26	1.67	1.20	1.03	0.73	0.55	0.44	0.37	0.28	0.19
1999	2.00	1.85	1.57	1.32	1.17	0.92	0.88	0.65	0.49	0.39	0.32	0.24	0.16
2000	2.00	1.83	1.35	1.42	1.23	0.84	0.65	0.43	0.32	0.26	0.22	0.16	0.11
2001	2.20	2.00	2.00	2.00	1.57	1.27	0.96	0.64	0.48	0.39	0.32	0.24	0.16
2002	3.00	2.50	2.33	2.10	1.63	1.24	1.05	0.77	0.58	0.47	0.39	0.30	0.21
2003	2.00	2.00	2.00	1.70	1.33	1.11	0.95	0.65	0.50	0.40	0.34	0.26	0.18
2004	2.00	2.00	2.00	2.00	1.63	1.25	1.00	0.71	0.54	0.43	0.39	0.31	0.20
2005	2.00	1.50	1.37	1.28	1.18	1.11	1.09	0.80	0.63	0.52	0.44	0.33	0.22
2006	4.00	2.89	2.40	2.25	1.63	1.14	0.87	0.58	0.43	0.35	0.29	0.22	0.14
2007	2.00	2.00	2.00	1.80	1.34	1.03	0.82	0.57	0.43	0.34	0.28	0.21	0.14
2008	3.00	2.50	2.46	2.40	1.83	1.28	0.97	0.65	0.49	0.39	0.33	0.24	0.16
2009	3.42	2.31	1.88	1.74	1.53	1.25	1.02	0.69	0.53	0.43	0.36	0.27	0.18
2010	SIN DATOS												
2011	2.46	2.43	2.32	2.24	2.00	1.63	1.33	0.89	0.67	0.53	0.44	0.33	0.22
2012	2.00	1.85	1.65	1.63	1.42	1.03	0.92	0.72	0.55	0.44	0.37	0.29	0.20
PROM.	2.63	2.28	2.03	1.85	1.54	1.20	0.99	0.72	0.55	0.45	0.39	0.29	0.20
DS.	0.67	0.48	0.45	0.35	0.27	0.25	0.22	0.19	0.18	0.16	0.14	0.10	0.07

Fuente: Tesis: "Propuesta de actualización de curvas intensidad - duración - frecuencia en la zona oriental de el salvador", 2014.

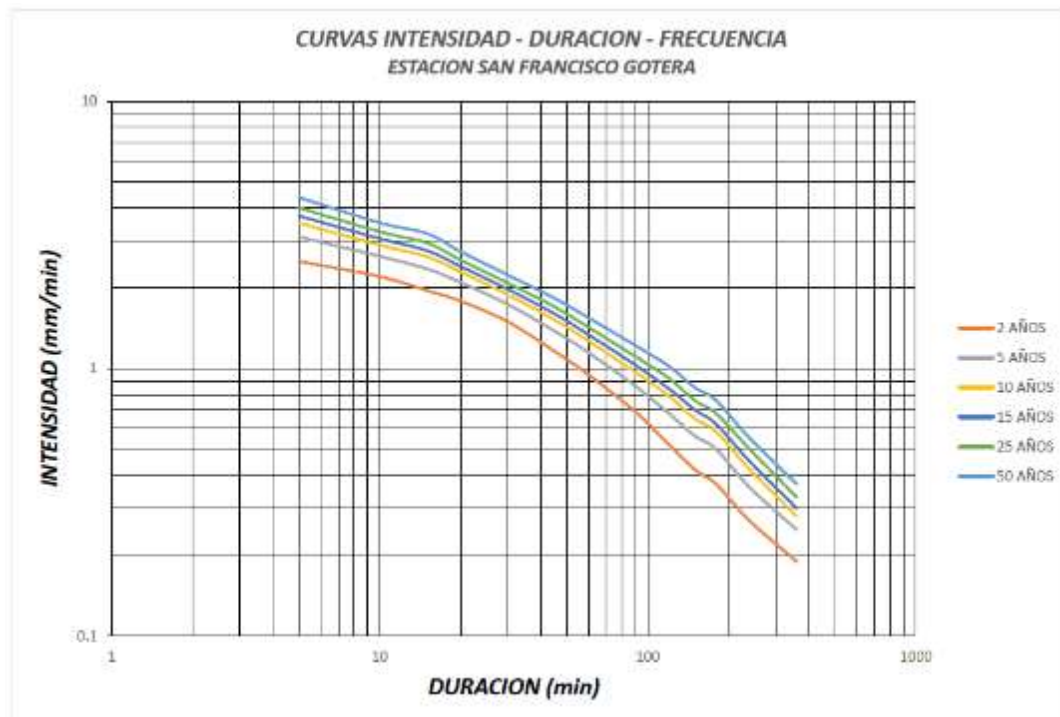


Tabla 3.3. Intensidades para cada Periodo de Retorno y Duración. Estación San Francisco Gotera Z-2.

P=1-1/T	P=1/T	TR	YT	Intensidades en mm/min para cada duración y periodo de retorno												
				5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
0.50	0.50	2	0.37	2.52	2.21	1.96	1.79	1.50	1.16	0.95	0.69	0.52	0.42	0.37	0.27	0.19
0.80	0.20	5	1.50	3.11	2.63	2.36	2.10	1.74	1.38	1.15	0.86	0.68	0.56	0.50	0.36	0.25
0.90	0.10	10	2.25	3.50	2.90	2.62	2.30	1.89	1.52	1.27	0.97	0.79	0.65	0.58	0.42	0.28
0.93	0.07	15	2.67	3.72	3.06	2.76	2.41	1.98	1.60	1.34	1.03	0.84	0.70	0.62	0.45	0.30
0.96	0.04	25	3.20	3.99	3.25	2.95	2.55	2.09	1.70	1.43	1.11	0.92	0.76	0.68	0.50	0.33
0.98	0.02	50	3.90	4.36	3.51	3.20	2.74	2.24	1.83	1.55	1.22	1.02	0.85	0.76	0.55	0.37

Fuente: Tesis: "Propuesta de actualización de curvas intensidad - duración - frecuencia en la zona oriental de el salvador", 2014.

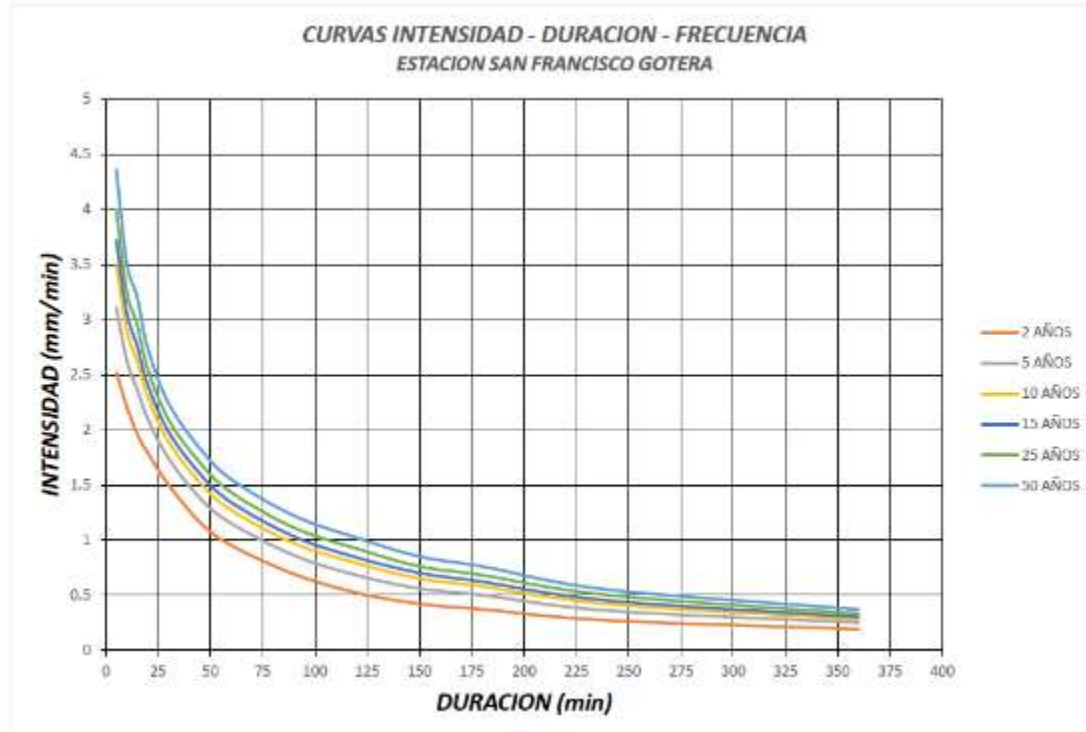
Gráfico 3.3. Curvas IDF Estación San Francisco Gotera Z-2, Escala Logarítmica.



Fuente: Tesis: "Propuesta de actualización de curvas intensidad - duración - frecuencia en la zona oriental de el salvador", 2014.



Grafico 3.4. Curvas IDF Estación San Francisco Gotera Z-2, Escala Aritmética.



Fuente: Tesis: "Propuesta de actualización de curvas intensidad - duración - frecuencia en la zona oriental de el salvador", 2014.

3.8.6 CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS HIDROLÓGICO.

Para la realización del estudio se obtuvieron:

- Datos de precipitación pluvial de la estación meteorológica de San Francisco Gotera, Departamento de Morazán.
- Cartografía de la zona de influencia.
- Levantamiento topográfico de la intersección

El objeto del análisis hidrológico en la intersección entre las carreteras RN18E y CA07N, desvío a San Francisco Gotera, en el Km 18, El Divisadero, Departamento de Morazán es calcular los caudales máximos que pasa por el punto en estudio en un periodo de retorno de 25 y 50 años, determinando así



las características físicas de la microcuenca, coeficiente de escorrentía, intensidad de lluvia y tiempo de concentración.

3.8.6.1 Ubicación de la cuenca

Mediante la utilización del Software AutoCAD Civil 3D y el cuadrante cartográfico con escala 1:25,000, se determinó la ubicación de la cuenca de mayor incidencia en el lugar (Ver Anexo A-6).

El área de la cuenca es de aproximadamente 31,930.982 m² y un perímetro de 1552.80 m, lo expresado se muestra en la figura 3.7.

Figura 3.7 Trazo de la cuenca de incidencia en la intersección.



Fuente: Elaboración propia.

La intersección es considerada como planicie. La longitud del cauce más largo es de 246.00 m. de largo, la cuenca posee una elevación media de 225.35 msnm, lo que hace una pendiente baja del 1.32 %. Los suelos que predominan son de baja permeabilidad.



3.8.6.2 Características físicas de la cuenca.

El procedimiento que se utilizó para obtener todos los parámetros de la cuenca como: área, determinación del cauce, longitud del cauce entre otros, fue mediante la obtención del cuadrante cartográfico de la zona como imagen a una escala de 1:25,000, exportando de esta manera al programa AutoCAD Civil3D para una mejor exactitud para obtener los datos que se utilizan en las formulas mencionadas en el capítulo III.

Cuadro 3.51 Características físicas de la cuenca.

Características físicas de la cuenca.				
Área de la cuenca (m ²)	Longitud del cauce principal (m)	Desnivel de la cuenca (msnm)	Elevación media del cauce (m)	Pendiente media de la cuenca (%)
31,930.982	246.00	225.35	223.36	1.32

Fuente: Elaboración propia

3.8.6.3 Determinación de caudal máximo.

La determinación de los caudales máximos para el estudio es con el objetivo de conocer los caudales de escorrentía superficial que circula por la intersección y poder utilizarlo en el diseño de drenaje en la propuesta de diseño. El caudal está dado por la formula racional y se utilizaran los registros de la estación meteorológica más cercana ubicada en el departamento de San Francisco Gotera.

$$Q = \frac{CIAc}{60,000} \quad \text{Ecuación 3.5 Determinación de Caudal}$$

Donde:

Q : Caudal en m³/s

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de lluvia en mm/min

Ac : Área de la cuenca m²



60,000: constante de conversión de mm/min a m/s.

3.8.6.4 Tiempo de concentración.

Se define como el tiempo que tarda el agua precipitada en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca. El cálculo del tiempo de concentración es una variable que tiene incidencia en el cálculo del análisis de la intensidad de lluvia. Para la determinación del tiempo de concentración se utilizará la fórmula de Giandotti:

$$T_C = \frac{4\sqrt{A_C} + (1.5L_C)}{0.8\sqrt{E_m}} \text{ Ecuación 3.6 Tiempo de concentración}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración en horas

Ac: Área de la cuenca en Km²

Lc: Longitud del cauce principal en Km.

Em: Elevación media de la cuenca en m.

Sustituyendo los datos se obtiene lo mostrado en la tabla 3.52.

Cuadro 3.52 Tiempo de concentración de la cuenca.

Tiempo de concentración
Formula empírica de Giandotti: $T_C = \frac{4\sqrt{A_C} + (1.5L_C)}{0.8\sqrt{E_m}}$
$T_C = \frac{4\sqrt{0.03193098} + (1.5 \times 0.246)}{0.8\sqrt{223.36}}$
$T_C = 0.0906 \text{ horas} = 5.44 \text{ min}$

Fuente: Elaboración propia.



3.8.6.5 Periodo de retorno.

Para la determinación del periodo de retorno de las lluvias, es de importancia tener en cuenta el valor actual de las intensidades máxima anuales de la estación meteorológica, este corresponde al año de 2012, y debido a que no se cuenta con un registro de los caudales en la intersección en análisis, se evaluara para los periodos de retorno de 25 y 50 años por ser los mayores.

3.5.6.6 Intensidades de diseño.

Para determinar la intensidad de diseño se obtuvo la información de la precipitación a partir de los datos meteorológicos de la estación ubicada en el Municipio San Francisco Gotera, Departamento de Morazán (Tabla 3.2).

En la siguiente tabla obtenida de las curvas IDF a escala logarítmica (grafico 3.3) se observa las intensidades en mm/min para cada duración y periodo de retorno. Los valores de la intensidad máxima de diseño con un tiempo de concentración de 5.44 minutos interpolando de la tabla de intensidades en mm/min para cada duración y periodo de retorno se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.53 Periodo de retorno para la cuenca.

Periodo de Retorno (años)	Intensidad de Diseño (mm/min)
25	4.00
50	4.40

Fuente: Elaboración propia.

3.8.6.7 Coeficiente de escorrentía.

El valor del coeficiente de escorrentía se calculó tomando como base el nomograma de Ven Te Chow relacionándolo características del punto de interés. El tipo de cobertura presente es vegetal entre ella arbustos y árboles y otra parte carretera con capa asfáltica. Ver tabla 3.4



Tabla 3.4 Coeficientes de escorrentía para el método racional.
Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Libro Ven Te Chow



Obteniendo como resultado:

Cuadro 3.54 Coeficiente de escorrentía de la cuenca.

Tipo de terreno	Coeficiente de escorrentía (C)		Area (A)	C*A	
	25 años	50 años		25 años	50 años
Asfáltico	0.86	0.9	10800.64	9288.55	9720.57
Concreto/techo	0.88	0.92	9853.65	8671.22	9065.36
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)	0.34	0.37	621.32	211.25	229.89
Área de cultivos	0.4	0.43	0.00	0.00	0.00
Pastizales	0.34	0.37	10655.37	3622.83	3942.49
bosques	0.31	0.35	0.00	0.00	0.00
TOTAL			31930.98	21793.84	22958.31

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan los Caudales Máximos de la cuenca obtenidos para los periodos de retorno y duración de precipitación analizados.

Cuadro 3.55 Características finales de cuenca.

Periodo de Retorno (años)	Tiempo de Concentración (min)	Intensidad De Diseño (mm/min)	Área de la Cuenca*coeficientes de escorrentía (m ²)	Caudal de la Cuenca (m ³ /seg.)
25	5.44	4.00	21,793.84	1.45
50	5.44	4.40	22,958.31	1.68

Fuente: Elaboración propia.



3.8.6.8 TEMPERATURA EN LA ZONA DE ESTUDIO

También la estación Climatológica de san Francisco Gotera (Z-2) proporciono en la tabla 3.5 donde se muestran las lecturas de las temperaturas máximas, mínimas y medias, tomado como complemento para dar una información más detallada de la zona de estudio.

Tabla 3.5 Temperaturas de mayor incidencia.

**Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
Dirección General del Observatorio Ambiental.
Centro de Información Agroclimática.**

Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	T.Max°C.	T.Min°C.	T.Media°C.	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-1	35.2	17.5	25.9	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-2	37.2	17.3	27.1	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-3	37.0	22.0	28.8	30.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-4	38.8	23.1	29.6	27.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-5	33.9	22.2	27.3	337.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-6	32.5	21.7	26.2	454.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-7	32.8	21.9	26.4	274.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-8	32.9	21.1	26.1	312.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-9	32.7	21.0	25.9	469.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-10	30.7	20.4	24.9	227.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-11	33.3	19.4	25.5	3.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2005-12	35.2	18.3	26.8	3.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-1	35.9	18.5	26.7	0.0

► Propuesta de intersección entre CA-7 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	T.Max°C.	T.Min°C.	T.Media°C.	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-2	36.3	18.4	27.0	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-3	38.1	19.6	28.5	3.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-4	37.6	21.5	25.2	25.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-5	34.2	22.2	27.6	289.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-6	32.2	21.4	26.1	409.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-7	33.1	22.2	26.5	283.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-8	33.7	22.0	26.7	151.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-9	33.1	22.0	25.9	475.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-10	32.5	22.4	26.2	259.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-11	32.7	20.0	25.2	76.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2006-12	34.5	20.4	26.1	25.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-1	36.4	19.0	26.5	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-2	37.0	19.6	27.6	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-3	37.8	20.7	28.8	8.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-4	37.8	22.4	29.4	99.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-5	34.6	22.4	27.5	173.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-6	33.4	21.7	26.2	296.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-7	33.9	21.3	26.2	162.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-8	32.6	21.3	25.7	344.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-9	32.6	21.2	25.4	339.6

► Propuesta de intersección entre CA-7 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	T.Max°C.	T.Min°C.	T.Media°C.	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-10	30.7	20.7	24.7	352.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-11	32.6	19.1	25.0	22.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2007-12	34.3	18.4	25.7	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-1	34.8	18.2	26.3	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-2	35.8	19.3	27.5	21.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-3	36.3	20.0	28.3	0.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-4	36.1	20.9	28.6	104.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-5	33.6	21.2	27.4	255.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-6	31.8	20.4	26.0	220.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-7	31.5	20.0	25.3	338.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-8	32.3	20.6	25.8	362.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-9		21.4	25.8	317.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-10		21.0	24.9	345.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-11	33.5	18.3	25.1	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2008-12	34.8	18.1	26.1	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-1	35.9	18.6	27.2	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-2	36.5	17.9	27.5	1.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-3	36.7	19.2	28.1	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-4	38.0	21.4	29.7	1.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-5	34.9	21.0	27.3	370.6



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	T.Max°C.	T.Min°C.	T.Media°C.	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-6	33.1	20.9	26.3	296.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-7	35.0	21.2	27.2	136.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-8	33.9	21.0	26.7	359.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-9	32.9	21.3	26.0	436.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-10	33.2	21.1	26.3	232.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-11	32.3	20.4	25.7	117.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2009-12	34.1	20.2	25.9	73.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-1	34.5	18.2	24.9	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-2	37.3	20.3	27.7	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-3	38.1	20.6	28.8	15.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-4	37.1	22.7	28.8	68.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-5	34.3	21.8	27.3	550.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-6				381.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-7				384.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-8	31.3	21.2	24.7	795.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-9	31.5	21.4	24.5	563.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-10	33.2	20.4	25.1	99.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-11	33.2	19.0	24.3	13.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2010-12	33.5	16.4	26.6	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-1	36.0	19.0	26.0	0.5



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	T.Max°C.	T.Min°C.	T.Media°C.	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-2	37.0	19.4	26.6	13.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-3	37.3	19.7	26.9	25.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-4	36.9	21.8	27.5	91.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-5				32.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-6				362.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-7				402.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-8				291.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-9				420.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-10				428.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-11				135.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2011-12				0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-1	36.1	20.2	26.5	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-2	36.8	20.6	27.0	1.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-3	38.4	21.2	28.3	0.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-4	37.3	21.5	27.6	242.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-5	34.2	21.7	26.2	311.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-6	33.6	21.4	25.5	209.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-7	34.9	21.1	26.3	68.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-8	34.0	20.8	25.7	335.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-9	34.1	20.4	25.9	462.4



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	T.Max°C.	T.Min°C.	T.Media°C.	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-10	33.0	20.4	25.5	331.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-11	34.2	17.2	25.5	16.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2012-12	35.9	17.0	26.0	27.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-1	36.8	17.6	27.1	0.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-2	37.9	18.2	27.4	2.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-3	38.2	18.9	28.3	8.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-4	38.5	20.6	29.3	40.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-5	35.7	19.7	27.5	129.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-6	35.0	19.1	27.3	134.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-7	34.9	19.0	27.4	134.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-8				342.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-9	32.7	20.5	26.2	253.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-10	33.7	21.5	26.8	260.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-11	33.2	20.1	27.0	101.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2013-12	34.9	19.5	27.4	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-1	34.2	18.5	25.7	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-2	37.2	20.2	28.5	0.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-3	38.6	21.1	29.5	36.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-4	39.2	21.9	29.8	22.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-5	35.6	20.8	27.1	287.9



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	T.Max°C.	T.Min°C.	T.Media°C.	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-6	34.1	20.9	27.1	206.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-7	35.9	21.3	28.7	26.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-8	35.5	20.4	26.7	225.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-9	32.9	19.6	25.7	489.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-10	32.3	19.6	25.1	185.0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-11	33.0	18.8	26.1	16.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	2014-12	34.9	17.9	25.7	0.0

*Casillas en blanco: hubo fallas con el instrumento.

Fuente: Estación Climatológica San Francisco Gotera

3.9 PERFIL AMBIENTAL

3.9.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción de una rotonda de aproximadamente 32 metros de radio, la capa de rodadura es de pavimento asfáltico con superficie terminada, La ampliación constituye una sección vial, obras de drenaje, señalización y reordenamiento vial. Iniciará con la construcción de instalaciones provisionales, estas serán ubicadas cerca del proyecto, también se realizara la limpieza o descapote, proseguirá a fresar la capa existente y obras de demolición de estructuras actuales, seguidamente con el desalojo del material de demolición, mientras que el material fresado será apilado a pocos metros de la obra ya que será sometido a ensayos de laboratorio para verificar si puede ser incorporado en las capas de la estructura del pavimento, posteriormente se nivelara el área de construcción para colocar y compactar la sub-base y base con camión de volteo y rodillo liso. En seguida se realizara el sello de impregnación y posteriormente la colocación y compactación con rodillo liso de la mezcla asfáltica. También se llevara a cabo la construcción de



canaletas, obras hidráulicas y de drenaje; se realizara la construcción de la glorieta e isletas. Como último paso la señalización pertinente y finalmente la apertura del proyecto. Todo esto bajo la supervisión de la institución MOP junto con la inspección de las alcaldías municipales interesadas.

3.9.2 DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

3.9.2.1 FACTORES FISICO-QUIMICOS

Suelo

A lo largo del proyecto los suelos se agrupan genéticamente como latosoles-arcillo-rojizos y litosoles, alfisoles, con aproximaciones a suelos del tipo alfisoles. La fisiografía de estas zonas se caracteriza por ser áreas plana y poco montañosa, poco accidentadas con roca predominante de lavas y materiales piroclásticos. Son suelos arcillosos, pardos, poco profundos y generalmente muy pedregosos. En cuanto a su potencial agrícola, son zonas de bajo o muy bajo potencial agrícola, pocas áreas pueden ser cultivadas por métodos modernos, la mayoría son cultivos de subsistencia. Pastos extensivos y bosque, es el uso más recomendable.

Uso del suelo en la zona del proyecto

Debido a la topografía relativamente plana y mala calidad del suelo son tierras destinadas a potreros y muy poco a cultivos.

Hidrología

Esto se menciona a profundidad en el capítulo 3.8 de este documento

Clima

La zona climática en el área de influencia del proyecto se identifica como Sabana Tropical Calurosa o Tierra Templada, donde la altura del proyecto



varía entre los 200 a 300 m.s.n.m. Respecto a la estación seca se considera entre los meses de febrero a abril, la temperatura del mes más caluroso ronda un promedio de los 38 °C y las temperaturas más bajas promedio ronda los 18 °C y 22 °C y con una precipitación máxima para el año 2014 de 489 mm.

3.9.2.2 FACTORES BIOLÓGICOS

Dentro de la flora y fauna observada y predominante en los contornos del proyecto se puede mencionar algunos de los más importantes, como se resume en las siguientes tablas.

Cuadro 3.56 Flora representativa identificada en los contornos del proyecto.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Categoría	Forma de Vida
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Cordiacea	Común	Árbol
“Cedro”	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Amenazado	Árbol
“Conacaste blanco”	<i>Albizia niopoides</i>	Fabaceae	Amenazado	Árbol
“Ceiba”	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	En Peligro	Árbol
Almendro de río	<i>Andira inermis</i>	Fabaceae	Común	Árbol

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.57: Fauna representativa identificada en los contornos del proyecto.

Clase	Familia/Orden	Nombre Científico	Nombre Común	Categoría
Mamífero	Sciuridae	<i>Siurus sp</i>	“Ardilla”	No Amenazada
Mamífero	Lagomorphidae	<i>Silvilagus floridanus</i>	“Conejo silvestre”	No Amenazado
Mamífero	Mustelidae	<i>Conepatus leuconotus</i>	“Zorrillo”	No Amenazado
Ave	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	“Tortolita rojiza”	No Amenazado



Clase	Familia/Orden	Nombre Científico	Nombre Común	Categoría
Ave	Cuculidae	Crotophaga sulcirostris	“Pijuyo”	No Amenazado
Ave	Cathartidae	Coragyps atratus	“Zopilote”	No Amenazado
Ave	Psittacidae	Melanerpes aurifrons	“Cheje”	No Amenazado
Ave	Icteridae	Icterus spp.	“Chiltota”	No Amenazada
Ave	Phasianidae	Colinus leucopogon	“Codorniz”	No Amenazado
Reptil	Gekkonidae	Basiliscus vittatus	“Tenguereche”	No Amenazado
Reptil	Gekkonidae	Maguya unimarginata	“Lagartija”	En Peligro
Reptil	Iguanidae	Ctenosaura quinquencarinata	“Garrobo”	No Amenazado

Fuente: Elaboración propia

3.9.2.3 FACTORES SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES

La ampliación de la intersección mejorará en gran medida el comercio de la zona y la seguridad vial de conductores que se dirijan a visitar lugares turísticos o a la frontera El Amatillo. Durante la construcción habrá una evidente fuente de empleo para los pobladores del lugar, ayudando de esta manera al desarrollo local.

Las ventas ambulantes deberán ser reubicadas para no intervenir en el flujo vehicular y evitar de esta manera accidentes peatonales, así como el alojamiento de vendedores en la isla central o isletas de acceso de ramales.



3.9.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Los principales impactos ambientales identificados son los siguientes:

- Contaminación del aire por emanación de partículas de polvo, principalmente en la zona de trabajo, generado por diversas actividades de obras de terracería.
- Emanación de gases de los vehículos automotores asignados al a la ejecución del proyecto.
- Generación de ruido generado por actividades ejecutadas por maquinaria pesada en la obra.
- Generación de desechos sólidos diversos, provenientes de las actividades en el proceso constructivo.
- Contaminación por desechos humanos de los trabajadores del proyecto ya que estos necesitarán hacer sus necesidades fisiológicas que traerían contaminación y provocar posibles enfermedades gastrointestinales en el sitio del proyecto.
- Tala de árboles por construcción de redondel.



3.9.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL

Las medidas para prevenir, atenuar y/o compensar los impactos negativos ocasionados al medioambiente provocado por la ejecución del proyecto son las siguientes:

- Para evitar la contaminación del aire por partículas de polvo, humectar una vez diaria en el área del proyecto y sus contornos.

- Revisar el sistema mecánico y eléctrico del equipo asignado al proyecto.
- Colocar muros provisionales para evitar que el ruido generado en la obra afecte a la población de los alrededores.

- Ubicación de 3 recipientes plásticos para la recolección de desechos sólidos diversos, organizados en plásticos, vidrios y orgánicos durante el proceso constructivo.

- Con respecto a los desechos fisiológicos humanos se deberá proceder a la construcción de letrinas de fosa o el alquiler de letrinas móviles para el uso de los trabajadores del proyecto (una por cada 20-25 trabajador).

- Sembrar árboles compensando de esta manera los talados.



CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE LA INTERSECCIÓN ACTUAL Y LA PROPUESTA.

4.1 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA.

Para la clasificación de las vías, frecuentemente se utilizan los criterios de capacidad y geometría, a nivel Centroamericano y a nivel regional existen documentos que detallan consideraciones de clasificación de carreteras.

El Manual Centroamericano de la SIECA, para el diseño geométrico de carreteras, presenta el cuadro 4.1 para clasificación de las carreteras:

Cuadro 4.1: Clasificación Funcional de las Carreteras.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA(1)	NOMECLATURA	TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

1. Con excepción de la clase RURAL que será de terracería, todas las demás clases deberán de ser pavimentadas. Las Clases CR, CU y LR también podrán ser pavimentadas o de terracería.
AA=Autopista; AR=Arterial Rural; AU=Arterial Urbana; AMR=Arterial Menor Rural; AMU=Arterial Menor Urbana; CMR=Colector Mayor Rural; CMU= Colector Mayor Urbana; CR=Colector Menor Rural; CU=Colector Menor Urbana; LR=Local Rural; LU=Local Urbano; R=Rural
2. Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011.

En nuestro país, en la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales, el art. 3 (ver capítulo 2, Marco legal, página 54) menciona la división de carreteras en especiales primarias, secundarias, terciarias y rurales; esta división depende de la intensidad vehicular y geometría de las vías.



En base a dato de transito del año 2010 las vías se clasificaron como troncales rurales según la clasificación de la SIECA y según clasificación Nacional se les da la categoría de primarias, con volúmenes de tráfico de 9,849 vpd y 6,409 vpd respectivamente.

Según el estudio realizado el año 2015, se tiene un incremento vehicular con respecto al año 2010. El TPDA encontrado para la ruta CA07N es de 11,551 vehículos y para la RN18 de 6,822 vehículos (ver cuadros 3.15 y 3.16, capítulo 3)

La intensidad vehicular de este año para las rutas CA07N y RN18 es de 1,087 v/h y 742 v/h respectivamente (ver capítulo 3).

Según el cuadro 4.1 las carreteras RN18E se categoriza como arterial menor rural de 2 carriles y la CA07N según el TPDA que presenta debería poseer de 4 a 6 carriles y solo posee 2, sin embargo a criterio de este proyecto se considera como arterial menor rural. Según la clasificación nacional como ambas vías se consideran como secundarias.

4.2 VELOCIDAD DE DISEÑO.

La velocidad de diseño (también conocida como Velocidad Directriz) es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera.

En autopistas y carreteras arteriales principales, en áreas rurales, debe seleccionarse una velocidad de diseño de 110 KPH. En carreteras colectoras de carriles múltiples, en áreas suburbanas y rurales, las apropiadas velocidades de diseño son de 80 a 100 KPH. En carreteras colectoras, el rango



de velocidad debe ser de 30 a 80 KPH y rango de velocidades de 20 a 60 KPH pueden utilizarse en carreteras vecinales.

Según la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales, decreto 463, en la página 17, establece que para carreteras secundarias y para terreno ondulado la velocidad de diseño es de 80 km/h, para nuestro análisis se toma esa velocidad, ya que ronda dentro del rango de 80 a 100 km/h que establece el Manual Centroamericano de Diseño geométrico de Carreteras de la SIECA.

4.3 NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD DE LAS ARTERIAS.

Los criterios de nivel de servicio para las carreteras de dos carriles consideran conjuntamente los criterios de movilidad y accesibilidad. La medida esencial de la calidad del servicio es el porcentaje de demora en tiempo, utilizando la velocidad y la relación intensidad/capacidad como medidas secundarias.

El tipo de análisis a utilizar es el de circulación, su objetivo es la determinación del nivel de servicio de un segmento o segmentos, dado de una carretera para un conjunto de condiciones conocidas, o para un conjunto de condiciones futuras que se hipotizan y/o prevén.

En este caso, debido a que no se hizo un estudio a profundidad del porcentaje de demora de los vehículos que transitan por las vías, se utiliza la medida secundaria para determinar el nivel de servicio.

4.3.1 CONDICIONES IDEALES PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES.

Las condiciones ideales para las carreteras de dos carriles se definen como aquellas condiciones no restrictivas desde los puntos de vista de las características geométricas de la circulación y del entorno. En concreto son las siguientes:



1. Velocidad de proyecto igual o mayor que 96 km/h.
2. Anchura de carril iguales o superiores a 3.60 m.
3. Arcenes de anchura igual o superior a 1.80 m.
4. Inexistencia de tramos con prohibición de adelantamiento
5. Todos los vehículos son turismos o vehículos ligeros.
6. Reparto 50/50 del tráfico según los sentidos de circulación.
7. Ninguna restricción al tráfico principal debido a algún tipo de control o a vehículo que giren.
8. Terreno llano.

La capacidad de las carreteras de dos carriles en estas condiciones ideales es de 2,800 veh/h sumados ambos sentidos (total calzada).

4.3.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

En general se siguen los siguientes pasos en el cálculo.

1. Resumir todos los datos de entrada relativos a las condiciones del tráfico y la carretera, incluyendo:
 - Volumen de la hora punta existente o prevista, en v/h.
 - Factor de hora punta u hora pico, FHP, ya sea de datos locales o usando un valor sustitutivo.
 - Composición del tráfico (% de camiones, % de vehículos recreacionales y % de autobuses).
 - Reparto del tráfico por sentidos.
 - Tipo de terreno
 - Anchura del carril y de los arcenes utilizables en metros.
 - Velocidad del proyecto, en km/h
2. Selección de los valores apropiados de los siguientes factores para cada NS.
 - La relación I/c



- El factor f_R , de reparto por sentido
 - El factor de corrección de la anchura de carril y arcenes f_A
 - El equivalente en vehículos ligeros, camiones y autobuses.
3. Cálculo del factor de vehículos pesados, f_{VP} , para cada NS de la fórmula:

$$f_{VP} = \frac{1}{[1 + P_C(E_C - 1) + P_R(E_R - 1) + P_B(E_B - 1)]}$$

Ecuación 4.1 Factor de vehículos pesados

Donde:

P_C : Proporciones de camiones en la circulación, expresada en tanto por uno;

P_R : Proporción de VR en la circulación, expresada en tanto por uno;

P_B : Proporción de autobuses en la circulación, expresada en tanto por uno;

E_C : Equivalente de camiones,

E_R : Equivalente de VR,

E_B : Equivalente de autobuses,

4. Cálculo de la intensidad de servicio

El planteamiento general será calcular las intensidades de servicio para cada nivel de servicio y comparar estos valores con las intensidades existentes en la carretera; Para ello se utiliza la ecuación 4.2.

$$IS_A = 2,800 \times (I/c)_A \times f_R \times f_A \times f_{VP}$$

Ecuación 4.2 Intensidad de servicio para el nivel i

Donde:

IS_i : Intensidad de servicio para el nivel i (A a F), para velocidad i, total de calzada para las condiciones prevalecientes de la vía y la circulación, en v/h;



$(I/c)_i$: Relación intensidad/capacidad para el nivel de servicio i , o para la velocidad i ,

f_R : Factor de ajuste para el reparto por sentido de la circulación

f_A : Factor de ajuste para carriles y arcenes estrechos

f_L : Factor de ajuste para valorar los efectos de las rampas sobre la circulación de los vehículos ligeros.

f_{VP} : Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la circulación de subida.

Se calcula la intensidad de servicio para cada Nivel de servicio, porque el factor de vehículo pesado varía con el NS (Nivel de Servicio), y la solución de la ecuación es un proceso iterativo para cada relación (I/c) .

5. Conversión de los volúmenes existentes o previsionales a una intensidad equivalente:

$$I = Q/FHP$$

6. Comparación de la intensidad real obtenida en el paso 5 con la intensidad de servicio del paso 4 para determinar el nivel de servicio.

4.3.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO.

Paso 1.

Se definen los datos de entrada para cada ruta, estos datos fueron definidos anteriormente en el capítulo 3 y otros en este capítulo.

Carretera RN18 E:

- Volumen de hora punta: al revisar el cuadro 3.28 se observa que el máximo volumen es de 186 vh/h.
- FHP: 0.78 (ver capítulo 3).
- Ancho de carril: 4.50 m aprox. (ver capítulo 3).
- Ancho de hombros: 1.40 m aprox. (ver capítulo 3).
- Tipo de terreno: El terreno del área en estudio es ondulado y tiene un aproximado de 40 % de restricciones de paso.



- Velocidad de diseño: 80 km/h.
- Composición del tráfico (% de camiones, % de vehículos recreacionales y % de autobuses).

Del cuadro 3.28 del capítulo 3, se obtiene la cantidad de vehículos pesados, recreacionales y autobuses que transitan por la ruta. Para ello se hace las siguientes consideración: autobuses: microbuses y buses, camiones: vehículos de carga (del C2 al T3-S3) y recreacionales: vehículos de recreo.

Autobuses: 47 vehículos.

Camiones: 53 vehículos

Recreacionales: 0

$$P_B = \frac{47 \text{ veh.}}{579 \text{ veh.}} = 8 \%$$

$$P_C = \frac{53 \text{ veh.}}{579 \text{ veh.}} = 9 \%$$

$$P_R = 0 \%$$

- Reparto del tráfico por sentidos:

Del cuadro 3.31 del capítulo 3, se obtiene el tráfico por sentido. Del Desvío a Santa Rosa es de 301 vehículos, de Santa Rosa a Desvío es de 278 vehículos, teniendo un total de 579 vehículos. Para sacar el porcentaje por carril se divide el volumen de cada carril entre el total, obteniéndose los siguientes resultados:

$$\text{Desvío a Santa Rosa} = \frac{301 \text{ veh}}{579 \text{ veh.}} \times 100\% = 52 \%$$

$$\text{Santa Rosa a Desvío} = \frac{278 \text{ veh.}}{579 \text{ veh.}} \times 100\% = 48 \%$$

Carretera CA07N:

CA07N Ld San Miguel - Dv Jocoro:



- Volumen de hora punta: 272 vh/h (ver cuadro 3.29)
- FHP: 0.84
- Ancho de carril: 6.50 m aprox.
- Ancho de hombros: 3.0 m aprox.
- Tipo de terreno: ondulado con un 40% de restricciones
- Velocidad de diseño: 80 km/h
- Composición del tráfico (% de camiones, % de vehículos recreacionales y % de autobuses):

Del cuadro 3.29 del capítulo 3, se tiene las cantidades de vehículos pesados, recreacionales y autobuses que transitan por la ruta:

Autobuses: 83 vehículos

Camiones: 130 vehículos

Recreacionales: 0

$$P_B = \frac{83 \text{ veh.}}{913 \text{ veh.}} = 9 \%$$

$$P_C = \frac{130 \text{ veh.}}{913 \text{ veh.}} = 14 \%$$

$$P_R = 0\%$$

- Reparto del tráfico por sentidos:

Del cuadro 3.32, se obtiene que del Desvío a San Miguel se tiene un tráfico de 397 vehículos y de San Miguel a Desvío de 516 vehículos, haciendo un total de 913 vehículos. Para sacar el porcentaje por carril se sigue el procedimiento anterior:

$$\text{Desvío a San Miguel} = \frac{397 \text{ veh.}}{913 \text{ veh.}} \times 100\% = 43 \%$$

$$\text{San Miguel a Desvío} = \frac{516 \text{ veh.}}{913 \text{ veh.}} \times 100\% = 57 \%$$



CA07N Dv Jocoro - San Carlos:

- Volumen de hora punta: 155 vh/h (ver cuadro 3.30).
- FHP: 0.80.
- Ancho de carril: 3.0 m aprox.
- Ancho de hombros: no posee hombros.
- Tipo de terreno: plano con un 40% de restricciones.
- Velocidad de diseño: 80 km/h.
- Composición del tráfico (% de camiones, % de vehículos recreacionales y % de autobuses):

Del cuadro 3.30, se tiene las cantidades de vehículos pesados, recreacionales y autobuses que transitan por la ruta:

Autobuses: 40 vehículos.

Camiones: 35 vehículos.

Recreacionales: 0.

$$P_B = \frac{40 \text{ veh.}}{491 \text{ veh.}} = 8 \%$$

$$P_C = \frac{35 \text{ veh.}}{491 \text{ veh.}} = 7 \%$$

$$P_R = 0\%$$

- Reparto del tráfico por sentidos:

Del cuadro 3.33, se obtiene que de San Francisco Gotera a Desvío se tiene un tráfico de 284 vehículos y del Desvío a San Francisco Gotera de 207 vehículos, haciendo un total de 491 vehículos. Para sacar el porcentaje por carril se sigue el procedimiento anterior:



$$\text{Desvío a San Francisco} = \frac{284 \text{ veh.}}{491 \text{ veh.}} \times 100\% = 58 \%$$

$$\text{San Francisco Gotera a Desvío} = \frac{207 \text{ veh.}}{491 \text{ veh.}} \times 100\% = 42 \%$$

Paso 2.

Es importante mencionar que a modo de ejemplificar el proceso, el nivel de servicio a utilizar será **NS=A**, para la **Ruta RN18E**.

- La relación I/c.

Para obtener la relación intensidad/capacidad se utiliza el cuadro 4.2

Cuadro 4.2 Niveles de servicio para tramos de carreteras de dos carriles de características geométricas normales. Valores de la relación I/c.

Nivel de Servicio (NS)	Terreno plano						Terreno Ondulado						Terreno Montañoso					
	Restricción de paso, %						Restricción de paso, %						Restricción de paso, %					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Ed.

Según el cuadro, para un nivel de servicio A se tiene:

$$I/c = 0.07$$

- El factor f_R , de reparto por sentido:

Se procede a calcular el factor de reparto por sentido, para ello se utiliza la el cuadro 4.3

Cuadro 4.3 Factor de ajuste del reparto por sentido en tramos de características geométricas normales.

REPARTO POR SENTIDOS	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
FACTOR DE AJUSTE, f_R	0.71	0.75	0.83	0.89	0.94	1.0

Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Ed. 1985.



Se observa que aproximando se tiene un reparto por sentido de 50/50, es por ello que el factor de ajuste se considera como 1.0.

- El factor de corrección de la anchura de carril y arcenes f_A

Para el cálculo del factor se utiliza el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes.

Anchura útil del arcén	Carriles 3.6 m		Carriles 3.3 m		Carriles 3.0 m		Carriles 2.7 m	
	Nivel de servicio		Nivel de servicio		Nivel de servicio		Nivel de servicio	
	A-D	E	A-D	E	A-D	E	A-D	E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.84	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Ed. 1985.

Según las dimensiones para los carriles y arcenes, estos no necesitan corrección, ya que el carril es mayor de 3.6m, por lo tanto $f_A = 1.0$

- El equivalente en vehículos ligeros, camiones y autobuses:

Para el equivalente en vehículos ligeros de camiones, vehículos de recreo y autobuses, se utiliza el cuadro 4.5

Cuadro 4.5 Equivalente en vehículos ligeros de camiones, vehículos de recreo y autobuses para carreteras de dos carriles.

TIPO DE VEHÍCULO	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE TERRENO		
		LLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO
Camiones E_C	A	2.0	4.0	7.0
	B y C	2.2	5.0	10.0
	D y E	2.0	5.0	12.0
VR, E_R	A	2.2	3.2	5.0
	B y C	2.5	3.9	5.2
	D y E	1.6	3.3	5.2
Autobuses, E_B	A	1.8	3.0	5.7
	B y C	2.0	3.4	6.0
	D y E	1.6	2.9	6.5

Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Ed.

Como se definió anteriormente el terreno es ondulado, entonces se obtienen los equivalentes para cada tipo de vehículo:

$$E_C = 4.0$$



$$E_R = 0$$

$$E_B = 3.0$$

Paso 3.

Una vez se han obtenido todos los datos, se procede al cálculo del factor de vehículos pesados para el Nivel de Servicio y ruta seleccionada.

$$f_{VP} = \frac{1}{[1 + P_C(E_C - 1) + P_R(E_R - 1) + P_B(E_B - 1)]}$$

$$f_{VP} = \frac{1}{[1 + 0.09(4 - 1) + 0(0 - 1) + 0.08(3 - 1)]}$$

$$f_{VP} = 0.70$$

Se realiza el mismo procedimiento para los demás niveles de servicio y para las otras arterias, esto se presenta tabulado en el cuadro 4.6

Cuadro 4.6 Factor de vehículos pesados para cada Nivel de Servicio

ARTERIA	NS	f_{VP}
RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	A	0.70
	B-C	0.64
	D-E	0.66
CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO	A	0.62
	B-C	0.56
	D-E	0.58
CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS	A	0.88
	B-C	0.86
	D-E	0.89

Fuente: Elaboración propia

Paso 4.

Calculo de la intensidad de servicio, para cada nivel de servicio y arteria, a modo de ejemplo se calculara para la carretera RN18E con el nivel de servicio A. Para ello se utiliza la ecuación 4.2

$$IS_A = 2,800 \times (I/c)_A \times f_R \times f_A \times f_{VP}$$

$$IS_A = 2,800 \times (0.07)_A \times 1 \times 1 \times 0.70$$

$$IS_A = 137.20 \text{ veh/h}$$



Se procede de la misma manera, para los demás niveles de servicio y arterias. A continuación se presenta el cuadro 4.7, donde aparecen tabulados los resultados.

Cuadro 4.7 Intensidad de Servicio para cada arteria que converge a la intersección.

ARTERIA	NS	IS_i
RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	A	137
	B	341
	C	627
	D	961
	E	1,700
CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO	A	114
	B	280
	C	516
	D	794
	E	1,404
CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS	A	121
	B	356
	C	611
	D	1,054
	E	1757

Fuente: Elaboración propia

Paso 5.

Las intensidades reales, fueron calculadas en el capítulo 3, las intensidades para cada arteria según datos de campo son:

$$I_{RN18E} = 742 \text{ v/h}$$

$$I_{CA07N LD SM - DV JOCORO} = 1,087 \text{ v/h}$$

$$I_{CA07N DV JOCORO SAN CARLOS} = 614 \text{ v/h}$$

Paso 6.

Se comparan los datos obtenidos en el paso 5 con los del 4, y se calcula el nivel de servicio para cada ruta. Por ejemplo la ruta RN18E tiene una intensidad real de 742 v/h según el cuadro 4.7 presenta un nivel de servicio C.

El nivel de servicio a calcular es el actual, pero también se necesita conocer el del año horizonte. En el capítulo 3 del documento, los cuadros 3.35, 3.36 y 3.36 muestran las intensidades para el año 2036.



$$I_{RN18E\ 2036} = 1,530\ v/h$$

$$I_{CA07N\ LD\ SM - DV\ JOCORO\ 2036} = 2,236\ v/h$$

$$I_{CA07N\ DV\ JOCORO\ SAN\ CARLOS\ 2036} = 1,262\ v/h$$

A continuación se muestra el nivel de servicio correspondiente a cada arteria para el año actual y el año horizonte.

Cuadro 4.8 Niveles de Servicio de las Arterias

NIVEL DE SERVICIO AÑO 2015	
ARTERIA	NIVEL DE SERVICIO
RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	D
CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO	E
CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS	D
NIVEL DE SERVICIO AÑO 2036	
ARTERIA	NIVEL DE SERVICIO
RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR).	E
CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO	E
CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS	E

Fuente: Elaboración propia.

4.4 NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN.

Las intersecciones sin semáforo constituyen la inmensa mayoría de las intersecciones a nivel de cualquier sistema vario. En estas intersecciones se utilizan las señales de STOP y CEDA EL PASO para asignar la prioridad de paso a una de las calles.

El método general supone que la circulación de la calle principal no se ve afectada por los flujos de las secundarias. Esta hipótesis es, en generalmente, acertada para aquellos periodos en los que la circulación es fluida y descongestionada. Cuando se produce congestión es probable que los flujos principales experimenten cierta impedancia ocasionada por las circulaciones secundarias. Los movimientos de giro a la izquierda desde la calle principal se supone que solo se ven afectados por el flujo en sentido opuesto de dicha calle, y que sin embargo la circulación de las calles secundarias se ve afectada por todos los movimientos conflictivos.



El análisis de las intersecciones sin semáforos se aplica generalmente en aquellas en donde bien se quiere evaluar las condiciones de circulación existentes para la demanda presente, o bien se quiera estimar el impacto de las demandas previstas para un futuro. La metodología está específicamente estructurada para que, cualquiera que sea el caso considerado, proporcione el nivel de servicio, así como una estimación de la capacidad de reserva. Así pues, el análisis de la circulación constituye el campo de aplicación del presente método.

4.4.1 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL NS DE LA INTERSECCIÓN.

4.4.1.1 Datos iniciales necesarios.

Los datos iniciales que se precisan en la metodología de las intersecciones sin semáforos, son similares a los utilizados por las técnicas del análisis de capacidad. Esta precisa varios tipos de datos iniciales, estos son:

1. El volumen de cada movimiento en la hora considerada.
2. Clasificación de los vehículos en la hora considerada.
3. Factor de hora punta (si el análisis se basa en las intensidades punta).
4. Velocidad prevaeciente (media en movimiento) de la circulación en la calle principal.
5. Número de carriles de la calle principal.
6. Número y función de carriles en los accesos de las vías secundarias.
7. Inclinación de la rasante de todos los accesos.
8. Otros elementos geométricos de interés: canalizaciones, ángulo de la intersección distancia de visibilidad, radio de la esquina, carriles de aceleración, etc.
9. Tipo de regulación de los accesos secundarios.



La conversión de los vehículos por hora en vehículos ligeros por hora se realiza mediante los equivalentes en vehículos ligeros, dado en la el cuadro 4.9. Nótese que el cuadro tiene en cuenta la inclinación de la rasante, como el tipo de vehículo, y que el caso de un acceso a la intersección sea inclinado se debe corregir, incluso, los vehículos ligeros.

Cuadro 4.9 Equivalente en vehículos ligeros para intersecciones sin semáforos.

TIPO DE VEHICULO	INCLINACION (%)				
	-4%	-2%	0%	+2%	+4%
Motocicletas	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Vehículos ligeros	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
Camiones sin remolque y VRs ^a	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0
Camiones con remolque	1,2	1,5	2,0	3,0	6,0
Todos los vehículos ^b	0,9	1,0	1,1	1,4	1,7

^a vehículos de recreo.

^b si se desconoce la composición del tráfico, pueden utilizarse estos valores.

Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Reserch Bord, National Academy of Sciences, Ed.

4.4.1.2 Trafico conflictivo.

La naturaleza de los movimientos conflictivos en una intersección sin semáforos es relativamente compleja. Cada uno de los movimientos estudiados se enfrenta a un conjunto de conflictos diferentes que se hallan directamente relacionados con la naturaleza de dicho movimiento. Estos conflictos se representan en la figura 4.1, en la que se ilustra el cálculo del parámetro:



Q_{ci} = el “volumen conflictivo” para el movimiento i , es decir, el volumen total que entra en conflicto con el movimiento i , expresado en vehículos por hora.

Figura 4.1 Conflictos por movimientos de vehículos.

Movimiento	Tráfico conflictivo, Q_{ci}	Crecuis
GIRO A LA DERECHA desde la calle secundaria	$1/2 (Q_d)^{**} + Q_r$	
GIRO A LA IZQUIERDA desde la calle principal	$Q_d^{***} + Q_r$	
MVTO. DE FRENTE O RECTO desde la calle secundaria	$1/2 (Q_{da})^{***} + Q_{ra} + Q_{ia} + Q_{db} + Q_{ib} + Q_{ib}$	
GIRO A LA IZQUIERDA desde la calle secundaria	$1/2 (Q_{da})^{**} + Q_{ra} + Q_{ia} + Q_{db}^{***} + Q_{rb} + Q_{ib} + Q_o + Q_{od}$	

Fuente: Versión española de la obra “Highway Capacity Manual”, Special Report No. 209, Transportation Reserch Bord, National Academy of Sciences, Ed. 1985.

4.4.1.3 Longitud crítica de los intervalos.

El “intervalo crítico” se define como el intervalo medio de tiempo entre dos vehículos sucesivos de la corriente de circulación de la calle principal, aceptado por los conductores de un cierto movimiento que debe atravesar o



confluir con el flujo de la calle principal. Se le designa por T_c y se expresa en segundos.

El intervalo crítico depende de un cierto número de factores, entre los que cabe citar:

1. El tipo de maniobra que se esté realizando.
2. El tipo de regulación de la calle secundaria (señal de STOP o CEDA EL PASO).
3. La velocidad media de recorrido en la calle principal.
4. El número de carriles en la calle principal.
5. Las condiciones geométricas y de desarrollo urbano del entorno de la intersección.

4.4.1.4 Valores de intervalo crítico.

Los valores del intervalo crítico se seleccionan del cuadro 4.10, en un proceso que tiene dos etapas:

1. Se selecciona la duración básica del intervalo crítico de la primera mitad de la tabla, en función del tipo de movimiento, de la regulación y de la velocidad de la calle prioritaria en el emplazamiento considerado.
2. La duración básica del intervalo crítico se corrige y modifica de acuerdo con los valores que para las distintas condiciones exigentes en la intersección se indican, en la segunda mitad del cuadro.



Cuadro 4.10 Criterios de los intervalos críticos en intersecciones sin semáforos.

INTERVALOS CRITICOS BASICOS PARA LOS VEHICULOS LIGEROS. SG				
TIPO DE MANIOBRA Y	VELOCIDAD MEDIA EN MOVIMIENTO EN LA CALLE PRINCIPAL			
	48 KM/H		88 KM/H	
TIPO DE REGULACION	NUMERO DE CARRILES DE LA CALLE PRINCIPAL			
	2	4	2	4
MD desde la calle secundaria STOP	5,5	5,5	6,5	6,5
CEDA EL PASO	5,0	5,0	5,5	5,5
MI desde la calle principal	5,0	5,5	5,5	6,0
Movimiento recto a través de la calle principal				
STOP	6,0	6,5	7,5	8,0
CEDA EL PASO	5,5	6,0	6,5	7,0
MI desde la calle secundaria STOP	6,5	7,0	8,0	8,5
CEDA EL PASO	6,0	6,5	7,0	7,5
AJUSTES Y MODIFICACIONES AL INTERVALO CRITICO. SG				
CONDICION			AJUSTE	
MD desde la calle secundaria: Radio de la esquina > 15 m. o ángulo de giro < 60°			- 0,5	
MD desde la calle secundaria: Dotado de carril de aceleración			- 1,0	
Todos los movimientos: Sumatorio > 250.000			- 0,5	
Distancia de visibilidad restringida. ^a			hasta + 1,0	
NOTAS: Disminución total máxima del intervalo crítico = 1,0 sg. Intervalo crítico máximo = 8,5 sg. Interpólese para valores de velocidad media en movimiento comprendida entre 48 y 88 km/h.				
^a Este ajuste se realiza para el movimiento que concretamente se ve afectado por una distancia de visibilidad restringida.				

Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Reserch Bord, National Academy of Sciences, Ed. 1985

4.4.1.5 Capacidad potencial de un movimiento.

La capacidad potencial de un movimiento se denota C_{pi} (del movimiento i), y se define como la capacidad "ideal" del movimiento específico i , suponiendo las siguientes condiciones:

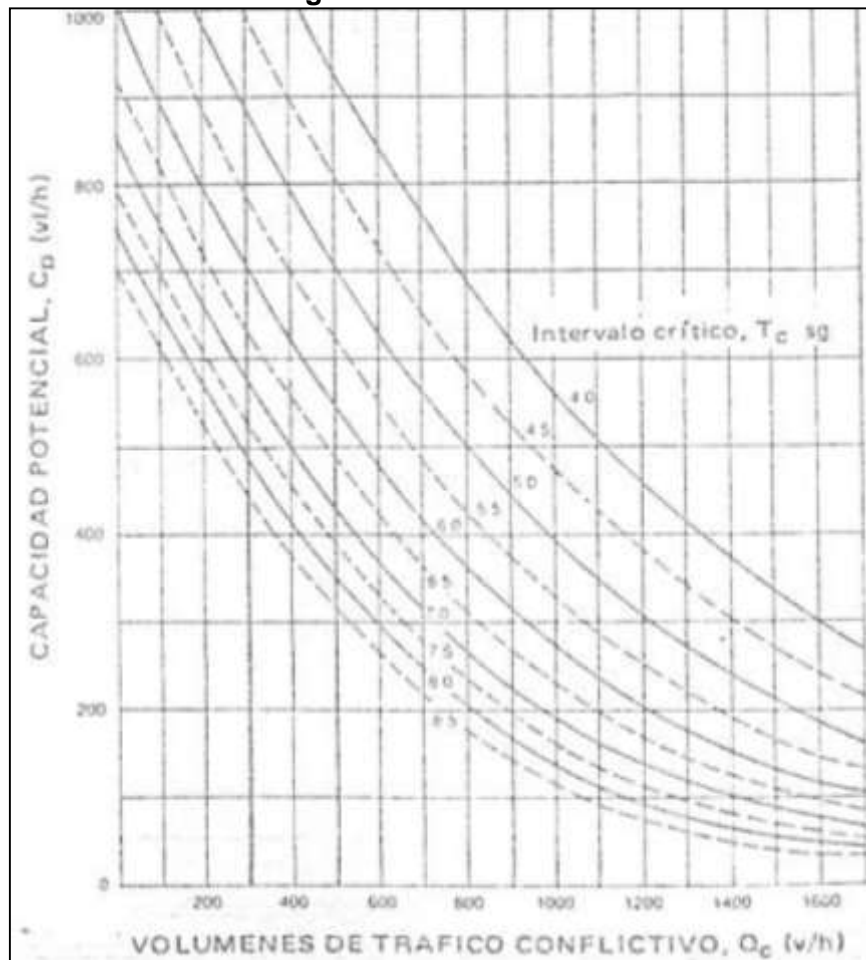
1. La circulación de la calle principal no obstruye la vía secundaria.
2. Las colas producidas por las intersecciones próximas no bloquean la intersección en estudio.



3. Cada movimiento de la calle secundaria dispone de un carril exclusivo para él.
4. El movimiento en estudio no se ve impedido por ningún otro.

La capacidad potencial en vehículos ligeros por horas se selecciona en la figura 4.2 y se basa en el volumen de tráfico conflictivo, Q_c , en vehículos por hora, en el intervalo crítico, T_c , en segundos.

Figura 4.2 Capacidad potencial en función del volumen de tráfico conflictivo y la longitud del intervalo crítico.



Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Ed. 1985



4.4.1.6 Efecto de la impedancia.

Como se ha indicado anteriormente, en una intersección sin semáforos los vehículos utilizan los intervalos de forma jerarquizada. Cuando el tráfico de uno de los movimientos con mayor prioridad comienza a congestionarse, puede impedir que otros con una inferior puedan utilizar los huecos de la corriente de circulación y por consiguiente reducen la capacidad potencial de estos últimos movimientos. Debe notarse que se ha supuesto que el efecto de impedancia afecta solo a los vehículos de la calle secundaria.

Con el orden de prioridad en cuanto a la utilización de los intervalos, se tiene:

1. El giro a la izquierda desde la calle principal obstaculiza tanto el movimiento de frente como los giros a la izquierda de la secundaria.
2. Los movimientos de frente de la calle secundaria obstaculizan los giros a la izquierda desde esa misma vía.

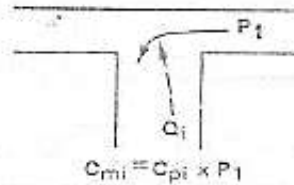
En general, el impacto de la impedancia debida a estas obstrucciones se valora multiplicando la capacidad potencial del movimiento obstaculizado, C_{pi} , por una serie de factores de impedancia, P_i , uno por cada movimiento i que le obstaculice. Estos cálculos, ilustrados en la figura 4.3, proporcionan la capacidad del movimiento, C_{mi} , ya corregida. En esta “capacidad del movimiento” se sigue suponiendo que cada movimiento se realiza mediante un carril separado para su uso exclusivo.

Los factores de impedancia, P_i , se obtienen de la figura 4.4. Están basados en el porcentaje de la capacidad potencial del movimiento obstaculizador que utiliza la demanda existente.

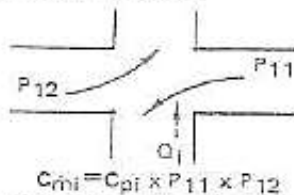


Figura 4.3 Esquema del cálculo de la impedancia

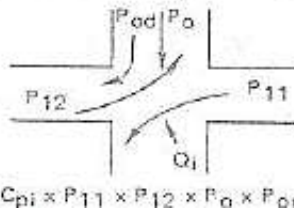
1. Movimientos de giro a la izquierda desde la calle secundaria en una intersección un "T".



2. Movimientos de frente desde la calle secundaria en una intersección en cruz.

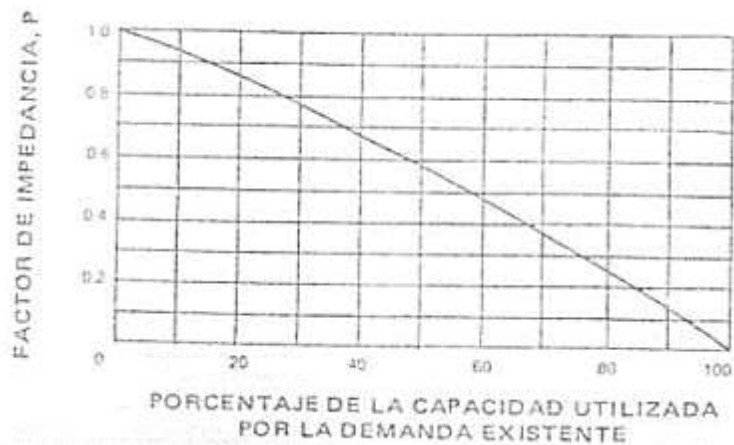


3. Movimientos de giro a la izquierda desde la calle secundaria en una intersección en cruz.



Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Reserch Bord, National Academy of Sciences, Ed. 1985

Figura 4.4 Factor de impedancia en función de los movimientos gestionados.



Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Reserch Bord, National Academy of Sciences, Ed. 1985.



4.4.1.7 Capacidad de los carriles compartidos.

Hasta este punto en la metodología se ha supuesto que cada movimiento desde la calle no prioritaria cuenta con un carril en exclusiva. Cuando varios movimientos comparten un mismo carril y no pueden detenerse uno junto al otro en el borde de la intersección se utiliza la siguiente ecuación para evaluar la capacidad del carril compartido:

$$C_C = \frac{I_i + I_d}{\left(\frac{I_i}{c_{mi}}\right) + \left(\frac{I_d}{c_{md}}\right)}$$

Ecuación 4.3 Capacidad del carril compartido

Donde:

Cc: capacidad del carril compartido en vl/h;

li: volumen o intensidad del movimiento de giro a la izquierda en el carril compartido en vl/h;

ld: volumen o intensidad del movimiento de giro a la derecha en el carril compartido, en vl/h;

Cmi: capacidad del movimiento de giro a la izquierda del carril compartido, en vl/h;

Cmd: capacidad del movimiento de giro a la derecha del carril compartido, en vl/h.

4.4.1.8 Criterio del nivel de servicio.

Del cálculo descrito en el apartado anterior se obtiene la capacidad para cada carril de los accesos no prioritarios a una intersección regulada con señales de STOP o CEDA EL PASO. En esta metodología los criterios de nivel de servicio se enuncian en unos términos muy generales, y están relacionados con los valores de la demora relativamente amplios. Los criterios se dan en el cuadro 4.11 y se basan en la capacidad de reserva, o sin utilizar, del carril en cuestión. Esta resulta con la siguiente formula:

$$C_R = C_C - I$$



Donde:

C_R : capacidad de reserva, o no utilizada, del carril, en vl/h;

C_c : capacidad del carril compartido, en vh/h; y

I : volumen o intensidad total que utiliza el carril, en vl/h

Cuadro 4.11 Criterios de nivel de servicio para intersecciones sin semáforos

CAPACIDAD DE RESERVA (vl/h)	NIVEL DE SERVICIO	DEMORA ESPERADA EN EL TRAFICO DE LA VIA SECUNDARIA
≥ 400	A	Pequeña o nula
300-399	B	Pequeñas demoras
200-299	C	Demoras medias
100-199	D	Largas demoras
0-99	E	Demoras muy largas
a	F	a

^a Cuando la intensidad de la demanda excede a la capacidad del carril, aparecerán demoras muy largas con formación de colas, que pueden causar congestiones importantes y afectar a otros movimientos de tráfico de la intersección. Esta característica justifica normalmente la mejora de la intersección.

Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Ed. 1985.

4.4.1.9 Elección del tipo de intersección.

Es de mencionar que este análisis aplica para intersecciones en cruz y en T, en algunos casos una intersección puede presentar una configuración geométrica especial o contar con ciertos elementos que no pueden representarse fácilmente. En estos casos es necesario dibujar un croquis y adjuntarlo al formulario para obtener una visión clara de la intersección.

4.4.1.10 Formulario para el análisis de la intersección.

En este caso se presenta el formulario que más se apega al análisis de la intersección en estudio, se elige el formulario de la intersección en T.



Formulario para determinar el NS en intersecciones en "T"

FORMULARIO PARA ANALISIS DE LAS INTERSECCIONES EN T						
Emplazamiento: _____			Nombre: _____			
Volúmenes horarios: _____ calle principal: _____						
Inclinación: _____ %						
días aforados: _____						
periodo: _____						
velocidad media en movimiento: _____						
FHP: _____ Inclinación: _____ % calle secundaria: _____						
AJUSTE DE VOLUMEN						
Movimiento No	2	3	4	5	7	9
Volumen (v/h)						
Volumen (vl/h) véase el cuadro 4.9						
PASO 1: MD Desde la calle secundaria (Q9)						
Volumen conflictivo ; Qc	$\frac{1}{2} Q_3 + Q_2 = _ + _ = _ = v/h (Q_{c9})$					
Intervalo crítico, Tc y capacidad potencial, Cp	$T_c = _ \text{seg} (\text{ver cuadro 4.10}) c_{p9} = v/h (\text{fig.4.2})$					
Capacidad real, Cm	$c_{m9} = c_{p9} = _ v/h$					
PASO 2: MI desde la calle principal (Q4)						
Volumen conflictivo ; Qc	$Q_3 + Q_2 = _ + _ = _ = v/h (Q_{c4})$					
Intervalo crítico, Tc y capacidad potencial, Cp	$(I_4/c_{p4}) \times 100 = _ \% P_4 = _$					
Porcentaje utilizado de la Cp y el factor de impedancia (Fig. 4.4)	$T_c = _ \text{seg} (\text{ver cuadro 4.10}) c_{p4} = v/h (\text{fig.4.2})$					
Capacidad real, Cm	$c_{m4} = c_{p4} = _ v/h$					
PASO 3: MI desde la calle secundaria (Q7)						
Volumen conflictivo ; Qc	$\frac{1}{2} Q_3 + Q_2 + Q_5 + Q_4 = _ + _ + _ + _ = _ = v/h (Q_{c7})$					
Intervalo crítico, Tc y capacidad potencial, Cp	$T_c = _ \text{seg} (\text{ver cuadro 4.10}) c_{p7} = v/h (\text{fig.4.2})$					
Capacidad real, Cm	$c_{m7} = c_{p7} \times P_4 = _ \times _ = v/h$					
CAPACIDAD DEL CARRIL COMPARTIDO						
(si comparten carril)	$C_c = \frac{I_7 + I_9}{\left(\frac{I_7}{c_{m7}} \right) + \left(\frac{I_9}{c_{m9}} \right)}$					
MOVIMIENTO No.	I (vl/h)	Cm (vl/h)	Cc (vl/h)	CR	NS	
7						
9						
4						

Fuente: Versión española de la obra "Highway Capacity Manual", Special Report No. 209, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Ed. 1985.



4.4.1.11 Secuencia del cálculo.

Puesto que la metodología se funda en que es una intersección sin semáforos, los vehículos utilizan los intervalos de acuerdo con su prioridad, es importante que el cálculo se realice en un orden determinado. La secuencia de cálculo es la misma que la establecida por la prioridad en la utilización de los intervalos y los movimientos se considera en el orden siguiente:

1. Giro a la derecha desde la calle no prioritaria
2. Giro a la izquierda desde la calle prioritaria
3. Giro a la izquierda desde la calle no prioritaria

4.4.1.12 Análisis de intersecciones en T.

Los volúmenes horarios se ponen en el esquema en la parte superior de la hoja, se debe indicar dónde está el norte, para que tanto la intersección como las intensidades figuren correctamente orientadas.

Con el convenio de notación, los flujos para la calle principal son de Q2 a Q5 y para la secundaria de Q7 a Q9.

Pasos:

1. Se llena los datos de entrada de la intersección que aparecen en el primer recuadro superior izquierdo.
2. Las correcciones de los volúmenes se efectúa para pasar de v/h a vl/h. En caso de que el usuario desee estudiar la circulación en el periodo de los 15 minutos punta, todos los volúmenes deberán dividirse por el FHP, antes de proceder a completar con ellos el diagrama vh/h.

La conversión de los v/h se realiza utilizando los valores de los equivalentes en vehículos ligeros que figuran en el cuadro 4.9.

El volumen o intensidad en vl/h se calcula multiplicando el número de vehículos de cada categoría por el equivalente adecuado, y sumando todos para obtener un total.



Los movimientos de los vehículos de giro a la derecha no se pasan a vl/h la razón estriba en que únicamente se utilizan en el cálculo del “volumen de tráfico conflictivo”, el cual se efectúa en unidades de v/h .

4.4.1.13 Cálculo de capacidad de movimientos.

En el formulario figuran todas las ecuaciones con el fin de que el usuario no precise consultar ningún otro apartado. Los volúmenes que se han denotado mediante una Q , se refiere a v/h , sin embargo los que figuran con I , son aquellos que se han pasado a vl/h .

Para cada uno de los movimientos se sigue la secuencia de cálculo siguiente:

1. Cálculo del volumen conflictivo, Q_{ci} , en v/h ;
2. Obtención del intervalo crítico, T_c , en segundos, ver cuadro 4.10;
3. Obtención de la capacidad potencial, C_{pi} , en vl/h , ver fig. 4.2;
4. Cálculo del porcentaje de la capacidad potencial utilizada por el movimiento;
5. Cálculo de la capacidad del movimiento C_{mi} .

4.4.1.14 Cálculo de la capacidad de los carriles compartidos y NS.

La última parte del formulario se utiliza para el cálculo de la capacidad de los carriles compartidos, las capacidades de reserva y los niveles de servicio. El usuario deberá determinar bien a partir de los datos de campo, o bien de los planos disponibles del proyecto, aquellos movimientos que comparten un mismo carril.

Una vez determinados, se realiza el cálculo de la capacidad de los carriles compartidos con la ecuación que resulte más idónea (las ecuaciones figuran en esta hoja del formulario). Seguidamente se calcula la capacidad de reserva de cada carril y a partir del cuadro 4.11 se determina el nivel de servicio.



4.4.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO.

Para la determinación del nivel de servicio se trabajara con las intensidades horarias calculadas para la intersección en el capítulo III de este documento, correspondientes a cada giro que realizan los vehículos; también es de mencionar que según la topografía del lugar, la intersección y ninguno de sus acceso presenta una inclinación igual o mayor al 2%.

La nomenclatura a utilizar es la del formato de la intersección en “T”, ya que es el que más se adecua a la intersección en estudio, este se muestra en la figura 4.5.

4.4.2.1 Ajuste de Volumen.

Para ello se hará uso de los datos del cuadro 3.49 donde detalla las maniobras que realizan cada tipo de vehículos, estos se pasaran a vehículos livianos, deberán multiplicarse por el equivalente de vehículos ligeros que aparece en el cuadro 4.9. A modo de ejemplo se calculara los vehículos livianos del movimiento CAM-RN.

$$\text{Liviano} = 265 \times 1.0 = 265 \text{ vl/h}$$

$$\text{Bus} = 29 \times 1.5 = 43 \text{ vh/h}$$

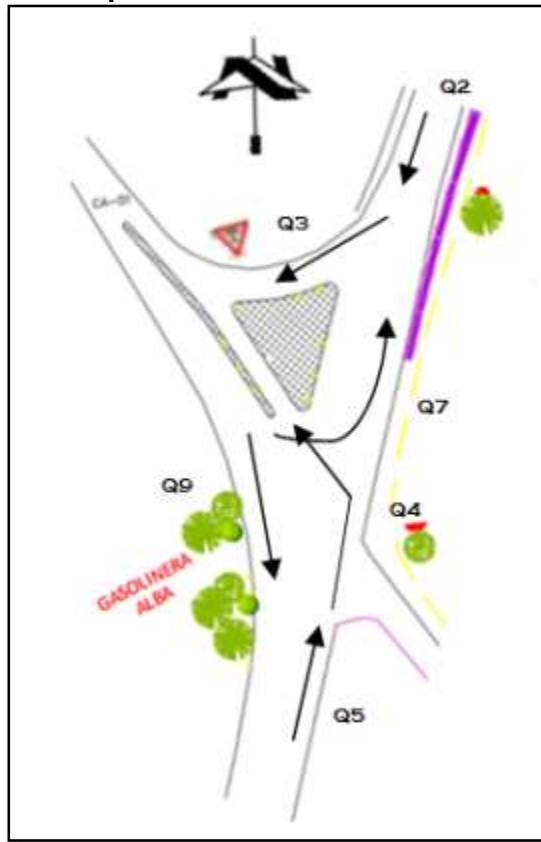
$$\text{Camion} = 48 \times 1.5 = 72 \text{ vl/h}$$

$$\text{Camion Arituculado} = 13 \times 2.0 = 26 \text{ vl/h}$$

$$\text{Total de vehiculos livianos}_{\text{CAM-RN}} = 265 + 43 + 72 + 26 = 406 \text{ vl/h}$$



Figura 4.5 Nomenclatura para cada movimiento en la intersección.



Fuente: elaboración propia

Se sigue el mismo procedimiento en el cálculo de vehículos ligeros para cada movimiento, así se obtiene el cuadro 4.12.

Cuadro 4.12 Vehículos ligeros por cada maniobra

MANIOBRAS		TOTAL (vl/h)
A (Q5)	CAM-RN	406
B (Q4)	CAM-CAG	286
C (Q2)	RN-CAM	310
D (Q3)	RN-CAG	55
E (Q7)	CAG-RN	85
F (Q9)	CAG-CAM	165

No se utilizaran para el análisis según formulario para intersecciones en T.



Para el cálculo de los vehículos normales (livianos y pesados) y vehículos ligeros se hacen uso de los cuadros 3.49 y 4.2 respectivamente.

Es de mencionar que para el análisis y según el volumen vehicular que presentan las arterias se establece como calle principal la que conduce de San Miguel a Santa Rosa de Lima y como secundaria la que conduce del desvío a San Francisco Gotera.

Paso 1: MD Desde la calle secundaria (Q9)

Volumen conflictivo:

Este se obtiene sumando los volúmenes que entran en conflicto con el giro en análisis, es de mencionar que el giro Q3 no presenta conflicto para el giro Q9, ya que este posee un propio carril para maniobrar.

$$Q_{c9} = Q_2 = 271 = 271 \frac{v^h}{h} (Q_{c9})$$

4.4.2.2 Intervalo crítico y capacidad potencial.

Para la determinación del intervalo crítico, es necesario aclarar que la calle principal tiene una velocidad de diseño de 80km/h permitiendo que los vehículos que no realizan giro circulen a velocidades mayores de 90km/h.

Según el capítulo 3, se observa que la única señal restrictiva es la de CEDA EL PASO se ubica en el giro RN-CAG, según criterio aunque no se encuentren en la intersección se toman para el análisis dos señales, una ubicada en el giro CAG-CAM de STOP y la otra de ubicada en el giro CAG-RN de STOP.

Según el cuadro 4.10 el $T_c = 6.5$ segundos, pero como tiene una visibilidad restringida de los vehículos que vienen de Santa Rosa de Lima, por el cruce de peatones y ventas ambulantes se le suma 1.0 seg. y se toma $TC = 7.5$, al interceptar el T_c y el volumen conflictivo en la figura 4.2 se obtiene una capacidad potencial de aproximadamente 540 vl/h.,



Capacidad real:

Según el formulario la capacidad real es igual a la potencial.

PASO 2: MI desde la calle principal (Q4)

Volumen crítico:

$$Q_{c4} = Q_2 + Q_3 = 49 + 271 = 320 \text{ } v h / h (Q_{c4})$$

Intervalo crítico y capacidad potencial:

Según el cuadro 4.10 el $T_c = 5.5$ seg., se le aumenta 1.0 seg., por la distancia de visibilidad restringida, se tiene $T_c = 6.5$, la capacidad potencial es aproximadamente 580 vl/h.

Porcentaje utilizado de la capacidad potencial y factor de impedancia:

$$\left(\frac{I_4}{c_{p4}} \right) \times 100 = \left(\frac{403}{580} \right) \times 100 = 70 \%$$

Según figura 4.4 se intercepta el porcentaje utilizado de la capacidad potencia y se obtiene el factor de impedancia aproximado:

$$P_4 = 0.37$$

Capacidad real:

Es de 580 vl/h

PASO 3: MI desde la calle secundaria (Q7):

El giro Q3 no tiene ningún efecto en el movimiento Q7, ya que este cuenta con su propio carril para maniobrar.

$$Q_{c7} = Q_2 + Q_5 + Q_4 = 271 + 354 + 260 = 885 \text{ } v h / h (Q_{c7})$$



$$T_c = 7.5 \text{ seg} (\text{ver cuadro 4.10}) \quad c_{p7} = 230 \text{ vl/h} (\text{fig. 4.2})$$

$$c_{m7} = c_{p7} \times P_4 = 230 \times 0.35 = 81 \text{ vl/h}$$

Capacidad de carril compartido:

En la calle secundaria de la intersección los vehículos tienen la libertad de tener su propio carril para realizar con libertad cada giro, por lo que la capacidad del carril compartido no aplica para esta intersección.

$$C_c = \frac{I_7 + I_9}{\left(\frac{I_7}{c_{m7}}\right) + \left(\frac{I_9}{c_{m9}}\right)} = \frac{85 + 165}{\left(\frac{85}{81}\right) + \left(\frac{165}{540}\right)} = 184 \text{ vl/h}$$

CAPACIDAD DE RESERVA (CR):

$$Q7 = 81 - 85 = 0 \text{ vl/h}$$

$$Q7-9 = 184 - (85+165) = 0 \text{ vl/h}$$

$$Q9 = 540 - 165 = 375 \text{ vl/h}$$

$$Q4 = 580 - 286 = 294 \text{ vl/h}$$



NIVEL DE SERVICIO:

Según el cuadro 4.11 el nivel de servicio con respecto a la capacidad de reserva es de:

Q7 = F (Demoras muy largas)

Q7-9 = F (Demoras muy largas)

Q9 = B (Demora pequeña)

Q4 = C (Demora medias)

Una vez explicado el proceso de análisis para determinar el nivel de servicio de la intersección en estudio, se procede a llenar el formulario elegido.



FORMULARIO PARA ANALISIS DE LA INTERSECCION DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA						
Emplazamiento: CA07N y RN18E				Nombre: Desvío a San Francisco Gotera		
INTENSIDADES HORARIAS calle principal: CA07N (San Miguel) hacia RN18E (Santa Rosa de Lima) Inclinación: 0% (completo) días aforados: 20 al 23 de julio 2015 periodo: 6:00 am – 6:00 pm velocidad media en movimiento: 88 KM/H calle secundaria: CA07N (San Francisco Gotera)				VOLÚMENES EN VL/H 		
AJUSTE DE VOLUMEN						
Movimiento No	2	3	4	5	7	9
Volumen (v/h)	271	49	260	354	83	151
Volumen (vl/h) véase el cuadro 4.9			286		85	165
PASO 1: MD Desde la calle secundaria (Q9)						
Volumen conflictivo ; Qc	$Q_2 = 271 = 271 \text{ vl/h} (Q_{c9})$					
Intervalo crítico, Tc y capacidad potencial, Cp	$T_c = 7.5 \text{ seg}(\text{ver cuadro 4.10}) c_{p9} = 540 \text{ vl/h}(\text{fig. 4.2})$					
Capacidad real, Cm	$c_{m9} = c_{p9} = 540 \text{ vl/h}$					
PASO 2: MI desde la calle principal (Q4)						
Volumen conflictivo ; Qc	$Q_3 + Q_2 = 49 + 271 = 320 \text{ vl/h} (Q_{c4})$					
Intervalo crítico, Tc y capacidad potencial, Cp	$T_c = 6.5 \text{ seg}(\text{ver cuadro 4.10}) c_{p4} = 580 \text{ vl/h}$					
Porcentaje utilizado de la Cp y el factor de impedancia (Fig. 4.4)	$(I_4/c_{p4}) \times 100 = (403/580) \times 100 = 70\% P_4 = 0.37$					
Capacidad real, Cm	$c_{m4} = c_{p4} = 580 \text{ vl/h}$					
PASO 3: MI desde la calle secundaria (Q7)						
Volumen conflictivo ; Qc	$Q_c = Q_2 + Q_5 + Q_4 = 271 + 354 + 260 = 885 \text{ vl/h} (Q_{c7})$					
Intervalo crítico, Tc y capacidad potencial, Cp	$T_c = 7.5 \text{ seg}(\text{ver cuadro 4.10}) c_{p7} = 230 \text{ vl/h}(\text{fig. 4.2})$					
Capacidad real, Cm	$c_{m7} = c_{p7} \times P_4 = 230 \times 0.35 = 81 \text{ vl/h}$					
CAPACIDAD DEL CARRIL COMPARTIDO						
(si comparten carril)	$C_c = \frac{I_7 + I_9}{(I_7/c_{m7}) + (I_9/c_{m9})} = \frac{85 + 165}{(85/81) + (165/540)} = 184 \text{ vl/h}$					
MOVIMIENTO No.	I (vl/h)	Cm (vl/h)	Cc (vl/h)	CR	NS	
7	85	81	81	0	F	
9	165	540	540	375	B	
7-9	268	----	184	0	F	
4	286	580	580	294	C	

Fuente: Elaboración propia



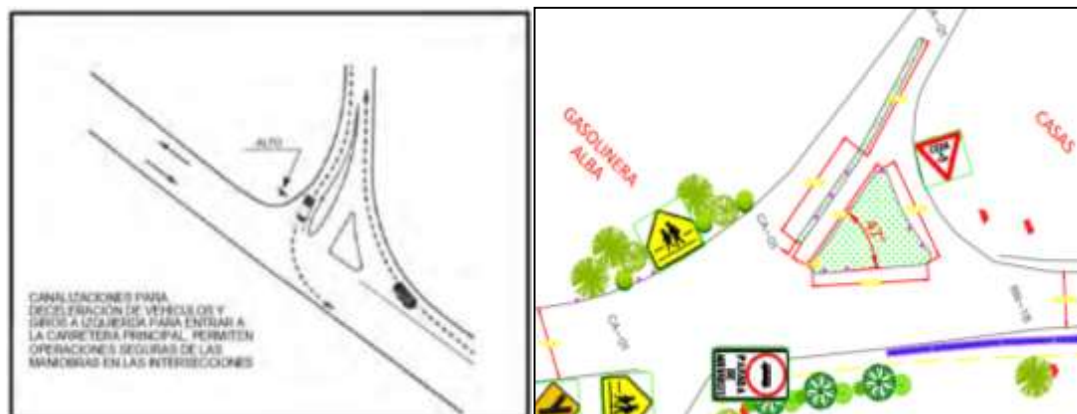
4.4.3 ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN ACTUAL

4.4.3.1 Consideraciones para los giros a la izquierda.

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 3ra edición, por consideraciones de economía en los costos y seguridad en las operaciones, las carreteras deben interceptarse en ángulo recto o lo más cercano a dicho ángulo (hasta un ángulo de 75 grados se considera generalmente deseable, un ángulo de 60 grados puede ser una variación máxima permisible). Las intersecciones en ángulos agudos, requieren amplias áreas para las maniobras de giro, o sea que incrementan las áreas de exposición a los peligros, y tienden a limitar la visibilidad, sobre todo de los conductores de vehículos pesados de carga.

La práctica de realinear las intersecciones en ángulo agudo a un ángulo recto o cercano a recto, tiene beneficios importantes para el diseño y su funcionamiento. A continuación se muestra una comparación entre una intersección que presenta el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras donde el ángulo de giro es cercano a 90° y el de la intersección de estudio donde este es agudo aproximadamente de 47° .

Figura 4.6 Comparación de Intersecciones canalizadas



Fuente: elaboración propia



La situación ideal se presenta cuando el realineamiento permite que en el camino secundario se alcancen velocidades de operación iguales o equiparables a las de la carretera principal, esto no se da en la intersección en estudio ya que según el análisis del nivel de servicio las demoras presentadas por los vehículos que realizan la maniobra presentada en la figura 4.6 son muy largas.

4.4.3.2 Visibilidad en la intersección.

Los accidentes en las intersecciones son comunes y parte de ellos se deben a diseños obsoletos o diseños que, pese a ser adaptados a las nuevas tecnología, enfrentan situaciones de incomprensión de parte de los usuarios sobre la operación funcional de los mismos. Uno de los elementos que debe llamar especial atención, es el diseño de distancias seguras de visibilidad en los accesos para los vehículos que circulan por la intersección.

La calle que de San Miguel se dirige al desvío posee una curva antes de llegar a la intersección, esta se ubica aproximadamente a unos 300 m de ella, y la carretera que de Santa Rosa de lima conduce a la intersección también presenta una pequeña curva a aproximadamente 100 m. El riesgo se incrementa mas ya que desde que los vehículos entran a la intersección por la calle secundaria, al realizar el giro a la izquierda no lo realizan con total libertad, ya que el ángulo de giro es de aproximadamente 47°, un ángulo no recomendado según la SIECA. Otro factor que afecta la visibilidad son las ventas ambulantes ubicadas en la isleta y a costados de la intersección.

Según la el cuadro 4.13 se detalla la distancia de visibilidad que tienen que tener las intersecciones para giros a la derecha e izquierda.



Cuadro 4.13 Distancia de visibilidad para giros a la derecha e izquierda en intersecciones.

Velocidad de diseño (m)	Derecha		Izquierda			
	Auto	Camión	Auto		Camión	
	A	A	B	C	B	C
30	76	204	83	76	209	204
40	105	275	104	105	262	275
50	140	359	124	140	314	359
55	184	462	145	184	366	462
60	238	591	166	238	419	591
70	302	757	187	302	471	757
80	376	975	207	376	523	975
80	461	ND	228	461	576	ND
90	558	ND	249	558	628	ND
100	670	ND	269	670	680	ND
110	796	ND	290	796	733	ND

Las distancias A, B y C están mostradas en la figura 4.7

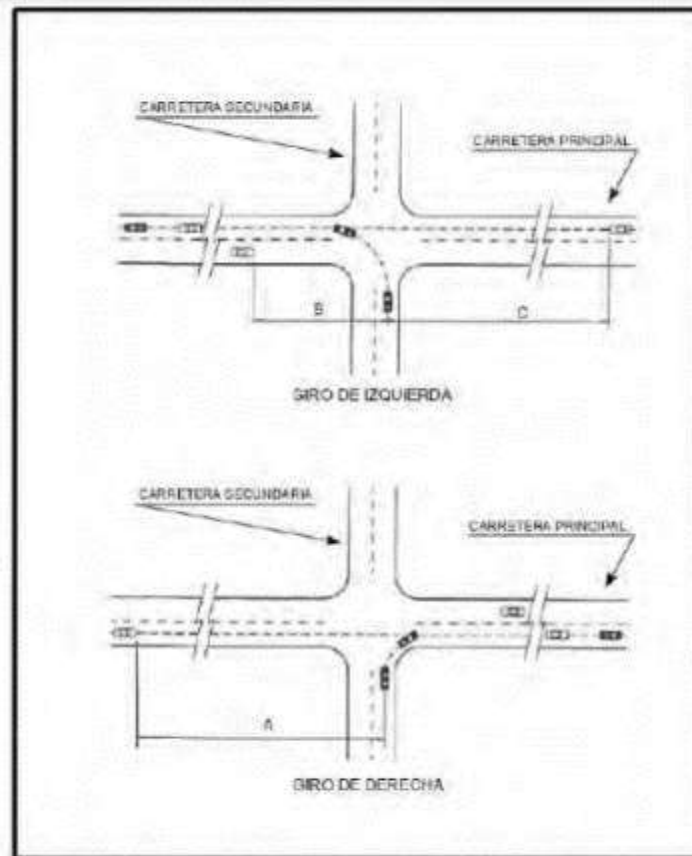
ND: No disponible

Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011

Según lo expresado anteriormente la velocidad de diseño es de 80 km/h para ambas carreteras que conectan a la intersección en estudio, es de mencionar que según el cuadro 4.13 el giro a la derecha CAG-CAM tiene que tener una distancia de visibilidad mínima de 376m y 975 m para auto y camión respectivamente; sin embargo debido a la curva que se mencionó esto no es posible. Igualmente para el giro a la izquierda CAG-RN no cumple lo expresado en el cuadro 4.13. Lo mencionado anteriormente es sin incluir el ángulo agudo del giro a la izquierda, el cual dificulta más que el conductor tenga una buena visibilidad.



Figura 4.7 Distancia de visibilidad para giros de izquierda y derecha



Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011.

4.4.3.3 Velocidad de circulación.

Este es un factor de análisis importante, ya que siendo una zona rural las velocidades tiende a ser altas, pero esto aumenta el riesgo de accidentes vehiculares y peatonales, en la arteria que conduce de San Miguel a Santa Rosa de Lima y viceversa las velocidades de circulación son mayores a 90 km/h sobrepasando la velocidad de diseño, esto se debe a que no hay ninguna medida que regule la velocidad; en cambio la velocidad de la vía que de San Francisco Gotera conduce al desvío tiende a ser disminuir a medida se acerca a la intersección.



4.5 PROPUESTA DE INTERSECCIÓN

Una vez analizada la intersección actual, y evidenciado que el nivel de servicio brindado y las características geométricas no son las adecuadas, se propone implementar un nuevo tipo de intersección que brinde un mejor servicio y minimice los factores de riesgo.

4.5.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE INTERSECCIÓN

Para seleccionar el tipo de intersección, existen aspectos generales a considerar, donde el proceso de estudio podría incorporar las siguientes fases:

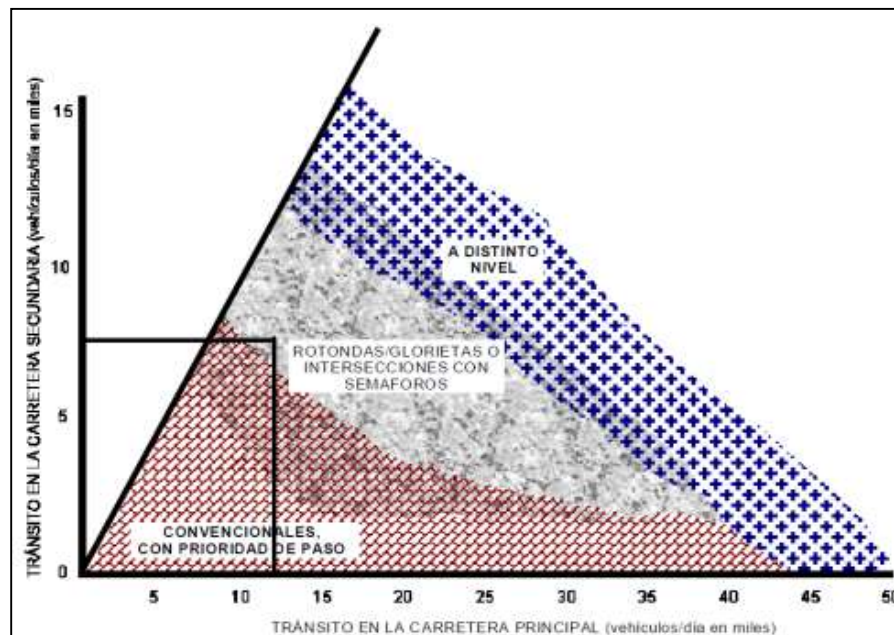
- Un estudio del tránsito de vehículos en la intersección, actuales y proyectados, que incluya volúmenes por acceso, movimientos direccionales, distribución horaria y datos en hora pico ó punta y composición del tránsito por tipos de vehículos.
- Estudios especiales del movimiento peatonal, donde el caso lo justifique.
- Definición previa de los objetivos de la intersección en relación al funcionamiento de la carretera.
- Definición de objetivos en relación al entorno, en especial lo relativo a la preservación de lugares con atractivos turísticos y la protección del ambiente local.
- Estudio de posibles opciones dentro de parámetros de diseño conciliados con su entorno, tomando en cuenta capacidad, nivel de servicio, costos de construcción y mantenimiento.

Todas las fases mencionadas fueron abordadas de cierta manera en el desarrollo de este documento, la fase dos y la cuatro no aplica en este estudio, los costos de construcción y mantenimiento quedan a responsabilidad del ejecutor.



La figura identificada como 4.8 ilustra en forma simplificada una combinación de soluciones posibles de diseño de las intersecciones, en función de los volúmenes de tránsito, tanto en la vía principal como en la vía secundaria que intercepta a la primera.

Figura 4.8 Tipos de intersecciones para diferentes volúmenes de tránsito.



Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011.

En el capítulo 3 se definió el TPDA para cada ruta, al interceptar las ordenadas en la figura 4.8 se determina según el volumen vehicular el tipo de intersección que se necesita; según la figura es una intersección tipo rotonda o glorietas o intersecciones con semáforos, sin embargo por estar ubicada en una zona rural no se puede utilizar semáforos, ya que las demoras aumentarían en gran manera.



Pero este no es el único factor que lleva a utilizar una intersección tipo rotonda o giratoria, sino también el nivel de servicio que presenta la intersección actual, además del alto riesgo que presentan las condiciones geométricas actuales mencionadas anteriormente. Una intersección giratoria ayudara a organizar el volumen vehicular y controlara las velocidades de ingreso además de mejorar la visibilidad de aproximación a la isleta central.

4.6 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA PROPUESTA DE INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA.

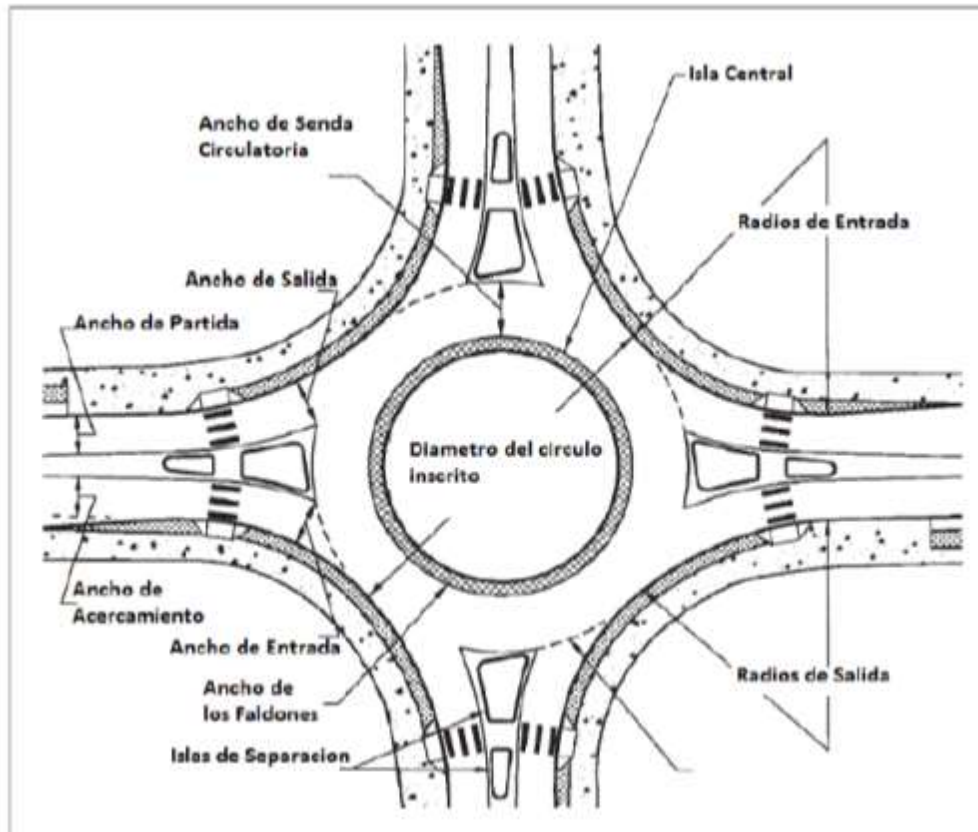
Las soluciones de este tipo son usuales en diferentes partes del mundo para solucionar a nivel, problemas de congestión del tránsito con volúmenes intermedios, porque constituyen una forma económica y flexible para dar solución al movimiento de tránsito en medios urbanos, suburbanos y rurales.

4.6.1 TIPOS DE ROTONDAS.

En el capítulo I de este documento se plantearon los tipos de rotondas o glorietas, para el análisis se elige una rotonda normal, debido a la magnitud de los vehículos que transitan por ella. La figura 4.9 muestra los componentes geométricos del tipo de rotonda propuesto.



Figura 4.9 Elementos geométricos de una rotonda normal



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

4.6.2 VEHÍCULO DE DISEÑO.

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 3ra edición, en el diseño de cualquier obra vial, el diseñador debe considerar el vehículo de diseño más grande, que probablemente use la obra con mayor frecuencia, o un vehículo de diseño con características especiales que deben tomarse en cuenta en el dimensionamiento de la vía. Este vehículo se usa para determinar el diseño de características críticas tales como radios en las intersecciones y radio de rampas de giro.

A falta de información local, se han adoptado las dimensiones para los vehículos de diseño indicadas en el cuadro 4.14 de *A Policy on Geometric*



Design of Highways and Streets. Este muestra un resumen de las dimensiones de 6 vehículos de diseño que representan los vehículos de mayor uso en la red de carreteras en Centroamérica.

Cuadro 4.14 Dimensiones de los vehículos de diseño

Vehículo de Diseño	Simbolo	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo Delantero	Voladizo Trasero	WB1	WB2
Vehículo Liviano	P	1.30	2.10	5.80	0.90	1.50	3.40	
Camión	SU	4.10	2.40	9.20	1.20	1.80	6.10	
Bus	BUS-14	3.70	2.60	12.20	1.80	2.60	7.30	
Bus Articulado	A-BUS	3.40	2.60	18.30	3.10	6.70	5.90	
Cabezal con Semirremolque	WB-15	4.10	2.60	16.80	0.60	4.50	10.80	
Cabezal con Semirremolque	WB-19	4.10	2.60	20.90	0.90	0.60	4.50	10.80
Cabezal con Semirremolque	WB-20	4.10	2.60	22.40	1.20	1.40-0.80	6.6	13.20-13.80

Fuente: Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2004

Nota: WB1, WB2 es la distancia entre ejes extremos (dimensiones en metros)

4.6.2.1 TRAYECTORIAS MÍNIMAS DE GIRO DE LOS VEHÍCULOS DE DISEÑO.

Las dimensiones principales que afectan el diseño son el radio mínimo de giro (RMG) en la línea central, el ancho de la huella, la distancia entre ejes y la trayectoria del neumático interior trasero.

Los radios mínimos de las trayectorias de las ruedas exteriores e interiores y el radio mínimo de giro (RMG) en la línea central, se muestran en el Cuadro 4.15



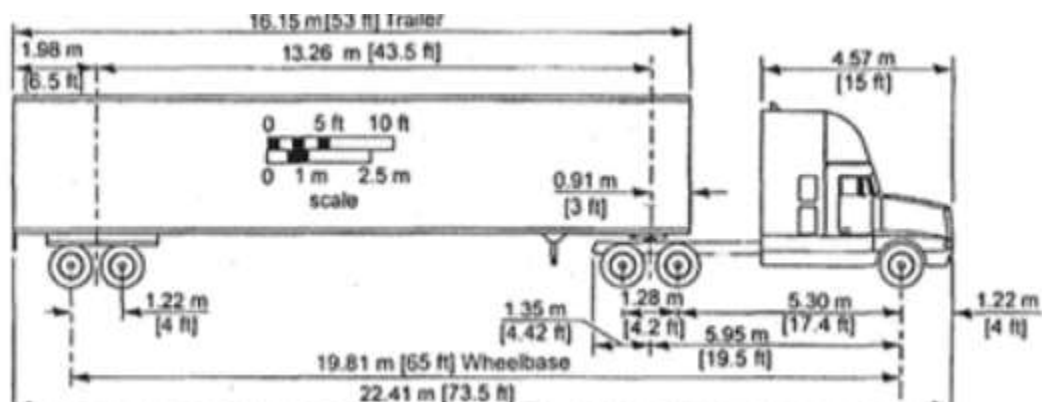
Cuadro 4.15: Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño

Vehículo de Diseño	Símbolo	Radio de Giro Mínimo de Diseño (m)	Radio en la Línea Central RMG (m)	Radio Interior Mínimo (m)
Vehículo Liviano	P	7.30	6.40	4.40
Camión	SU	12.80	11.60	8.60
Bus	BUS-14	13.70	12.40	7.80
Bus Articulado	A-BUS	12.10	10.80	6.50
Cabezal con Semirremolque	WB-15	13.70	12.50	5.20
Cabezal con Semirremolque	WB-19	13.70	12.50	2.40
Cabezal con Semirremolque	WB-20	13.70	12.50	1.30

Fuente: Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2004

Se analizan los vehículos de mayores dimensiones que circulan en la intersección, según la frecuencia se elige como vehículo de diseño el WB-20. A continuación se muestra el esquema del vehículo de diseño.

Figura 4.10 Dimensiones del vehículo de diseño (WB-20)





4.6.3 VELOCIDAD DE DISEÑO.

El logro de velocidades vehiculares apropiadas para entrar y viajar a través de la rotonda es un objetivo de diseño fundamental, ya que no solo tiene un profundo impacto en la seguridad de todos los usuarios; sino que también hace rotondas más fáciles de usar y más cómodas para los peatones y ciclistas. Una rotonda bien diseñado reduce la velocidad del vehículo a la entrada y logra la consistencia en las velocidades relativas entre en conflicto flujos de tráfico de vehículos que requieran para negociar la rotonda lo largo de una curva en el camino. El Roundabouts: An Informational Guide, 2da edición, recomienda velocidades de 20 a 25 millas por hora (32 a 40 km / h) en las rotondas de un solo carril. En las rotondas de varios carriles, velocidades de diseño máximas de entrada entre 25 a 30 millas por hora (40 a 48 km / h).

El cuadro 4.16 detalla algunos elementos de diseño entre ello la velocidad de diseño dependiendo del tipo de rotonda elegida.

Cuadro 4.16 Elementos de diseño para rotondas

ELEMENTO DE DISEÑO	MINI ROTONDA	ROTONDA DE UN SOLO CARRIL	ROTONDA MULTICARRIL
Entrada máxima Deseable (velocidad de diseño)	25 a 30 km/h	30 a 40 km/h	40 a 50 km/h
Número máximo de Carriles de entrada	1	1	2 o mas
Diámetro típico del círculo inscrito	13 a 27 m	27 a 55 m	46 a 91 m
Tratamiento de isla central	totalmente transitable	elevado (pueden tener delantal transitable)	elevado (pueden tener delantal transitable)
Por debajo de cuanto deben operar los volúmenes de servicio diarias en rotondas típicas de 4 patas para operar sin necesidad de un análisis de la capacidad detallada (veh / día) *detallado de la capacidad (veh / día) *	Hasta aproximadament e 15000	Hasta aproximadamente 25000	Hasta aproximadamente 45.000 para la de dos carriles rotonda

Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

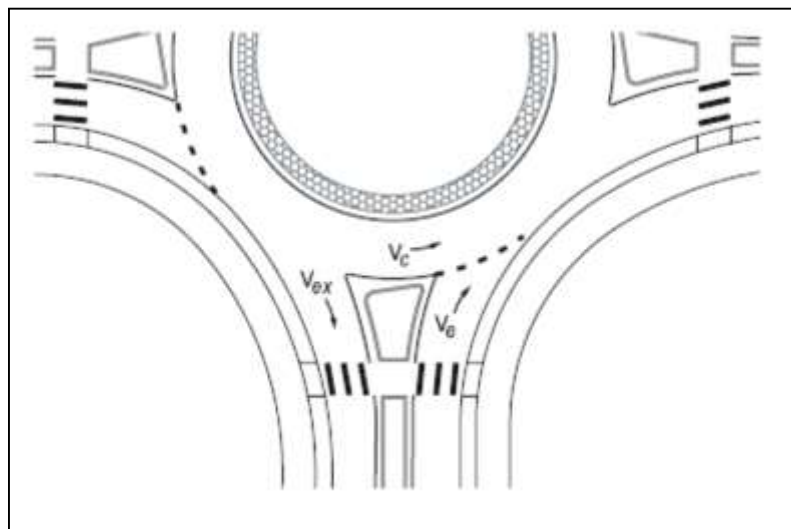


4.6.4 ANÁLISIS DE DATOS Y DETERMINACIÓN DE LOS CARRILES DE ENTRADA.

La capacidad de una rotonda es impulsada generalmente por la cantidad de conflicto de tráfico (vehículos que viajan a lo largo de la calzada circulatoria) que está presente en cada entrada de la rotonda. Volúmenes conflictivos altos reducen el número de oportunidades para los vehículos para entrar en la rotonda y por lo tanto reducen la capacidad de un enfoque de la pierna en particular. En cambio, cuando baja el volumen de tráfico en conflicto, el enfoque de la pierna tendrá una mayor capacidad y permitirá un mayor número de vehículos para entrar en la rotonda.

Cada enfoque de ida de la rotonda se evalúa individualmente para determinar el número de carriles requeridos de entrada en base a las tasas de flujo en conflicto. El número de carriles dentro de la calzada circulatoria es entonces el número de carriles necesarios para dar continuidad al carril a través de la intersección.

Figura 4.11: Esquema de volúmenes de entrada y de tráfico en una rotonda



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición



La suma de la entrada (VE) y los volúmenes de tráfico (V_c) en conflicto, como se ilustra en la figura 4.11, se pueden utilizar para evaluar el número de carriles requeridos en la entrada. El cuadro 4.17 presenta el rango de volúmenes para determinar el número de carriles obligatorios en la entrada a la rotonda.

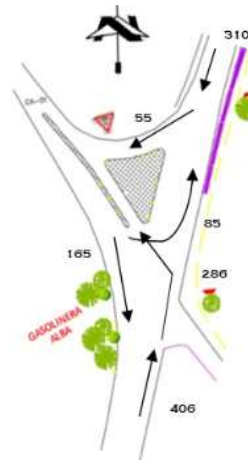
Cuadro 4.17 Rango de volúmenes para determinar el número de carril

RANGO DE VOLUMEN (SUMA DE VOLÚMENES DE ENTRADA Y CONFLICTIVOS)	NÚMERO DE CARRILES OBLIGATORIO
0 a 1,000 veh/ h	La entrada de un solo carril probable que sea suficiente
1,000 a 1,300 veh/h	Puede ser necesaria la entrada de dos carriles Un solo carril puede ser suficiente en base a más Análisis detallado.
1,300 a 1,800 veh/h	Entrada de dos carriles probable que sea suficiente
Por encima de 1,800 veh/h	Más de dos carriles que entran pueden ser necesarios Una evaluación más detallada de la capacidad debe ser llevado a cabo para verificar números del carril y arreglos.

Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

Para determinar el número de carriles de entrada de la rotonda primeramente se determinan los volúmenes de entrada y conflictivos, la figura 4.12 muestra los volúmenes en la hora punta que circulan en la intersección transformados a vehículos ligeros equivalentes.

Figura 4.12 volumen vehicular en la intersección en la hora punta



Fuente: elaboración propia



Se apegan los datos mostrados en la figura 4.12 suponiendo que fuera una intersección tipo rotonda.

Esto se realiza separando los volúmenes de entrada, salida y los conflictivos para cada ruta, a continuación se muestra el proceso:

$$\text{volumen entrada CA07N SM} = 406 + 282 = 692 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen salida CA07N SM} = 310 + 475 = 475 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen conflictivo CA07N SM} = 85 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen entrada RN18E} = 310 + 55 = 365 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen salida RN18E} = 406 + 85 = 491 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen conflictivo RN18E} = (692 + 85) - 491 = 266 \text{ vh/h}$$

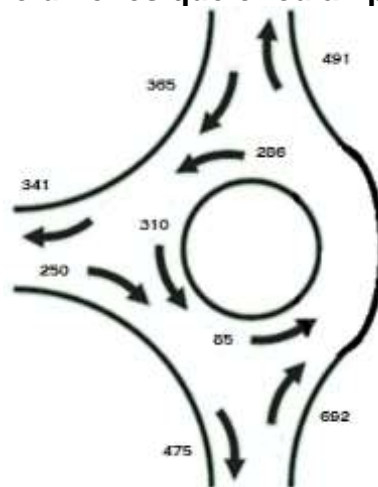
$$\text{volumen entrada CA07N GOT} = 85 + 165 = 250 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen salida CA07N GOT} = 55 + 286 = 341 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen conflictivo CA07N GOT} = (286 + 365) - 341 = 310 \text{ vh/h}$$

De la manera mostrada se obtienen los datos necesarios para calcular el número de carriles de entrada en la rotonda, la figura 4.13 esquematiza los cálculos.

Figura 4.13: Volúmenes que circulan por la rotonda.





Luego se suman los volúmenes de entrada más los conflictivos para cada ramal de la rotonda y se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{volumen CA07N SM} = 692 + 85 = 777 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen RN18E} = 365 + 286 = 651 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen CA07N GOT} = 250 + 310 = 560 \text{ vh/h}$$

Al comparar estos resultados obtenidos con el cuadro 4.17, estos son menores que 1,000 vh/h, es por eso que un carril es suficiente en la actualidad, pero a medida el tiempo transcurra la demanda vehicular aumentara, y según lo definido el año horizonte es 2036, por lo que hay que determinar si un carril aun cubre la demanda en esa fecha.

Para ello se utiliza la misma metodología utilizada anteriormente, se extraen los datos del cuadro 3.50, estos datos se transforman a vehículos livianos equivalentes según metodología de la sección 4.4.2 descrita anteriormente; luego se transforman de la misma manera a una rotonda, se obtienen los siguientes resultados

Cuadro 4.18 Intensidades por maniobras en vehículos ligeros equivalentes

INTENSIDAD 2036		
MANIOBRAS		TOTAL
A	CAM-RN	837
B	CAM-CAG	589
C	RN-CAM	640
D	RN-CAG	114
E	CAG-RN	174
F	CAG-CAM	341

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 4.18 se obtienen los datos para el cálculo de volúmenes de entrada y de conflicto.



$$\text{volumen entrada CA07N SM} = 837 + 589 = 1,426 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen conflictivo CA07N SM} = 174 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen ramal CA07N SM} = 1,426 + 174 = 1,600 \text{ vh/h} > 1,000 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen entrada RN18E} = 114 + 640 = 754 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen conflictivo RN18E} = (1,426 + 174) - (174 + 837) = 589 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen ramal RN18E} = 754 + 589 = 1,343 \text{ vh/h} > 1,000 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen entrada CA07N GOT} = 174 + 341 = 515 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen conflictivo CA07N GOT} = (589 + 754) - (589 + 114) = 640 \text{ vh/h}$$

$$\text{volumen ramal CA07N GOT} = 515 + 640 = 1,155 \text{ vh/h} > 1,000 \text{ vh/h}$$

Todos los ramales tienen volúmenes mayores que 1,000 vh/h y menores de 1,800 vh/h, según el cuadro 4.17, se consideran entradas de dos carriles para cada ruta, y por ende se considera una rotonda de dos carriles. Pero este es un análisis preliminar, más adelante se evaluara cuantos carriles de entrada son necesarios para cubrir la demanda.

4.6.5 DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA ROTONDA.

En este apartado se determinara mediante rangos de medidas establecidas, según el Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición, las dimensiones y la geometría de las partes que conforman la rotonda, a continuación se presentan a manera de análisis la determinación del diámetro del círculo inscrito, la senda circulatoria, la isla central, el ancho de entrada y de salida, el ancho de los faldones, y demás requisitos geométricos.

4.6.5.1 Diámetro del círculo inscrito.

El diámetro del círculo inscrito es la distancia a través del círculo inscrito por el bordillo exterior (o borde) de la senda circulatoria. Es la suma del diámetro de la isla central y dos veces el ancho de la senda circulatoria.



El diámetro del círculo inscrito típicamente tiene que ser de al menos 105 pies (32 m) para acomodar un WB-50 (BM-15) vehículo de diseño. Rotondas más pequeñas se pueden utilizar para algunos locales de la calle o intersecciones de calles colectoras, donde el vehículo de diseño puede ser un autobús o un camión de una sola unidad. Para camiones iguales o mayores a WB-67 (WB-20) vehículo de diseño, se requerirá un diámetro del círculo inscrito más grande, típicamente en el rango de 130 a 150 pies (40 a 46 m). Generalmente, el diámetro del círculo inscrito de una rotonda multicarril oscila desde 150 hasta 250 pies (46 m a 76 m). Para rotondas de dos carriles, un punto de partida común es 160 hasta 180 pies (49 a 55 m).

El cuadro 4.19 ofrece rangos típicos de diámetros de círculo inscrito para varias ubicaciones de los sitios.

Cuadro 4.19: dimensiones típicas de diámetros de círculos inscritos de rotondas.

CONFIGURACIÓN DE LA ROTONDA	TÍPICO VEHÍCULO DE DISEÑO	CÍRCULO INSCRITO
Mini-rotonda	SU- 30 (SU-9)	14 a 27 m
Rotonda de un carril	B-40 (B-12)	27 a 46 m
	WB-50 (WB-15)	32 a 46 m
	WB-67 (WB-20)	40 a 55 m
Rotonda multicarril (2 carriles)	WB-50 (WB-15)	46 a 67 m
	WB-67 (WB-20)	50 a 67 m
Rotonda multicarril (3 carriles)	WB-50 (WB-15)	61 a 76 m
	WB-67 (WB-20)	67 a 91 m

Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

Para este diseño se toma el diámetro del círculo inscrito de 62.4 m.

4.6.5.2 Islas splitter.

Islas Splitter (también llamadas islas de separación, islas divisionales o isla mediana). Su propósito es proporcionar refugio para los peatones, ayudar en el control de velocidades, guiar el tráfico en la rotonda, entrada separada

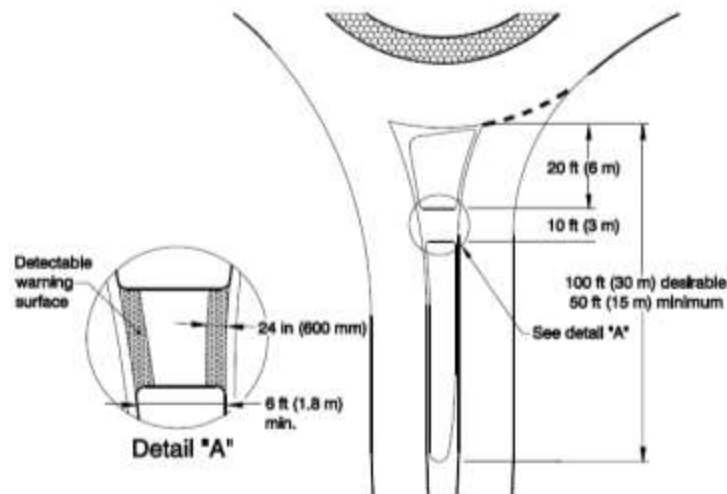


físicamente y salen flujos de tráfico, y disuadir los movimientos que realizan los conductores de manera equivocada.

La longitud total de la isla en general, debe ser por lo menos 50 pies (15 m), aunque 100 pies (30 m) es deseable, para proporcionar una protección suficiente para los peatones y para alertar a los conductores que se acerca a la geometría de la rotonda. El ancho divisor isla debe ser un mínimo de 6 pies (1,8 m) en el paso de peatones para proveer adecuadamente refugio para peatones, incluidos los que utilizan sillas de ruedas, empujando un cochecito, o paseando en bicicleta.

La figura 4.14 esquematiza las dimensiones típicas para las islas divisorias de las rotondas.

Figura 4.14 Dimensiones típicas para islas divisorias



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

4.6.5.3 ancho de la calzada circulatoria.

La anchura necesaria de la calzada circulatoria se determina a partir del número de entrada de los carriles y los requisitos de giro del vehículo de diseño.



El ancho de la calzada circulatoria normalmente se rige por los criterios de diseño relativo a los tipos de vehículos que pueden necesitar ser acomodados entre sí a través de una rotonda de varios carriles. La provisión de marcas en el pavimento dentro de la calzada circulatoria puede requerir adicional el espacio y el uso de un delantal de camiones para apoyar la disciplina de carril para camiones y coches circulante.

Varios anchos de carriles circulatorios para carreteras suelen oscilar entre 14 a 16 pies (4.3 a 4.9 m). El uso de estos valores se traduce en una anchura de circulación total de 28 a 32 ft (8,5 a 9,8 m) para una calzada circulatoria de dos carriles y 42 a 48 pies (12.8 a 14.6 m) ancho total de la calzada circulatoria de tres carriles.

En las rotondas de varios carriles, el ancho de la calzada circulatoria también puede ser variable dependiendo del número de carriles y el vehículo de diseño requisitos girando.

Se elige un ancho de la calzada circulatoria de 9.0 m.

4.6.5.4. Ancho de entrada.

La anchura de entrada requerida para cualquier diseño dado depende del número de carriles y vehículo de diseño. Un ancho de entrada típica para una entrada de dos carriles se extiende de 24 a 30 pies (7,3 a 9,1 m) y de 36 a 45 pies (11,0 a 13,7 m) para un entrada de tres carriles. Anchuras típicas de carriles individuales en el rango de entrada de 12 a 15 pies (3.7 a 4.6 m).

El ancho de entrada debe principalmente se determina con base en el número de carriles identificados en el análisis operativo combinado con el giro requisitos para el vehículo de diseño. Para el diseño se elige un ancho de entrada de 9.8m.



4.6.5.5 Ancho del delantal o faldones

Un delantal camión o faldón transitable es típico para la mayoría de rotondas sirve para acomodar grandes vehículos y reducir al mínimo otras dimensiones de la rotonda. Un delantal camión ofrece área pavimentada adicional para permitir que el exceso del giro de grandes vehículos semirremolques sea realizado en las faldas de la isla central sin comprometer la deflexión para vehículos más pequeños.

Por lo general, deben ser de 3 a 15 pies (1m a 6 m) de ancho y tener una pendiente transversal de 1% a 2% fuera de la isla central. Para desalentar el uso de vehículos de pasajeros, el borde exterior de la plataforma debe serariado aproximadamente 2 a 3 pulg. (50 a 75 mm) por encima de la superficie de la calzada circulatoria. El delantal debe ser construido de un material diferente que el pavimento para diferenciarlo de la calzada circulatoria. La figura 4.15 esquematiza lo descrito.

Figura 4.15 Isla central con faldón



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

Para el diseño se considera el ancho del faldón de 1.2 m con una pendiente transversal del 2% y un borde de 50mm por encima de la rasante de la senda circulatoria.



4.6.5.6 Hombros o espaldones.

Los hombros o espaldones, son las áreas de la carretera contigua a los carriles de circulación, y que tienen su justificación en proveer espacio para acomodar a los vehículos que sufren desperfectos durante su recorrido, también es una área peatonal y de bicicletas.

Donde haya que acomodar ciclistas, según el Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Carreteras, 3ra edición, es aconsejable ampliar los hombros a 1.20 metros de ancho mínimo. Para las carreteras colectoras del sistema vial Centroamericano, este mínimo se puede ampliar a 1.60 metros. Puesto que por otra parte es recomendable que un vehículo estacionado o en reparación despeje el carril exterior a una distancia comprendida entre 0.30 y 0.60 metros, se ha recomendado que el hombro exterior alcance una sección de 3.00 metros en las autopistas arteriales, para dar refugio a un vehículo pesado de 2.60 metros de ancho, reduciéndose a 2.50 metros dicho requerimiento, si el propósito es proteger un automóvil cuyo ancho de diseño es de 2.10 metros.

Para el diseño de la propuesta, con el fin de proporcionar un espacio seguro para el tránsito de ciclistas y peatones, se deja un hombro externo de 1.20 m

4.6.5.7 Central isla.

La isla central de una rotonda está el área principalmente no transitable rodeada por la calzada circulatoria. También puede incluir un delantal desplazable para el camión. La isla está normalmente jardineada por razones estéticas y para mejorar controlador reconocimiento de la rotonda al enfoque.

Las dimensiones de la isla central según la geometría del círculo inscrito, el ancho de la calzada y el de los faldones, tiene un diámetro de 42 m



4.6.5.8 Entrada y alineación enfoque.

En las rotondas de varios carriles, el diseño de la curvatura de entrada debe equilibrar los objetivos de la competencia de control de velocidad, la alineación adecuada de los senderos naturales, y la necesidad de líneas de visibilidad adecuadas. Esto a menudo requiere varias iteraciones de diseño para identificar el adecuado tamaño de la rotonda, la ubicación, y el enfoque de alineaciones.

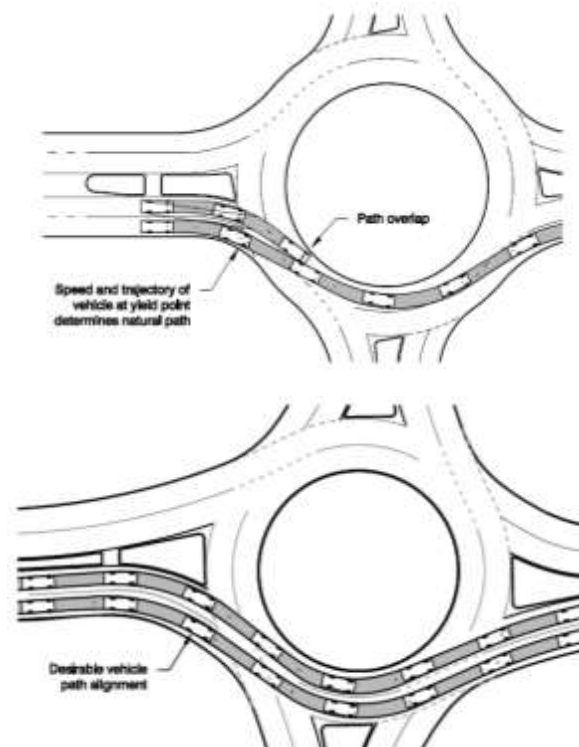
Los parámetros geométricos individuales también desempeñan un papel en el diseño de entrada equilibrada. Por ejemplo, los radios de entrada son un parámetro clave que a menudo se utiliza para el control de velocidades vehiculares. El uso de radios pequeños de entrada puede producir bajas velocidades de entrada, pero a menudo conduce a la ruta de solapamiento en la entrada ya que los vehículos van a cortar a través de los carriles para evitar quedarse en la isla central. Pequeños radios de entrada también puede resultar en un aumento en el vehículo solo se estrella en la isla central.

Radios de entrada para las rotondas de varios carriles normalmente deben exceder de 65 pies (20 m) para fomentar senderos naturales adecuados y evitar colisiones en la entrada. Los Ingenieros deben evitar el uso de la geometría excesivamente apretadas con el fin de lograr el objetivo de mayor trayectoria. Demasiado pequeña [menos de 45 pies (13,7 m)] en los radios entrada, puede resultar con conflictos entre los flujos de tráfico adyacentes, lo que puede dar lugar a un mal uso del carril y reducción de la capacidad. Del mismo modo, el radio de entrada de la ruta no debe ser excesivamente pequeño. Si el radio de entrada es demasiado pequeño, puede resultar ruta solapamiento del vehículo, reduciendo la eficiencia operativa y aumentar la posibilidad de accidentes. Los valores para del radio son generalmente preferible dentro del rango de 175 a 275 pies (53 a 84 m). Esto da como



resultado un diseño velocidad de 25 a 30 mph (40 a 50 km / h). La figura 4.16 compara un radio pequeño con uno grande.

Figura 4.16 Comparación de radios de entrada de rotonda



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición.

Una técnica posible para promover la buena alineación de ruta se muestra en la figura 4.17, utilizando una curva compuesta o tangente a lo largo de la acera exterior. El diseño consiste en una curva inicial de entrada de radio pequeño apartado de la orilla de la calzada circulatoria.

Se proporciona una sección corta de una curva de radio grande o tangente entre la curva de la entrada y la calzada circulatoria para alinear vehículos a la circulación adecuada en carril en la línea de entrada. Se debe tener cuidado en la determinación de la localización óptima de la curva de entrada de la línea de entrada. Si se encuentra demasiado cerca de la circulatorio calzada, la



tangente (o porción grande radio de la curva compuesta) serán demasiado corto, y el diseño todavía puede tener problemas de alineación. Sin embargo, si la entrada curva se encuentra demasiado lejos de la calzada circulatoria, puede dar lugar a deflexión inadecuada (es decir, la entrada acelera demasiado rápido).

Figura 4.17 Alineación de la ruta de entrada con curva pequeña y tangente



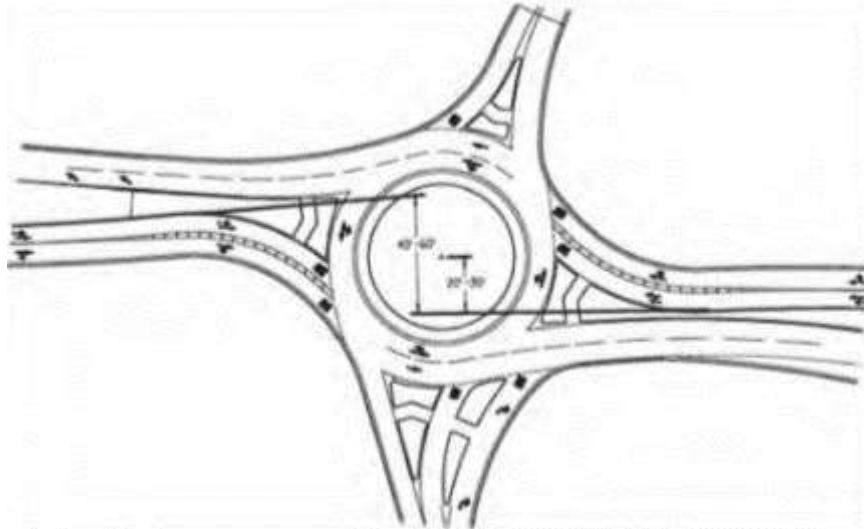
Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

Un método alternativo para el diseño de las curvas de entrada a una rotonda multicarril es el uso de una curva de entrada de un solo radio en lugar de una pequeña curva y la tangente.

Esto es similar en algunos aspectos a un diseño de un solo carril; sin embargo, los radios más grandes son típicamente requeridos para proporcionar la alineación adecuada del vehículo. Esto se esquematiza en la figura 4.18.



Figura 4.18 Análisis de la ruta de entrada con curva de entrada de un solo radio.



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

4.6.5.9 Curvas de salida.

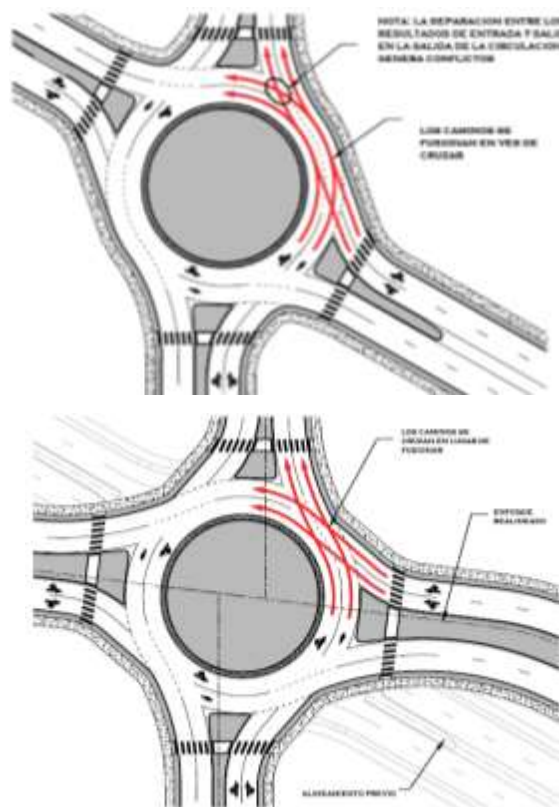
Al igual que con las entradas, el diseño de la curvatura de salida en las rotondas de varios carriles es más compleja que en las rotondas de un solo carril. Los conflictos pueden ocurrir entre salir y vehículos en circulación si no se proporcionan asignaciones carriles apropiados.

Diseño horizontal inadecuado de las salidas también puede resultar en el camino de salida un solapamiento, similar a la que ocurre en las entradas. Los radios de las curvas de salida son comúnmente mayores que los utilizados en la entrada como consecuencia de otros factores (alineación de entrada, diámetro, etc.); radios de curva más grande de salida también se utilizan normalmente para promover buena alineación trayectoria del vehículo. Sin embargo, el diseño debe ser equilibrado para mantener bajas velocidades en el paso de peatones en la salida.



Las grandes separaciones entre los ramales de acceso causan que los vehículos que circulan por el carril interno tengan la intención de tomar la salida de la circulación, en lugar de tomar desde el principio el carril externo. Esto puede crear conflictos en el punto de salida, entre los vehículos de salida y los vehículos en circulación, como se muestra en la figura 4.19.

Figura 4.19 Conflictos en la salida de la senda giratoria debido a grandes separaciones entre ramales y corrección de ramales de entrada.



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

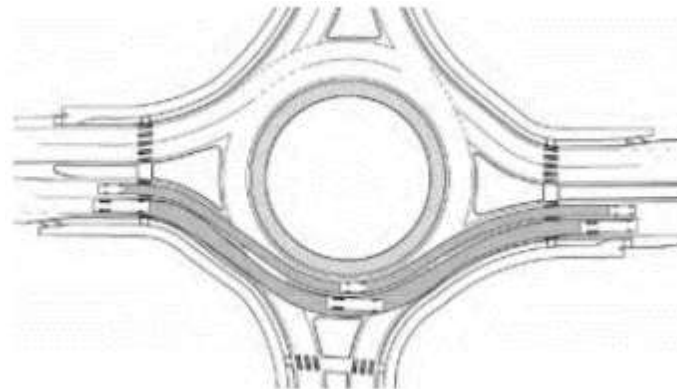


4.6.5.10. Consideraciones de los vehículos de diseño.

Las consideraciones de los vehículos Diseño deben hacerse tanto para el seguimiento de la entrada y la salida y dentro de la calzada circulatoria.

El porcentaje de camiones y utilización del carril es una consideración importante para determinar si el diseño permitirá que los camiones utilicen los dos carriles o que se queden dentro de su propio carril. La frecuencia de un vehículo particular de diseño es también una consideración importante. Por ejemplo, una rotonda en particular puede tener un uso poco frecuente por WB-67 de tamaño tractocamiones y por lo tanto está diseñado para permitir que el WB-67 navegue en ambos carriles. Sin embargo, la misma ubicación podría tener servicio de autobús frecuente que dicta la necesidad de acomodar los autobuses dentro de su propio carril para viajar al lado de un coche de pasajeros (ver figura 4.20). Por consiguiente, una rotonda en particular puede tener varios vehículos de diseño dependiendo de las características del lugar.

Figura 4.20 Acomodamiento de autobús y auto en su respectivo carril



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición.

Cuando el diseño dicta la necesidad de dar cabida a grandes vehículos de diseño dentro de su propio carril, hay un número de consideraciones de diseño que entran en juego. Un diámetro del círculo inscrito más grande y los radios

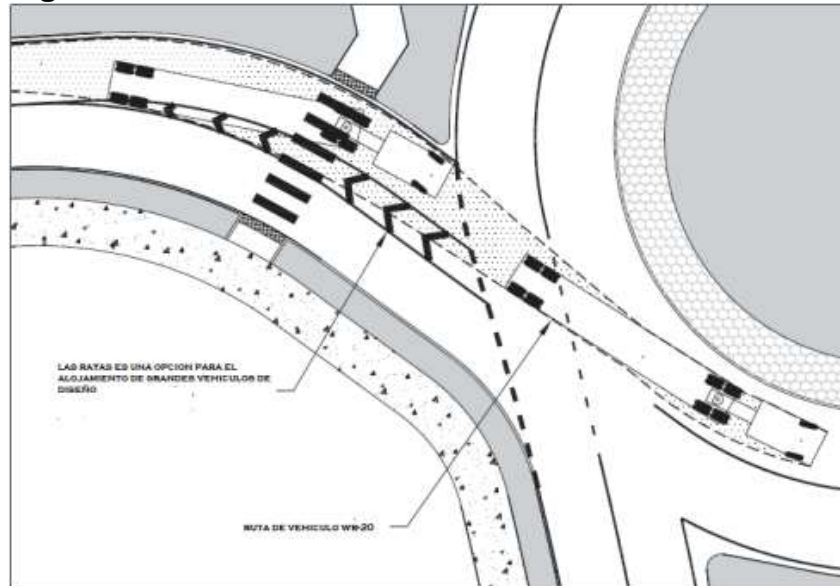


de de entrada / salida pueden ser obligados a mantener el control de la velocidad y acomodar el vehículo de diseño. Una técnica que tiene ha utilizado en los Estados Unidos sobre la entrada es proporcionar la creación de bandas, una sangre derramada de rayas, una isla entre los carriles de entrada ayuda centrar los vehículos dentro de la pista y a permitir que un colchón para fuera de seguimiento por el vehículo de diseño. Esta técnica se ilustra en la figura 4.21. Las dimensiones reales utilizadas pueden variar dependiendo de la criterio de diseño; sin embargo, un estado identificó el uso de dos carriles 12 pies (3,6 m) y unos 6 pies (1,8 m) de ancho área de sangre derramada por una entrada con un ancho total de 30 pies (9 m).

Otra técnica para acomodar el vehículo de diseño dentro de la circulación es utilizar un ancho de carril más ancho para el carril exterior y una anchura de carril más estrecho por el carril interior. Por ejemplo, para 32 pies (9,8 m) de ancho de la calzada circulatoria, la anchura interior de 15 pies (4,6 m) y una anchura externa de 17 pies (5,2 m) podría ser utilizado. Esta proporcionaría un extra de dos pies de ancho de circulación para camiones en el carril exterior. Camiones grandes en el carril interior utilizaría la plataforma del camión para acomodar cualquier giro de seguimiento.



Figura 4.21 Técnica de isla de bandas entre los carriles



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

Si el tráfico semirremolque es relativamente frecuente (mayor que 10%), puede ser necesario para proporcionar una anchura suficiente para el paso simultáneo de un semi-remolque en combinación con un auto o camión. Al analizar el tráfico que circula por la rotonda, se deduce que aproximadamente el 2% está compuesto por vehículos semirremolque.

4.6.5.11 carriles de giro a la derecha bypass.

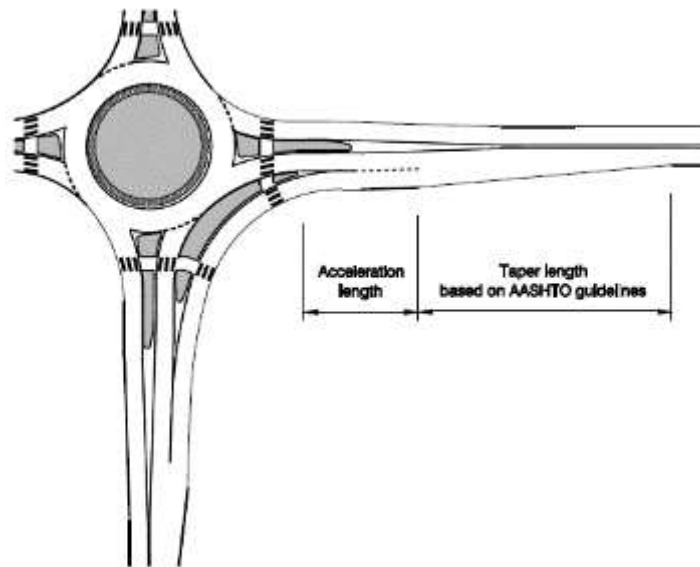
Los carriles de derivación son más beneficiosos cuando la demanda de un enfoque excede su capacidad y una proporción significativa del tráfico se está girando a la derecha. Sin embargo, es importante tener en cuenta la inversión de los patrones de tráfico durante el periodo de hora punta opuesta. En algunos casos, el uso de un carril de desvío de giro-derecha puede evitar la necesidad de construir una entrada adicional o carril circulatorio.

En este análisis se propone un bypass que desviara el tránsito de los vehículos que circulan de Santa Rosa de Lima a San Francisco Gotera, esto ayudara a disminuir el flujo conflictivo y a aumentar la capacidad de entrada del ramal de



San Francisco Gotera. Se propone una calzada de 4.4 m. La figura 4.22 esquematiza el uso de bypass de giro a la derecha en rotondas.

Figura 4.22 Bypass de Giro a la derecha



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

4.6.5.12 Gestión de acceso.

Los puntos de acceso cerca de una intersección o a lo largo de un arterial crean conflictos adicionales dentro del sistema de carreteras que afectan las operaciones y la seguridad. Gestión de puntos de acceso pueden mejorar la eficacia global del sistema mediante la racionalización las operaciones de las carreteras y reducir el número de conflictos. Las rotondas pueden proporcionar una herramienta útil dentro de un programa de gestión de acceso para proporcionar giro en U.

Generalmente ocurren los siguientes escenarios:

- El acceso en la misma rotonda
- El acceso, cerca de la rotonda.



A un costado de la intersección actual existe una gasolinera y un centro comercial, este poseen dos accesos, la propuesta de solución para disminuir los conflictos por los giros de entrada y salida a estos lugares, es algo similar a lo que muestra la figura 4.23.

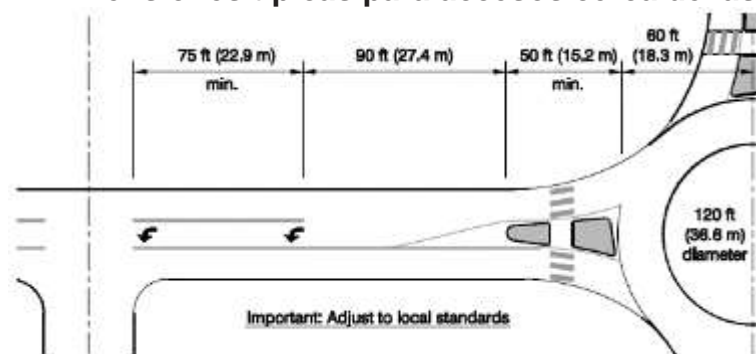
Figura 4.23 Accesos cerca de la rotonda



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

Las dimensiones típicas para este tipo de acceso se muestran en la figura 4.24.

Figura 4.24 Dimensiones típicas para accesos cerca de las rotondas



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición



4.6.5.13 Bahías para autobuses.

Para evitar conflictos entre la corriente de tránsito principal y los vehículos de transporte colectivo que están obligados por la naturaleza de su servicio a detenerse en su recorrido por la vía, para recoger y bajar pasajeros, debe construirse un número adecuado de bahías para autobuses a lo largo de las carreteras.

Las dimensiones tipo de bahías para autobuses se muestran en el cuadro 4.20.

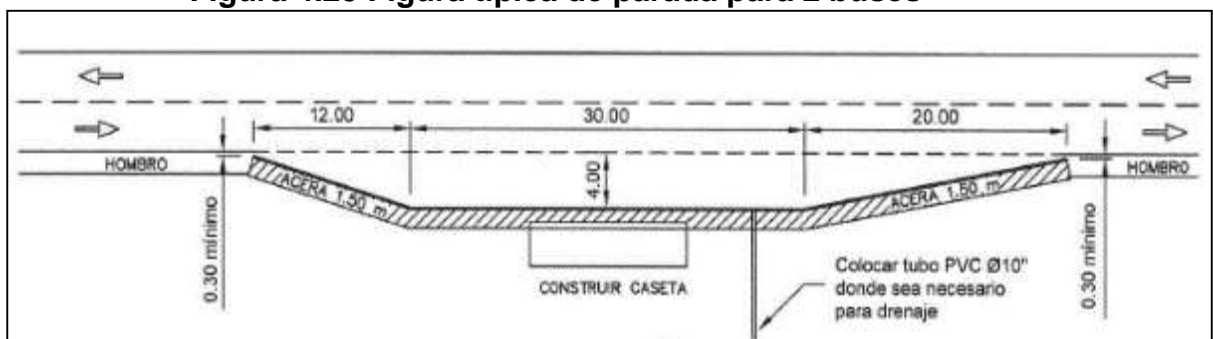
Cuadro 4.20 Dimensiones típicas de las bahías para el refugio de autobuses

Diseño	Entrada (m)	Parada (m)	Salida (m)	Ancho (m)	Long. Total (m)
Para un bus	9	15	15	3	39
Para un bus	12	15	20	4	47
Para dos buses	9	30	15	3	54
Para dos buses	12	30	20	4	77
Para tres buses	12	45	20	4	77

Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011.

La figura 4.25 esquematiza las dimensiones y consideraciones que se deben de tomar para este tipo de bahías.

Figura 4.25 Figura típica de parada para 2 buses



Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011.

Enfrente de ciudad Mujer se encuentra una bahía de autobuses para evitar que estos interrumpan el flujo vehicular.



4.6.5.14 Consideraciones verticales.

Los componentes del diseño de alineación vertical para rotondas incluyen perfiles, peralte, grados de aproximación, y el drenaje. Diseño vertical debería tener en cuenta la probabilidad de un gran vuelco de camión o desplazamiento de carga, que a veces puede ser inducida por pendientes transversales excesivos. Si bien este tipo de incidentes representan algunos accidentes con lesiones personales por cada año, pueden producir daños a la propiedad y crear retrasos y la congestión, mientras que la intersección se borra. Hay muchos factores que pueden contribuir al vuelco del camión, y los dos componentes de diseño horizontal y vertical contribuir simultáneamente.

Perfiles.

El diseño vertical de una rotonda comienza con el desarrollo de la enfoque calzada y perfiles centrales de la isla. El desarrollo de cada perfil es un proceso iterativo que consiste en atar las elevaciones de la calzada y enfoque de perfiles en un perfil suave alrededor de la isla central.

La figura 4.26 muestra un ejemplo de cómo se desarrolla un perfil.

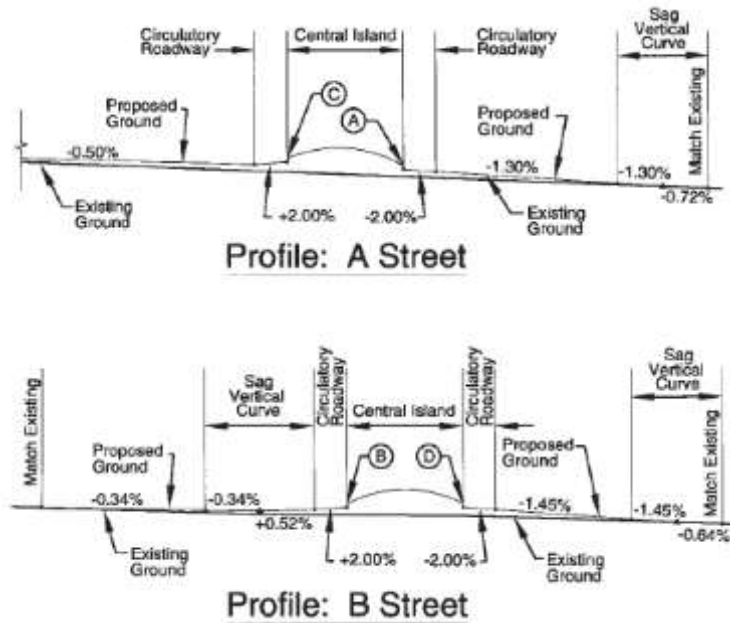
Figura 4.26 Perfiles generales de rotonda



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

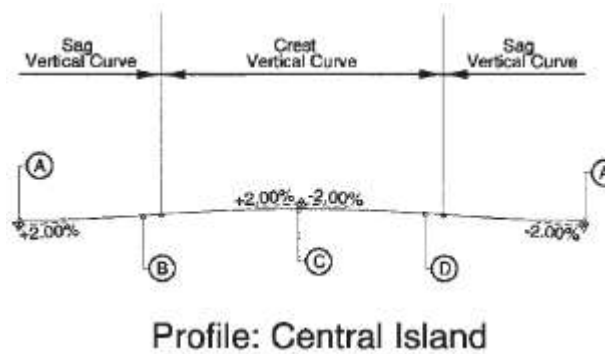


Figura 4.27 Perfiles para cada arteria



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

Figura 4.28 Perfil para la isla central



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición

Hay una variedad de posibles métodos para el diseño vertical de una carretera circulatoria dentro de una rotonda de varios carriles. Sin embargo, dos métodos principales son normalmente utilizados: exterior en pendiente y coronado vías circulatorias:



Perfeccionamiento pasivo pendiente: este es el tipo más común de diseño vertical de rotondas en los Estados Unidos. La calzada circulatoria se clasifica independientemente del resto de cada enfoque, con la calzada circulatoria hacia el exterior con un drenaje de grado de 1,5 a 3%. Esto es más práctico en terreno relativamente plano, en terreno montañoso puede requerir la deformación del perfil y, posiblemente, un diseño vertical alternativo.

Coronada calzada circulatoria: la calzada circulatoria es coronado con aproximadamente dos tercios de la anchura inclinadas hacia la isla central y un tercio inclinado hacia el exterior. Esto, alternativamente, puede invertirse de modo que la mitad de la senda circulatoria de la carretera se inclina hacia la isla central. En los cruces máximos son recomendados pendientes del 2%. En superficies de pavimento asfáltico se recomienda este tipo de aplicación para producir una forma de la corona alisada. Este método está destinado principalmente a consideración en las rotondas de varios carriles.

Otras opciones de diseño vertical, incluyen:

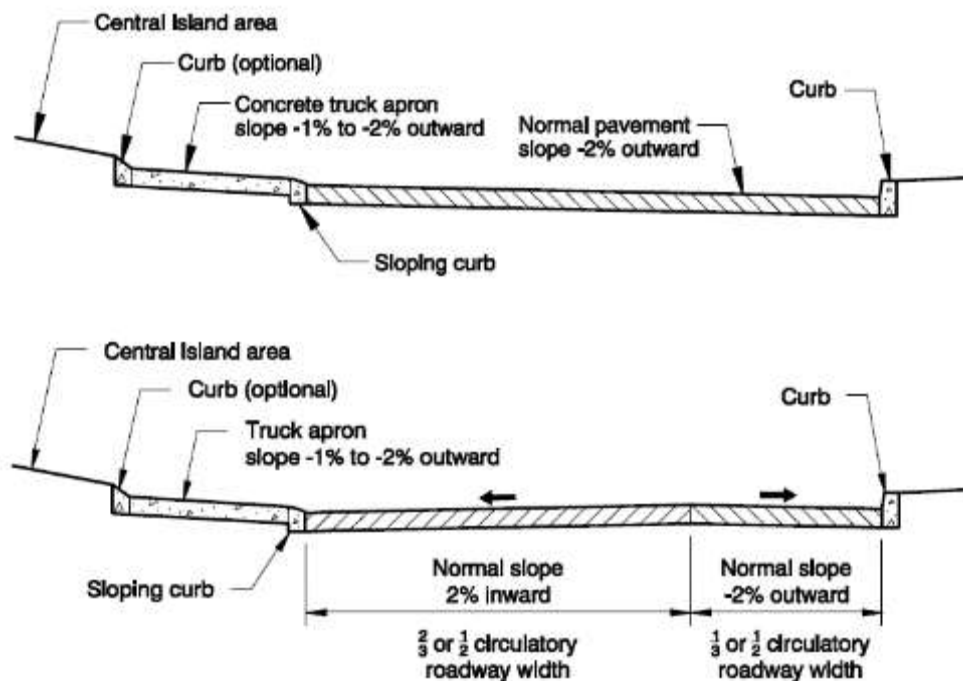
- Líneas de grado existentes (no planas). A menudo es deseable usar la vigente elevación del terreno, en la medida posible, para reducir los cambios generales en la vertical de perfil. En la intersección de dos carreteras principales, esto puede resultar en dos líneas de la corona cruzando uno al otro, con la calzada de circulación deformándose entre las líneas de la corona para proporcionar el drenaje. Esto no es diferente de un importante cruce señalizado. Sin embargo, puede afectar a la comodidad del conductor y la disciplina de carril a través de la rotonda.
- Plano inclinado. Este método permite a la rasante del camino existente para mantenerse. Un ejemplo es que dos caminos actualmente cruzan con un 2% grado en la carretera A y 3% de grado en la carretera B. La



rotonda debe ser diseñado como una superficie plana que se sienta en esas dos líneas de grado. La cuesta arriba a los lados de la calzada de circulación tendrían pistas interiores de + 2% y + 3%, respectivamente, con las secciones de descenso se tienen caídas transversales (negativos) de -2 y -3%. La sección con la pendiente transversal más empinada podría modificarse un poco -2,5%.

- Plano plegado. El plano plegado es un concepto similar al plano inclinado, donde una dirección sigue el grado de decisión y la línea de la corona de uno de los caminos. El plano de la calzada de circulación se pliega alrededor de la línea del grado la carretera. La línea de grado puede ser plana hasta aproximadamente 10%. En un área plana, los dos planos plegados tendría típicamente un diferencial de grado de 4 a 5%.

Figura 4.29 Métodos para diseño vertical de una calzada circulatoria



Fuente: Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición.



Se determinaron anteriormente las dimensiones tipo para rotondas normales a nivel, según criterio y consideraciones especiales, se tiene a bien diseñar la rotonda con las siguientes dimensiones geométricas.

Cuadro 4.21 Dimensiones para la rotonda propuesta 1.

ELEMENTOS DE ROTONDA	DIMENSIONES			
Velocidad de diseño	45 km/h			
Diámetro isleta central	42 m			
Diámetro del círculo inscrito	62.4 m			
Ancho de la senda o calzada circulatoria	9.0 m			
Ancho de los faldones	1.20 m			
Ancho de hombros de rotonda	1.20 m			
ELEMENTOS DE RAMALES	DIMENSIONES			
	CA07N SM	MOR24E	CA07N GOT	RN18 E
Carriles de entrada	2	1	1	1
Carriles de salida	2	1	1	2
Radio de entrada	30 m	12 m	30 m	30 m
Radio de salida	40 m	15 m	40 m	40 m
Ancho de entrada	9.8 m	4 m	4 m	4 m
Ancho de salida	9.8 m	4 m	4 m	4 m
Longitud de ensanchamiento de entrada y salida	40 m	25 m	40 m	40 m
Anchura de acceso y abandono	7.2	3.6 m	3.6	3.6
Bandas o rayas	1.8 m	-----	----	-----
Longitud de isla splitter	15 m	15 m	15 m	15 m
Ancho de la isla splitter	4 m	4 m	4	4
ELEMENTOS DE BYPASS	DIMENSIONES			
Calzada de bypass	4.8 m			



4.6.6 MÉTODO MANUAL DE EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE LA PROPUESTA CON BY PASS.

El Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición, presenta un método analítico de evaluación de rotondas, basado en el HCM 2010. Los procedimientos permiten la evaluación del funcionamiento existente o planificado de un solo carril o de dos carriles en rotondas, dados los niveles de tráfico en la demanda.

4.6.6.1 Capacidad de entrada.

Existen dos metodologías principales para la estimación de la capacidad: los modelos que tratan de establecer los parámetros de esta relación de forma empírica (métodos empíricos) y los que intentan hacerlo a través de distintos modelos teóricos de tipo probabilístico, denominados modelos analíticos o basados en la teoría de la aceptación del hueco. Para la evaluación de la capacidad de la rotonda propuesta se utiliza un método empírico.

Método Kimber

En el método inglés la ecuación para el cálculo de la capacidad de glorietas se basa en las ecuaciones desarrolladas por Kimber en Reino Unido en 1980. Se trata del método probablemente más afinado de los existentes, dada la larga experiencia e investigación inglesa.

Todas las medidas experimentales realizadas en Reino Unido indican que la relación entre la capacidad de la entrada y el flujo anular es lineal, dependiendo esta relación de la geometría de la glorieta. Conociendo la geometría y los flujos de los distintos movimientos se puede predecir el corte con el eje X del flujo de entrada, así como la pendiente de la relación entre la capacidad y el flujo anular.



Kimber define cinco parámetros geométricos que tienen efecto en la capacidad. Estos son: la anchura de la entrada; la anchura del abocinamiento; el diámetro del círculo inscrito; el ángulo de entrada; y el radio de la entrada.

Se parte de la hipótesis de que la relación entre el tráfico que circula por el anillo y el entrante es una relación lineal o casi lineal, esto lo representa la ecuación 4.4:

$$Q_e = k \times (F - f_c Q_c) \quad ; \text{ Si: } f_c Q_c > F; Q_c = 0$$

Ecuación 4.4: Capacidad de entrada de ramal

Donde:

Q_e : capacidad de una entrada (vh.lig.equivalente/h)

Q_c : intensidad de tráfico anular (vh.lig.equivalente/h)

k , F y f_c : parámetros dependientes de las características geométricas de la entrada y de la glorieta.

Para la determinación de las constantes k , F y f_c , se utilizan las siguientes formulas:

$$k = 1 - 0.00347(\phi - 30) - 0.978 \left(\frac{1}{r} - 0.05 \right)$$

Ecuación 4.5 Factor corrector del ángulo y radio de entrada

$$F = 303x_2$$

Ecuación 4.6 constante geométrica F

$$f_c = 0.210t_d \times (1 + 0.2x_2)$$

Ecuación 4.7 constante geométrica f_c

Para obtener las constantes geométricas es necesario determinar los siguientes parámetros:

$$t_d = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\frac{(D-60)}{10}}}$$



$$x_2 = v + \frac{e - v}{1 + 2S}$$

$$S = \frac{1.6(e - v)}{l}$$

Donde:

e : anchura de la entrada (m)

v : mitad de la anchura de la vía de aproximación (m)

l : longitud media efectiva del abocinamiento de entrada (m)

S : agudeza del abocinamiento (m/m)

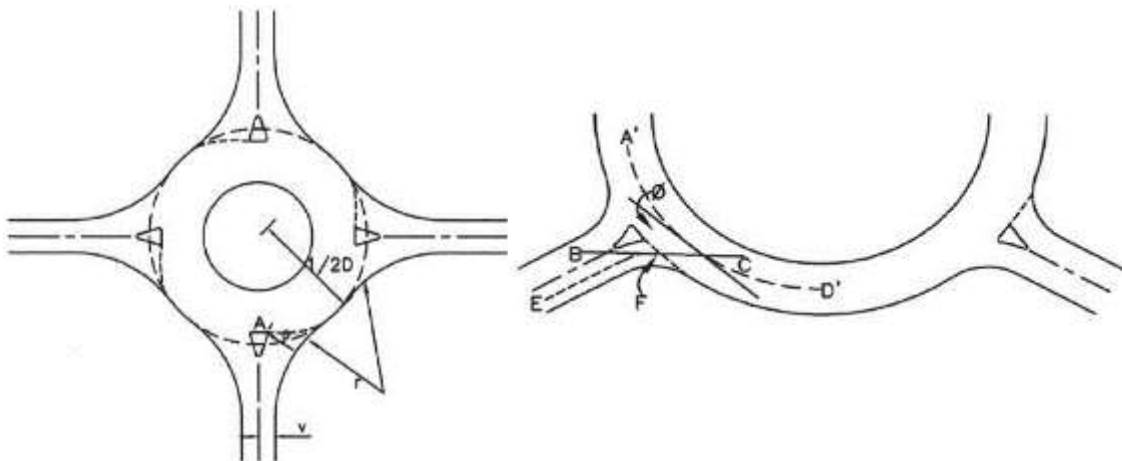
D : diámetro del círculo inscrito (m)

\emptyset : ángulo de entrada ($^\circ$)

r : radio de la entrada (m)

En la figura 4.30 se detallan los componentes geométricos de una rotonda.

Figura 4.30 Elementos geométricos de una rotonda

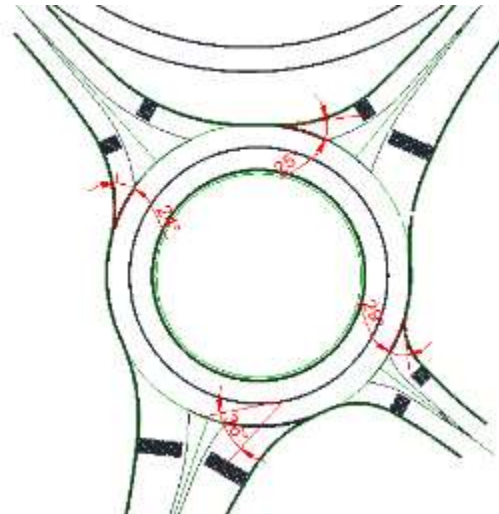


Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011.



La figura 4.31 muestra el ángulo de entrada para cada ramal, el radio de cada entrada y el diámetro del círculo inscrito y los demás componentes fueron determinados anteriormente (ver cuadro 4.21).

Figura 4.31 Componentes geométricos de la rotonda propuesta 1



Se observa que en la propuesta se incluyó un by pass que desviara el tránsito que se dirige de Santa Rosa a San Francisco Gotera, sin necesidad de que este entre a la senda circulatoria, aumentando de esa manera la capacidad de entrada del ramal de Santa Rosa de Lima.

A continuación se prosigue al cálculo de la capacidad de entrada de cada ramal, utilizando las ecuaciones descritas anteriormente; a modo de ejemplo se calculará la capacidad de entrada del ramal que de San Miguel conduce a la rotonda.

Primeramente se calculan los parámetros geométricos:

$$S = \frac{1.6(9.8 - 7.2)}{20} = 0.21$$



$$x_2 = 3.6 + \frac{9.8 - 7.2}{1 + 2(0.21)} = 5.43$$

$$t_d = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\frac{(62.4-60)}{10}}} = 1.22$$

Luego se determinan las constantes geométricas:

$$f_c = 0.210(1.22) \times (1 + 0.2(5.43)) = 0.53$$

$$F = 303(5.43) = 1,645.30$$

$$k = 1 - 0.00347(36^\circ - 30^\circ) - 0.978\left(\frac{1}{30} - 0.05\right) = 0.96$$

Se sustituyen todos los datos encontrados en la ecuación 4.4 y se obtiene:

$$Q_e = 0.96 \times (1,645.30 - 0.53(174)) = 1,491 \text{ vhl/h}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los otros ramales de entrada y se obtienen los siguientes resultados.

Cuadro 4.22 Capacidad de entrada en arterias propuesta 1

ARTERIA	CAPACIDAD (vhl/h)
CA07N SM	1,491
RN18 E	628
CA07N GOT	625

Fuente: Elaboración propia

4.6.6.2 Relación volumen capacidad.

La relación de volumen – capacidad es una comparación de la demanda de entrada en la rotonda versus la capacidad de la entrada y proporciona una evaluación directa del grado de saturación de un diseño dado.

Para un carril dado, la relación de volumen a la capacidad, se calcula dividiendo capacidad calculada del carril entre su tasa de flujo de demanda. A



modo de ejemplo se calcula el grado de saturación correspondiente a la ruta RN18 E:

$$\text{Grado de saturación RN18 E} = \frac{640 \text{ vhl/h}}{628 \text{ vhl/h}} = 1.0$$

El cuadro 4.23 muestra los resultados obtenidos para las otras arterias utilizando la misma metodología.

Cuadro 4.23 Grado de saturación de las arterias de entrada propuesta 1.

ARTERIA	GRADO DE SATURACION (vhl/h)
CA07N SM	0.96
RN18 E	1.0
CA07N GOT	0.82

Fuente. Elaboración propia

Mientras que el HCM no define un estándar para la relación de volumen a la capacidad, según el Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición, sugiere que las proporciones de volumen a la capacidad que tienen un intervalo de 0,85 a ,90 representan un umbral aproximado para un funcionamiento satisfactorio. Es notorio que la entrada de la arteria RN18E ha llegado a su límite.

4.6.6.3 Controles de retraso.

El retardo es un parámetro estándar utilizado para medir el desempeño de una intersección. Este se calcula utilizando la ecuación 4.8.

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[x - 1 + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5$$

Ecuación 4.8 control de retraso para carriles de entrada.

Dónde:

d = retraso medio de control, s / vehl;



x = grado de saturación de la arteria;

c = capacidad del carril, vehl / h; y

T = periodo de tiempo, h ($T = 1$ para un análisis 1-h, $T = 0,25$ para un análisis de 15 min).

El cálculo se realiza primeramente para la ruta CA07N SM y luego se realiza el mismo procedimiento para las demás arterias de entrada a la rotonda. Como se está trabajando con intensidades, el periodo de análisis será para 15 min.

$$d = \frac{3,600}{1,491} + 900(0.25) \left[0.96 - 1 + \sqrt{(0.96 - 1)^2 + \frac{(3,600)^2}{1,491^2} \cdot 0.96} \right] + 5 = 32 \text{ seg}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los ramales de la intersección, se obtiene las demoras para las demás arterias, estas se detallan en el cuadro 4.24.

Cuadro 4.24 Demoras para las arterias que convergen a la intersección propuesta 1.

ARTERIA	DEMORAS (seg/h)
CA07N SM	32
RN18 E	61
CA07N GOT	32

Fuente: Elaboración propia

4.6.6.4 Nivel de servicio para la rotonda propuesta.

Según el Roundabouts: An Informational Guide, segunda edición, establece el cuadro 4.25 para determinar el nivel de servicio de rotondas, este varía según la relación demanda capacidad.



Cuadro 4.25 Nivel de Servicio de Rotondas

Control Delay (s/veh)	Level of Service by Volume-to-Capacity Ratio*	
	v/c ≤ 1.0	v/c >1.0
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión De Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011.

Según lo establecido en cuadro 4.26, se obtienen los siguientes niveles de servicio para la propuesta.

Cuadro 4.26 Nivel de Servicio de la propuesta 1.

ARTERIA	NIVEL DE SERVICIO
CA07 SM	D
RN18 E	F
CA07N GOT	D

Fuente: Elaboración propia

4.6.6.5 Longitudes de cola.

La Longitud de la cola es importante al evaluar la adecuación de la geometría de diseño de los enfoques de la rotonda. La duración estimada de una cola también puede proporcionar información adicional sobre el rendimiento operativo de una rotonda en comparación con otros tipos de intersección.

La cola 95th percentil para un carril dado en un enfoque se calcula utilizando ecuación 4.9:

$$Q_{95} = 900T \left[x - 1 + \sqrt{(1-x)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)x}{150T}} \right] \left(\frac{c}{3600}\right)$$

Ecuación 4.9 Longitud de cola 95th percentil

Dónde:



Q_{95} cola = 95th cola percentil, veh;

x = relación demanda capacidad, para el carril de análisis;

c = capacidad del carril en estudio, veh / h; y

T = periodo de tiempo, h ($T = 1$ para un análisis 1-h, $T = 0,25$ para un análisis de 15 min).

A modo de ejemplo se determina la longitud de cola que se generara en los carriles de entrada a la rotonda de la ruta CA07N GOT, para ello se sustituyen los datos en la ecuación 4.9 y se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_{95} = 900(0.25) \left[0.82 - 1 + \sqrt{(1 - 0.82)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{625}\right) 0.82}{150(0.25)}} \right] \left(\frac{625}{3600}\right) = 9 \text{ veh}$$

Se realiza el mismo procedimiento para las otras arterias de entrada y se tiene como resultado lo detallado a continuación:

Cuadro 4.27 Longitud de cola de cada entrada, propuesta 1

ARTERIA	LONGITUD DE COLA (VEH)
CA07N SM	20
RN18 E	15
CA07N GOT	9

Fuente: elaboración propia

4.6.6.6. Capacidad de carril by pass.

Para determinar la capacidad de un carril de derivación tomando en cuenta la oposición de un carril que sale se calcula utilizando la ecuación 4.10.

$$C_{bypass,pce} = 1,130e^{(-1.0 \times 10^{-3})vex,pce}$$

Ecuación 4.10 Capacidad de carril de derivación.

Dónde



$C_{bypass, pce}$ = capacidad de la vía de derivación, vl / h; y

$v_{ex, pce}$ = conflicto al salir del flujo, vl / h.

A continuación se calcula la capacidad del carril de derivación, utilizando la ecuación 4.10.

$$C_{bypass, pce} = 1,130e^{(-1.0 \times 10^{-3})703vl/h} = 560 \text{ vl/h}$$

Posteriormente se utiliza el grado de saturación:

$$\text{Grado de saturación bypass} = \frac{114 \text{ vhl/h}}{560 \text{ vhl/h}} = 0.20$$

Como era de esperarse el nivel de servicio y las longitudes de cola encontradas para el ramal de acceso de la arteria RN18E no son adecuadas, en pocas palabras ya llego a su límite de capacidad; aunque el grado de saturación encontrado en el carril de derivación es mínimo, no es suficiente para ofrecer un buen nivel de servicio. Esto se debe a que el flujo desviado hacia San Francisco Gotera es pequeño, si este fuera más grande esta propuesta posiblemente funcionaria.

A continuación se propone aumentar a dos carriles de entrada el ramal de la arteria RN18E y dos carriles de salida en el ramal de CA07 GOT, se evalúa la nueva propuesta de la misma manera; a excepción que esta ya no contiene carril de derivación.

Cuadro 4.28 Dimensiones para la rotonda propuesta 2.

ELEMENTOS DE ROTONDA	DIMENSIONES
Velocidad de diseño	45 km/h
Diámetro isleta central	44 m
Diámetro del círculo inscrito	64 m
Ancho de la senda o calzada circulatoria	10 m



Ancho de los faldones	1.0 m			
Ancho de hombros de rotonda	2.0 m			
ELEMENTOS DE RAMALES	DIMENSIONES			
	CA07N SM	MOR24E	CA07N GOT	RN18 E
Carriles de entrada	2	1	1	2
Carriles de salida	2	1	2	2
Radio de entrada	30 m	30 m	30 m	30 m
Radio de salida	40 m	26 m	40 m	40 m
Ancho de entrada	9.8 m	4 m	5.0 m	9.8 m
Ancho de salida	9.8 m	4 m	9.8 m	9.8 m
Longitud de ensanchamiento de entrada y salida	40 m	30 m	40 m	40 m
Anchura de acceso	7.2 m	3.6 m	3.6 m	7.2 m
Anchura de abandono	7.2 m	3.6 m	7.2 m	7.2 m
Bandas o rayas	1.8 m	-----	-----	-----
Longitud de isla splitter	15 m	15 m	15 m	15 m
Ancho de la isla splitter	4 m	4 m	4	4

4.6.7 MÉTODO MANUAL DE EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE LA PROPUESTA 2.

4.6.7.1 Capacidad de entrada.

Siguiendo la misma metodología se obtiene la capacidad de entrada para cada ramal.

Primeramente se calculan los parámetros geométricos:

$$S = \frac{1.6(5 - 3.6)}{20} = 0.112$$

$$x_2 = 1.8 + \frac{5 - 3.6}{1 + 2(0.112)} = 2.94$$

$$t_d = 1 + \frac{0.5}{1 + e^{\frac{(64-60)}{10}}} = 1.20$$

Luego se determinan las constantes geométricas:

$$f_c = 0.210(1.20) \times (1 + 0.2(2.94)) = 0.40$$



$$F = 303(2.94) = 890.82$$

$$k = 1 - 0.00347(28^\circ - 30^\circ) - 0.978 \left(\frac{1}{30} - 0.05 \right) = 0.99$$

Se sustituyen todos los datos encontrados en la ecuación 4.4 y se obtiene:

$$Q_e = 0.99 \times (890.82 - 0.40(640)) = 628 \text{ vhl/h}$$

Cuadro 4.29 Capacidad de entrada en arterias, propuesta 2

ARTERIA	CAPACIDAD (vhl/h)
CA07N SM	1,491
RN18 E	940
CA07N GOT	628

Fuente: Elaboración propia

4.6.7.2 Relación volumen capacidad

Se obtiene la relación volumen capacidad para las arterias, dividiendo la demanda entre la capacidad, a modo de ejemplo se obtiene la relación de la RN18E:

$$\text{Grado de saturación RN18 E} = \frac{754 \text{ vhl/h}}{940 \text{ vhl/h}} = 0.80$$

El cuadro 4.30 muestra los resultados obtenidos para las otras arterias utilizando la misma metodología.

Cuadro 4.30 Grado de saturación de las arterias de entrada, propuesta 2.

ARTERIA	GRADO DE SATURACION (vhl/h)
CA07N SM	0.96
RN18 E	0.80
CA07N GOT	0.82

Fuente: Elaboración propia



4.6.7.3 Controles de retraso.

Utilizando la ecuación 4.8 se obtiene el retraso para cada ramal.

Cuadro 4.31 Demoras para las arterias que convergen a la intersección, propuesta 2

ARTERIA	DEMORAS (seg/h)
CA07N SM	32
RN18 E	22
CA07N GOT	32

Fuente: Elaboración propia

4.6.7.4 Nivel de servicio para la rotonda propuesta.

Según el cuadro 4.25 se obtiene el nivel de servicio para cada arteria.

Cuadro 4.32 Nivel de Servicio de la propuesta 2

ARTERIA	NIVEL DE SERVICIO
CA07 SM	D
RN18 E	C
CA07N GOT	D

Fuente: Elaboración propia

4.6.7.5 Longitudes de cola.

Sustituyendo datos en la ecuación 4.9 se obtienen las longitudes de colas en vehículos para cada ramal de entrada.

Cuadro 4.33 Longitud de cola de cada entrada, propuesta 2.

ARTERIA	LONGITUD DE COLA (VEH)
CA07N SM	20
RN18 E	9
CA07N GOT	9

Fuente: Elaboración propia

Las longitudes de cola encontradas para cada ramal son aceptables, los ramales de entrada de dos carriles distribuirán estos vehículos en dos vías, por lo que la longitud disminuirá. Al aumentarse el flujo vehicular en la arteria CA07N SM este podría ampliarse a tres carriles.

El diseño geométrico de la propuesta 2 se muestra en el anexo A – 7 Diseño de rotonda, así como también su señalización, los perfiles y las secciones.



CAPÍTULO V: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

El presente capítulo menciona y detalla el procedimiento necesario para la realización de la campaña geotécnica, la ejecución de los ensayos en la mecánica de suelos según lo especifica la norma, basada en el diseño AASHTO, la obtención de los espesores de las capas para el diseño del pavimento, entre otros métodos que serán de vital importancia para complementar y llevar a cabo la finalización del proyecto.

5.1 CAMPAÑA GEOTÉCNICA.

Se puede definir la geotecnia como el conjunto de técnicas, tanto de campo como de laboratorio, que permiten conocer las propiedades que posee un terreno o muestra de él y como este puede ser utilizado de manera más eficiente como elemento de construcción, como material o como estructura de soporte.

En este caso se presenta un informe donde se detallara como se pretende realizar la campaña geotécnica para encontrar el Mr (módulo de resiliencia) y obtener el diseño de las capas estructurales del pavimento.

5.1.1 PASOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA.

5.1.1.1 Reconocimiento geotécnico.

Antes de iniciar cualquier proyecto de carretera, es necesario conocer las características del terreno involucrado. Con este fin, se realizará un reconocimiento geotécnico del terreno, cuyos objetivos principales son:

- ✓ **Identificación del punto de muestreo.** Colocación por medio topográfico y geodésico la ubicación real del punto donde se requerirá la extracción de la muestra dentro del área en estudio.
- ✓ **Determinación tipo de materiales existentes.** Clasificación del material extraído.
- ✓ **Condiciones hidrológicas y de drenajes.** Determinación del nivel freático (si el estudio lo permite) de la zona.



- ✓ **Identificación de riesgos.** Debidos a filtraciones, arrastres y erosiones internas, Influencia del agua en la estabilidad y posibles asentamientos de las estructuras.
- ✓ **Carpeta estratigráfica.** De la zona en estudio o zona involucrada por medio de sondeos.

5.1.1.2 Técnicas de reconocimiento.

Para el reconocimiento geotécnico del terreno se utilizarán técnicas desde la más básica como la inspección visual, hasta las técnicas de campo o laboratorio más o menos sofisticadas.

Dentro de estas últimas, se puede establecer la siguiente clasificación:

- ✓ Calicatas y sondeos manuales o mecánicos.
- ✓ Ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas y ensayos “in situ”.
- ✓ Pruebas de penetración estándar.

5.1.1.3 Programa de prospección geotécnica.

Se realizará un programa de prospección geotécnica que sigue la siguiente secuencia:

a) Exploración de suelos.

Mediante pozos a cielo abierto para estudio de la subrasante, la distancia entre pozo y pozo estará de acuerdo a las características observadas del suelo. Realizando uno por cada ramal de la intersección tomando como parámetro eje de rodaje de la rotonda en sí.

Las muestras serán tomadas desde 50 cm (para PCA) de profundidad, habiendo quitado previamente una capa de 20 cm, de espesor o de acuerdo al espesor de la capa vegetal si la hay. En este caso hasta llegar a terreno natural cuando sea sobre la estructura de pavimento existente.

b) Ensayos de laboratorio.

- ✓ Clasificación de los suelos mediante los sistemas AASHTO M145.
- ✓ Análisis granulométrico (AASHTO T27 y T11).
- ✓ Límites de Atterberg (AASHTO T89 Y T90)
- ✓ Determinación de suelos expansivos (AASHTO T258)
- ✓ Contenido de humedad total del agregado (AASHTO T256)



- ✓ Gravedad Especifica de los agregados (AASHTO T85)
- ✓ Ensayos de compactación-densidad –Proctor- (AASHTO T180).
- ✓ Ensayo C. B. R. -California Bearing Ratio- (AASHTO T 193).
- ✓ Determinación del Módulo de Resiliencia de los suelos.

5.1.1.4 Informe Final.

Toda la información geotécnica recopilada en la campaña se debe plasmar en un informe final, el cual entre otras cosas los puntos básicos que debe reunir son:

- Antecedentes del proyecto (si los hay).
- Geología a lo largo de la zona del proyecto.
- Hojas de cálculo y gráficos de todos los ensayos con su ubicación, de los suelos muestreados en el proyecto.
- Ubicación del nivel freático (si las condiciones de estudio lo permiten), condiciones hidrológicas y de drenaje.
- Recomendaciones acerca del tratamiento que debe darse a los suelos de la zona para lograr la estabilidad de las estructuras de la carretera.
- Conclusiones acerca de los puntos más importantes en relación a la estabilidad de los suelos de las zonas, necesidad de estructuras de retención y establecer si la obra es viable construirla en la zona proyectada.

5.2 MECÁNICA DE SUELOS.

Previo a la campaña geotécnica realizada en el lugar de estudio y con las muestras extraídas en los sondeos ejecutados por PCA, se continua a la fase de laboratorio, donde por medio de ensayos normados (en este caso AASHTO) se conocerán y determinaran de manera más técnica las propiedades que posee el suelo en estudio y cuáles de este favorecen en el soporte de la estructura de pavimento a ejecutarse.

5.2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Los ensayos de laboratorio correspondientes al estudio de suelos para carreteras son conforme a las Normas AASHTO, ya que el diseño a ejecutar también lo requiere a continuación se describen de manera breve y concisa la



metodología que se utilizara en cada ensayo normado, describiendo el proceso y cálculo necesario para determinar las características y propiedades del suelo obtenido en campaña geotécnica.

5.2.1.1 Método de Ensayo Estándar para Análisis por Malla de Agregados Grueso y Fino.

Designación: AASHTO T27 y T11.

ASTM C136.

Procedimiento.

1. Seque la muestra a masa constante.
2. Seleccione las mallas con aberturas adecuadas.
3. Tamizar por un periodo suficiente y de tal manera que, no más del 1 % por masa del material retenido en alguna malla individual pase esa malla durante 1 minuto de continuo tamizado manual.
4. Tomar una porción de masa conocida de la muestra que pasa la malla N° 4 (4.75mm) separando el material grueso (por el Método de Ensayo C 117), lavar las partículas mínimas a la malla N° 200, secar al horno y proseguir el tamizado con las demás mallas faltantes.
5. Determine la masa de cada incremento de tamaño en una báscula o balanza.

Tabla 5.1. Cantidad Máxima Admisible de Material Retenido en una Malla, Kg.

Tamaño de apertura de Malla, mm	Dimensiones Nominales de la malla				
	203.2 mm	254 mm	304.8 mm	350x350 mm	372x580 mm
	Área de Tamizado, m ²				
	0.0285	0.0457	0.0670	0.1225	0.2158
125	C	C	C	C	67.4
100	C	C	C	30.6	53.9
90	C	C	15.1	27.6	48.5
75	C	8.6	12.6	23.0	40.5
63	C	7.2	10.6	19.3	34.0
50	3.6	5.7	8.4	15.3	27.0
37.5	2.7	4.3	6.3	11.5	20.2
25.0	1.8	2.9	4.2	7.7	13.5
19.0	1.4	2.2	3.2	5.8	10.2
12.5	0.89	1.4	2.1	3.8	6.7
9.5	0.67	1.1	1.6	2.9	5.1
4.75	0.33	0.54	0.80	1.5	2.6

Fuente: Norma ASTM C136 - 01



Cálculos y gráficos.

1. Calcule los porcentajes pasando, porcentaje total retenido, o porcentajes en varios tamaños de fracciones para el cercano 0.1 % con base en la masa total de la muestra seca inicial.
2. Incluya la masa del material más fino que el tamaño de 75 mm (No. 200) por lavado en el cálculo de análisis por malla; y use la masa de la cantidad total de la muestra seca previa al lavado en el Método de Ensayo C 117 como la base para calcular todos los porcentajes.
3. De acuerdo a los valores de los pesos retenidos en cada tamiz, registrar los siguientes datos en la hoja de cálculo:

- **Porcentaje retenido en criba (%RC):**

$$\%RC = \left(\frac{PRC}{M_t} \right) (100) \quad (\%) \quad \text{Ecuación (5.0)}$$

Dónde:

PRC= peso retenido en cada criba (gr).

M_t= Peso total de la muestra (gr).

- **Porcentaje retenido en las mallas (%RM):**

$$\%RM = \left(\frac{PRC}{M_f} \right) (100) \quad (\%) \quad \text{Ecuación (5.1)}$$

Dónde:

PRC= peso retenido en cada criba (gr).

M_f= Peso total seco de la muestra que se lavó en malla N°200 (gr).

- **Porcentajes retenidos acumulados:** suma acumulada de los porcentajes retenidos en cribas y mallas.
- **Porcentaje que pasa:** Consiste en restar a 100% el porcentaje retenido acumulado en cribas y mallas.
- **Porcentaje de pérdida (%P):** para cada fracción de material, mediante las siguiente expresión:

$$\%P = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_1} \right) (100) \quad (\%) \quad \text{Ecuación (5.2)}$$

Donde:

M₁= Peso de material (grueso o fino) a ensayar (gr).

M₂= Sumatoria de pesos retenidos (gr).

4. Graficar la curva granulométrica, donde la ordenada será el porcentaje que pasa en peso en cada tamiz en escala natural y la abscisa el



tamaño (diámetro equivalente) de las partículas en escala logarítmica. De esta curva se obtiene el porcentaje de gravas, arenas, finos y diámetros mayores a 3" del suelo.

5. Calcular el coeficiente de uniformidad (C_u), el cual es una medida de la uniformidad (graduación) del suelo y el coeficiente de curvatura (C_c), el cual es un dato complementario para definir la uniformidad de la curva, mediante las siguientes expresiones:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Ecuación (5.3)}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} \quad \text{Ecuación (5.4)}$$

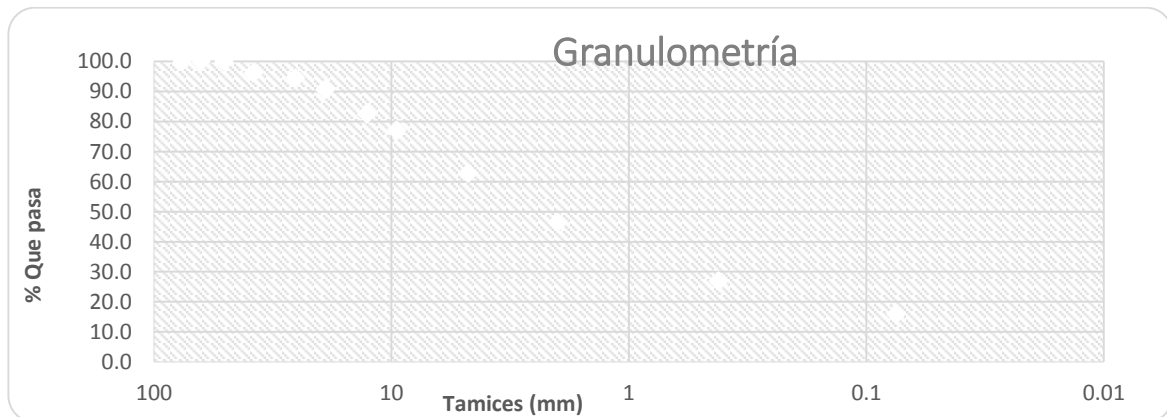
Donde:

D_{10} = Tamaño donde pasa el 10% del material.

D_{30} = Tamaño donde pasa el 30% del material.

D_{60} = Tamaño donde pasa el 60% del material.

Grafico 5.0. Grafico para curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia



Formato 5.0. Hoja de cálculo para ensayo de Granulometría en laboratorio.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil					
Tesis:		Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.			
Análisis Granulométrico de agregado grueso y fino (AASHTO T27 Y T11)					
PCA #: Ubicación de PCA: Tipo de tamizado: Vía: Fecha de muestreo: Fecha de ensayo:					
			Material lavado en malla N° 200		
Peso en bruto (gr)			Peso en bruto (gr)		
Peso de tara (gr)			Peso de tara (gr)		
Muestra representativa (gr)			Muestra representativa (gr)		
Peso seco (gr)			Peso seco (gr)		
Criba(")	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa
3					
2 1/2					
2					
1 1/2					
1					
3/4					
1/2					
3/8					
N°4					
Pasa N°4					
% Perdida					
Humedad	Peso en bruto (gr)		Peso seco (gr)		Humedad (%)
	Peso de tara (gr)		Cantidad de agua		
Malla N°	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa
N°10					
N°40					
N°200					
Fondo					
% Perdida					
Observaciones:					



5.2.1.2 Método de Ensayo Estándar para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plástico de Suelos.

Designación: AASHTO T89 Y T90

ASTM D 4318-00

Preparación del Espécimen de Ensayo.

Método de Preparación Húmeda – (Utilizado para muestras en estudio)

Prepare el espécimen para ensayo como se describe en las siguientes secciones:

1. Material pasando la malla de 425 μm (No. 40):
2. Prepare 150 a 200 g de material mediante mezclado completo con agua destilada o desmineralizada en la placa de vidrio o cápsula de mezclado usando la espátula.
3. Coloque el material preparado en el plato de almacenamiento/mezclado, verifique su consistencia (ajuste si es requerido), cubra para prevenir pérdida de humedad, y permita curado por al menos 16 h (por la noche).

LIMITE LIQUIDO MULTI PUNTOS – METODO A.

Procedimiento.

1. Remezcle completamente el espécimen en su recipiente.
2. Usando una espátula, coloque una porción del suelo preparado en la copa del dispositivo, extiéndala en la copa a una profundidad de alrededor 10 mm en su punto de mayor profundidad franjeando para formar una superficie aproximadamente horizontal.
3. Forme una ranura en el suelo preparado mediante la introducción de la herramienta con el filo biselado hacia delante a través del suelo en una línea que une el punto alto al punto bajo en el aro de la copa.
4. Suba y golpee la copa girando el maneral a una razón de 1.9 a 2.1 golpes por segundo hasta que las dos partes del suelo preparado están en contacto en el fondo de la ranura a lo largo de una distancia de 13 mm (1/2 pulg).
5. Registre el número de golpes, N, requerido para cerrar la ranura. Remueva una lasca de suelo y colóquelo en un contenedor de masa conocida y cúbralo.



6. Remezcle el espécimen de suelo completo en la copa adicionando agua destilada para incrementar el contenido de humedad del suelo y disminuir el número de golpes requeridos para cerrar la ranura. Repita para al menos dos ensayos adicionales produciendo sucesivamente número de golpes bajos para cerrar la ranura. Uno de los ensayos será para un cierre requerido entre 25 y 35 golpes, uno para cierre entre 20 y 30 golpes y un ensayo para un cierre requerido entre 15 a 25 golpes.
7. Determinación de masas iniciales (recipiente más suelo húmedo) puede ser efectuada inmediatamente después de completar el ensayo.
8. Determine el contenido de agua, W^n , del espécimen de suelo para cada prueba.

Cálculos.

1. Grafique la relación entre el contenido de agua, W , y el correspondiente número de golpes, N , de la copa en un gráfica semilogarítmica con el contenido de agua como ordenada en la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en una escala logarítmica. Dibuje la mejor línea recta a través de los tres o más puntos ploteados.
2. Tome el contenido de agua correspondiente a la intersección de la línea con 25 golpes y la abscisa, como el límite líquido del suelo y redondee al número entero más cercano. Métodos computacionales pueden ser sustituidos por el método gráfico para obtener una línea recta y determinar el resultado del límite líquido.

LIMITE PLASTICO.

Preparación del Espécimen de Ensayo.

1. De este espécimen de limite plástico, seleccione una porción de 1.5 a 2.0 g. Forme la porción seleccionada en una masa elipsoidal.
2. Ruede la masa de suelo por el siguientes método:

Método Manual – Ruede la masa entre la palma o dedos y la placa de vidrio con suficiente presión para enrollar la masa en un hilo de diámetro uniforme por toda su longitud. El hilo será alejado y deformado en cada trazo así que su diámetro alcance 3.2 mm (1/8 pulg), tomando no más de 2 min.

3. Cuando el diámetro del hilo alcanza 3.2 mm, corte el hilo en varias piezas. Continúe con este rolado alternado en un hilo de 3.2 mm de diámetro, reúna juntándolas, amasándolas y rerolado, hasta que el hilo



se desmigaje bajo la presión requerida para el rolado y el suelo ya no pueda alargarse siendo rolado hasta 3.2 mm de diámetro del hilo

4. Si el desmigajamiento ocurre cuando el hilo tiene un diámetro mayor de 3.2 mm, esto será considerado un punto final satisfactorio, proporcionando que el suelo ha sido previamente rodado en un hilo de 3.2 mm de diámetro.
5. Reunir las porciones del hilo desmigajado junto y colóquelo en un recipiente de masa conocida. Inmediatamente cubra el recipiente.
6. Seleccione otra porción de 1.5 a 2.0 g de suelo del espécimen de límite plástico y repita las operaciones descritas hasta que el contenedor tenga al menos 6 g de suelo.
7. Determine el contenido de agua del suelo contenido en el recipiente.

Cálculos.

Calcule el promedio de dos contenidos de agua (prueba de límite plástico) y redondee al número entero más cercano. Este valor es el límite plástico, LP.

INDICE DE PLASTICIDAD.

Cálculos.

Calcule el índice plástico como sigue:

$$IP = LL - LP \qquad \text{Ecuación 5.5}$$

Donde:

LL = límite líquido (numero entero).

PL = límite plástico (numero entero).

Ambos, el LL y el LP son números enteros. Si el límite líquido o el límite plástico no pueden ser determinados, o si el límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, reporte el suelo como no plástico, NP.



Formato 5.1. Hoja de cálculo para ensayo de Límites de consistencia.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil																																																																																																																						
Tesis:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.																																																																																																																					
Límites de consistencia de los suelos (AASHTO T89 y T90)																																																																																																																						
PCA #: Ubicación de PCA: Fecha de muestreo: Fecha de ensayo:																																																																																																																						
	Limite Liquido			Limite Plástico																																																																																																																		
Determinación	1	2	3	1	2	3																																																																																																																
Capsula N°																																																																																																																						
N° de golpes																																																																																																																						
Wcap + Ww																																																																																																																						
Wcap + Ws																																																																																																																						
w																																																																																																																						
Wcap																																																																																																																						
%w																																																																																																																						
	LL			LP																																																																																																																		
IP		Clasificación AASHTO																																																																																																																				
% HUMEDAD	<table border="1" style="width: 100%; height: 150px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 5%;">35.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>34.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>33.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>32.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						35.0							34.0							33.0							32.0							31.0							30.0							29.0							28.0							27.0							26.0							25.0							24.0							23.0							22.0							21.0							20.0						
35.0																																																																																																																						
34.0																																																																																																																						
33.0																																																																																																																						
32.0																																																																																																																						
31.0																																																																																																																						
30.0																																																																																																																						
29.0																																																																																																																						
28.0																																																																																																																						
27.0																																																																																																																						
26.0																																																																																																																						
25.0																																																																																																																						
24.0																																																																																																																						
23.0																																																																																																																						
22.0																																																																																																																						
21.0																																																																																																																						
20.0																																																																																																																						
	10	Nº GOLPES				100																																																																																																																
Observaciones:																																																																																																																						



5.2.1.3 Sistema de Clasificación de Suelos y Mezclas de Agregado-Suelo para Propósitos de la Construcción de Carreteras.

Designación: AASHTO M – 145

ASTM D – 3282 (SUCS)

Descripción de los grupos de clasificación.

Materiales granulares. Contienen 35% o menos del material que pasa el tamiz de 75µm (#200).

Grupo A-1: El material típico de este grupo es una mezcla bien graduada de fragmentos de piedra o grava, arena gruesa, arena fina, y un ligante de suelo no plástico o de baja plasticidad. Sin embargo, este grupo incluye también fragmentos de roca, grava, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc. Sin un ligante de suelo.

Subgrupo A-1-a: Incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de fragmentos de roca o grava con o sin ligante bien graduado de material fino.

Subgrupo A-1-b: Incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de arena gruesa con o sin ligante de suelo bien graduado.

Grupo A-3: El material típico de este grupo es la arena fina de playa o la arena fina de desierto, sin finos de arcilla, limo o con una pequeña cantidad de limo no plástico. Este grupo también incluye las mezclas aluviales de arena fina mal gradada con pequeñas cantidades de arena gruesa y fina.

Grupo A-2: Este grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares, que se encuentran en el límite entre los materiales que se clasifican en los grupos A-1 y A-3, y los materiales tipo limo y arcilla que se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Incluye todos los materiales que contienen 35% o menos material que pasa el tamiz de 75 µm (#200) que no pueden ser clasificados en los grupos A-1 o A-3, debido al contenido de finos o a los



índices de plasticidad, o ambos, por encima de las limitaciones de estos grupos.

Los subgrupos A-2-4 y A-2-5: incluyen varios materiales granulares que contienen 35% o menos material que pasa el tamiz de 75 μm (#200) y con una porción que pasa el tamiz de 425 μm (#40) que tiene las características de los grupos A-4 y A-5 respectivamente. Estos grupos contienen materiales tales como grava y arena gruesa con contenidos de limo e IP por encima de las limitaciones del grupo A-1, y arena fina con un contenido de limo no plástico por encima de las limitaciones del grupo A-3.

Los subgrupos A-2-6 y A-2-7: incluyen materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5 excepto en que la porción final contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7 respectivamente.

Material limo arcilloso: contiene más de 35% de material que pasa la malla de 75 μm (#200).

La categoría de los suelos limo-arcillosos está compuesta por los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, cuyo comportamiento en explanadas va de regular a malo.

Grupo A-4: El material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene el 75% o más de material que pasa el tamiz de 75 μm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo limoso fino y hasta 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz de 75 μm (#200).

Grupo A-5: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-4, salvo que usualmente tiene un carácter diatomáceo o micáceo y puede ser muy elástico, como lo indica su alto LL.

Grupo A-6: EL material típico de este grupo es una arcilla plástica que usualmente tienen el 75% o más material que pasa el tamiz de 75 μm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo arcilloso y hasta el 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz #200. Los materiales de este grupo



normalmente presentan grandes cambios de volúmenes entre los estados seco y húmedo.

Grupo A-7: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-6, salvo que tiene el LL elevado, característico del grupo A-5, y puede presentar elasticidad o alto potencial de expansión.

Subgrupo A-7-5: Incluye materiales con IP moderados en relación con el LL y que pueden presentar un alto potencial de expansión.

Subgrupo A-7-6: Incluyen materiales con un alto IP en relación con el LL y presentan un alto potencial de expansión.

Los suelos orgánicos, incluida la turba, pueden clasificarse en el grupo A-8: La clasificación de estos materiales se basa en la inspección visual y no depende del porcentaje que pasa por el tamiz de 75 μm (#200), el LL y el IP.

Tabla 5.2. Nomenclatura del sistema de clasificación de suelos AASHTO.

Suelos con 35% o menos de finos:		Suelos con más de 35% de finos:	
A - 1	Gravas y Arenas	A - 4	Suelos limosos
A - 2	Gravas limosas o arcillosas Arenas limosas o arcillosas	A - 5	Suelos limosos
		A - 6	Suelos arcillosos
		A - 7	Suelos arcillosos
A - 3	Arenas finas	A - 8	Suelos orgánicos

Fuente: AASHTO.

Procedimiento de clasificación.

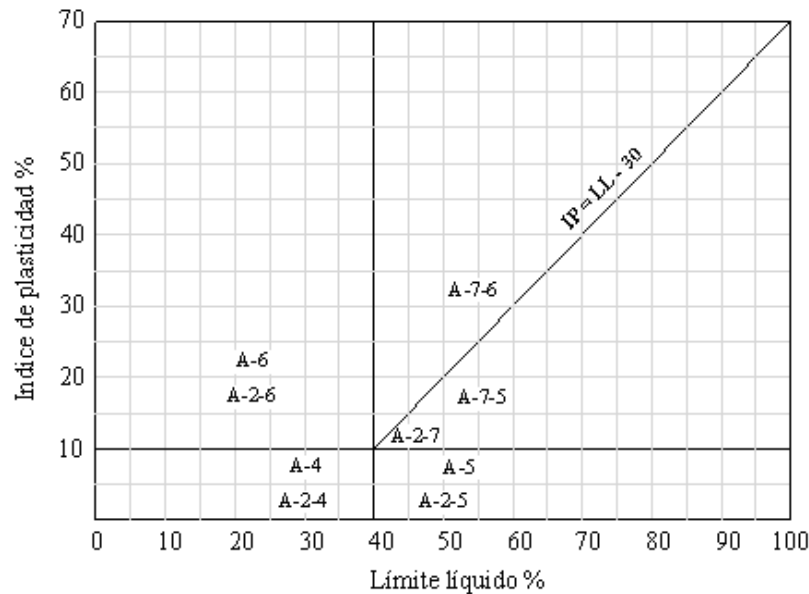
1. Se clasifica el suelo en un grupo o sub-grupo apropiado, o en ambos, de acuerdo con las tablas 5.4. Se utiliza la Figura 5.1 para clasificar los materiales fino granulares a partir de los valores de LL y de IP. Todos los valores de límites de consistencia se presentan como números enteros.
2. A partir de los resultados de los ensayos requeridos se procede de izquierda a derecha en las tablas 5.5 y 5.6, para encontrar la clasificación correcta por un proceso de eliminación. El primer grupo de la izquierda en el que se ajusten los resultados de los ensayos es la clasificación correcta.



- La clasificación de los materiales en los diferentes grupos, se aplica solo a la fracción que pasa el tamiz de 7.5 μm . En consecuencia, cualquier especificación en relación con el uso de materiales de los grupos A-1, A-2 o A-3 para construcción debe definir si admite cantos (retenidos sobre el tamiz de 7.5 μm).

La clasificación realizada de esta manera se complementa con el índice de grupo, que permita caracterizar mejor cada suelo dentro de los grupos, ya que estos admiten suelos con porcentajes de finos y plasticidad muy diferentes.

Figura 5.1. Carta de Plasticidad AASHTO.



Fuente: Norma ASSHTO M – 145.

Cálculo del índice de grupo.

- La clasificación obtenida en las tablas 5.5 y 5.6, puede ser modificada por la adición de un valor de índice de grupo. Los valores de índice de grupo deben mostrarse siempre en paréntesis después del símbolo de grupo como A-2-6 (3), A-4 (5), A-6 (12), A-7-5 (17), etc.

Calcule el índice de grupo, IG, a partir de la siguiente fórmula empírica.

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10) \quad \text{Ecuación 5.6}$$

Donde:



F: porcentaje que pasa el tamiz de 75 mm (#200), expresado como un número entero (este porcentaje se basa sólo en el material que pasa el tamiz de 7.5 cm.

LL: Límite líquido.

IP: Índice de plasticidad.

2. Si el índice de grupo calculado es negativo se registra el índice de grupo como cero.
3. Si el suelo no es plástico y no se puede determinar el LL, se registra el índice de grupo como cero.
4. Se registra el índice de grupo con el número entero más próximo.
5. El valor del índice de grupo puede estimarse utilizando la tabla 5.3, determinando los índices de grupo parciales debidos al LL y al IP, y luego obteniendo el total de los dos índices de grupo parciales.
6. El índice de grupo en los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, deben calcularse utilizando sólo la porción del IP de la fórmula (o la tabla 5.3).

Restricción para los finos: %malla nº 200 > 35% => Fino.

La evaluación se complementa mediante el IG:

$$IG = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd \quad \text{Ecuación 5.7}$$

IG puede ser > 20

Tabla 5.3. Cálculo del índice de grupo para materiales finos.

IG máx = 20	Máximo	Mínimo
a = % que pasa nº 200 (35 - 75)	40	0
b = % que pasa nº 200 (15 - 55)	40	0
c = % LL (40 - 60)	20	0
d = % IP (10 - 30)	20	0

Fuente: Norma AASHTO.

Consideraciones:

- ✓ Permite determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, subrasantes, Sub-bases y bases.
- ✓ Se clasifica al primer suelo que cumpla las condiciones de izquierda a derecha en la tabla.
- ✓ El valor del IG debe ir siempre en paréntesis después del símbolo de grupo.



- ✓ Si un suelo es altamente orgánico, se debe clasificar como A- 8 por inspección visual y diferencia en humedades.

Generalmente cuanto menor es el IG de un suelo, mejores son las cualidades del suelo como explanada o capa de asiento del firme. Los suelos de los grupos A-1, A-3, A-2-4 y A-2-5, que pueden calificarse de buenos a excelentes, tienen un IG = 0. Un IG = 20 o mayor corresponde a un suelo de muy mala calidad, en condiciones medias de drenaje y compactación.

La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2



Tabla 5.4. Clasificación de suelos y mezclas de suelos y agregados.

Clasificación general	Materiales granulares 35% o menos pasan la malla N° 200							Limos y arcillas 35% pasa la malla N° 200			
Grupo	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Sub-grupo	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5 A - 7 - 6
% que pasa Tamiz											
N° 10	50 Máx										
N° 40	30 Máx	50 Máx	51 Mín								
N° 200	15 Máx	25 Máx	10 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	36 Mín	36 Mín	36 Mín	
Limites de Atterberg											
Limite Liquido				40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín
Índice de Plasticidad	6 Máx	6 Máx	NP	10 Máx	10 Máx	11 Mín	11 Mín	10 Máx	10 Máx	11 Mín	11 Mín
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 Máx	4 Máx	8 Máx	12 Máx	16 Máx	20 Máx
Tipo de material	Gravas y arenas		Arenas finas	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Estimación general del suelo como subrasante	Excelente			Excelente a bueno				Regular a malo			

Fuente: Norma AASHTO.

El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 5 es menor o igual a (LL - 30).

El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 6 es mayor a (LL - 30).



5.2.1.4 Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por Secado.

Designación: AASHTO T256

ASTM C 566 – 97

Procedimiento.

1. Pese la muestra con una aproximación de 0.1 %
2. Seque la muestra completamente en el recipiente, por medio de la fuente de calor seleccionada, teniendo el cuidado de evitar la pérdida de alguna partícula.
3. Cuando la muestra está completamente seca cuando más calor causa, o causará, menos del 0.1 % de pérdida de peso adicional.
4. Determine la masa de la muestra seca con una precisión de 0.1 % después de que haya enfriado suficiente para no dañar la balanza.

Tabla 5.5. Tamaño de Muestra para Agregado

Tamaño Máximo Nominal del Agregado mm (pulg.)	Masa de Peso Normal Muestra de Agregado, min. Kg.
4.75 (0.187) (No. 4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	3
25.0 (1)	4
37.5 (1 ½)	6
50 (2)	8
63 (2 ½)	10
75 (3)	13
90 (3 ½)	16
100 (4)	25
150 (6)	50

Fuente: Norma ASTM C566 - 97

Cálculos.

Calcule el contenido de humedad total como sigue:

$$p = 100 \frac{(W - D)}{D} \quad \text{Ecuación 5.8}$$

Donde:

p = contenido de humedad de la muestra, (%).

W = masa de la muestra original, (g).

D = masa de la muestra seca, (g).



El contenido de humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido de humedad total y la absorción, con todos los valores basados en pesos secos.

5.2.1.5 Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso.

Designación AASHTO T85

ASTM C 127 – 01

Muestreo.

Mezcle completamente la muestra de agregado y redúzcalo a la cantidad aproximada necesaria. Rechace todo el material que pasa la malla de 4.75 mm (No. 4) por tamizado en seco y lavando completamente para remover el polvo y otros recubrimientos de la superficie. La masa mínima de la muestra de ensayo a ser usada está dada a continuación.

Tabla 5.6. Cantidad de agregado según su tamaño nominal máximo.

Tamaño Máximo Nominal, mm (pulg.)	Masa Mínima de la Muestra de Prueba, Kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Fuente: Norma ASTM C566 - 97

Procedimiento.

1. Seque la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$, enfriar al aire a temperatura del cuarto por 1 a 3 horas para muestras de ensayo de 37.5 mm (1 ½ pulg.) de tamaño máximo nominal, o más tiempo para tamaños mayores hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea manejable



(aproximadamente 50° C). Posteriormente sumerja el agregado en agua a la temperatura del cuarto por un periodo de 24 ± 4 h.

2. Remueva la muestra de ensayo del agua y enróllela en un paño o franela absorbente hasta que toda la película visible de agua sea removida. Seque las partículas grandes individualmente. Una corriente de aire es permitida para ayudar en la operación de secado. Determine la masa de la muestra de ensayo en la condición saturado superficialmente seco. Registre esta y las subsecuentes masas.
3. Después de determinar la masa al aire, inmediatamente coloque la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el contenedor de muestra y determine su masa aparente en agua a $23 \pm 2.0^\circ$ C.
4. Seque la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ C, enfriar al aire a la temperatura del cuarto durante 1 a 3 h, o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que es confortable de manejar (aproximadamente 50° C), y determine la masa.

Cálculos.

Densidad Relativa (Gravedad Específica):

Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (SH) — Calcule la densidad relativa (gravedad específica) en la base de agregado secada al horno como sigue:

$$(SH) = \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.9}$$

Donde:

A = masa al aire de la muestra seca al horno, g

B = masa al aire de la muestra saturada superficialmente seca, g

C = masa aparente de la muestra saturada en agua, g

Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (SSS) – calcule la densidad relativa (gravedad específica) en la base de agregado saturado superficialmente seco, así:

$$(SSS) = \frac{B}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.10}$$

Densidad Relativa Aparente (Gravedad Especifica Aparente) – Calcule la densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente) como sigue.



$$\text{Densidad Relativa Aparente} = \frac{A}{(A - C)} \quad \text{Ecuación 5.11}$$

Densidad:

Densidad (SH) – Calcule la densidad en la base de agregado secado al horno

$$\text{Densidad (SH)}, \frac{Kg}{m^3}, = 997.5 \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.12}$$

$$\text{Densidad (SH)}, \frac{Lb}{pie^3}, = 62.27 \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.13}$$

Nota – Los valores constantes usados en los cálculos (997.5 Kg/m³ y 62.27 lb/pie³) es la densidad del agua a 23° C.

Densidad (SSS) – Calcule la densidad en la base de agregado saturado superficialmente seco como sigue:

$$\text{Densidad (SSS)}, \frac{Kg}{m^3}, = 997.5 \frac{B}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.14}$$

$$\text{Densidad (SSS)}, \frac{lb}{pie^3}, = 62.27 \frac{B}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.15}$$

Densidad Aparente – Calcule la densidad aparente como sigue:

$$\text{Densidad aparente}, \frac{Kg}{m^3} = 997.5 \frac{A}{(A - C)} \quad \text{Ecuación 5.16}$$

$$\text{Densidad aparente}, \frac{lb}{pie^3} = 62.27 \frac{A}{(A - C)} \quad \text{Ecuación 5.17}$$

Valores promedio de densidad y densidad relativa (Gravedad específica) — Cuando la muestra es ensayada en fracciones separadas, calcule el valor promedio para densidad o densidad relativa (gravedad específica) del tamaño de la fracción calculada usando la siguiente ecuación:

$$G = \frac{1}{\frac{P_1 + P_2 + P_n}{(100G_1)(100G_2)(100G_n)}} \quad \text{Ecuación 5.18}$$

Donde:

G = densidad promedio o densidad relativa (gravedad específica). Todas las formas de expresión de densidad o densidad relativa (gravedad específica) pueden ser promediadas en esta forma.



$G_1, G_2 \dots G_n$ = promedio de densidad o densidad relativa (gravedad específica) valores para cada fracción dependiendo del tipo de densidad o densidad relativa (gravedad específica) siendo promediada.

$P_1 \quad P_2 \dots P_n$ = porcentajes de masa de cada fracción presente en la muestra original (no incluye materiales finos).

Absorción – Calcule el porcentaje de absorción como sigue:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{B - A}{A} \times 100 \qquad \text{Ecuación 5.19}$$

Formato 5.2. Hoja de cálculo para ensayo de Gravedad Especifica.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura					
Tesis	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.				
Prueba estandar para Gravedad Especifica y Absorción de Aridos Gruesos (AASHTO T85)					
PCA #:			Fecha de muestreo:		
Ubicación de PCA:			Fecha de ensayo:		
No de ensayo					
Masa de muestra seca (gr) (A)					
Masa de muestra SSS (gr) (B)					
Masa de muestra sumergida (gr) (C)					
Temperatura del agua (°C)					
Peso de canastilla (gr)					
Peso de recipiente (tara) (gr)					
Gravedad Especifica Seca					
Gravedad Especifica SSS					
Gravedad Especifica Aparente					
Densidad Seca (kg/m3)					
ABSORCIÓN					
Masa de muestra seca (gr) (A)					
Masa de muestra SSS (gr) (B)					
Peso de recipiente (tara) (gr)					
Absorción (%)					
Observaciones:					



5.2.1.6 Método de ensayo de índice de expansidad en suelos cohesivos.

Asignación ASTM D 4829.

Procedimiento.

Datos a tomar durante el ensayo:

- Peso de la célula + suelo+ agua inicial.
- Referencia de la célula.
- Referencia de la tara.
- Peso de Tara + célula + suelo + agua final
- Peso de Tara + célula + suelo tras secado en estufa 24h a 110°C.
- Lectura inicial estabilizada del sensor de deformación.
- Carga inicial (6.9 KPa).
- Lectura final del sensor de deformación.
- Carga final (6,9 KPa)
- Gravedad específica suelos (del suelo + agua inicial).
- Contenido de humedad de la muestra objeto de ensayo (una vez tamizada por la malla N°4 y antes de trabajarla) y Proctor de referencia en caso de muestra remoldeada.

Preparación de la muestra.

Preparación para el tamizado:

1. Secar al aire o al horno a temperatura inferior a 60°C hasta que se pueda deshacer las partículas o terrones de arcilla.
2. Pasar el material por el tamiz N°4 (4,75 mm) y desechar el material que retiene dicho tamiz.
3. Seleccionar una muestra representativa del material (por cuarteo) de unos 1000 gr. aproximadamente.

Preparación de la muestra en caso de ser remoldeada.

1. Compactar el material a un porcentaje determinado con relación al proctor, lo que interesa es la humedad óptima de dicho ensayo (Si ya fue realizado).
2. Añadir agua suficiente, a estima, al material seleccionado, antes de compactarlo, hasta llevar al suelo a una saturación del 50% +- 2% (es decir el rango de validez de la saturación es del 48% al 52%) una vez



este compactado.

3. Como aproximación inicial del agua a añadir considerar que normalmente este punto de saturación suele estar próximo a los valores óptimos de la densidad y de la humedad del proctor, (habiendo antes calculado el peso del SUELO SECO al dividirlo por la humedad inicial) y lo compactaríamos como se indica posteriormente.
4. Después mezclar el suelo y el agua, homogenizar, se toma una muestra representativa del material "con la humedad óptima" para la determinación del contenido de humedad y gravedad específica que posee la mezcla y el resto "se sella" en bolsa de plástico, para que no pierda humedad, durante un tiempo de 16 horas.
4. Preparar el espécimen compactado con el suelo curado (con humedad después de estar 16 horas la mezcla en bolsa de plástico sellada) en el molde de 101,9 mm (4,01 pulgadas) en dos capas iguales para una altura total compactada de 50,8 mm (2 pulgadas), Antes de colocar la primera capa de material destarar el molde.
5. Cada capa se compacta con 15 golpes distribuidos uniformemente con el pistón o maza de 50,8 mm (2 pulgadas) y una altura de caída libre de 305.6 mm y un peso total de 2,5 kg o 5,5 libras, maza del Proctor estándar. Como referencia, colocar el material de la primera capa hasta cubrir el anillo de hierro. Una vez compactada la primera capa se escarificar antes de añadir la segunda utilizando un cuchillo u otro objeto parecido. Durante el proceso de compactado, reposar el molde sobre una base rígida y uniforme. Como referencia, la altura del material suelto de la segunda capa a compactar llega hasta la ranura circular interior del molde de plástico.
6. Después del compactado de la probeta, se retiran la parte superior e inferior del molde y se refrenta por las dos caras del anillo portamuestra hasta dejar las dos caras paralelas con respecto al borde del anillo. En este caso no importa que el material compactado sobresalga de la parte superior del anillo metálico ya que se va a hacer este refrentado en ambas caras.
7. Se determina la altura inicial de la muestra (por defecto el anillo mide 25.4 mm) y se calcula (en realidad es una estimación) el grado de saturación inicial de la probeta (que debe estar entre el 48% y el 52%) antes de montar el consolidómetro.
8. Obtener el peso de la CELULA + SUELO AGUA INICIAL.



9. La tara de la célula que se utiliza como G1 (la del Lambe), debe de registrarse en el ensayo, esta no se modifica.
10. Se obtiene directamente el valor de PESO SUELO + AGUA INICIAL por diferencia entre los dos valores anteriores. Este último valor se divide entre la humedad inicial que se añadió (la del proctor o la que corresponda) antes de compactar en tanto por uno para obtener el peso de SUELO SECO.
11. Se calcula el peso de SUELO SECO + PESO ANILLO + PESO TARA. Este valor se coloca como el valor de TARA+CELULA+SUELO+AGUA FINAL y TARA+CELULA+SUELO, de manera que en la SATURACIÓN INICIAL del porcentaje de saturación de la muestra compactada que tendrá que estar entre el 48% y el 52%. No hay que tener en cuenta el grado de saturación final.
12. Al final del ensayo cuando se obtengan las humedades finales, se obtendrá el valor de la saturación final real.
- En caso de que no se esté en ese intervalo, la muestra compactada no es válida y hay que preparar otra ajustando el contenido de agua al nuevo espécimen para obtener el grado de saturación deseada, es decir, se agrega agua o se seca al aire un poco hasta llegar a la saturación inicial esperada.

Procedimiento de montaje y realización del ensayo.

1. Se coloca la muestra de ensayo en el consolidómetro con las placas porosas, en ambas caras de la muestra, secadas al aire. En este caso, entre la "muestra compactada y las placas porosas grandes se pone papel filtro ya que dichas placas no cubren completamente el diámetro de la muestra.
2. Para ello, se utiliza el recipiente del conjunto del aparato Lambe (G1) que permite introducir las placas porosas y la célula más grandes y se monta igual que si estuviera montado la célula edométrica en el consolidómetro.
3. Se coloca el conjunto en el edómetro centrado bien el consolidómetro.
4. Se somete la muestra, durante todo el ensayo, a una presión total de 6,9 KPa (1 lbf/in²) o 700 gr en el colgadero de las pesas en el consolidómetro. Luego el procedimiento es por medio de la máquina y el programa para realizar el ensayo, MECACISA MECATEST.



5. Una vez terminado el proceso mediante el programa, se retira de la maquina quitando el pistón de carga con cuidado. Sacar el consolidómetro y lo vaciarlo de agua con cuidado para que no caiga la placa porosa superior. Desmontar la célula y sacar bien el anillo con papel absorbente (conteniendo la muestra).
6. Poner el anillo con la muestra húmeda en una tara y pesar el conjunto e introducirlo en la estufa a 110° C durante al menos 16 horas.
7. Sacar de la estufa y volvemos a pesar la tara, el anillo y la muestra hasta masa constante.

Presentación de resultados.

Se calcula el índice de expansión.

$$IE: \left(\frac{\Delta H}{H1} \right) \times 100 \quad \text{Ecuación 5.20}$$

Donde:

H1: Es la lectura inicial del sensor

ΔH : Es la lectura final del sensor.

Se calcula la humedad inicial y final, la densidad seca inicial y grado de saturación inicial y final, de acuerdo con la norma ASTM D2435. Si la lectura final del IE fuera menor que la inicial (colapsa), se reporta el resultado como 0 de expansión (es decir, el IE no puede ser negativo).

Tabla 5.7 Clasificación del Potencial de Expansión de Índice de Expansión, IE.

Suelos usando el IE.	Potencial de Expansión
0-20	Muy bajo
21-50	bajo
51-90	Medio
91-130	Alto
>130	Muy alto

Fuente según Norma ASTM 04829



Formato 5.3. Hoja de cálculo para ensayo de Expansión de los suelos.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tema:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Metodo de ensayo de indice de expansión de los suelos cohesivos (ASTM D4829)						
PCA #:			Fecha de muestreo:			
Ubicación de PCA:			Fecha de ensayo:			
	carga escalón	lectura final	Hinchamiento			
	kg/cm ²	mm	mm			
EDÓMETRO						
Célula+suelo+agua inicial			HUMEDAD DE TALLADO Ref. tara t+s+a t+s t h tallado			
Célula						
Peso de célula						
peso suelo+agua inicial						
Tara			Altura teórica sólido micras Altura de poros inicial micras Altura de poros final micras Saturación inicial % Saturación final %			
Peso de tara						
Tara+celula+suelo+agua final						
peso suelo+agua final						
Tara+celula+suelo			Humedad inicial Humedad final Densidad húmeda inicial Densidad seca inicial			
Peso pastila seca						
Altura célula						
Diámetro célula						
Volumen célula			LECTURAS micras Ajuste a			
Sección						
Peso esp. Partículas						
presión						
kp/cm ²	Asiento total respecto inicio	Asiento parcial escalón	altura poros	índice poros poros	LECTURAS micras Ajuste a	
Observaciones:						



5.2.1.7 Relación Densidad – Humedad (Proctor modificado).

Designación: AASHTO T 180-01

Relación humedad – densidad de los suelos, según:

- *Método A:* En este procedimiento se utiliza el material que pasa el tamiz No 4 (4.75 mm) y es compactado en un molde de 4”.
- *Método B:* En este procedimiento se utiliza el material que pasa el tamiz No 4 (4.75 mm) y es compactado en un molde de 6”.
- *Método C:* En este procedimiento se utiliza el material que pasa el tamiz $\frac{3}{4}$ ” (19 mm) y es compactado en un molde de 4”.
- *Método D:* En este procedimiento se utiliza el material que pasa el tamiz $\frac{3}{4}$ ” (19 mm) y es compactado en un molde de 6”.

Procedimiento.

MÉTODO D.

Determinación del volumen y peso del molde de compactación.

1. Mida el diámetro del molde de compactación (Molde de 6”) en la parte superior e inferior, utilizando un vernier y registre los valores en la hoja de datos correspondiente.
2. Determine y registre la masa del molde de compactación seleccionado incluyendo su base (sin collarín).
3. Mida la altura del molde de compactación en la parte interior, a lo largo de su contorno, utilizando una cinta métrica. Calcule el promedio de las tres medidas tomadas y regístrelo como la altura del molde (hm) en el correspondiente formato.

Preparación del espécimen de ensayo:

1. Exponga al aire la muestra de suelo recibida de campo a una temperatura ambiente o colóquela en un horno de secado mantenido a una temperatura no excedente de 60 °C, hasta que seque completamente.
2. Tamice una cantidad adecuada y representativa del suelo desmenuzado, utilizando un tamiz de $\frac{3}{4}$ ” (19.0 mm) y descarte el material que se retiene en dicho tamiz.



3. Tome una muestra de suelo para determinar el contenido de humedad natural según el ensayo D 2216.
4. Tome 5 muestras de 5 Kg cada una, del suelo tamizado anteriormente y posteriormente coloque las muestras en bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad.
5. Calcule la cantidad de agua a agregar a cada una de las muestras a compactar, realizando incrementos que varíen en $\pm 2\%$, utilizando la siguiente ecuación:

$$C_w = (k) \frac{w_2 - w_1}{1 + w_1} \quad \text{Ecuación 5.21}$$

Donde:

C_w = Cantidad de agua a agregar a cada una de las muestras de suelo, cm^3 .

k = Masa de la muestra a ensayar con la humedad w_1 , g

w_1 = Humedad que contiene el material a ensayar, en decimales.

w_2 = Humedad a que deberá realizarse el ensayo de compactación, en decimales.

6. Coloque una de las muestras de suelo en un recipiente apropiado para el mezclado.
7. Agregue a la muestra de suelo la cantidad de agua calculada para hacerla llegar a la humedad requerida.
8. Mezcle completamente la muestra para asegurar una distribución uniforme, colóquela en un recipiente con tapa y déjela reposar durante un tiempo mínimo según el tipo de suelo (vea tabla 5.8).

Tabla 5.9 Tiempo requerido para el reposo de especímenes húmedos.

Clasificación	Tiempo de reposo mínimo, h
GW, GP, SW, SP	No requiere
GM, SM	3
Otros suelos	16

Fuente: Norma ASTM D698-00a, volumen 04.08 (American Society for Testing and Materials)

Compactación de la muestra:

1. Ensamble la placa base al molde con el anillo, asegurándolos correctamente.



2. Sitúe el molde en una superficie rígida, nivelada y uniforme, para realizar el ensayo sin ningún error.
3. Coloque el suelo previamente preparado dentro del molde hasta formar una capa de espesor uniforme, de tal manera que al compactarlo ocupe una quinta parte del molde.
4. Compacte el suelo colocado en el molde utilizando el martillo de compactación y proporcione 56 golpes distribuidos uniformemente dentro del molde.
5. El número de golpes aplicados con el martillo durante el proceso de compactación deben ser distribuidos uniformemente, teniendo el cuidado de aplicarlos a una velocidad de 25 golpes/min.
6. Al finalizar la compactación de cada capa, raye la superficie empleando un cuchillo para garantizar una buena adherencia con la siguiente capa. Repita, hasta completar cinco capas compactadas en el molde.

Nota – La última capa compactada deberá estar ligeramente arriba de la parte superior del molde, pero no exceder una altura de 6 mm (1/4”); ya que de lo contrario el espécimen deberá ser descartado.

7. Remueva el anillo del molde, corte cuidadosamente el suelo compactado hasta nivelar la parte superior del molde usando la regla enrazadora.

Nota – Llene presionando con los dedos y utilizando material del corte, cualquier agujero sobre la superficie del suelo enrazado y nivele nuevamente.

8. Limpie completamente la parte externa del molde utilizando una brocha.
9. Determine la masa del molde con el suelo compactado y regístrela.
10. Desmonte la placa base del molde y extraiga el espécimen compactado utilizando el gato hidráulico. Posteriormente corte el espécimen axialmente y tome del centro dos muestras de aproximadamente 500 g de material.
11. Determine el contenido de humedad de las dos muestras obtenidas en el paso anterior utilizando el método descrito en la norma ASTM 2216.
12. Limpie completamente el molde, placa base y anillo para ensayar el próximo espécimen.
13. Repita los pasos para las muestras de suelo restantes.

Cálculos.

1. Calcule el volumen del molde de compactación, como sigue:



$$V_m = \pi \times \frac{(h_m)(d_i + d_s)^2}{(16)(1728)} \text{ (lb - pulg)} \quad \text{Ecuación 5.22}$$

$$V_m = \pi \times \frac{(h_m)(d_i + d_s)^2}{(16)(1000)} \text{ (SI)} \quad \text{Ecuación 5.23}$$

Donde:

V_m = Volumen del molde de compactación, pie³ o cm³

h_i = Diámetro promedio de la parte inferior del molde de compactación, pulg o mm.

h_s = Diámetro promedio de la parte superior del molde de compactación, pulg o mm

d_m = Altura promedio del molde de compactación, pulg o mm.

1/1728 = Constante para convertir pulg³ a pie³.

1/1000 = Constante para convertir mm³ a cm³.

2. Calcule el contenido de humedad de cada espécimen de ensayo compactado, como sigue:

$$\omega\% = \left(\frac{M_{h+t} - M_{s+t}}{M_{s+t} - M_t} \right) (100) = \left(\frac{M_w}{M_s} \right) (100) \quad \text{Ecuación 5.24}$$

Donde:

ω = Contenido de agua del espécimen compactado, %.

M_{h+t} = Masa del espécimen húmedo + recipiente, g.

M_{s+t} = Masa del espécimen secado al horno + recipiente, g.

M_t = Masa del recipiente, g.

M_w = Masa de agua ($M_w = M_{h+t} - M_{s+t}$), g.

M_s = Masa de suelo seco ($M_s = M_{s+t} - M_t$), g.

3. Calcule el peso volumétrico húmedo (densidad húmeda) de cada espécimen de ensayo compactado, como sigue:

$$\gamma_h = \frac{(M_{h+m} - M_m)}{V_m} \quad \text{Ecuación 5.25}$$

Donde:

γ_h = Peso volumétrico húmedo o densidad húmeda del espécimen compactado, Kg/m³.

M_{h+m} = Masa del espécimen húmedo compactado + molde, Kg.

M_m = Masa del molde de compactación, Kg.

V_m = Volumen del molde de compactación, m³.



4. Calcule el peso unitario seco o densidad seca de cada espécimen de ensayo compactado, como sigue:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + \frac{\omega}{100}} \quad \text{Ecuación 5.26}$$

Donde:

γ_d = Peso unitario seco o densidad seca del espécimen compactado, Kg/m³.

γ_h = Peso volumétrico húmedo o densidad húmeda del espécimen compactado, Kg/m³.

ω = Contenido de humedad, expresado en %.

5. Calcule el contenido de agua para el 100 % de saturación del suelo, como sigue:

$$\omega_{sat} = \left(\frac{\gamma_w G_s - \gamma_d}{\gamma_d G_s} \right) (100) \quad \text{Ecuación 5.27}$$

Donde:

ω_{sat} = Contenido de agua para la saturación completa, en %

γ_w = Peso unitario del agua a 20 °C , en Kg/m³ (998.2)

G_s = Gravedad específica del suelo


γ_d = Peso unitario seco o densidad seca del espécimen compactado, en Kg/m³.

Nota – Dado que la ecuación anterior requiere el valor de la gravedad específica del suelo, ésta puede ser estimada en base a los datos de otras muestras del mismo suelo.

6. Trace la curva de compactación en papel aritmético, graficando en el eje de las abscisas el contenido de humedad de cada espécimen de suelo compactado ($\omega\%$) y en el eje de las ordenadas el correspondiente peso unitario seco (γ_d).
7. Determine el contenido de agua óptimo (ω_{opt}) y el peso unitario seco máximo ($\gamma_{dmáx}$) utilizando la curva de compactación. El contenido de agua óptimo (ω_{opt}) corresponde al punto máximo de la curva y el peso unitario seco correspondiente a ese contenido de agua óptimo, será el peso unitario seco máximo ($\gamma_{dmáx}$), obteniéndose al trazar una línea horizontal desde el punto máximo hasta interceptar el eje de las ordenadas.



Formato 5.3. Hoja de cálculo para ensayo de Relación Densidad-Humedad.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tesis:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Relación Densidad - Humedad AASHTO T180						
PCA #	Fecha de ensayo					
Ubicación	N° de ensayos					
Metodo de ensayo	N° de moldes					
Masa del matillo	D inferior de moldes					
N° de capas	D superior de moldes					
Altura de moldes	Gs					
Humedad del suelo	Descripción del suelo					
Fecha de muestreo						
Determinación de la humedad						
N° de muestra	1	2	3	4	5	
N° de tara						
Masa de tara (Mt) (g)						
Masa de suelo húmedo + tara (Mh+t)						
Masa de suelo seco + tara (Ms+t) (g)						
Masa de agua (Mw) (g)						
Contenido de agua (%)						
Promedio (%)						
Determinación de la relacion Densidad - Humedad						
N° de muestra	1	2	3	4	5	
Masa de la muestra de ensayo (g)						
Humedad de ensayo (%)						
Volumen de agua a agregar (ml)						
Masa del molde (g)						
Masa de suelo humedo + molde (g)						
Volumen del molde (m3)						
Peso Volumetrico Humedo (kg/m3)						
Humedad promedio (%)						
Peso Volumetrico Seco Kg/m3						
Humedad de saturación (%)						
Observaciones:				Humedad Optima		
				Peso Volumetrico Seco Maximo		



5.2.1.8 Norma del Método de Prueba para la Relación de Soporte California.

Designación: AASHTO T 193-99.

ASTM D 1883

Procedimiento.

Relación de Soporte en el contenido de agua óptimo:

1. Normalmente, tres especímenes deben ser compactados de modo que el rango de sus compactadas se extienda a partir del 95% (o menor) a 100% (o mayor) de la densidad seca máxima.
2. Sujetar el molde con abrazadera a la placa base, una el collar de la extensión y pese. Inserte el disco del espaciador en el molde y coloque un papel de filtro grueso encima del disco.
3. Mezcle cada una de las tres porciones de 6.8 kg (15 lb) preparadas con suficiente agua para obtener el contenido de agua óptimo determinado.
4. Compactar la primera de las tres porciones de la mezcla de suelo-agua en el molde, usando tres capas iguales y el pisón apropiado si la densidad máxima fue determinada por T 99 o cinco capas iguales si la densidad máxima fue determinada por T 180, para dar una profundidad de compactación total cerca de 125 mm, compactando cada capa con el menor número seleccionado de golpes para dar una densidad compactada de 95% o menos de la densidad máxima.
5. Determine el contenido de agua del material que es compactado al principio y al final del procedimiento de la compactación (dos muestras). Cada muestra de la humedad tendrá una masa de por lo menos 100 g para los suelos de grano fino y 500 g para los suelos de grano grueso. La determinación del contenido de agua será hecha de acuerdo con T 265, determinación del laboratorio.
6. Remover el collar de extensión, y usando una regla enrazadora, corte el suelo compactado incluso con la parte superior del molde. Las irregularidades superficiales se deben corregir con material de tamaño pequeño. Quite el disco espaciador, coloque un papel filtro grueso en la placa base perforada, invierta el molde y el suelo compactado y el papel filtro hasta que el suelo compactado esté en contacto con el papel filtro. Asegure la placa base perforada con abrazadera al molde y sujete el collar. Determine la masa del molde y del espécimen.



Figura 5.2 Aparato para la Relación de Soporte California (CBR).

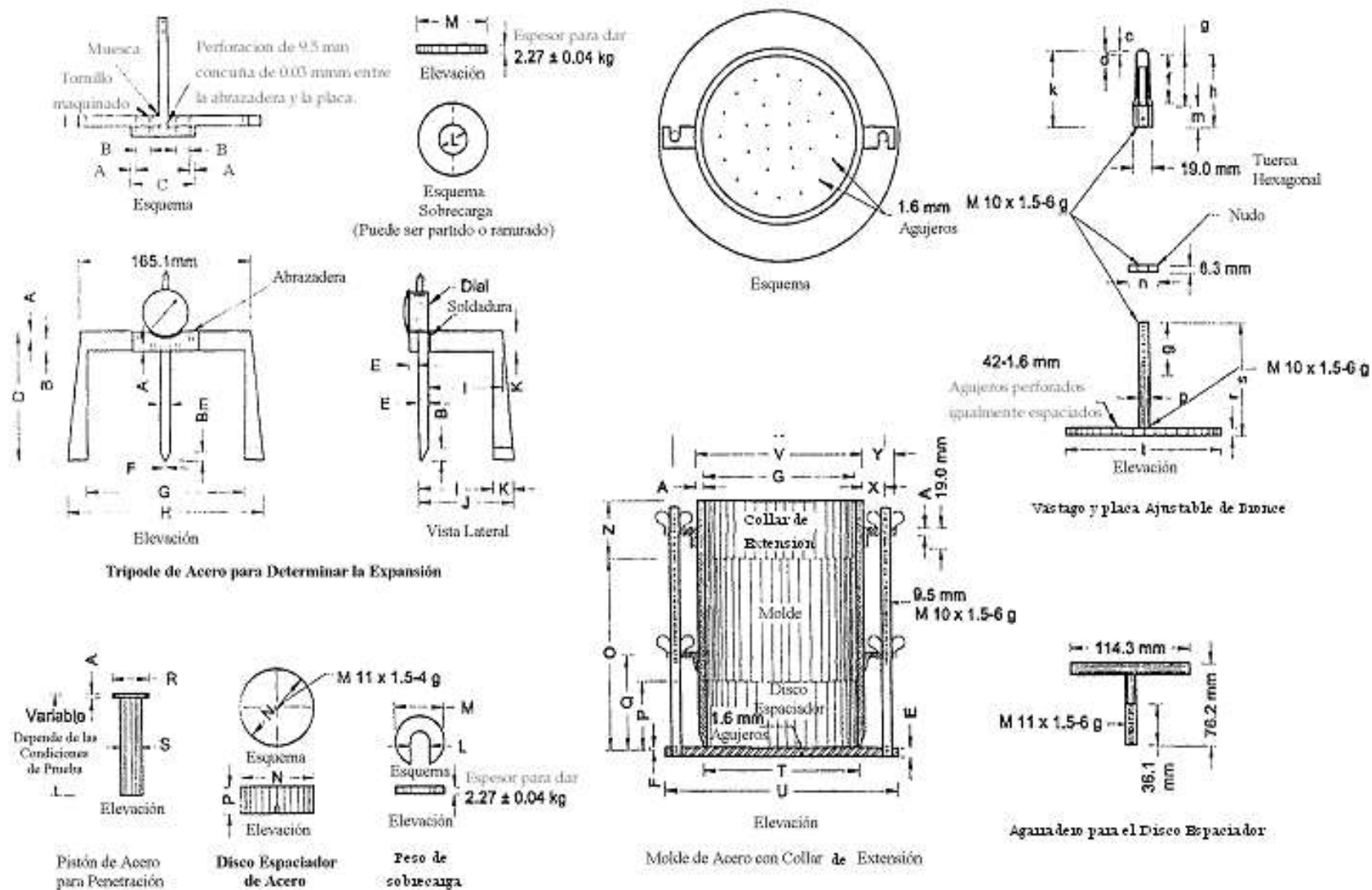




Tabla 5.10 Aparato para la Relación de Soporte California (CBR) – Calibración de trípode.

TRÍPODE PARA DETERMINAR LA EXPANSIÓN												SOBRECARGA		DISCO ESPACIADOR	
Material	ACERO **													ACERO **	
Dimensión	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L*	M*	N*	P
Métrico, mm	6.3	12.7	63.5	120.6	9.5	1.6	152.4	190.5	76.2	95.2	19.0	54.0	149.2	150.8	61.37
Tolerancia, mm													1.6	0.8	0.25
Inglés, pulg.	¼	½	2 ½	4 ¾	¾	1/16	6	7 ½	3	3 ¾	¾	2 1/8	5 7/8	5 15/16	2.416
Tolerancia, pulg.													1/16	1/32	0.01

Tabla 5.11 Aparato para la Relación de Soporte California (CBR) – calibración de moldes.

MOLDE CON EXTENSIÓN DE COLLAR																PISTON		
Material	ACERO**															ACERO**		
Dimensión	A	E	F	G*	O	P	Q	T*	U***	V*	W	X	Y	Z	A	R	S*	
Métrico, mm	6.3	9.5	1.6	152.40	177.80	61.37	88.9	158.0	238.1	165.1	212.7	23.8	33.3	50.8	6.3	69.8	49.63	
Tolerancia, mm				0.66	0.46	0.25											0.13	
Inglés, pulg.	¼	3/8	1/16	6	7	2.416	3 ½	6 7/32	9 3/8	6 ½	8 3/8	15/16	1 5/16	2	¼	2 ¾	1.954	
Tolerancia, pulg.				0.026	0.018	0.01											0.005	

Tabla 5.12. Aparato para la Relación de Soporte California (CBR) – Calibración de pie y plato ajustable.

PIE Y PLATO AJUSTABLE														
Material	BRONCE													
Dimensión	c	d	e*	f	g	h	k	m	n*	p*	r	s	t	
Métrico, mm	5.6	11.9	3.2	46.04	50.8	69.8	75.4	19.0	28.6	9.5	6.3	107.9	149.2	
Tolerancia, mm													1.6	
Inglés, pulg.	7/32	15/32	1/8	1 13/16	2	2 ¾	2 31/32	¾	1 1/8	3/8	¼	4 ¼	5 7/8	
Tolerancia, pulg.													1/16	



7. Compacte las otras dos porciones de 6.8 kg (15 lb) de acuerdo con el procedimiento, un número intermedio de golpes por capa deba ser utilizado para compactar el segundo espécimen y el número más alto de golpes por capa será utilizado para compactar el tercer espécimen.

Relación de Soporte para un rango del contenido de agua:

Prepare los especímenes de acuerdo con la descrita anteriormente. Realice toda la compactación en los moldes de CBR. Cada espécimen utilizado para desarrollar la curva de compactación para esfuerzos de compactación los 10 golpes, 25 golpes, y 56 golpes por capa serán penetrados. En casos en donde la masa unitaria especificada está en o cerca del 100 por ciento de masa unitaria seca máxima, será necesario incluir un esfuerzo de compactación mayor de 56 golpes por capa.

Saturación.

1. Colocar la placa de hinchamiento con el vástago ajustable en la muestra de suelo en el molde y aplicar suficientes pesos anulares para producir una intensidad de carga igual a la masa de la subbase y el grueso de la base y alisar la superficie superior del material probado. La masa total será un mínimo de 4.54 kg. La masa adicional será agregada en incrementos de 2.26 kg.
2. Coloque el trípode con el indicador del dial encima del molde y haga una lectura inicial del dial.
3. Sumergir el molde en el agua para permitir el acceso libre del agua encima y al fondo del espécimen. Durante la saturación, mantenga el nivel del agua en el molde y el tanque de saturación aproximadamente 25 mm (1 pulg.) sobre la parte superior del espécimen. Sature el espécimen 96 horas (4 días).
4. Después de 96 horas, haga una lectura final del dial en los especímenes saturados y calcule el hinchamiento como porcentaje de la longitud inicial de la muestra:

$$\% \text{ Hinchamiento} = \left(\frac{\text{Cambio de longitud en mm durante la saturación}}{116.43 \text{ mm}} \right) \times 100 \quad \text{Ecuación 5.28}$$

5. Remueva los especímenes del tanque de saturación, vierta el agua de la parte superior y permita que drene hacia abajo por 15 minutos. Se



deberá tomar el cuidado de no alterar la superficie de los especímenes durante el retiro del agua. Después de drenar, quite los pesos de la sobrecarga y las placas perforadas. La masa de los especímenes puede ser determinada después de drenar cuando se desea para determinar la densidad húmeda promedio del material saturado y drenado.

Prueba de penetración.

Aplicación de la Sobrecarga — Colocar una sobrecarga de pesos anulares y ranurados en los especímenes iguales a los usados durante la saturación. Para prevenir el desplazamiento de materiales blandos por el agujero de las pesas de sobrecarga, asiente el pistón de penetración con una carga de 44 N (10 lb) después de que un peso de sobrecarga se haya puesto en el espécimen. Después de que asiente el pistón de penetración el resto de los pesos de sobrecarga se colocan entonces alrededor del pistón.

Asentamiento del Pistón — Asentar el pistón de penetración con una carga de 44 N (10 lb), entonces se fija el indicador del dial de penetración y el indicador de la carga en cero.

Aplicación de la carga — Aplicar las cargas al pistón de penetración hasta que la velocidad de penetración sea uniforme en 1.3 mm (0.05 pulg.)/min. Registre la carga cuando la penetración sea 0.64, 1.27, 1.91, 2.54, 3.81, 5.08, y 7.62 mm (0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.150, 0.200, y 0.300 pulg.). Tome las lecturas de las cargas a las penetraciones de 10.16 y 12.70 mm (0.400 y 0.500 pulg.) que pueden ser obtenidas si se desean. El contenido de humedad de la parte superior de los 25 mm (1 pulg.) puede ser determinado después de la prueba si se desea. Las muestras húmedas pesarán por lo menos 100 g para los suelos de grano fino y 500 g para los suelos granulares.

Cálculos.

Curva Esfuerzo-Deformación—Trace la curva Esfuerzo-Deformación (resistencia a la penetración-profundidad de penetración) para cada



espécimen como se muestra en la figura 5.6. En algunos casos, la penetración inicial ocurre sin un incremento proporcional en la resistencia a la penetración y la curva puede ser cóncava hacia arriba. Para obtener las relaciones verdaderas del Esfuerzo-Deformación, corrija la curva que tiene la forma cóncava hacia arriba cerca del origen ajustando la posición del origen extendiendo la porción recta de la curva de Esfuerzo-Deformación hacia abajo hasta que intercepte la abscisa. (Véase las líneas punteadas).

Relación de Soporte California—Los valores corregidos de las cargas serán determinados para cada espécimen en 2.54 y 5.08 mm (0.10 y 0.20 pulg.) de penetración. Los valores de la Relación de Soporte California son obtenidos en porcentaje de la división de los Valores de Carga Corregidos en 2.54 y 5.08 mm (0.10 y 0.20 pulg.) entre las Cargas Estándares de 6.9 y 10.3 Mpa (1000 y 1500 psi), respectivamente, y multiplicando estas relaciones por 100.

$$CBR = Valor\ de\ la\ Carga\ Corregida \times 100 \quad Ecuación\ 5.29$$

Carga Estándar

El CBR se selecciona generalmente a 2.54 mm (0.10 pulg.) de penetración. Si la relación a la penetración a 5.08 mm (0.20 pulg.) es mayor, la prueba deberá ser vuelta a efectuar. Si la prueba de verificación da un resultado similar, la relación a la penetración a 5.08 mm (0.20 pulg.) será utilizada.



5.3 DISEÑO DE ESPESORES (MÉTODO AASHTO).

Para el método de AASHTO la fórmula de diseño es:

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07$$

Ecuación 5.30

En donde:

W18 = Número de cargas de ejes simples equivalentes de 18 kips (80 kN) calculadas conforme el tránsito vehicular.

Zr = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R.

So = Desviación estándar de todas las variables.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad.

Mr = Módulo de resiliencia de la subrasante.

SN = Número Estructural

5.3.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO.

Existen dos variables para lo cual se toma en cuenta la tabla 5.13

- ✓ El período de diseño.
- ✓ La vida útil del pavimento.

Tabla 5.13. Periodos de diseño.

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

Fuente: Manual centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2001.

5.3.2 SERVICIABILIDAD.

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es un valor de apreciación con el cual se valúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de



rodadura de un pavimento. Los valores que se recomiendan dependiendo del tipo de pavimento son los siguientes:

Serviciabilidad inicial.

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles.

Serviciabilidad final (no deben ser menores a los indicados).

$P_t = 2.5$ ó más para caminos principales

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

5.3.3 CALCULO DE ESAL´s.

Calculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (80 kN) ó ESAL´s. La conversión de una carga dada por eje a eje equivalente ó ESAL´s se hace a través de los factores equivalentes de carga (LEF's). (Ver anexo A – 7 “Factores equivalentes de carga para pavimento flexible”).

Para el cálculo de los Ejes Equivalentes, se requiere de conocer el peso en toneladas (o libras) de los vehículos a tomar en cuenta en el aforo vehicular. Para el cual se diseñó el Cuadro 5.0, donde se especifica la carga que ejerce cada eje vehicular según su tipo.

Conociendo el peso de los vehículos en estudio, se busca en las Tablas de factores equivalentes de carga para pavimento flexible (Anexo A – 6), en base al peso convertido en libras (kips) la carga ejercida, esto se hace según la clasificación de los ejes (Simples, tándem y tridem). Tomando como base el valor obtenido para el Índice de Servicios Final (P_t) y asumir un número estructural (SN) para obtener los LEF's de carga para pavimento flexible.



Cuadro 5.0. Límite de peso por eje.

Tipo de vehículo	Tipo de eje del tractor			Tipo del eje del semirremolque			Total en toneladas	
	Eje simple direccional	Eje de tracción			Eje de arrastre			
		Eje simple	Doble rueda	Triple rueda	Eje simple	Doble rueda		Triple rueda
Liviano								
Pick up								
Microbús								
Bus								
C2								
C3								
C4								
T2-S1								
T2-S2								
T2-S3								
T3-S1								
T3-S2								
T3-S3								
OTROS								

Fuente: Manual de diseño de pavimentos, SIECA, 2002.

Una vez determinado el P_t y el SN (asumido) se trabaja con el Cuadro 5.1.

En la columna “A” se pondrá la **cantidad diaria** de cada tipo de vehículo especificado y del cual se tenga el conteo correspondiente.

En la columna “B” se colocará el correspondiente **factor de crecimiento** para cada tipo de vehículo, el cual depende de la **tasa de crecimiento** asumida para cada tipo de vehículo y el período de diseño considerado.

En la columna “C” se coloca el producto de las columnas “A” y “B” **multiplicado por 365** (días del año).

En la columna “D” se coloca el factor de ESAL’s, que depende de cada peso y configuración o tipo de camión (ejes simples, tandem o tridem) y los valores **asumidos** de índice de serviciabilidad final y el número estructural (SN para pavimentos flexibles).

La columna “E” es el producto de la “C” por la “D”, y la suma de esta columna “E” es el número total de ESAL’s para el diseño del pavimento considerado y



el cual debe afectarse por el factor de distribución por dirección y el factor de distribución por carril.

Cuadro 5.1. Cálculo de ESAL's de diseño.

Tipo de vehículos	Cantidad de vehículos diarios "A"	Factores de crecimiento "B"	Tránsito de diseño "C"	ESAL's Factor "D"	ESAL's de diseño "E"
Vehículos sencillos					
Autos					
Microbuses					
Autobuses					
Camiones (eje simple)					
Pick up					
Otros Vehículos 2 ejes y cuatro ruedas (agrícolas) C2					
Camiones de 2 ejes, 6 ruedas, (C3)					
Camiones de 3 ejes o más (C4)					
Camiones tipo tráiler eje compuesto					
Semirremolque (T2-S1)					
Semirremolque (T2-S2)					
Semirremolque (T2-S3)					
Semirremolque (T3-S2)					
Semirremolque (T3-S3)					
TOTAL DE VEHICULOS			ESAL'S DE DISEÑO		

Fuente: Manual de diseño de pavimentos, SIECA, 2002.

5.3.3.1 Cálculo del Factor Distribución por Dirección.

Es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito efectuado. Ver tabla 5.14.

Tabla 5.14. Factor de distribución por dirección.

Número de carriles en ambas direcciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 o más	40

¹⁰ Porcentaje de camiones en el carril de diseño.

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1,993.



5.3.3.2 Calculo de Factor de Distribución por Carril.

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril, ver tabla 5.15.

Tabla 5.15 Factor de distribución por carril.

Número de carriles en una sola dirección	LC ¹¹
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

¹¹ Porcentaje de camiones en el carril de diseño.

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1,993.

5.3.4 CONFIABILIDAD (R).

Este valor se refiere al grado de seguridad ó veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento, puede llegar al fin de su período de diseño en buenas condiciones y del valor de este dependen los valores de Desviación Normal Estándar (Z_r).

Tabla 5.16 Niveles de confiabilidad R en función del tipo de carretera.

Tipo de carretera	Niveles de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85 – 99.9	80 – 99.9
Troncales	80 - 99	75 – 95
Colectoras	80 - 95	50 - 80

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos.

5.3.5 DESVIACIÓN NORMAL ESTÁNDAR Z_R .

Esta variable define que, para un conjunto de variables (espesor de las capas, características de los materiales, condiciones de drenaje, etc.) que intervienen en un pavimento, el tránsito que puede soportar el mismo a lo largo de un período de diseño sigue una ley de distribución normal con una media M_t y una



desviación típica S_o y por medio de la tabla 5.18 con dicha distribución se obtiene el valor de Z_r en función de un nivel de confiabilidad R , de forma que exista una posibilidad de que $(1 - R) / 100$ del tránsito realmente soportado sea inferior a $Z_r \times S_o$.

Tabla 5.17 Desviación Normal Estándar en función de la confiabilidad.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z_r
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

5.3.6 ERROR ESTÁNDAR COMBINADO S_o .

Este valor representa la desviación estándar conjunta, e incluye la desviación estándar de la ley de predicción del tránsito en el período de diseño con la desviación estándar de la ley de predicción del comportamiento del pavimento, es decir, el número de ejes que puede soportar un pavimento hasta que su índice de serviciabilidad descienda por debajo de un determinado P_t .

En el manual para diseño de pavimentos de la SIECA, se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:



Para pavimentos flexibles 0.40 - 0.50
En construcción nueva 0.35 - 0.40
En sobre-capas 0.50

5.3.7 MÓDULO DE RESILENCIA (MR).

Para la obtención del módulo de resiliencia se realizaron ensayos bajo la norma AASHTO, especialmente la norma Relación de Soporte California (AASHTO T 193-99) que es la que proporciona el valor de soporte de carga en términos de humedad óptima para la subrasante. Para calcular el módulo de resiliencia a partir del CBR se han desarrollado las siguientes fórmulas empíricas:

$$Mr (Mpa) = 10.3 \times CBR \quad \text{Ecuación 5.31}$$

$$Mr (PSI) = 3000 \times (CBR)^{0.65} \quad \text{Ecuación 5.32}$$

En función del tránsito esperado sobre el pavimento en estudio, el método del Instituto de Asfalto recomienda los siguientes valores percentiles para calcular el Módulo de Resiliencia de diseño de la capa de subrasante, mostrados en la Tabla 5.18.

Tabla 5.18 Valor percentil por nivel de tránsito.

Nivel de tránsito	Valor percentil para diseño de subrasante
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.

5.3.8 COEFICIENTES DE DRENAJE.

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



Tabla 5.19. Tiempos de drenaje para capas granulares.

Calidad del Drenaje	50% saturación	85% saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	de 10 a 15 horas
Muy pobre	El agua no drena	mayor de 15 horas

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

Coefficientes de drenaje para pavimentos flexibles (mx).

La calidad del drenaje es expresado en la fórmula del número estructural, por medio del coeficiente de drenaje (mx), que toma en cuenta las capas no ligadas.

Tabla 5.20. Coeficientes de drenaje recomendados por AASHTO.

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

5.3.9 DETERMINACIÓN DE ESPESORES.

⇒ **Determinación del número estructural requerido.**

En la figura 5.4 se presenta la figura del ábaco por medio del cual se obtiene el número estructural. Las variables para determinar el número estructural de diseño requerido son las siguientes:

- ✓ La cantidad estimada de ejes equivalentes (ESAL's) por carril, para el período de diseño.
- ✓ La confiabilidad (R)
- ✓ Desviaciones estándar (So)
- ✓ El módulo de resiliencia efectivo.
- ✓ La pérdida de serviciabilidad $\Delta PSI = P_o - P_t$.

La fórmula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa es la siguiente:



$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \quad \text{Ecuación 5.33}$$

En Donde:

a_1 , a_2 , a_3 son los coeficientes estructurales ó de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.

m_2 , m_3 son los coeficientes de drenaje para base y subbase.

D_1 , D_2 , D_3 son los espesores de capa en pulgadas para la superficie de rodadura, base y subbase.

Esta fórmula tiene muchas soluciones, en función de las diferentes combinaciones de espesores; no obstante, existen normativas que tienden a dar espesores de capas que deben ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes, por efecto de las capas superiores de mayor resistencia. Se debe considerar lo siguiente:

⇒ **Estabilidad y factibilidad de la construcción.**

En la siguiente tabla se dan valores de los espesores mínimos sugeridos para capas asfálticas y base granular en función del tránsito.

Tabla 5.21. Espesores mínimos sugeridos.

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 – 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 – 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

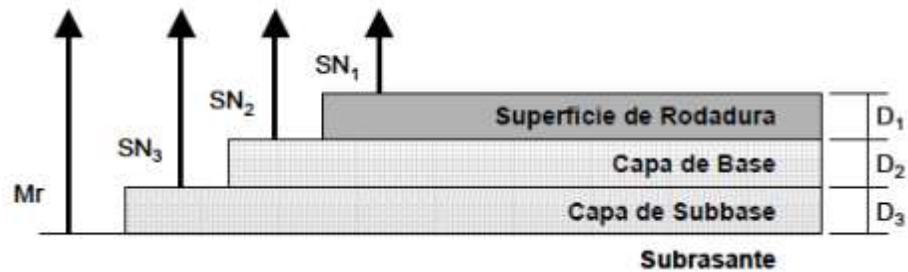
Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.

Espesores mínimos en función del número estructural

El proceso se indica en la figura 5.3.



Figura 5.3. Procedimiento para determinar el espesor de capas.



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.

Para evitar las deformaciones excesivas, los materiales son seleccionados para cada capa así: Superficie de rodadura, base granular y subbase con buen CBR, límites, etc. Para cada uno de los materiales se deben conocer los módulos de resiliencia.

Utilizando el ábaco de la figura 5.6, se pueden encontrar los números estructurales requeridos para proteger cada capa no tratada, reemplazando el módulo de resiliencia de la capa superior por el módulo de resiliencia de la capa que esta inmediatamente abajo; así, para determinar el espesor D_1 de la capa asfáltica se supone un Mr igual al de la base y así se obtiene el SN_1 , que debe ser absorbido por dicha capa. El espesor de D_1 debe ser:

$$D > \frac{SN_1}{a_1} \text{ (valor mínimo requerido para la capa asfáltica)} \quad \text{Ecuación 5.34}$$

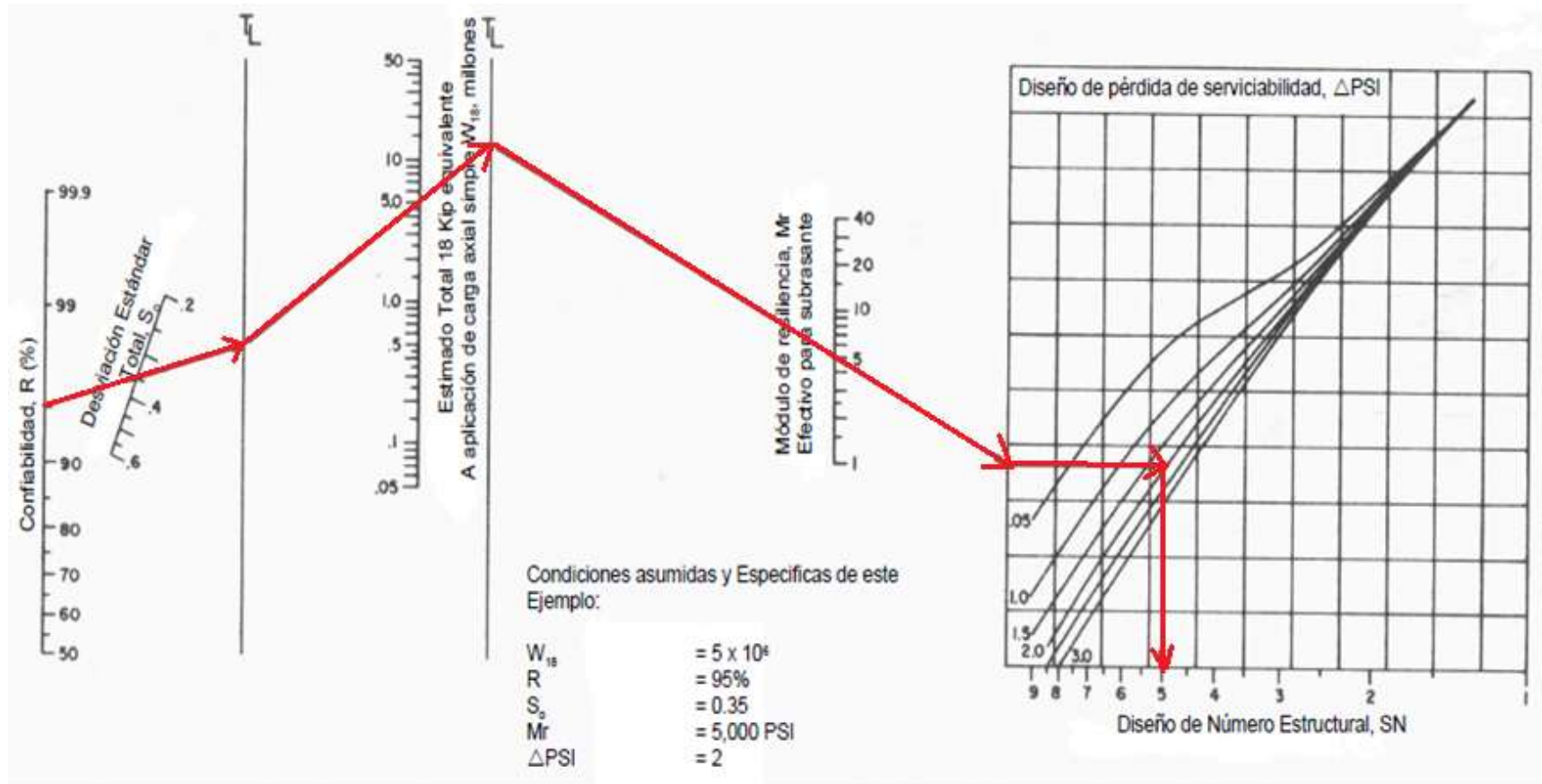
$$D_1 * > = \frac{SN_1}{a_1} \text{ (valor real que debe ser usado)} \quad \text{Ecuación 5.35}$$

$$SN_1 * = a_1 D_1 * > = SN_1 \quad \text{Ecuación 5.36}$$

$$SN_1 * + SN_2 * > = SN_2 \quad \text{Ecuación 5.37}$$



Figura 5.4 Diseño de Número Estructural.



Solución:

SN = 5.0

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.



- a, D, m, y SN están definidos en el texto y son los valores mínimos requeridos.
- El asterisco (*) en D ó SN indica y representa el valor actualmente usado, que debe ser igual ó mayor al valor requerido.

Se adopta un espesor D_1^* ligeramente mayor y el número estructural absorbido por esta capa es:

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \quad \text{Ecuación 5.38}$$

Para determinar el espesor mínimo de la base, se entra al ábaco con el Mr de la subbase y entonces se obtiene el SN_2 , a ser absorbido por el concreto asfáltico y la base. Así:

$$D_2^* \geq SN_2 - \frac{SN_1^*}{a_2} m_2 \quad \text{Ecuación 5.39}$$

Se adopta un espesor ligeramente mayor, D_2^* , y el número estructural absorbido será:

$$SN_2^* = a_2 m_2 D_2^* \quad \text{Ecuación 5.40}$$

Por último para la subbase, se entra con el Mr correspondiente a la subrasante y se obtiene $SN_3 = SN$ para todo el paquete estructural calculado o sea la capa asfáltica, base y subbase. En este caso el espesor es:

$$D_3^* \geq SN_2 \frac{(SN_1^* + SN_2^*)}{(a_3 m_3)} \quad \text{Ecuación 5.41}$$

Se adopta un espesor ligeramente mayor D_3^* y se obtiene el número estructural absorbido por la subbase.

$$SN_3^* = a_3 m_3 D_3^* \quad \text{Ecuación 5.42}$$

Como verificación tenemos:

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN \quad \text{Ecuación 5.43}$$

Con el resultado que se obtiene en la Ecuación 5.52 de que el número estructural total debe ser como mínimo igual ó mayor a la suma de los números estructurales de cada capa, el criterio es que cada capa del paquete estructural



queda protegida de los esfuerzos a los cuales va a ser sometida. Si el resultado de la suma de los números estructurales es menor al número estructural requerido, es necesario revisar los espesores asumidos en el inicio, incrementándolos para obtener un número estructural mayor. Se deben considerar otros factores que pueden modificarse para obtener el número estructural requerido (materiales, drenajes, períodos de diseño, etc).

Procedimiento.

De acuerdo a los Módulos de Resiliencia (M_r) se obtienen los números estructurales de diseño (SN), utilizando el ábaco de la figura 5.4, de la siguiente forma:

1. Comenzando en el lado izquierdo del ábaco, en donde dice “Confiability R (%)”, interceptando el valor que corresponde.
2. En la siguiente línea inclinada que dice “Desviación Standard S_o ” interceptando el valor correspondiente y uniendo este punto con el de R del punto anterior, se traza una línea que intercepte la siguiente línea TL en un punto que va a servir de pivote.
3. En la siguiente línea vertical corresponde a los “No. Total de ESAL’s” aplicados W_{18} (millones) en el ábaco; entonces uniendo el punto de pivote de la línea anterior con este nuevo punto, se encuentra otro punto pivote en la siguiente línea vertical TL.
4. En la siguiente línea vertical “Módulo Resiliente efectivo” de la subrasante (ksi) se encuentra el valor de M_r , se une el último punto pivote encontrado anteriormente y encontrar la primera línea vertical izquierda del cuadro situado a la extrema derecha.
5. De este punto de intersección, se continúa horizontalmente hasta encontrar la línea inclinada que corresponde a un valor de ΔPSI que es .Pérdida de serviciabilidad de este punto se baja a la línea inferior del cuadro en donde se encuentra el .Número estructural de diseño SN (para proteger la subrasante) que es el Número Estructural requerido para proteger toda la estructura del pavimento.
6. Para los siguientes valores de M_r encontrar con el mismo procedimiento los SN_2 (para proteger la subbase granular) y SN_1 (para proteger la base triturada).

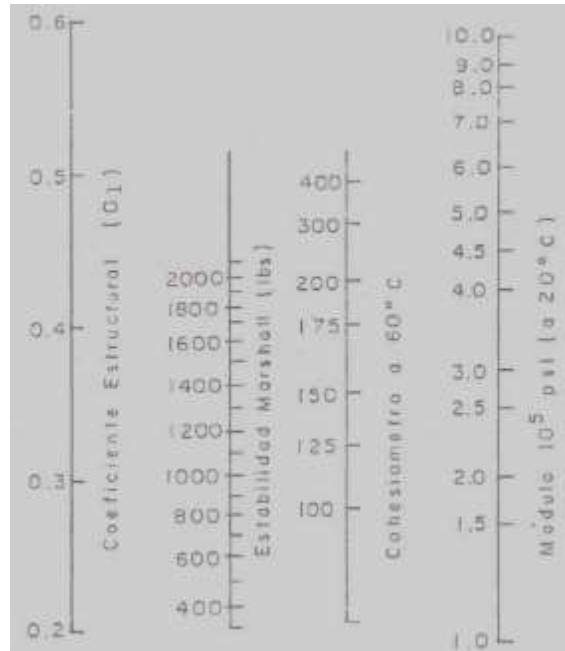


7. Seguidamente para encontrar los valores de los coeficientes estructurales de capa (a_x), se hace uso de las figuras siguientes en función del módulo elástico del concreto asfáltico y los módulos de resiliencia de la base y la subbase, para lo cual se procede así:
8. Con el valor del Módulo Elástico del concreto asfáltico se encuentra el coeficiente estructural de capa a_1 haciendo uso de la figura 5.5; para el caso, buscar el valor del Módulo de elasticidad, en la figura hacia arriba a interceptar la línea de pivote y de allí horizontalmente hacia la izquierda para encontrar el valor correspondiente de a_1 .
9. Para encontrar el valor de coeficiente de capa a_2 de las bases trituradas o granulares, se usa la figura 5.6 y con el Módulo de resiliencia (Mr), de dicho material en PSI en la línea vertical del lado extremo derecho, horizontalmente se traza una línea hasta encontrar la línea vertical del extremo izquierdo, lo cual da un valor de a_2 . Ver figura 5.7.
10. Para encontrar el valor del coeficiente de capa a_3 en la subbase, se usa la figura 5.7 y con el Módulo de resiliencia Mr en PSI en la línea vertical del lado extremo derecho, horizontalmente se traza una línea hasta encontrar la línea vertical del extremo izquierdo, lo cual da un valor de a_3 .

Cabe destacar que el procedimiento anterior para encontrar el módulo Mr mediante el método AASHTO será exclusivo solamente para el terreno natural muestreado en campo, es decir para conocer el módulo de resiliencia de la subrasante en la zona de estudio. Para los módulos de resiliencia de la subbase y base se propondrá un valor determinado, en el que los materiales deben de cumplir con los requisitos que se detallan para cada capa, tomando como base lo especificado en el “Manual Centroamericano de especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales, ed 2001” también los requisitos necesarios en el Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos, ed 2002 y otro documento que respalde y este dentro de los establecido en la SIECA.



Figura 5.5. Abaco de variación en el coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico.

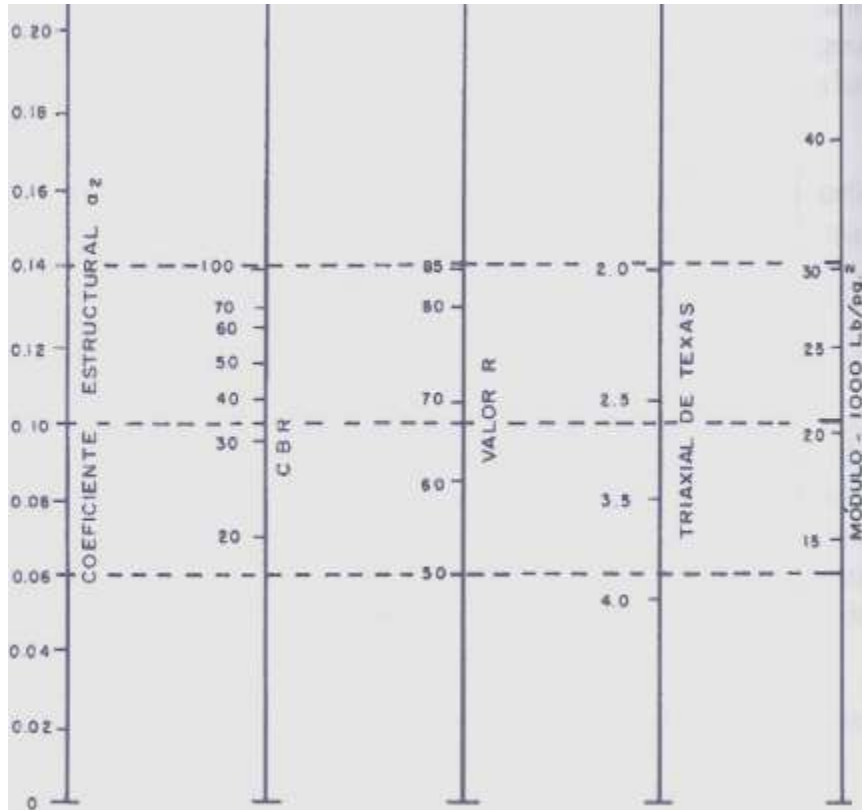


Fuente: Maestría en vías terrestres, Modulo 3, Diseño de pavimentos I, Ing. Gustavo Corredor M, Universidad Nacional de Ingeniería.

La propuesta dependerá en gran medida de la interpretación de los resultados de los ensayos al material extraído en la campaña geotécnica, dichos datos se mostraran en el siguiente capítulo.

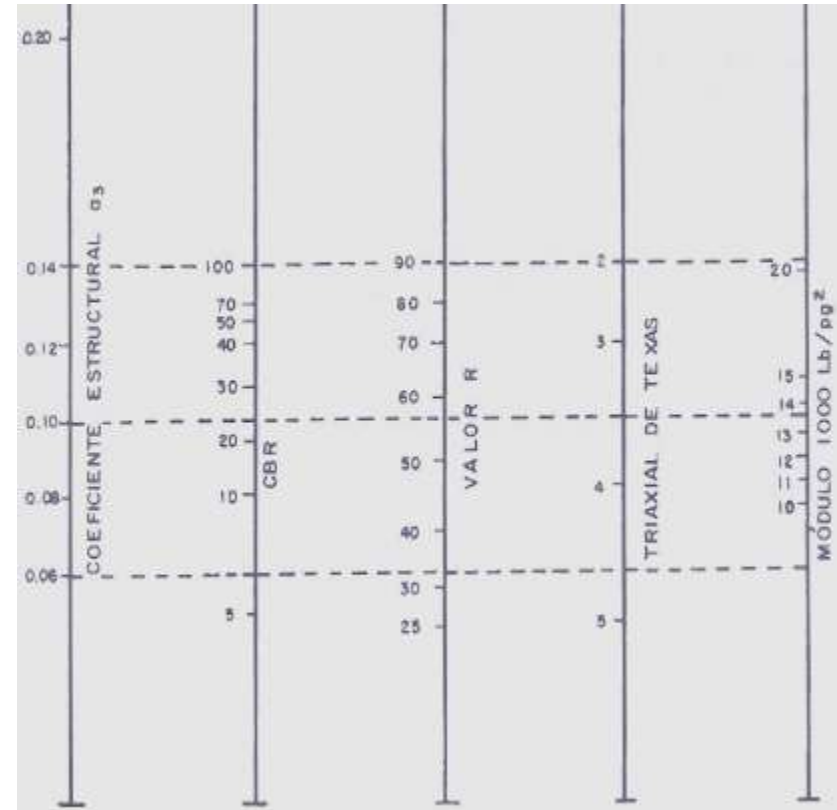


Figura 5.6. Abaco de variación en el coeficiente estructural de la capa de base granular (Sin estabilizar).



Fuente: Maestría en vías terrestres, Modulo 3, Diseño de pavimentos I, Ing. Gustavo Corredor M, Universidad Nacional de Ingeniería.

Figura 5.7. Abaco de variación en el coeficiente estructural de la capa de subbase.



Fuente: Maestría en vías terrestres, Modulo 3, Diseño de pavimentos I, Ing. Gustavo Corredor M, Universidad Nacional de Ingeniería.



CAPÍTULO VI: RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.

En este capítulo se presentaran todos los resultados obtenidos de la metodología plantada en el capítulo V, desde la campaña geotécnica planteada hasta las pruebas realizadas al material extraído, considerado como mecánica de suelos, la interpretación de los ensayos dará la pauta para la obtención de espesores de capa del pavimento, entre otros análisis pertinentes y necesarios para llegar a conclusiones determinantes en capítulos posteriores.

6.1 CAMPAÑA GEOTÉCNICA.

Los días jueves 10 y viernes 11 de Septiembre del presente año se realizó la campaña geotécnica propuesta en la intersección en estudio situada en el desvío a San Francisco Gotera (CA07) y a Santa Rosa de Lima (RN18) conocida comúnmente por “desvío kilómetro 18”.

La campaña geotécnica consistió en la excavación de 4 pozos a cielo abierto (PCA) dentro de las horas laborales hábiles de 8:00 am a 3:00 pm, dicha campaña se llevó a cabo con la ayuda de empresas privadas como LEG S.A DE C.V, COSAMI S.A DE C.V y el MOP (Ministerio de Obras Publicas).

Por obstrucciones (ventas ambulantes, chalets, etc.) en el eje de rodaje según plano propuesto por el MOP, unos puntos fueron colocados fuera de él, (ver detalle en Anexo A – 9) de modo que se trató de que la ubicación de los Pozos a Cielo Abierto (PCA) afecte en lo más mínimo posible.

A continuación en el siguiente cuadro 6.0 se presenta la posición donde fueron realizados los pozos (para mayor detalle visual ver en Anexo – 9)



Cuadro 6.0. Ubicación de Pozo Cielo Abierto en campaña geotécnica.

PCA	Ubicación geográfica	Detalle y observaciones
PCA #1	0599854 0273914	Fuera del eje de rodaje por ventas ambulantes en el lugar. Realizada sobre terreno natural
PCA #2	0599853 0273971	En hombro de carretera. Sobre pavimento.
PCA #3	0599837 0273976	En isleta, donde no interviene con ventas lugareñas. Sobre terreno natural.
PCA #4	0599821 0273952	A un costado del eje de rodaje para no afectar al tránsito dejando libertad al movilizar cruces de convergencia y divergencia. Sobre pavimento

Fuente: Realización propia.

6.1.1 DESCRIPCIÓN DE CALICATAS.

Por cada PCA excavado se llenó la cantidad de 3 sacos como toma de muestra suficiente para la realización de los ensayos contemplados en la mecánica de suelos. Variando así su profundidad en cada pozo, se pretendió tomar una muestra (saco) por cada estrato encontrado, es decir, por lo menos 3 estratos diferentes, para obtener así el total de las muestras con diferente tipo de suelo en el lugar de estudio.

El día jueves 10 se ejecutaron las excavaciones de los PCA #1 y #3, ya que estos fueron sobre terreno natural y el día viernes 11 los PCA #2 y #4.

PCA No 1.

Para el **PCA #1** se obtuvo el terreno natural a la profundidad de 52 cm con el cual se llenó el primer saco, de 65cm a 74 cm se muestreo el segundo saco y con una profundidad total de 91 cm se muestreo el tercero, sin notar cambio de estrato en toda la excavación, el material extraído posee un tono café claro, definiéndose como arcilla al verlo y texturizarlo. Ver imagen 5.0.

PCA No 2.

Para el **PCA #2** se tuvo que romper el hombro derecho de la intersección para llegar al terreno natural a la profundidad de 50 cm con el cual, se pudo observar claramente 10 cm de espesor de asfalto y 40 cm de base y subbase. A una



Imagen 5.0. Pozo Cielo Abierto # 1 en terreno natural.



profundidad de 53 cm llenó el primer saco, de 63 cm a 76 cm se muestreo el segundo saco y con una profundidad total de 86 cm se muestreo el tercero, sin notar cambio de estrato en toda la excavación, obteniéndose un material más oscuro, pero determinado como arcilla a simple inspección manual-visual. Ver imagen 5.1.

PCA No 3.

Para el **PCA #3** fue realizado en terreno natural a la profundidad de 76 cm después de haber encontrado la base y subbase de la intersección, con el cual se llenó el primer saco, de 86 cm a 95 cm se muestreo el segundo saco y con una profundidad total de 95 cm a 1.13 m se muestreo el tercero, sin notar cambio de estrato en toda la excavación, se determinó a simple inspección que el material es arcilla con material granular, con tono café oscuro. Ver imagen 5.2



Imagen 5.1. Pozo Cielo Abierto # 2 en hombre de la carretera RN18.



Imagen 5.2. Pozo Cielo Abierto # 3 en terreno natural, sobre isleta.





PCA No 4.

Para el **PCA #4** La extracción del material se realizó sobre el eje de rodaje, encontrando 7 cm de recarpeteo y 10 cm de capa de espesor de asfalto más abajo haciendo un total de 17 cm de asfalto, con una base y subbase de 45 cm hasta encontrar terreno natural a los 62 cm de profundidad. La primera muestra se extrajo a la profundidad de 62 cm con el cual se llenó el primer saco, de 68 cm a 77 cm se muestreo el segundo saco y con una profundidad total de 77 cm a 89 cm se muestreo el tercero, sin notar cambio de estrato en toda la excavación. Con inspección visual manual se determina que el material extraído es arcilla. Ver imagen 5.3.

Imagen 5.3. Pozo Cielo Abierto # 4 a un costado del eje de rodaje.



6.2 MECÁNICA DE SUELOS.

Posteriormente de la extracción del material mediante la campaña geotécnica, se inician los ensayos y pruebas al mismo. Para la realización de los ensayos se solicitó a la empresa Construequipos S.A de C.V. división Laboratorio, la ayuda técnica en conocimientos herramientas y maquinaria ya que el



laboratorio de suelos y materiales de la escuela de ingeniería no está totalmente capacitada con los instrumentos requeridos. Otras empresas como Laboratorios Limat y ASP S.A DE C.V también colaboraron en el desarrollo de las pruebas.

6.2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Como se detalló en el capítulo anterior (Metodología de la investigación), el procedimiento para cada prueba realizada es el mismo en todos los casos, independientemente el laboratorio en el que se haya realizado ya que la norma aplicada es la misma, haciendo que se obtenga un mismo resultado.

Para facilitar el proceso aplicado para cada ensayo, se detallara la obtención para un PCA determinado, mostrando al final un resumen donde se den a conocer los resultados para las demás muestras. Realizando así el procedimiento para cada ensayo como fue descrito en el Capítulo 5. Al final, después de haber obtenido los resultados para cada muestra se realizará el análisis y la interpretación para cada una, determinando las conclusiones finales y posteriormente seguir con los espesores de la estructura de pavimento.

Nota – El material utilizado para representar el desarrollo de las pruebas será el del PCA No 3.

Primeramente antes de iniciar los ensayos, el material se sacó a un patio de secado, cada saco de material fue esparcido de modo a que este perdiera la mayor humedad a temperatura ambiente (medio de la fuente de calor solar y el viento), por lo menos 2 días, durante el secado el material fue revuelto para combinar y homogenizar los 3 sacos de un mismo PCA.

6.2.2 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ANÁLISIS POR MALLA DE AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Designación: AASHTO T27 y T11.



ASTM C136.

Muestreo para PCA No 3.

Tomando como base lo establecido en la Tabla 5.0. Cantidad de agregado según su tamaño nominal máximo. Se toma como base el agregado de mayor tamaño por medio de un tamizado ligero sobre las mallas. Para el PCA # 3 se determinó que el agregado tiene un tamaño máximo de 2 ½" lo cual requiere de una cantidad de material a ensayar de 35 kg. Considerando que en el material ensayado solo contenía una porción pequeña (una partícula, que no se considera representativa) con el tamaño mencionado anteriormente y que el proceso se hará de manera manual, se decidió tomar como muestra menos de lo estipulado para evitar un alto porcentaje de pérdida.

Agregado grueso para PCA No 3.

Para mayor representación se muestra el cuadro 6.1 donde se obtiene la cantidad de material pasante en las mallas y sus respectivos porcentajes.

Cuadro 6.1. Pasante y porcentajes de agregados gruesos.

Peso en bruto (gr): 20,925					
Peso de tara (gr): 431					
Muestra representativa (gr): 20,494 gr					
Criba(")	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa
3	80				100
2 1/2	63	447	2.18	2.18	97.82
2	50	663	3.23	5.41	94.59
1 1/2	40	1449	7.07	12.48	87.52
1	25	1652	8.06	20.54	79.46
3/4	20	2010	9.81	30.35	69.65
1/2	12.5	2179	10.63	40.98	59.02
3/8	10	1160	5.66	46.64	53.36
N°4	5	2751	13.42	60.06	39.94
Pasa N°4		8175			



Utilizando la ecuación 5.0 se obtiene el porcentaje retenido en cada criba (%RC).

$$\begin{aligned}\%RC &= \left(\frac{PRC}{Mt}\right)(100) \quad (\%) \\ \%RC_{(2^{1/2}''}) &= \left(\frac{447 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 2.18\% \\ \%RC_{(2''}) &= \left(\frac{663 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 3.23\% \\ \%RC_{(1^{1/2}''}) &= \left(\frac{1449 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 7.07\% \\ \%RC_{(1''}) &= \left(\frac{1652 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 8.06\% \\ \%RC_{(3/4''}) &= \left(\frac{2010 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 9.81\% \\ \%RC_{(1/2''}) &= \left(\frac{2179 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 10.63\% \\ \%RC_{(3/8''}) &= \left(\frac{1160 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 5.66\% \\ \%RC_{(N^{\circ}4)} &= \left(\frac{2751 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 13.42\%\end{aligned}$$

% de peso retenido acumulado (%RCa).

$$\begin{aligned}\%RCa_{(2^{1/2}''}) &= \left(\frac{447 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 2.18\% \\ \%RCa_{(2''}) &= \left(\frac{663 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 3.23\% + 2.18\% = 5.41\% \\ \%RCa_{(1^{1/2}''}) &= \left(\frac{1449 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 7.07\% + 5.41\% = 12.48\% \\ \%RCa_{(1''}) &= \left(\frac{1652 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 8.06\% + 12.48\% = 20.54\% \\ \%RCa_{(3/4''}) &= \left(\frac{2010 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 9.81\% + 20.54\% = 30.35\% \\ \%RCa_{(1/2''}) &= \left(\frac{2179 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 10.63\% + 30.35\% = 40.98\% \\ \%RCa_{(3/8''}) &= \left(\frac{1160 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 5.66\% + 40.98\% = 46.64\% \\ \%RCa_{(N^{\circ}4)} &= \left(\frac{2751 \text{ gr}}{20494 \text{ gr}}\right)(100) = 13.42\% + 46.64\% = 60.06\%\end{aligned}$$



% que pasa la malla.

$$\begin{aligned} \%Pasante_{(3'')} &= 100\% - 0 = 100\% \\ \%Pasante_{(2^{1/2}')} &= 100\% - 2.18\% = 97.82\% \\ \%Pasante_{(2'')} &= 97.82\% - 3.23\% = 94.59\% \\ \%Pasante_{(1^{1/2}')} &= 94.59\% - 7.07\% = 87.52\% \\ \%Pasante_{(1'')} &= 87.52\% - 8.06\% = 79.46\% \\ \%Pasante_{(3/4'')} &= 79.46\% - 9.81\% = 69.65\% \\ \%Pasante_{(1/2'')} &= 69.65\% - 10.63\% = 59.02\% \\ \%Pasante_{(3/8'')} &= 59.02\% - 5.66\% = 53.36\% \\ \%Pasante_{(N^{\circ}4)} &= 53.36\% - 13.42\% = 39.94\% \end{aligned}$$

Del material pasante en la malla No 4, se cuarte ay se extrae no menos de 1000 gr para lavado del material más fino que la malla No 200, y se extrae no menos de 500 gr para obtener el peso de la humedad que ya posee el material.

Humedad del material para PCA No 3.

El cuadro 6.2 representa los valores correspondientes a la humedad del material y el agua contenida en él.

Cuadro 6.2 Humedad del material.

Humedad	Peso en bruto (gr)	601	Peso seco + tara (gr)	579.8	Humedad (%)	4.43
	Peso de tara (gr)	101	Peso seco neto (gr)	478.8	Cantidad de agua (gr)	21.2

$$Peso\ seco\ neto = Peso_{seco+tara} - Peso_{tara} = 579.8\ gr - 101\ gr = 478.8\ gr$$

$$Cantidad\ de\ agua = Peso_{neto} - Peso_{seco\ neto} = 500\ gr - 478.8\ gr = 21.2\ gr$$

Utilizando la ecuación 5.10 se encuentra la humedad del material.

$$p = 100 \frac{(W - D)}{D} = 100 \left(\frac{500gr - 478.8gr}{478.8gr} \right) = 4.43\%$$



Agregado fino de PCA No 3.

El cuadro 6.3 muestra la cantidad de material pasante en las mallas más finas con sus respectivos porcentajes.

Cuadro 6.3 Pasante y porcentajes de material lavado en malla N° 200.

Peso en bruto (gr): 1313					
Peso de tara (gr): 93					
Muestra representativa (gr): 1220					
Peso seco (gr): 1168.25					
Malla N°	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa
N°10	2	265.1	9.06	69.12	30.88
N°40	0.4	291.5	9.97	79.09	20.91
N°200	0.08	197.7	6.76	85.85	14.15
Fondo		413.95	14.15	100	

Para obtener el valor del peso seco, se utiliza la misma ecuación 5.10 para obtener la humedad, con la diferencia de que el valor a obtener se despeja y con simplificaciones matemáticas se llega a la ecuación siguiente:

$$D = \left(\frac{W}{P + 1} \right) = \left(\frac{1220gr}{\frac{4.43}{100} + 1} \right) = 1,168.25 \text{ gr}$$

Utilizando la ecuación 5.1 se obtiene el porcentaje retenido en las mallas (%RM):

Se toma 39.94% como el porcentaje total del material retenido en la malla No 4.

$$\begin{aligned} \%RM &= \left(\frac{PRC}{Mf} \right) (39.94\%) \\ \%RM_{(N^{\circ}10)} &= \left(\frac{265.1gr}{1168.25gr} \right) (39.94\%) = 9.06\% \\ \%RM_{(N^{\circ}40)} &= \left(\frac{291.5gr}{1168.25gr} \right) (39.94\%) = 9.97\% \\ \%RM_{(N^{\circ}200)} &= \left(\frac{197.7gr}{1168.25gr} \right) (39.94\%) = 6.76\% \\ \%RM_{(fondo)} &= \left(\frac{413.95gr}{1168.25gr} \right) (39.94\%) = 14.15\% \end{aligned}$$



% de peso retenido acumulado (%R_{Ma}).

$$\%R_{Ma(N^{\circ}10)} = \left(\frac{265.1gr}{1168.25gr} \right) (39.94\%) = 9.06\% + 60.06\% = 69.12\%$$

$$\%R_{Ma(N^{\circ}40)} = \left(\frac{291.5gr}{1168.25gr} \right) (39.94\%) = 9.97\% + 69.12\% = 79.09\%$$

$$\%R_{M(N^{\circ}200)} = \left(\frac{197.7gr}{1168.25gr} \right) (39.94\%) = 6.76\% + 79.09\% = 85.85\%$$

$$\%R_{M(fondo)} = \left(\frac{413.95gr}{1168.25gr} \right) (39.94\%) = 14.15\% + 85.85\% = 100\%$$

% que pasa la malla.

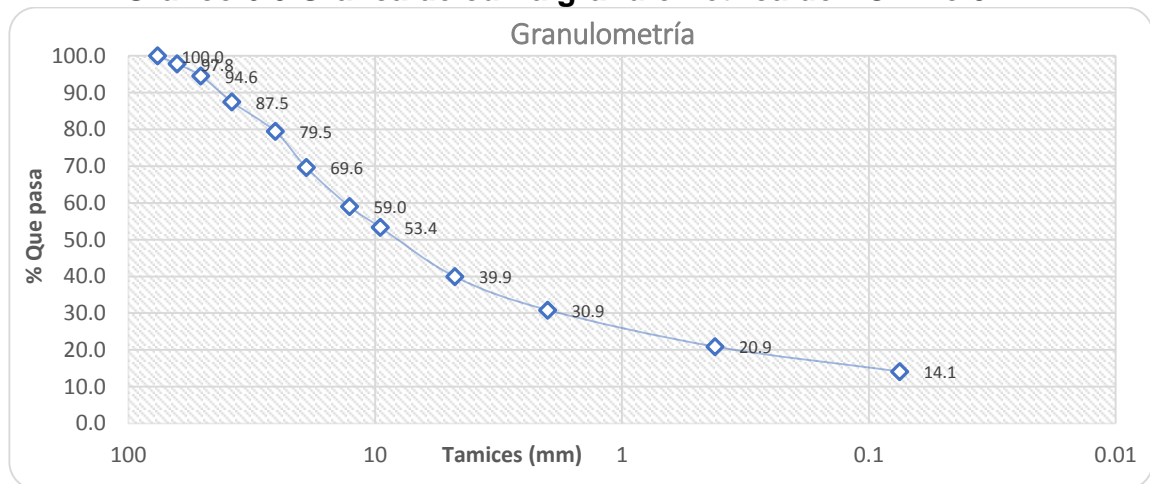
$$\%Pasante_{(N^{\circ}10)} = 39.94\% - 9.06\% = 30.88\%$$

$$\%Pasante_{(N^{\circ}40)} = 30.88\% - 9.97\% = 20.91\%$$

$$\%Pasante_{(N^{\circ}200)} = 20.91\% - 6.76\% = 14.15\%$$

$$\%Pasante_{(fondo)} = 14.15\% - 14.15\% = 0$$

Grafico 6.0 Grafica de curva granulométrica de PCA No 3.



Porcentajes de los agregados para PCA No 3.

- ⇒ Grava: 60.06%
- ⇒ Arena: 25.79%
- ⇒ Fino: 14.15%



Coefficiente de uniformidad y de curvatura para PCA No 3.

Para obtener el valor de los coeficientes se utilizarán las ecuaciones 5.3 y 5.4 donde por medio de la gráfica de curva granulométrica, se interseca para cada percentil D.

- ✓ D_{60} = Tamaño donde pasa el 60% del material. Según la gráfica tiene un valor de 13.20 mm.
- ✓ D_{30} = Tamaño donde pasa el 30% del material. Intersectando se tiene un valor de 5.18 mm.
- ✓ D_{10} = Tamaño donde pasa el 10% del material. El diámetro efectivo, no puede encontrarse ya que no hay valor con cual intersectar.

Por ende los coeficientes de uniformidad y curvatura son indefinidos.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \textit{indefinido}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{10})} = \textit{indefinido}$$

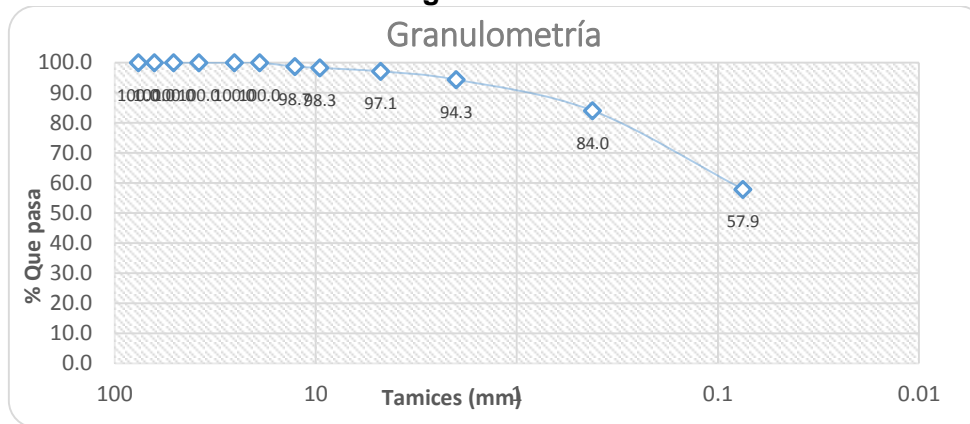


Cuadro 6.4 Análisis granulométrico de PCA No 1.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tesis:		Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.				
Análisis Granulométrico de agregado grueso y fino (AASHTO T27 Y T11)						
PCA #: 1						
Ubicación de PCA: (599854,273914)						
Tipo de tamizado: Manual						
Vía: Humeda						
Fecha de muestreo: 10 de sep de 2015						
Fecha de ensayo: 18 de sep de 2015						
				Material lavado en malla N° 200		
Peso en bruto (gr)		1,207		Peso en bruto (gr)		
Peso de tara (gr)		557		Peso de tara (gr)		
Muestra representativa (gr)		650		Muestra representativa (gr)		650
Peso seco (gr)				Peso seco (gr)		566.20
Criba(")	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa	
3	80		0.00	0.00	100.00	
2 1/2	63		0.00	0.00	100.00	
2	50		0.00	0.00	100.00	
1 1/2	40		0.00	0.00	100.00	
1	25		0.00	0.00	100.00	
3/4	20		0.00	0.00	100.00	
1/2	12.5	7.32	1.13	1.13	98.87	
3/8	10	2.54	0.39	1.52	98.48	
N°4	5	6.61	1.02	2.53	97.47	
Pasa N°4			97.47			
% Perdida						
Humedad						
Humedad	Peso en bruto (gr)	760	Peso seco + tara (gr)		Humedad (%)	14.80
	Peso de tara (gr)	110	Peso seco neto (gr)	566.20	Cantidad de agua (gr)	83.80
Malla N°	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa	
N°10	2	15.57	2.68	5.21	94.79	
N°40	0.4	58.34	10.04	15.26	84.74	
N°200	0.08	148.12	25.50	40.75	59.25	
Fondo		327.70	56.41	97.16	2.84	
Observaciones:						



Gráfico 6.1 Curva granulométrica de PCA No 1.



Porcentajes de los agregados para PCA No 1.

- ⇒ Grava: 2.90%
- ⇒ Arena: 39.20%
- ⇒ Fino: 57.90%

Coefficiente de uniformidad y de curvatura para PCA No 1.

Para obtener el valor de los coeficientes se utilizaran las ecuaciones 5.3 y 5.4 donde por medio de la gráfica de curva granulométrica, se interseca para cada percentil D.

- ✓ D_{60} = Tamaño donde pasa el 60% del material. Según la gráfica tiene un valor de 0.09 mm.
- ✓ D_{30} = Tamaño donde pasa el 30% del material. No puede encontrarse ya que no existe valor con el cual intersectar.
- ✓ D_{10} = Tamaño donde pasa el 10% del material. El diámetro efectivo, no puede encontrarse ya que no hay valor con cual intersectar.

Por ende los coeficientes de uniformidad y curvatura son indefinidos.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \text{indefinido}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} = \text{indefinido}$$



Cuadro 6.5 Análisis granulométrico de PCA No 2.


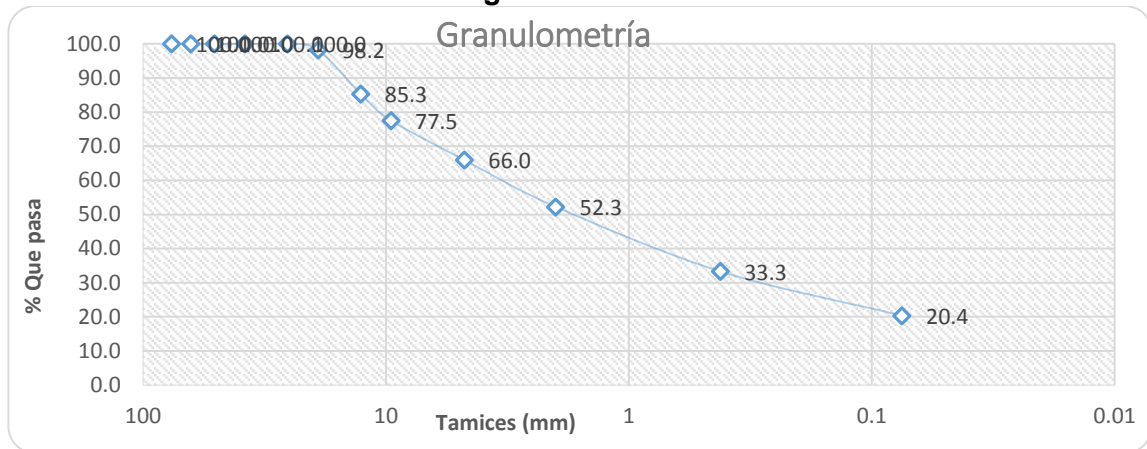
Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
						
Tesis:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Análisis Granulométrico de agregado grueso y fino (AASHTO T27 Y T11)						
PCA #: 2						
Ubicación de PCA: (599853,0273971)						
Tipo de tamizado: Manual						
Vía: Humeda						
Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015						
Fecha de ensayo: 18 de sep de 2015						
			Material lavado en malla N° 200			
Peso en bruto (gr)		1,070	Peso en bruto (gr)			
Peso de tara (gr)		324	Peso de tara (gr)			
Muestra representativa (gr)		746	Muestra representativa (gr)		746	
Peso seco (gr)			Peso seco (gr)		675.72	
Criba(")	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa	
3	80		0.00	0.00	100.00	
2 1/2	63		0.00	0.00	100.00	
2	50		0.00	0.00	100.00	
1 1/2	40		0.00	0.00	100.00	
1	25		0.00	0.00	100.00	
3/4	20	12.23	1.64	1.64	98.36	
1/2	12.5	87.12	11.68	13.32	86.68	
3/8	10	52.43	7.03	20.35	79.65	
N°4	5	78.3	10.50	30.84	69.16	
Pasa N°4		515.92	69.16			
% Perdida						
Humedad	Peso en bruto (gr)	851.00	Peso seco + tara (gr)		Humedad (%)	10.40
	Peso de tara (gr)	105	Peso seco neto (gr)	675.72	Cantidad de agua (gr)	70.28
Malla N°	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa	
N°10	2	92.56	9.47	40.32	59.68	
N°40	0.4	127.85	13.09	53.40	46.60	
N°200	0.08	87.66	8.97	62.37	37.63	
Fondo		137.57	14.08	76.45	23.55	
Observaciones:						



Grafico 6.2 Curva granulométrica de PCA No 2.



Porcentajes de los agregados para PCA No 2.

- ⇒ Grava: 34.10%
- ⇒ Arena: 45.60%
- ⇒ Fino: 20.40%

Coefficiente de uniformidad y de curvatura para PCA No 2.

Para obtener el valor de los coeficientes se utilizaran las ecuaciones 5.3 y 5.4 donde por medio de la gráfica de curva granulométrica, se interseca para cada percentil D.

- ✓ D_{60} = Tamaño donde pasa el 60% del material. Según la gráfica tiene un valor de 3.30 mm.
- ✓ D_{30} = Tamaño donde pasa el 30% del material. Intersectando se tiene un valor de 0.3 mm.
- ✓ D_{10} = Tamaño donde pasa el 10% del material. El diámetro efectivo, no puede encontrarse ya que no hay valor con cual intersectar.

Por ende los coeficientes de uniformidad y curvatura son indefinidos.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \text{indefinido}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} = \text{indefinido}$$

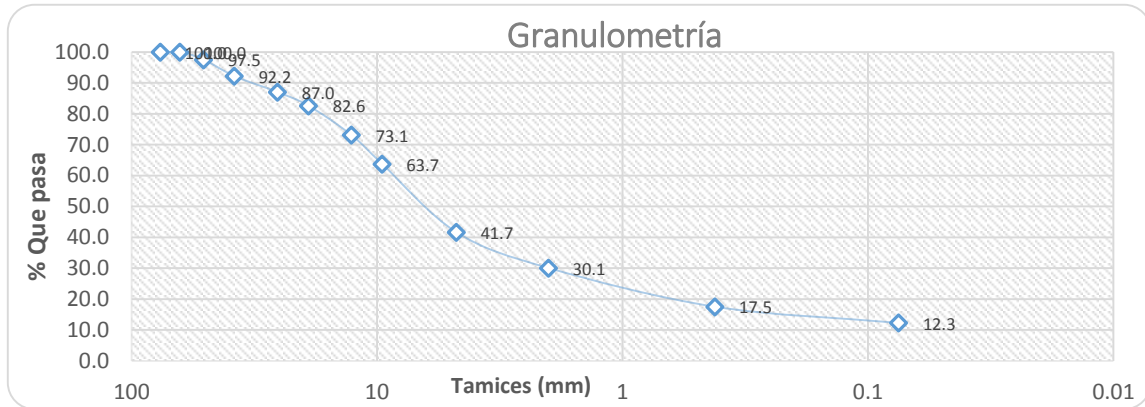


Cuadro 6.6 Análisis granulométrico de PCA No 4.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tesis:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Análisis Granulométrico de agregado grueso y fino (AASHTO T27 Y T11)						
PCA #: 4						
Ubicación de PCA: (599821,273952)						
Tipo de tamizado: Manual						
Vía: Humeda						
Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015						
Fecha de ensayo: 18 de sep de 2015						
			Material lavado en malla N° 200			
Peso en bruto (gr)	15513	Peso en bruto (gr)	1322			
Peso de tara (gr)	513	Peso de tara (gr)	112			
Muestra representativa (gr)	15000	Muestra representativa (gr)	1210			
Peso seco (gr)		Peso seco (gr)	1150.02			
Criba(")	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido	% que pasa	
3	80		0.00	0.00	100.00	
2 1/2	63		0.00	0.00	100.00	
2	50	370	2.47	2.47	97.53	
1 1/2	40	800	5.33	7.80	92.20	
1	25	778	5.19	12.99	87.01	
3/4	20	663	4.42	17.41	82.59	
1/2	12.5	1423	9.49	26.89	73.11	
3/8	10	1405	9.37	36.26	63.74	
N°4	5	3311	22.07	58.33	41.67	
Pasa N°4		6250	41.67			
% Perdida						
Humedad	Peso en bruto (gr)	684	Peso seco + tara (gr)	655.10	Humedad (%)	5.22
	Peso de tara (gr)	101	Peso seco neto (gr)	554.10	Cantidad de agua (gr)	28.90
Malla N°	Abertura (mm)	Peso retenido	% Peso retenido	Peso retenido acumulado	% que pasa	
N°10	2	320.1	11.60	69.93	30.07	
N°40	0.4	346.1	12.54	82.47	17.53	
N°200	0.08	144.5	5.24	87.71	12.29	
Fondo		339.32	12.29	100.00	0.00	
Observaciones:						



Grafico 6.3 Curva granulométrica de PCA No 4.



Porcentajes de los agregados para PCA No 4.

- ⇒ Grava: 58.33%
- ⇒ Arena: 29.38%
- ⇒ Fino: 12.29%

Coefficiente de uniformidad y de curvatura para PCA No 4.

Para obtener el valor de los coeficientes se utilizaran las ecuaciones 5.3 y 5.4 donde por medio de la gráfica de curva granulométrica, se interseca para cada percentil D.

- ✓ D_{60} = Tamaño donde pasa el 60% del material. Según la gráfica tiene un valor de 8.90 mm.
- ✓ D_{30} = Tamaño donde pasa el 30% del material. Intersectando se tiene un valor de 2.00 mm.
- ✓ D_{10} = Tamaño donde pasa el 10% del material. El diámetro efectivo, no puede encontrarse ya que no hay valor con cual intersectar.

Por ende los coeficientes de uniformidad y curvatura son indefinidos.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \text{indefinido}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} = \text{indefinido}$$



6.2.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE PLÁSTICO DE SUELOS.

Designación: AASHTO T89 Y T90

ASTM D 4318-00

Muestreo y espécimen para PCA No 3.

Con una porción representativa de la muestra total pasante de la malla No 40, con agua destilada necesaria o suficiente reposada durante 16 horas mínimo. El cuadro 6.7 muestra los datos obtenidos para el ensayo de plasticidad posteriormente se detallara el procedimiento de según lo especificado en el capítulo 5.

Cuadro 6.7 Limites de consistencia de PCA No 3.

Determinación	Limite Liquido			Limite Plástico		
	1	2	3	1	2	3
Capsula N°	2	4	6	D	E	F
N° de golpes	26	16	33			
$W_{cap + Ww}$	69.4	69.9	70.1	30.5	30	30.5
$W_{cap + Ws}$	60.6	60.5	61.8	29.5	29.2	29.6
w	8.8	9.4	8.3	1	0.8	0.9
W_{cap}	37.8	37.9	38	25	25.3	25.3
$\%w$	38.60	41.59	34.87	22.22	20	20.93
	LL		38	LP (Promedio)		21
	Índice de plasticidad			17		

Limite líquido (LL).

Cantidad de agua en gr (w):

$$w = W_{cap+Ww} - W_{cap+Ws}$$

$$w_1 = 69.4gr - 60.6gr = 8.8gr$$

$$w_2 = 69.9gr - 60.5gr = 9.4gr$$

$$w_3 = 70.1gr - 61.8gr = 8.3gr$$

Porcentaje de humedad según la ecuación 5.10 (%w):



$$p = 100 \frac{(W - D)}{D}$$

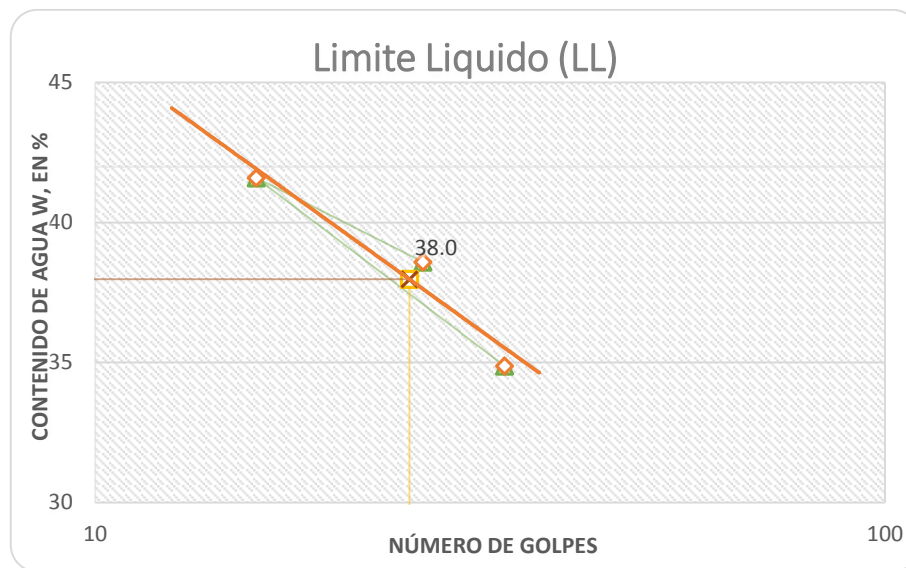
$$\%w_1 = 100 \frac{(W - D)}{D} = 100 \left(\frac{69.4gr - 60.6gr}{60.6gr - 37.8gr} \right) = 38.60\%$$

$$\%w_2 = 100 \frac{(W - D)}{D} = 100 \left(\frac{69.9gr - 60.5gr}{60.5gr - 37.9gr} \right) = 41.59\%$$

$$\%w_3 = 100 \frac{(W - D)}{D} = 100 \left(\frac{70.1gr - 61.8gr}{61.8gr - 38.0gr} \right) = 34.87\%$$

Para obtener LL como se menciona en la metodología se interseca el valor de la abscisa con 25 golpes tomando el contenido de humedad correspondiente. El valor debe ser un número entero.

Grafico 6.4 Limite liquido de PCA No 3.



Limite Plástico (LP).

Cantidad de agua en gr (w):

$$w = W_{cap+Ww} - W_{cap+Ws}$$

$$w_1 = 30.5gr - 29.5gr = 1gr$$

$$w_2 = 30gr - 29.2gr = 0.8gr$$

$$w_3 = 30.5gr - 29.6gr = 0.9gr$$

Porcentaje de humedad según la ecuación 5.10 (%w):



$$p = 100 \frac{(W - D)}{D}$$
$$\%w_1 = 100 \frac{(W - D)}{D} = 100 \left(\frac{30.5gr - 29.5gr}{29.5gr - 25gr} \right) = 22.2\%$$
$$\%w_2 = 100 \frac{(W - D)}{D} = 100 \left(\frac{30gr - 29.2gr}{29.2gr - 25.2gr} \right) = 20.0\%$$
$$\%w_1 = 100 \frac{(W - D)}{D} = 100 \left(\frac{30.5gr - 29.6gr}{29.6gr - 25.3gr} \right) = 20.93\%$$

El promedio de los porcentajes es el valor del límite plástico (LP), tomar el valor entero más próximo.

$$LP_{Promedio} = \left(\frac{22.2\% + 20.2\% + 20.93\%}{3} \right) = 21.1\% \therefore 21\%$$

Se obtiene el valor del Índice de Plasticidad (IP) con la ecuación 5.7

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 38 - 21 = 17$$



Cuadro 6.8 Limites de consistencia de PCA No 1.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tesis:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Limites de consistencia de los suelos (AASHTO T89 y T90)						
PCA #: 1						
Ubicación de PCA: (599854,273914)						
Fecha de muestreo: 10 de Sep de 2015						
Fecha de ensayo: 17 de sep de 2015						
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Determinación	1	2	3	1	2	3
Capsula N°	30	22	42	A	B	C
N° de golpes	14	21	35			
W_{cap+Ww}	18.88	20.59	19.62	16.43	16.51	17.22
W_{cap+Ws}	14.86	15.61	15.4	15.39	15.46	16.03
w	4.02	4.98	4.22	1.04	1.05	1.19
W_{cap}	9.69	8.92	9.4	12.67	12.65	12.86
%w	77.76	74.44	70.33	38.24	37.37	37.54
	Limite Liquido (LL)		73	Limite Plastico (LP)		38
	Indice de plasticidad			35		
Observacion						



Cuadro 6.9 Limites de consistencia de PCA No 2.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tesis:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Limites de consistencia de los suelos (AASHTO T89 y T90)						
PCA #: 2						
Ubicación de PCA: (599853,273971)						
Fecha de muestreo: 11 de Sep de 2015						
Fecha de ensayo: 17 de sep de 2015						
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Determinación	1	2	3	1	2	3
Capsula N°	39	41	20	A	B	C
N° de golpes	12	25	33			
W_{cap+Ww}	20.97	21.98	20.04	16.95	17.23	17.21
W_{cap+Ws}	17.27	17.96	17.02	16.02	16.26	16.2
w	3.7	4.02	3.02	0.93	0.97	1.01
W_{cap}	8.7	8.35	9.32	12.7	12.91	12.74
%w	43.17	41.83	39.22	28.01	28.96	29.19
	Limite Liquido (LL)		41	Limite Plastico (LP)		29
	Indice de plasticidad			12		
Observacion						



Cuadro 6.10 Límites de consistencia de PCA No 4.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tesis:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Límites de consistencia de los suelos (AASHTO T89 y T90)						
PCA #: 4						
Ubicación de PCA: (599821,273952)						
Fecha de muestreo: 11 de Sep de 2015						
Fecha de ensayo: 23 de sep de 2015						
	Limite Liquido			Limite Plastico		
Determinación	1	2	3	1	2	3
Capsula N°	1	3	5	A	B	C
N° de golpes	33	25	19			
$W_{cap} + W_w$	77.6	63.9	67	33.6	35.8	29.3
$W_{cap} + W_s$	64.9	55.2	56.8	31.9	33.7	28.4
w	12.7	8.7	10.2	1.7	2.1	0.9
W_{cap}	38.2	38	37.9	25.1	25	24.9
%w	47.57	50.58	53.97	25.00	24.14	25.71
	Limite Liquido (LL)		51	Limite Plastico (LP)		25
	Indice de plasticidad			26		
<p>The chart plots water content (w, in %) on the y-axis (ranging from 42 to 52) against the number of blows (N) on the x-axis (ranging from 10 to 100). A best-fit line is drawn through three data points. A specific point is highlighted at 50.7% water content, which corresponds to 25 blows. The chart also shows the Liquid Limit (LL) at 51 and Plastic Limit (PL) at 25, with the Plasticity Index (PI) calculated as 26.</p>						
Observaciones:						



6.2.4 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE AGREGADO-SUELO PARA PROPÓSITOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS.

Designación: AASHTO M – 145

ASTM D – 3282 (SUCS)

Como se detalló en el capítulo 5, a continuación se mostrara el procedimiento para la clasificación del PCA No 3.

Primeramente se obtiene el valor del Índice de Grupo con la ecuación 5.8, para lo cual se necesitan los valores de LL, IP y el porcentaje de fino que paso la malla No 200 (encontrados anteriormente).

$$F = 14.15\% \quad LL = 38 \quad IP = 17$$

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

$$IG = (14.15 - 35)[0.2 + 0.005(38 - 40)] + 0.01(14.15 - 15)(17 - 10)$$

$$IG = -4.021 \quad \therefore \quad IG = 0$$

Como el valor obtenido es negativo se asume que el índice de grupo es cero (0).

Se busca en la carta de plasticidad o grafico de plasticidad (Figura 5.1) la intersección de los valores de LL (en las abscisas) y el de IP (en las ordenadas).

Para respaldar el valor y dar en concreto con la clasificación por medio de la tabla 5.6 se va buscando el material de izquierda a derecha, el que más se adecue a las características que presenta, tomando el primero que cumpla con los valores.



Figura 5.1. Carta de Plasticidad AASHTO.

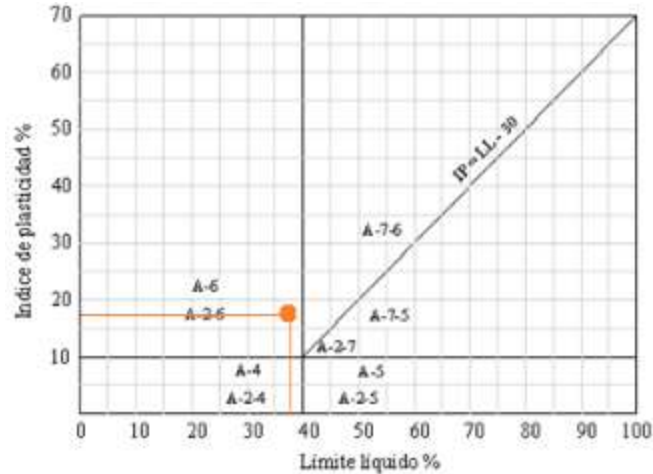


Tabla 5.6. Clasificación de suelos y mezclas de suelos y agregados

Clasificación general	Materiales granulares 35% o menos pasan la malla N° 200						Limos y arcillas 35% pasa la malla N° 200				
	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Grupo	A - 1 - a		A - 1 - b	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Sub-grupo	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7			A - 7 - 5	
	% que pasa Tamiz										
N° 10	50 Máx										
N° 40	30 Máx	50 Máx	51 Mín								
N° 200	15 Máx	25 Máx	10 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	36 Mín	36 Mín	36 Mín	
	Límites de Atterberg										
Límite Líquido				40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín
Índice de Plasticidad	6 Máx	6 Máx	NP	10 Máx	10 Máx	11 Mín	11 Mín	10 Máx	10 Máx	11 Mín	11 Mín
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 Máx	4 Máx	8 Máx	12 Máx	16 Máx	20 Máx
Tipo de material	Gravas y arenas		Arenas finas	Gravas y arenas limosas y arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	Excelente			Excelente a bueno			Regular a malo				

Entonces para el método ASSHTO se clasifica el material extraído del PCA No 3 como A – 2 – 6 (0):

“Los subgrupos A-2-6 y A-2-7: incluyen materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5 excepto en que la porción final

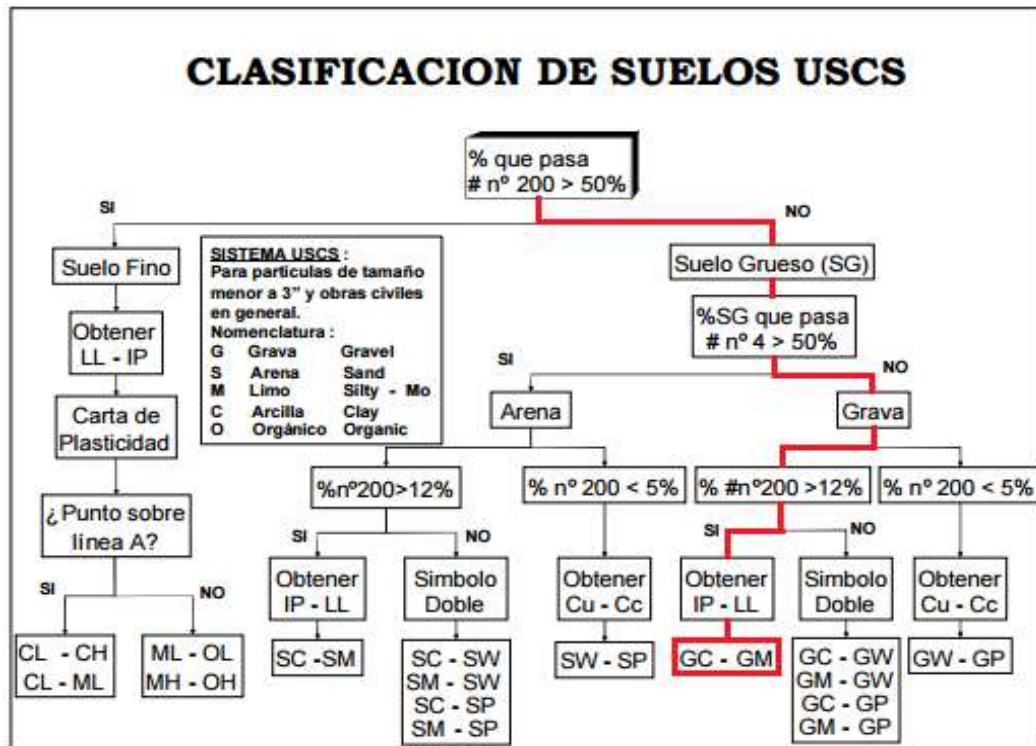


contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7 respectivamente.

Como complemento de la clasificación de manera breve se presenta por medio de la siguiente Figura 6.0 la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). Para lo cual se necesitan los datos siguientes:

$$\%No\ 200 = 14.15\% \quad \%No\ 4 \quad LL = 38 \quad IP = 17$$

Figura 6.0 Clasificación SUCS.



Con la figura 6.1 se encuentran los significados de las nomenclaturas dadas para la clasificación SUCS. Determinando para el PCA No 3 un tipo de suelo GC, grava arcillosa (mezcla entre grava, arena y arcilla) y para GM, grava limosa (mezcla grava, arena y limo).



Clasificación para PCA No 1.

ASSHTO: A – 7 – 6 (19):

“Subgrupo A-7-6: Incluyen materiales con un alto IP en relación con el LL y presentan un alto potencial de expansión”.

Figura 6.1 Sistema de clasificación de suelos unificado SUCS.

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.		
			GP Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.			
			GC Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu= $D_{60}/D_{10}>4$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo. Cu= $D_{60}/D_{10}>6$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. LOS límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan	
			SP Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
			SC Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			
		Limos y arcillas:				ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
		Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50				CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas. OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos. CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta. OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
	Suelos muy orgánicos		PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			



Fuente: Hoja de cálculo, clasificación según Jordi Gonzales Boada, ingeniero geólogo.



SUCS: MH – OH:

MH: Limos inorgánicos, arenas muy finas, limosas o arcillosas o limos arcillosos con ligera plasticidad.

OL: Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.

Clasificación para PCA No 2.

ASSHTO: A – 2 – 7 (0):

“Los subgrupos A-2-6 y A-2-7: incluyen materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5 excepto en que la porción final contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7 respectivamente.”

SUCS: SC – SM:

SC: Arenas arcillosas (mezcla arena y arcilla).

SM: Arena limosa (mezcla de arena y limo).

Clasificación para PCA No 4.

ASSHTO: A – 2 – 7 (0):

“Los subgrupos A-2-6 y A-2-7: incluyen materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5 excepto en que la porción final contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7 respectivamente.”

SUCS: GC – GM:

GC: grava arcillosa (mezcla entre grava, arena y arcilla)

GM: grava limosa (mezcla grava, arena y limo).

6.2.5 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

Designación AASHTO T85

ASTM C 127 – 01

Muestreo.



Como se determinó en el ensayo de granulometría el tamaño máximo del agregado para le PCA No 3 es de 2 ½” para lo cual en la tabla 5.8 muestra la cantidad a ensayar. La muestra se lava dejando pasar todo tipo de agregado fino, menor que el tamaño de la malla ¾”.

En el cuadro 6.11 se muestran los datos obtenidos del PCA No 3 y a continuación el cálculo de cada uno de ellos según lo establecido en la norma mencionada en el capítulo 5.

Cuadro 6.11 Gravedad específica de PCA No 3.

No de ensayo	1
Masa de muestra seca (gr) (A)	5350.2
Masa de muestra SSS (gr) (B)	5611.4
Masa de muestra sumergida (gr) (C)	3293.4
Temperatura del agua (°C)	23
Peso de canastilla (gr)	827.2
Peso de recipiente (tara) (gr)	233.8
Gravedad Especifica Seca	2.31
Gravedad Especifica SSS	2.42
Gravedad Especifica Aparente	2.60
Densidad Seca (kg/m ³)	2302.34
Absorción (%)	4.88

Cálculos.

Gravedad Específica Seca:

$$\text{Gravedad Específica (SH)} = \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.11}$$

$$\text{Gravedad Específica (SH)} = \frac{5350.2}{(5611.4 - 3293.4)} = 2.31$$

Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca (SSS):

$$\text{Gravedad Específica (SSS)} = \frac{B}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.12}$$

$$\text{Gravedad Específica (SSS)} = \frac{5611.4}{(5611.4 - 3293.4)} = 2.42$$

(Gravedad Específica Aparente):

$$\text{Gravedad Relativa Aparente} = \frac{A}{(A - C)} \quad \text{Ecuación 5.13}$$



$$\text{Gravedad Relativa Aparente} = \frac{5350.2}{(5350.2 - 3293.4)} = 2.60$$

Densidad Seca:

$$\text{Densidad (SH), } \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}, = 997.5 \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 5.14}$$

$$\text{Densidad (SH)} = \left(997.5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{5350.2}{(5611.4 - 3293.4)} \right) = 2302.34 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Absorción:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 5.21}$$

$$\text{Absorción, \%} = \left(\frac{5611.4 - 5350.2}{5350.2} \right) \times 100 = 4.88\%$$



Cuadro 6.12 Gravedad Especifica de PCA No 2.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura					
Tesis	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.				
Prueba estandar para Gravedad Especifica y Absorción de Aridos Gruesos (AASHTO T85)					
PCA #: 2			Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015		
Ubicación de PCA: (599853,0273971)			Fecha de ensayo: 26 de sep de 2016		
No de ensayo	1	2	3		
Masa de muestra seca (gr) (A)	7277.2				
Masa de muestra SSS (gr) (B)	7770.2				
Masa de muestra sumergida (gr) (C)	4579.7				
Temperatura del agua (°C)	23				
Peso de canastilla (gr)	826.7				
Peso de recipiente (tara) (gr)	222.9				
Gravedad Especifica Seca	2.28				
Gravedad Especifica SSS	2.44				
Gravedad Especifica Aparente	2.70				
Densidad Seca (kg/m ³)	2275.19				
ABSORCIÓN					
Masa de muestra seca (gr) (A)					
Masa de muestra SSS (gr) (B)					
Peso de recipiente (tara) (gr)					
Absorción (%)	6.77				
Observaciones:					



Cuadro 6.13 Gravedad Especifica de PCA No 4.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura					
Tesis	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.				
Prueba estandar para Gravedad Especifica y Absorción de Aridos Guesos (AASHTO T85) PCA #: 4 Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015 Ubicación de PCA: (599821,273952) Fecha de ensayo: 24 de sep de 2015					
No de ensayo	1	2	3		
Masa de muesra seca (gr) (A)	7604				
Masa de muestra SSS (gr) (B)	7820.9				
Masa de muestra sumergida (gr) (C)	4497.5				
Temperatura del agua (°C)	23				
Peso de canastilla (gr)	824.5				
Peso de recipiente (tara) (gr)	156				
Gravedad Especifica Seca	2.29				
Gravedad Especifica SSS	2.35				
Gravedad Especifica Aparente	2.45				
Densidad Seca (kg/m ³)	2282.30				
ABSORCIÓN					
Masa de muesra seca (gr) (A)					
Masa de muestra SSS (gr) (B)					
Peso de recipiente (tara) (gr)					
Absorción (%)	2.85				
Observaciones:					



6.2.6 MÉTODO DE ENSAYO DE ÍNDICE DE EXPANSIDAD EN SUELOS COHESIVOS.

Asignación ASTM D 4829.

Para la descripción de este ensayo se tomara como referencia los siguientes datos, mediante el cuadro 6.14.

Cuadro 6.14 Valores dados por el edómetro para el PCA No 3.

Célula+suelo+agua inicial	589.52
Célula	G-1
Peso de célula	207.60
Peso suelo+agua inicial	381.92
Tara	R-7
Peso de tara	304.47
Tara+celula+suelo+agua final	932.14
peso suelo+agua final	420.07
Tara+celula+suelo	855.83
Peso pastila seca	343.76
Altura célula	2.54
Diámetro célula	10.19
Volumen célula	207.14
Sección	81.55
Altura teórica sólido (micras)	16212
Altura de poros inicial (micras)	9188
Altura de poros final (micras)	9975
Lecturas finales para determinar la expansión (mm)	4.718
	4.718
	5.505

$$\text{Humedad inicial} = \left(\frac{(\text{Peso suelo} + \text{agua inicial}) - (\text{Peso pastila seca})}{(\text{Peso pastila seca})} \right) \times 100$$

$$\text{Humedad inicial} = \left(\frac{381.92 \text{ gr} - 343.76 \text{ gr}}{343.76 \text{ gr}} \right) \times 100 = 11.1\%$$

$$\text{Humedad final} = \left(\frac{(\text{peso suelo} + \text{agua final}) - (\text{Peso pastila seca})}{(\text{Peso pastila seca})} \right) \times 100$$

$$\text{Humedad final} = \left(\frac{420.07 \text{ gr} - 343.76 \text{ gr}}{343.76 \text{ gr}} \right) \times 100 = 22.2\%$$



$$\text{Densidad húmeda inicial} = \left(\frac{\text{Peso suelo} + \text{agua inicial}}{\text{Volumen célula}} \right)$$

$$\text{Densidad húmeda inicial} = \left(\frac{381.92 \text{ gr}}{207.14 \text{ cm}^3} \right) = 1.844 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Densidad seca inicial} = \left(\frac{\text{Peso pastila seca}}{\text{Volumen célula}} \right)$$

$$\text{Densidad seca inicial} = \left(\frac{343.76 \text{ gr}}{207.14 \text{ cm}^3} \right) = 1.66 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Saturación inicial} = \left(\frac{\text{Peso pastila seca} \times \text{Humedad inicial}}{\text{Sección} \times \text{Altura de poros inicial}} \right) (10,000)$$

$$\text{Saturación inicial} = \left(\frac{343.76 \text{ gr} \times 11.1\%}{81.55 \times 9188} \right) \times 10000 = 50.9\%$$

$$\text{Saturación final} = \left(\frac{\text{Peso pastila seca} \times \text{Humedad final}}{\text{Sección} \times \text{Altura de poros inicial}} \right) (10,000)$$

$$\text{Saturación final} = \left(\frac{343.76 \text{ gr} \times 22.2\%}{81.55 \times 9975} \right) \times 10000 = 93.8\%$$

$$\text{Índice de expansión} = \frac{\Delta \text{longitud}}{(24500)}$$

$$\text{Índice de expansión} = \frac{(5.505 - 4.718)}{(24500)} = 30.98\%$$

De acuerdo la tabla 5.9 de la sección 5.2.1.6 el material posee un índice de expansión bajo.



Cuadro 6.15 Expansión de suelos cohesivos PCA No 1.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tema:		Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.				
Metodo de ensayo de indice de expansión de los suelos cohesivos (ASTM D4829)						
PCA #: 1			Fecha de muestreo: 10 de sep de 2015			
Ubicación de PCA: (599854,273914)			Fecha de ensayo: 28 de sep de 2015			
	carga escalón kg/cm ²	lectura final mm	Hinchamiento mm			
	0.07	4.728				
	0.07	4.728				
	0.07	6.815	2.087			
EDÓMETRO						
Célula+suelo+agua inicial		512.02	HUMEDAD DE TALLADO			
Célula		G-1	Ref. tara	P-2		
Peso de célula		207.6	t+s+a	264.11	Indice de expansión:	
peso suelo+agua inicial		304.42	t+s	250.59	82.17	
Tara		G-13	t	176.51		
Peso de tara		275.81	h tallado	18.3		
Tara+celula+suelo+agua final		849.69	Altura teórica sólido	11707	micras	
peso suelo+agua final		366.28	Altura de poros inicial	13693	micras	
Tara+celula+suelo		731.65	Altura de poros final	15780	micras	
Peso pastila seca		248.24	Saturación inicial	50.3	%	
Altura célula		2.54	Saturación final	91.7	%	
Diámetro célula		10.19	Humedad inicial	22.6		
Volumen célula		207.14	Humedad final	47.6		
Sección		81.55	Densidad húmeda inicial	1.470		
Peso esp. Partículas		2.600	Densidad seca inicial	1.198		
presión kp/cm ²	Asiento total respecto inicio	Asiento parcial escalón	altura poros	indice poros poros	LECTURAS micras	
0.05	0	0	13692.61	1.1696	4728 Ajuste a 0.03	
0.1	0	0	13692.61	1.1696	4728	
0.1	2087	2087	15779.61	1.3478	6815	
Observaciones:						



Cuadro 6.16 Expansión de suelos cohesivos PCA No 2.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tema:		Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.				
Metodo de ensayo de indice de expansión de los suelos cohesivos (ASTM D4829)						
PCA #: 2			Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015			
Ubicación de PCA: (599853,0273971)			Fecha de ensayo: 29 de sep de 2015			
	carga escalón kg/cm ²	lectura final mm	Hinchamiento mm			
	0.07	4.314				
	0.07	4.312				
	0.07	4.512	0.2			
EDÓMETRO						
Célula+suelo+agua inicial		541.36	HUMEDAD DE TALLADO			
Célula		G-1	Ref. tara	P-2		
Peso de célula		207.6	t+s+a	264.11	Indice de expansión:	
peso suelo+agua inicial		333.76	t+s	250.59	7.87	
Tara		D-5	t	176.51		
Peso de tara		293.28	h tallado	18.3		
Tara+célula+suelo+agua final		874.00	Altura teórica sólido	13485	micras	
peso suelo+agua final		373.12	Altura de poros inicial	11915	micras	
Tara+célula+suelo		786.82	Altura de poros final	12113	micras	
Peso pastilla seca		285.94	Saturación inicial	49.2	%	
Altura célula		2.54	Saturación final	88.3	%	
Diámetro célula		10.19	Humedad inicial	16.7		
Volumen célula		207.14	Humedad final	30.5		
Sección		81.55	Densidad húmeda inicial	1.611		
Peso esp. Partículas		2.600	Densidad seca inicial	1.380		
presión kp/cm ²	Asiento total respecto inicio	Asiento parcial escalón	altura poros	indice poros poros	LECTURAS micras	
	0.05	0	0	11914.62	0.8835	4314 Ajuste a 0.03
	0.1	-2	-2	11912.62	0.8834	4312
	0.1	198	200	12112.62	0.8982	4512
Observaciones:						



Cuadro 6.17 Expansión de suelos cohesivos PCA No 4.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil						
Tema:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Metodo de ensayo de indice de expansión de los suelos cohesivos (ASTM D4829)						
PCA #: 4	Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015					
Ubicación de PCA: (599821,273952)	Fecha de ensayo: 29 de sep de 2015					
	carga escalón kg/cm ²	lectura final mm	Hinchamiento mm			
	0.07	4.694				
	0.07	4.694				
	0.07	5.230	0.536			
EDÓMETRO						
Célula+suelo+agua inicial		572.41	HUMEDAD DE TALLADO			
Célula		G-1	Ref. tara	P-2		
Peso de célula		207.60	t+s+a	264.11	Indice de expansión:	
peso suelo+agua inicial		364.81	t+s	250.59	21.1	
Tara		D-5	t	176.51		
Peso de tara		293.27	h tallado	18.3		
Tara+célula+suelo+agua final		901.30	Altura teórica sólido	15272	micras	
peso suelo+agua final		400.43	Altura de poros inicial	10128	micras	
Tara+célula+suelo		824.7	Altura de poros final	10664	micras	
Peso pastila seca		323.83	Saturación inicial	49.6	%	
Altura célula		2.54	Saturación final	88.1	%	
Diámetro célula		10.19	Humedad inicial	12.7		
Volumen célula		207.14	Humedad final	23.7		
Sección		81.55	Densidad húmeda inicial	1.761		
Peso esp. Partículas		2.600	Densidad seca inicial	1.563		
presión kp/cm ²	Asiento total respecto inicio	Asiento parcial escalón	altura poros	indice poros poros	LECTURAS micras	
	0.05	0	0	10127.66	0.6631	4694 Ajuste a 0.03
	0.1	0	0	10127.66	0.6631	4694
	0.1	536	536	10663.66	0.6982	5230
Observaciones:						



6.2.7 RELACIÓN DENSIDAD – HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO).

Designación: AASHTO T 180-01.

Para PCA No 3.

Se cuarteo material pasado por la malla $\frac{3}{4}$ ", aproximadamente para 6 kg (ya que 5kg son muy ajustados, tal como dice la norma). Obteniendo 5 muestras a ensayar.

Los cuadros 6.18 y 6.19, muestra los valores obtenidos para el PCA No 3, donde posteriormente se mostraran los cálculos realizados para llenar cada casilla. Tomando solamente como referencia la muestra No 1 para detalles de cálculo.

Cuadro 6.18 Determinación de la humedad de PCA No 3.

N° de muestra	1	2	3	4	5
N° de tara	61	11	B23	190	
Masa de tara (Mt) (g)	83.20	86.20	86.40	81.10	
Masa de suelo húmedo + tara (Mh+t) (g)	459.40	427.20	415.40	525.20	
Masa de suelo seco + tara (Ms+t) (g)	433.50	397.10	382.50	476.50	
Masa de agua (Mw) (g)	25.90	30.10	32.90	48.70	
Contenido de agua (%)	7.39	9.68	11.11	12.32	
Promedio (%)	7.39	9.68	11.11	12.32	

Cálculos.

Contenido de agua:

$$M_w = M_{h+t} - M_{s+t}$$

$$M_{w1} = (459.40 - 433.50) \text{ gr} = 25.90 \text{ gr}$$

Contenido de humedad:

$$\omega\% = \left(\frac{M_{h+t} - M_{s+t}}{M_{s+t} - M_t} \right) (100) = \left(\frac{M_w}{M_s} \right) (100) \quad \text{Ecuación 5.34}$$

$$\omega\%_1 = \left(\frac{459.40 - 433.50}{433.50 - 83.20} \right) (100) = 7.39\%$$



Cuadro 6.19 Determinación de la relación Densidad-Humedad de PCA No 3.

N° de muestra	1	2	3	4	5
Masa de la muestra de ensayo (g)	6000	6000	6000	6000	
Humedad de ensayo (%)	4	6	8	10	
Volumen de agua a agregar (ml)	240	360	480	600	
Masa del molde (g)	5695	5695	5695	5695	
Masa de suelo húmedo + molde (g)	9960	10236	10322	10256	
Volumen del molde (m ³)	2123	2123	2123	2123	
Peso Volumétrico Húmedo (kg/m ³)	2008.95	2138.95	2179.46	2148.37	
Humedad promedio (%)	7.39	9.68	11.11	12.32	
Peso Volumétrico Seco Kg/m ³	1870.64	1950.15	1961.52	1912.78	
Humedad de saturación (%)	10.07	7.90	7.60	8.90	

Cálculos.

Volumen del molde de compactación, como sigue:

$$V_m = \pi \times \frac{(h_m)(d_i + d_s)^2}{(16)(100)} \text{ (SI)} \quad \text{Ecuación 5.33}$$

$$V_m = \pi \times \frac{(117)(152 + 152)^2}{(16)(1000)} = 2123 \text{ m}^3$$

Cantidad de agua a colocar en cada muestra, con la diferencia de que el material no posee humedad inicial ya que este debe de estar completamente sin humedad.

$$C_w = (k) \frac{w_2 - w_1}{1 + w_1} \quad \text{Ecuación 5.23}$$

$$C_{w1} = (6000)(0.04) = 240 \text{ ml}$$

Peso volumétrico húmedo:

$$\gamma_h = \frac{(M_{h+m} - M_m)}{V_m} \quad \text{Ecuación 5.35}$$

$$\gamma_{h1} = \frac{(9960 \text{ kg} - 5695 \text{ kg})}{2123 \text{ m}^3} = 2008.95 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Peso unitario seco o densidad seca:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + \frac{\omega}{100}} \quad \text{Ecuación 5.36}$$



$$\gamma_d = \frac{2008.95}{1 + \frac{4}{100}} = 1870.64 \frac{kg}{m^3}$$

Contenido de agua para el 100 % de saturación del suelo:

$$\omega_{sat} = \left(\frac{\gamma_w G_s - \gamma_d}{\gamma_d G_s} \right) (100) \quad \text{Ecuación 5.37}$$

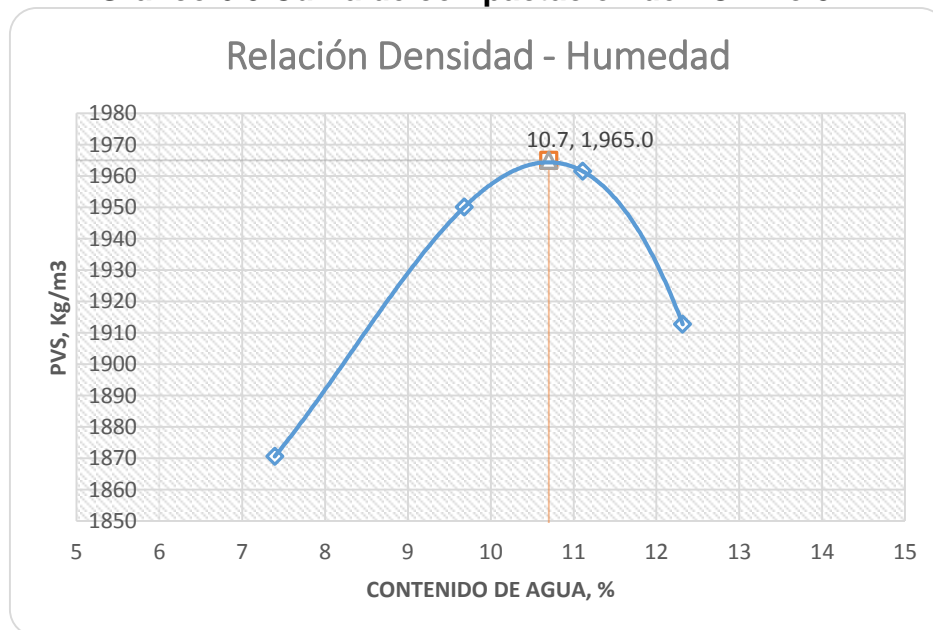
$$\omega_{sat} = \left(\frac{\left(998.2 \frac{kg}{m^3} \right) (2.31) - 1870.64 \frac{kg}{m^3}}{\left(1870.64 \frac{kg}{m^3} \right) (2.31)} \right) (100) = 10.07\%$$

Donde:

γ_w = Peso unitario del agua a 20 °C , en Kg/m³ (998.2)

Curva de compactación. Determinando el contenido de agua óptimo (ω_{opt}) corresponde al punto máximo de la curva y el peso unitario seco correspondiente a ese contenido de agua óptimo, será el peso unitario seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$)

Grafico 6.5 Curva de compactación de PCA No 3.



Obteniendo así en números enteros:

Humedad Óptima: 11%

Peso Volumetrico Seco Maximo: 1965 kg/m³

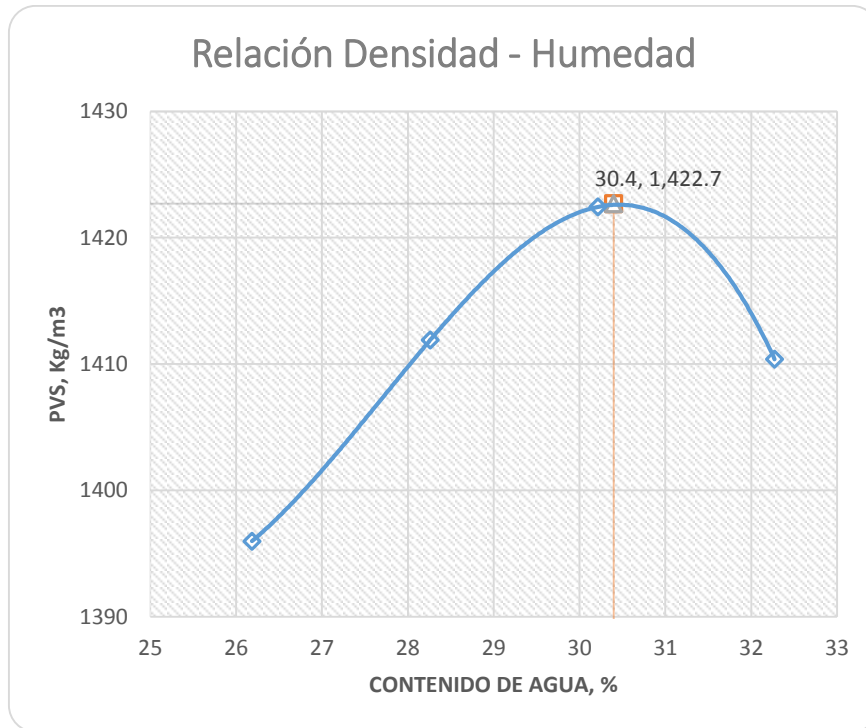


Cuadro 6.20 Valor de Relación Densidad – Humedad de PCA No 1.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil					
Tesis:		Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.			
Relación Densidad - Humedad (AASHTO T180)					
PCA #: 1 Ubicación: (599854,273914) Metodo de ensayo: "B" Masa del matillo: 10 lb N° de capas: 5 Altura de moldes: 117 mm Humedad del suelo Fecha de muestreo: 10 de sep de 2015			Fecha de ensayo: 25 de sep de 2015 N° de ensayos: 1 N° de moldes: 1 D inferior de molde: 152 mm D superior de moldes: 152 mm Gs: 2.718 Descripción del suelo: A - 7 - 6 (19) MH - OH		
Determinación de la humedad					
N° de muestra	1	2	3	4	5
N° de tara	A	B	A	B	
Masa de tara (Mt) (g)	82.30	124.80	82.30	124.80	
Masa de suelo húmedo + tara (Mh+t)	305.40	347.00	333.80	411.70	
Masa de suelo seco + tara (Ms+t) (g)	267.90	298.04	275.44	341.70	
Masa de agua (Mw) (g)	37.50	48.96	58.36	70.00	
Contenido de agua (%)	20.20	28.26	30.22	32.27	
Promedio (%)	20.20	28.26	30.22	32.27	
Determinación de la relacion Densidad - Humedad					
N° de muestra	1	2	3	4	5
Masa de la muestra de ensayo (g)	7000	7000	7000	7000	
Humedad de ensayo (%)	4	6	8	10	
Volumen de agua a agregar (ml)	280	420	560	700	
Masa del molde (g)	6566	6566	6566	6566	
Masa de suelo humedo + molde (g)	10274	10378	10465	10493	
Volumen del molde (m3)	2105	2105	2105	2105	
Peso Volumetrico Humedo (kg/m3)	1761.52	1810.93	1852.26	1865.56	
Humedad promedio (%)	20.20	28.26	30.22	32.27	
Peso Volumetrico Seco Kg/m3	1465.43	1411.90	1422.44	1410.39	
Humedad de saturación (%)	31.32	33.91	33.38	33.98	
Observaciones:			Humedad Optima (%)		30
			Peso Volumetrico Seco Maximo (kg/m3)		1423



Grafico 6.6 Curva de compactación de PCA No 1.



Obteniendo así en números enteros:

Humedad Optima: 30%

Peso Volumetrico Seco Maximo: 1423 kg/m³

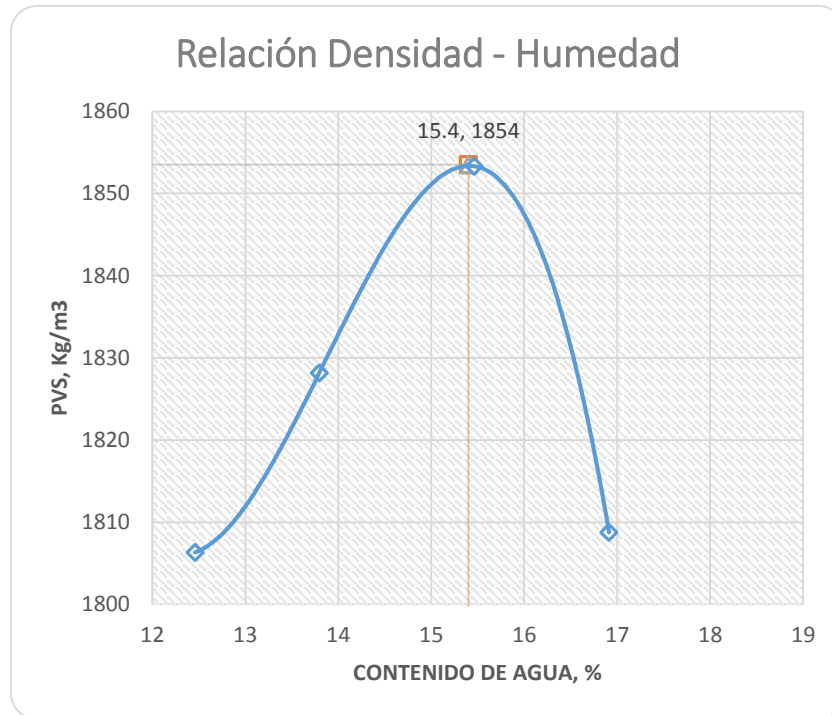


Cuadro 6.21 Valor de Relación Densidad – Humedad de PCA No 2.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil					
Tesis:		Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.			
Relación Densidad - Humedad (AASHTO T180)					
PCA #: 2 Ubicación: (599853,0273971) Metodo de ensayo: D Masa del matillo: 10 lb N° de capas: 5 Altura de moldes Humedad del suelo Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015			Fecha de ensayo: 26 de sep de 2015 N° de ensayos: 1 N° de moldes: 1 D inferior de moldes: D superior de moldes: Gs: 2.28 Descripción del suelo: A - 2 - 7 (0) SC - SM		
Determinación de la humedad					
N° de muestra	1	2	3	4	5
N° de tara	A	B	C	D	
Masa de tara (Mt) (g)	276.00	259.60	302.00	280.30	
Masa de suelo húmedo + tara (Mh+t)	810.30	751.20	814.30	710.30	
Masa de suelo seco + tara (Ms+t) (g)	751.10	691.60	745.70	648.10	
Masa de agua (Mw) (g)	59.20	59.60	68.60	62.20	
Contenido de agua (%)	12.46	13.80	15.46	16.91	
Promedio (%)	12.46	13.80	15.46	16.91	
Determinación de la relacion Densidad - Humedad					
N° de muestra	1	2	3	4	5
Masa de la muestra de ensayo (g)	6000	6000	6000	6000	
Humedad de ensayo (%)	4	6	8	10	
Volumen de agua a agregar (ml)	240	360	480	600	
Masa del molde (g)	4779	4779	4779	4779	
Masa de suelo humedo + molde (g)	9049	9152	9277	9224	
Volumen del molde (m3)	2102	2102	2102	2102	
Peso Volumetrico Humedo (kg/m3)	2031.40	2080.40	2139.87	2114.65	
Humedad promedio (%)	12.46	13.80	15.46	16.91	
Peso Volumetrico Seco Kg/m3	1806.32	1828.18	1853.33	1808.77	
Humedad de saturación (%)	11.40	10.74	10.00	11.33	
Observaciones:	Humedad Optima (%)				15
	Peso Volumetrico Seco Maximo (kg/m3)				1854



Grafico 6.7 Curva de compactación de PCA No 2.



Obteniendo así en números enteros:

Humedad Optima: 15%

Peso Volumetrico Seco Maximo: 1854 kg/m³

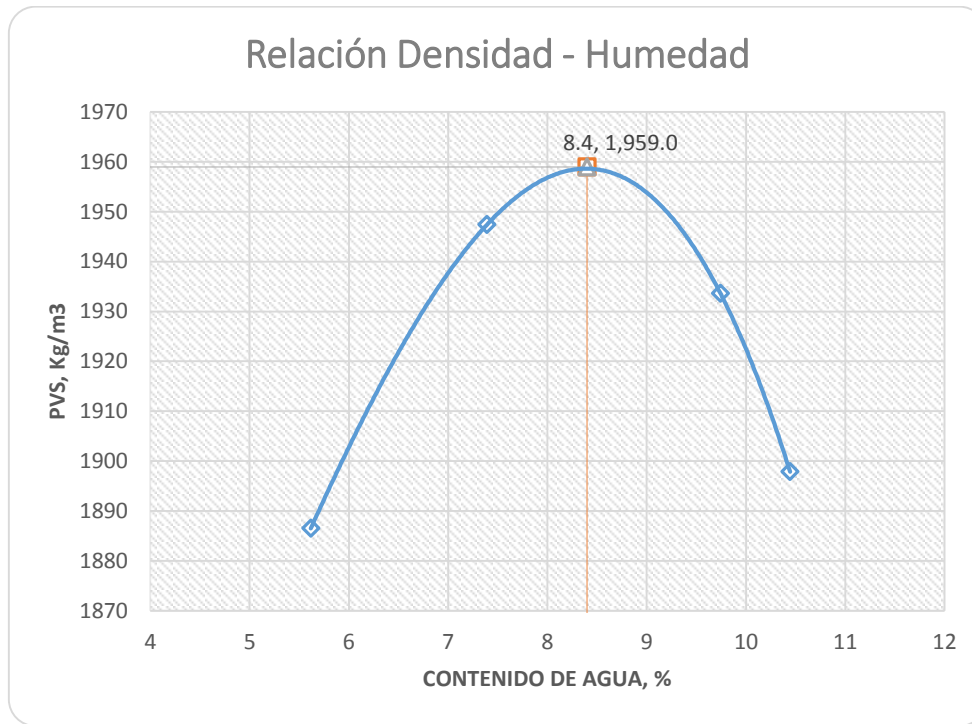


Cuadro 6.22 Valor de Relación Densidad – Humedad de PCA No 4.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería Civil					
Tesis:		Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.			
Relación Densidad - Humedad AASHTO T180					
PCA #: 4 Ubicación: (599821,273952) Metodo de ensayo: "D" Masa del matillo: 10 lb N° de capas: 5 Altura de molde: 117 mm Humedad del suelo: Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015			Fecha de ensayo: 21 de sep de 2015 N° de ensayos: 1 N° de moldes: 1 D inferior de molde: 152 mm D superior de molde: 152 mm Gs: 2.29 Descripción del suelo: A - 2 - 7 (0) GC - GM		
Determinación de la humedad					
N° de muestra	1	2	3	4	5
N° de tara	B17	K18	K9	B13	
Masa de tara (Mt) (g)	91.30	91.60	95.80	93.70	
Masa de suelo húmedo + tara (Mh+t)	495.60	531.80	519.30	536.80	
Masa de suelo seco + tara (Ms+t) (g)	474.10	501.50	481.70	494.90	
Masa de agua (Mw) (g)	21.50	30.30	37.60	41.90	
Contenido de agua (%)	5.62	7.39	9.74	10.44	
Promedio (%)	5.62	7.39	9.74	10.44	
Determinación de la relacion Densidad - Humedad					
N° de muestra	1	2	3	4	5
Masa de la muestra de ensayo (g)	6000	6000	6000	6000	
Humedad de ensayo (%)	4	6	8	10	
Volumen de agua a agregar (ml)	240	360	480	600	
Masa del molde (g)	5695	5695	5695	5695	
Masa de suelo humedo + molde (g)	9925	10135	10200	10145	
Volumen del molde (m3)	2123	2123	2123	2123	
Peso Volumetrico Humedo (kg/m3)	1992.46	2091.38	2122.00	2096.09	
Humedad promedio (%)	5.62	7.39	9.74	10.44	
Peso Volumetrico Seco Kg/m3	1886.51	1947.43	1933.60	1897.88	
Humedad de saturación (%)	9.24	7.59	7.96	8.93	
Observaciones:			Humedad Optima (%)		8
			Peso Volumetrico Seco Maximo		1959



Grafico 6.8 Curva de compactación de PCA No 4.



Obteniendo así en números enteros:

Humedad Optima: 8%

Peso Volumetrico Seco Maximo: 1959 kg/m³



6.2.8 NORMA DEL MÉTODO DE PRUEBA PARA LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA.

Designación: AASHTO T 193-99.

ASTM D 1883.

Para la descripción de los resultados de este ensayo, se mostrara para el PCA No 3, detallando como se describe en el capítulo 5, sección 5.2.1.8 por medio de los cuadros que se muestran a continuación.

El cuadro 6.23 fue utilizado para los datos de compactación y obtener así la densidad del material ensayado. Para lo cual solo se demostrara para la probeta No 1, ya que el procedimiento es el mismo.

Cuadro 6.23 Determinación de la densidad para CBR del PCA No 3.

Determinación de la densidad			
No de probeta	1	2	3
No de golpes	56	25	10
Humedad de compactación (%)	7	7	7
Peso del molde (gr)	7135	7125	7075
Peso del molde + suelo húmedo (gr)	11715	11670	11340
Peso de molde más suelo saturado (gr)	11800	11775	11535
Peso de molde más suelo saturado después de penetración (gr)	11795	11770	11525
Peso de suelo húmedo (gr)	4580	4545	4265
Volumen de molde (cm ³)	3230	3230	3223
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1417.96	1407.12	1323.30
Densidad Seca (gr/cm ³)	1302.40	1293.37	1223.36

Primeramente se encontró la humedad inicial del material, secando una muestra representativa, la cual es descontada de la humedad optima proporcionada en el ensayo de Proctor.

Porcentaje de humedad inicial según la ecuación 5.10 (%w):

$$p = 100 \frac{(786.8 \text{ gr} - 756.6 \text{ gr})}{756.6 \text{ gr}} = 4.06\%$$

Descontando el valor obtenido al valor óptimo del proctor que es de 11% se obtiene un valor de 7% (entero) que se multiplica por la cantidad de material



para obtener la cantidad de agua que se colocara al material el cual es la misma para las 3 probetas.

Cantidad de agua a colocar:

$$\text{Cantidad de agua} = (5000 \text{ kg})(0.07) = 350 \text{ ml}$$

Densidad húmeda:

$$\text{Densidad húmeda} = \frac{4580 \text{ kg}}{3230 \text{ cm}^3} = 1417.96 \text{ kg/cm}^3$$

Para la obtención de la densidad seca se requiere de la obtención de las humedades que se toman durante la compactación y la otra después de la saturación y penetración, una vez que la probeta es ensayada. En el cuadro 6.24 se muestra la obtención de humedades.

Cuadro 6.24 Humedades de CBR para PCA No 3.

Humedades						
No de probeta	1		2		3	
No de tara	19	19	K10	K10	K78	K78
Peso suelo húmedo + tara (gr)	443.7	573.7	345.9	588.6	348.9	581.6
Peso suelo seco + tara (gr)	414.9	528.9	325.9	539.5	329.4	541.2
Peso de tara (gr)	90.3	90.3	98.5	98.5	90.7	90.7
Humedad final (%)	8.87	10.21	8.80	11.13	8.17	8.97
Humedad promedio (%)	9.54		9.96		8.57	

Humedades finales:

$$p_1 = 100 \frac{(443.7 \text{ gr} - 414.9 \text{ gr})}{414.9 \text{ gr} - 90.3} = 8.87\%$$

$$p_2 = 100 \frac{(573.7 \text{ gr} - 528.9 \text{ gr})}{528.9 \text{ gr} - 90.3} = 10.21\%$$

Humedad promedio:

$$p_{\text{promedio}} = \frac{8.87\% + 10.21\%}{2} = 9.54\%$$

Densidad seca:



$$Densidad\ húmeda = \frac{4580\ kg}{\left(1 + \frac{9.54}{100}\right)} = 1302.40\ kg/cm^3$$

El cuadro 6.25 muestra el porcentaje de abundamiento (hinchamiento) que obtiene la muestra mientras esta está saturándose durante 96 horas (cuatro días). Para encontrar este valor en el capítulo 5, sección 5.2.1.8, se presenta la ecuación 5.30, dicha fórmula es utilizada para cuando el dial (deformímetro) muestra valores en milímetros, lo que para en esta ocasión su fórmula cambia, pues los datos mostrados por el dial utilizado eran en pulgadas con precisión de 0.01”.

Cuadro 6.25 Saturación para CBR de PCA No 3.

Saturación					
Fecha y hora		Tiempo (hrs)	Sobrecarga: 10 Lb	Sobrecarga: 10 Lb	Sobrecarga: 10 Lb
			Lect. Dial	Lect. Dial	Lect. Dial
03/11/2015	03:00 p.m.	0	1.00	1.00	1.00
04/11/2015	03:00 p.m.	24	1.44	1.64	0.7
05/11/2015	03:00 p.m.	48	1.52	1.7	0.72
06/11/2015	03:00 p.m.	72	1.53	1.72	0.73
07/11/2015	03:00 p.m.	96	1.55	1.72	0.75
% de abundamiento			1.33	1.48	0.64

Por medio de la ecuación 5.30 se obtiene el porcentaje de abundamiento, para la probeta número 1.

$$\% \text{ Hinchamiento} = \left(\frac{\text{Cambio de longitud en mm durante la saturación}}{116.43\ mm} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Hinchamiento} = \left(\frac{1.55 - 1.00}{116.43\ mm} \right) \times 100 = 0.47\%$$

El cuadro 6.26 muestra las lecturas tomadas por el dial (deformímetro) en el momento de la penetración para cada una de las probetas ensayadas y el esfuerzo sometido en cada lectura.

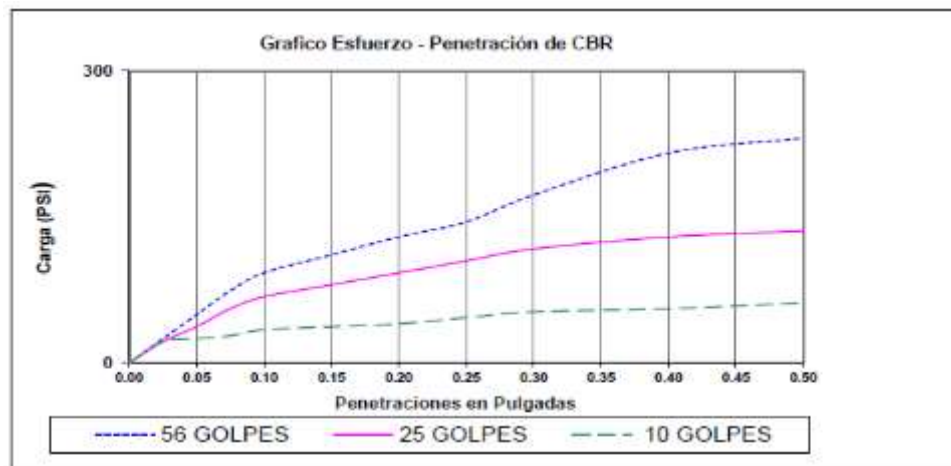


Cuadro 6.26 Aplicación de cargas de CBR para PCA No 3.

Penetración						
Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1		MOLDE No. 2		MOLDE No. 3	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg. ²	Lec.	Lb/Pulg. ²	Lec.	Lb/Pulg. ²
0.025	4	11	3	8	3	8
0.050	12	36	10	29	7	20
0.075	20	60	24	72	17	51
0.100	28	85	26	79	24	72
0.150	43	131	41	125	33	100
0.200	54	164	51	155	39	118
0.250	67	204	65	198	41	125
0.300	78	238	76	232	44	134
0.400	95	290	93	284	50	152
0.500	120	366	119	363	61	186

Con el cuadro anterior, se grafica el esfuerzo y la deformación como lo indica el grafico 6.9.

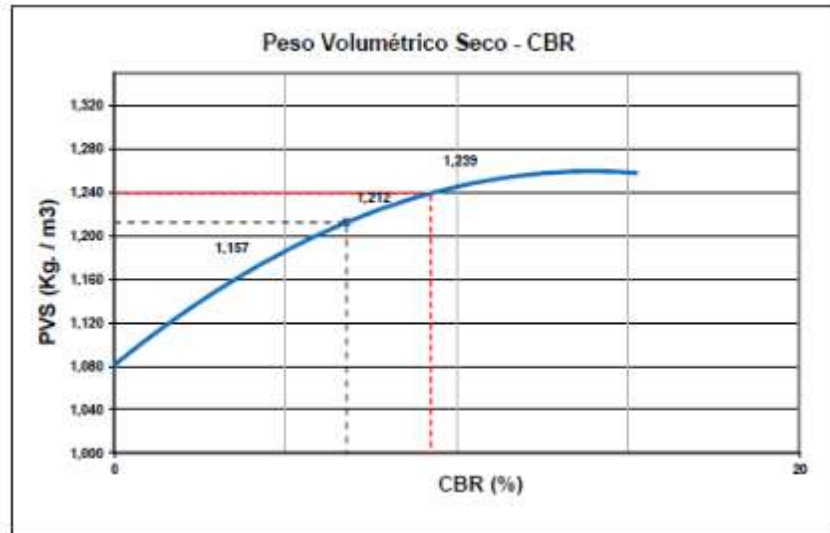
Grafico 6.9 Curva Esfuerzo- Deformación de CBR para PCA No 3.



Una vez determinada la curva de esfuerzo deformación se prosigue a la gráfica de para un el porcentaje del CBR para el diseño y la densidad seca máxima determinada por el método Proctor utilizado. Determinado un CBR de 13%.



Grafico 6.10 Densidad seca vrs CBR de diseño para PCA No 3.



Densidad seca al 95%= 1872 Kg/cm³

CBR de diseño: 9%



Cuadro 6.27 CBR para PCA No 1.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departament de Ingenieria y Arquitectura Sección de Ingenieria						
Tema:		Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.				
Razon de Soporte California (CBR) (ASTM D1883)						
PCA #: 1		Humedad natural (%): 18.22 %				
Ubicación: (599854,273914)		Fecha de muestreo: 10 de sep de 2015				
Descripción del suelo: A - 7 - 6 (19) MH - OH		Fecha de ensayo: 3 de nov de 2015				
Determinación de la densidad						
No de probeta	1		2		3	
No de golpes	56		25		10	
Humedad de compactación (%)	11.78		11.78		11.78	
Peso del molde (gr)	7007		7071		6858	
Peso del molde + suelo humedo (gr)	10928		10859		10297	
Peso de molde mas suelo saturado (gr)	11192		11134		10672	
Peso de molde mas suelo saturado despues de penetración (gr)	11184		11128		10665	
Peso de suelo humedo (gr)	3921		3788		3439	
Volumen de molde (cm ³)	2112		2110		2110	
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1856.53		1795.26		1629.86	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1441.68		1403.75		1259.24	
Saturación						
Fecha y hora		Tiempo (hrs)	Sobrecarga: 10 Lb		Sobrecarga: 10Lb	
			Lect. Dial		Lect. Dial	
03/11/2015	03:00 p.m.	0	3.00		3.00	
04/11/2015	03:00 p.m.	24	5.78		4.8	
05/11/2015	03:00 p.m.	48	6.22		4.9	
06/11/2015	03:00 p.m.	72	6.37		4.95	
07/11/2015	03:00 p.m.	96	6.6		4.95	
% de abundamiento			3.09		1.67	
Humedades						
No de probeta	1		2		3	
No de tara	A	A	B	B	C	C
Peso suelo humedo + tara (gr)	326.04	645.31	305.47	734.4	379.49	670.37
Peso suelo seco + tara (gr)	301.67	554.04	277.51	605.83	342.58	561.52
Peso de tara (gr)	216.98	280.27	177.26	275.98	217.17	302.1
Humedad final (%)	28.78	33.34	27.89	38.98	29.43	41.96
Humedad promedio (%)	31.06		33.43		35.70	
Penetración						
Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1		MOLDE No. 2		MOLDE No. 3	
	Sobrecarga Lect.	10 Lbs. Lb/Pulg. ²	Sobrecarga Lec.	10 Lbs. Lb/Pulg. ²	Sobrecarga Lec.	10 Lbs. Lb/Pulg. ²
0.025	20	60	14	42	12	36
0.050	31	94	26	79	20	60
0.075	36	109	32	97	25	75
0.100	44	134	37	112	31	94
0.150	60	183	53	161	39	118
0.200	69	210	65	198	45	137
0.250	76	232	67	204	49	149
0.300	101	308	98	299	61	186
0.400	112	342	104	317	72	220
0.500	131	400	118	360	83	253



Grafico 6.11 Curva Esfuerzo- Deformación de CBR para PCA No 1.

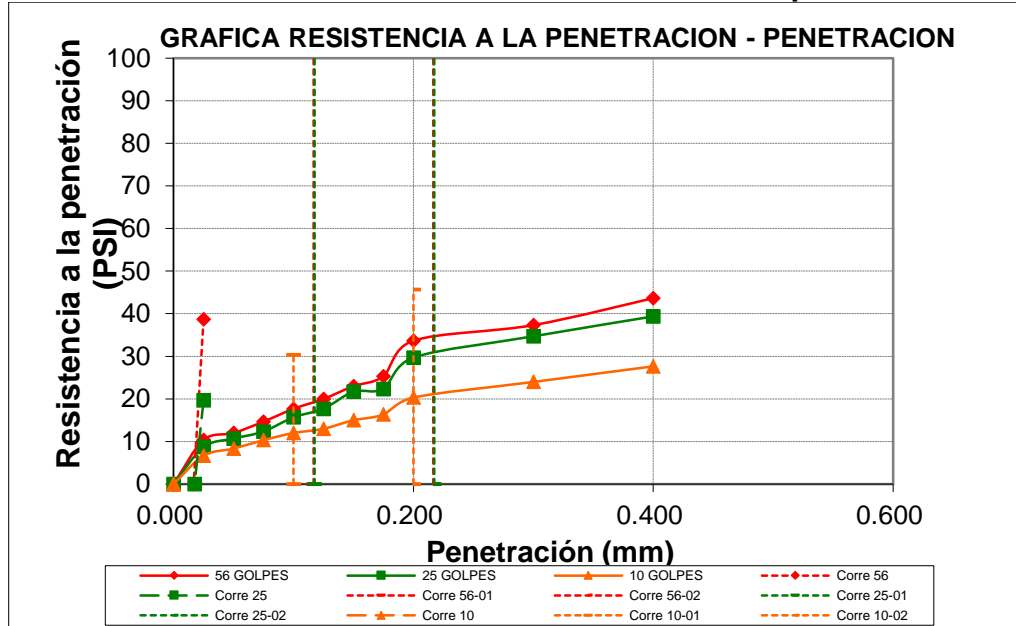
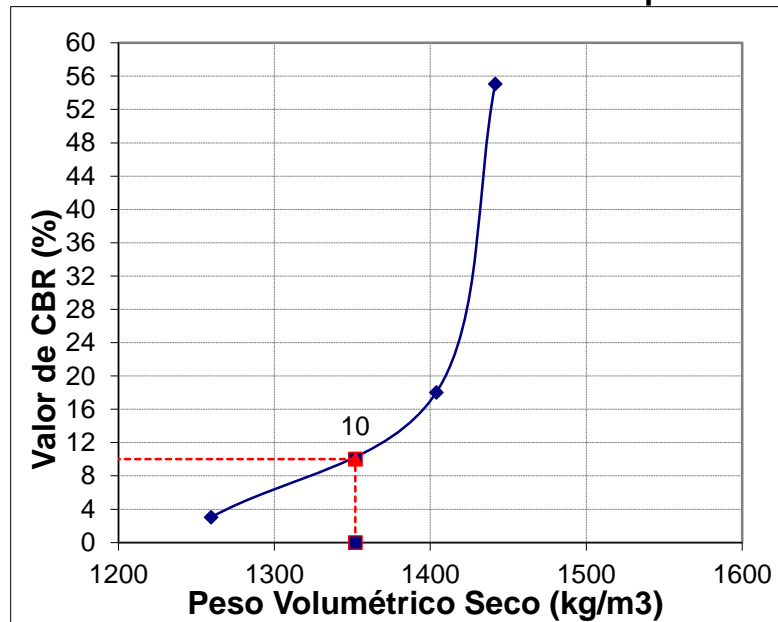


Grafico 6.12 Densidad seca vrs CBR de diseño para PCA No 1.



Densidad seca al 95%= 1352 Kg/cm³

CBR de diseño: 10%



Cuadro 6.28 CBR para PCA No 2.

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería							
Tema:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.						
Razon de Soporte California (CBR) (ASTM D1883)							
PCA #: 2				Humedad natural (%): 7.27			
Ubicación: (599853,0273971)				Fecha de muestreo: 10 de sep de 2015			
Descripción del suelo: A - 2 - 7 (0)	SC - SM		Fecha de ensayo: 3 de nov de 2015				
Determinación de la densidad							
No de probeta	1		2		3		
No de golpes	56		25		10		
Humedad de compactación (%)	7.73		7.73		7.73		
Peso del molde (gr)	8255		8355		8287		
Peso del molde + suelo humedo (gr)	12808		12759		12608		
Peso de molde mas suelo saturado (gr)	12849		12817		12623		
Peso de molde mas suelo saturado despues de penetración (gr)	12840		12809		12600		
Peso de suelo humedo (gr)	4553		4404		4321		
Volumen de molde (cm3)	2115		2112		2115		
Densidad Humeda (gr/cm3)	2152.72		2085.23		2043.03		
Densidad Seca (gr/cm3)	1877.40		1798.97		1757.64		
Saturación							
Fecha y hora	Tiempo (hrs)	Sobrecarga: 10 Lb		Sobrecarga: 10 Lb		Sobrecarga: 10 Lb	
		Lect. Dial		Lect. Dial		Lect. Dial	
03/11/2015	03:00 p.m.	0	3	3	3	3	
04/11/2015	03:00 p.m.	24	3.05	3.07	3.13	3.13	
05/11/2015	03:00 p.m.	48	3.07	3.08	3.13	3.13	
06/11/2015	03:00 p.m.	72	3.08	3.1	3.14	3.14	
07/11/2015	03:00 p.m.	96	3.1	3.12	3.16	3.16	
% de abundamiento		0.09		0.10		0.14	
Humedades							
No de probeta	1		2		3		
No de tara	A	A	B	B	C	C	
Peso suelo humedo + tara (gr)	587.24	439.15	553	421.16	632.2	423.59	
Peso suelo seco + tara (gr)	547.75	405.41	518.54	389.02	583.04	385.91	
Peso de tara (gr)	278.47	217.17	301.98	216.76	280.27	176.84	
Humedad final (%)	14.67	17.92	15.91	18.66	16.24	18.02	
Humedad promedio (%)	16.29		17.29		17.13		
Penetración							
Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1		MOLDE No. 2		MOLDE No. 3		
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	
	Lect.	Lb/Pulg. ²	Lec.	Lb/Pulg. ²	Lec.	Lb/Pulg. ²	
0.025	182	555	95	290	80	244	
0.050	364	1105	181	552	140	427	
0.075	490	1482	248	755	186	567	
0.100	570	1720	300	912	214	652	
0.150	793	2377	301	915	266	810	
0.200	893	2668	430	1303	286	870	
0.250	939	2801	465	1408	311	946	
0.300	1070	3179	570	1720	368	1117	
0.400	1123	3331	666	2004	426	1291	
0.500	1370	4032	729	2189	470	1423	



Grafico 6.13 Curva Esfuerzo- Deformación de CBR para PCA No 2.

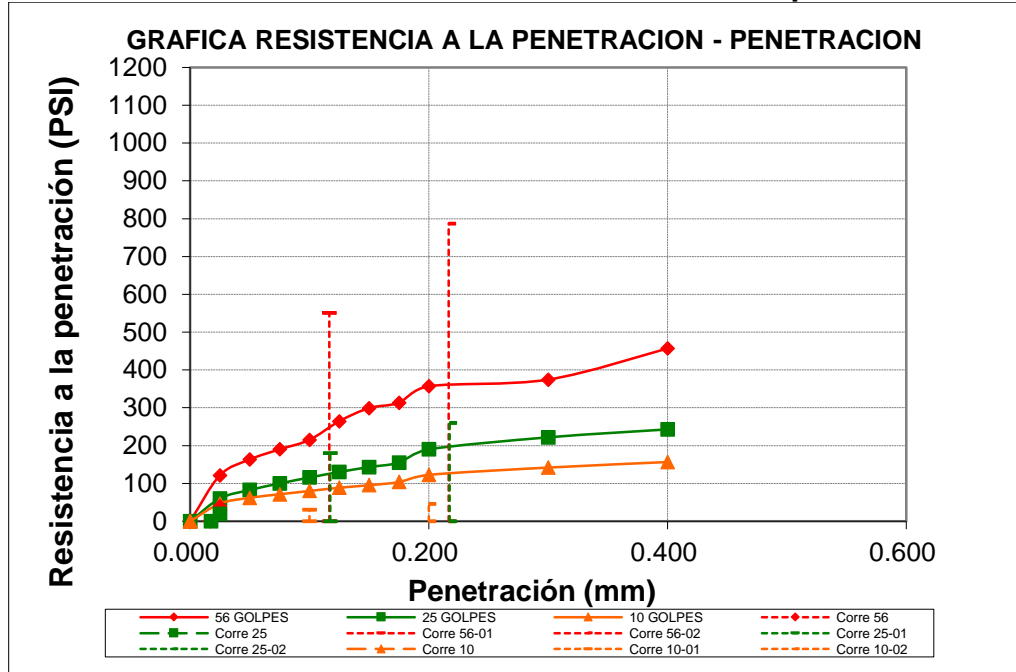
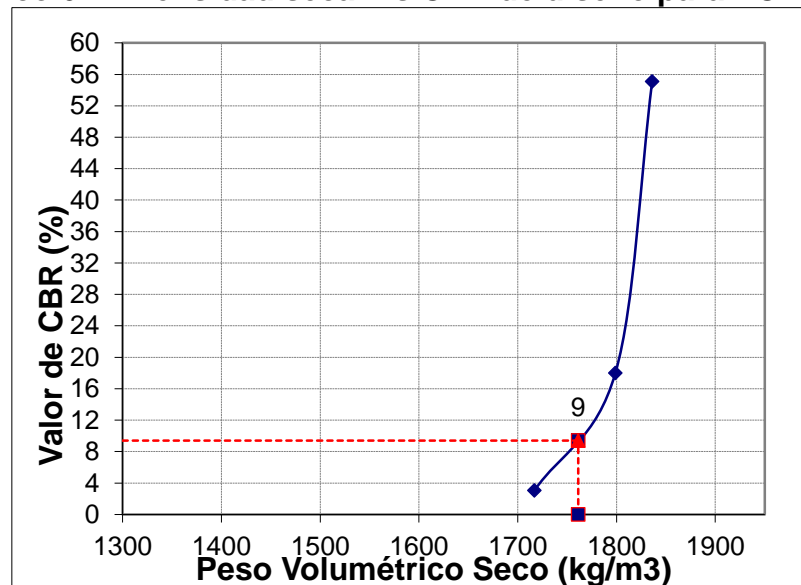


Grafico 6.14 Densidad seca vs CBR de diseño para PCA No 2.



Densidad seca al 95%= 1761Kg/cm³

CBR de diseño: 9%



Cuadro 6.29 CBR para PCA No 4.

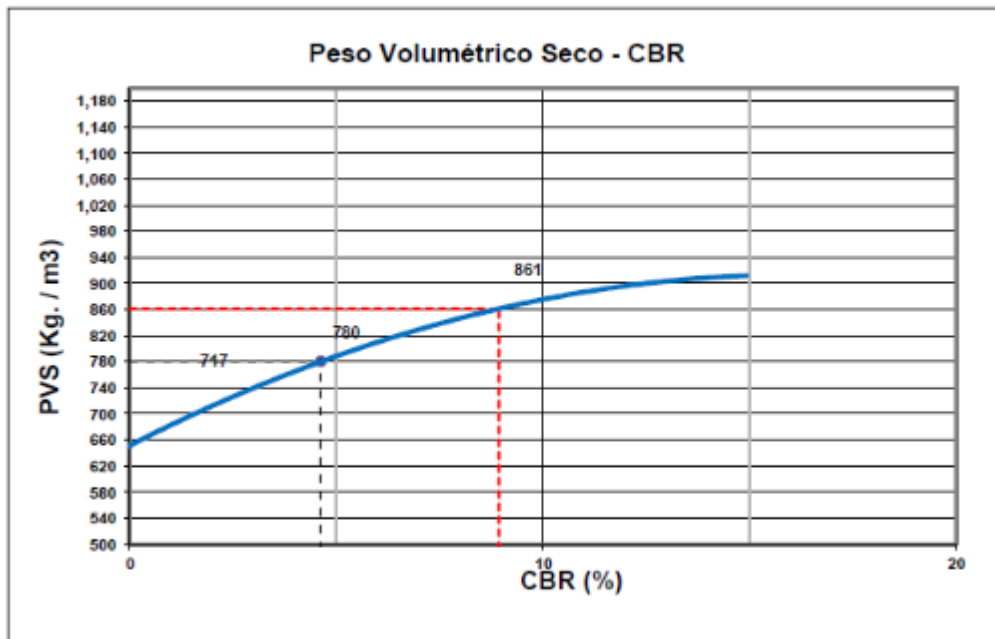
Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departameto de Ingeniería y Arquitectura Sección de Ingeniería						
Tema:	Propuesta de intersección entre CA07 y RN18, desvío a San Francisco Gotera, El Divisadero, Morazán.					
Razon de Soporte California (CBR) (ASTM D1883)						
PCA #: 4			Humedad natural (%): 3.20 %			
Ubicación: (599821,273952)			Fecha de muestreo: 11 de sep de 2015			
Descripción del suelo: A - 2 - 7 (0) GC - GM			Fecha de ensayo: 3 de nov de 2015			
Determinación de la densidad						
No de probeta	1		2		3	
No de golpes	56		25		10	
Humedad de compactación (%)	4.8		4.8		4.8	
Peso del molde (gr)	7150		7120		7170	
Peso del molde + suelo humedo (gr)	11515		11315		11035	
Peso de molde mas suelo saturado (gr)	11715		11560		11380	
Peso de molde mas suelo saturado despues de penetración (gr)	11705		11540		11340	
Peso de suelo humedo (gr)	4365		4195		3865	
Volumen de molde (cm3)	3230		3230		3230	
Densidad Humeda (gr/cm3)	1351.39		1298.76		1196.59	
Densidad Seca (gr/cm3)	1259.82		1205.50		1125.04	
Saturación						
Fecha y hora		Tiempo (hrs)	Sobrecarga: 10 Lb Lect. Dial	Sobrecarga: 10 Lb Lect. Dial	Sobrecarga: 10Lb Lect. Dial	
03/11/2015	03:00 p.m.	0	0	0	0	
04/11/2015	03:00 p.m.	24	1.74	1.67	0.59	
05/11/2015	03:00 p.m.	48	1.82	1.68	0.62	
06/11/2015	03:00 p.m.	72	1.82	1.7	0.62	
07/11/2015	03:00 p.m.	96	1.82	1.71	0.62	
% de abundamiento			1.56	1.47	0.53	
Humedades						
No de probeta	1		2		3	
No de tara	123	123	124	J1	17	13
Peso suelo humedo + tara (gr)	391.3	497.2	356.8	466.3	335.5	501.3
Peso suelo seco + tara (gr)	370.2	460	336.6	419.1	320.3	453.8
Peso de tara (gr)	79.9	79.9	75.5	78.4	81.3	79.6
Humedad final (%)	7.27	9.79	7.74	13.85	6.36	12.69
Humedad promedio (%)	8.53		10.80		9.53	
Penetración						
Penetración en pulgadas	MOLDE No. 1		MOLDE No. 2		MOLDE No. 3	
	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.	Sobrecarga	10 Lbs.
	Lect.	Lb/Pulg. ²	Lec.	Lb/Pulg. ²	Lec.	Lb/Pulg. ²
0.025	11	32	7	20	4	11
0.050	23	69	16	48	12	36
0.075	36	109	23	69	14	42
0.100	52	158	33	100	17	51
0.150	89	272	50	152	20	60
0.200	122	372	70	213	24	72
0.250	155	473	83	253	26	79
0.300	183	558	95	290	29	88
0.400	223	680	116	354	34	103
0.500	279	849	143	436	45	137



Grafico 6.15 Curva Esfuerzo- Deformación de CBR para PCA No 4.



Grafico 6.16 Densidad seca vrs CBR de diseño para PCA No 4.



Densidad seca al 95%= 1862 Kg/cm³

CBR de diseño: 9%



6.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

El siguiente análisis se realiza tomando en cuenta que los suelos ensayados son aquellos que se recolectaron hasta profundidades máximas respectivas antes mencionadas para cada uno de los PCA realizados respecto a la subrasante actual del proyecto.

Según Clasificación:

El materia predominante según la clasificación AASHTO, es A – 2 para lo cual, dicho grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares, que se encuentran de los materiales tipo limo y arcilla que se clasifican en los grupos A-6 y A-7. Incluye todos los materiales que contienen 35% o menos material que pasa el tamiz de 75 μm (#200) que no pueden ser clasificados en los grupos A-1 o A-3, debido al contenido de finos o a los índices de plasticidad, o ambos, por encima de las limitaciones de estos grupos. Específicamente los subgrupos A-2-6 y A-2-7: contienen una porción de arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7 respectivamente. Lo que para en la clasificación SUCS equivale a materiales granulares (gravas y arenas) con contenido de arcilla y limo en su grupo GM, GC, SM y SC. Lo mencionado anteriormente no equivale para el material encontrado en PCA No 1, clasificado como Limo y arcilla con ligera plasticidad.

Según Granulometría:

Para los materiales ensayados para los PCA No 2, 3 y 4, se determinó que el material encontrado en la subrasante puede ser reutilizado ya que según el sistema de clasificación AASHTO, a estos se les denomino de excelentes a buenos, pues están compuestos por gravas y arenas con porcentajes de limos y arcillas que ayudan a mejorar las propiedades del suelo. Concluyendo así que los suelos con porcentaje pasante de la malla N° 200, por debajo del valor máximo (% pasa 200 \leq 35%) permisible para los suelos considerados en la especificación AASHTO M 57, Sección 3.2.2, como suelos adecuados para la



sub-rasante del camino y/o material de relleno. Caso contrario al material del PCA No 1, que posee un alto grado de material fino entre limo y arcilla con alto porcentaje pasante de la malla No 200.

Según Límites de Consistencias:

Para los PCA No 2 y 3, se determinó que poseen límites líquidos iguales y menores al 41%, mientras que en los PCA No 1 y 4, los valores son mayores. Denotando que existe un 50% de suelos con Límite Líquido (LL) por debajo del valor máximo permisible ($LL \leq 41\%$), mientras que los Índices de Plasticidad son mayores que 10%, sobrepasando el valor máximo permisible para los suelos considerados en la especificación AASHTO M 57, Sección 3.2.2, como suelos adecuados para la sub-rasante del camino y/o material de relleno.

Según Índice de Expansividad para suelos cohesivos:

Basándose en los datos de la tabla 5.9 Clasificación del Potencial de Expansión, los materiales son determinados como muy bajos a medios, ya que su potencial de expansión no sobrepasa del 90 %. Cabe mencionar que solamente el PCA No 1 es el que posee un alto porcentaje de 82.17% por el tipo de material antes mencionado.

Según compactación:

El mayor valor obtenido para la humedad óptima de los materiales muestreados fue para el PCA No 1 con un 30%, considerándolo así, el de menor capacidad para absorber energía mecánica mediante la compactación.

Según Valor de soporte:

Los valores para el comportamiento de los valores del CBR denotan un porcentaje de diseño oscilan entre 9% para los PCA No 2, 3 y 4 y de 10% para el PCA No 4. Para lo cual se tomara como CBR de diseño para el cálculo de



los espesores el más desfavorable, destacando así que es el valor que predomina.

Comentarios:

- ✓ Los materiales registrados por los PCA No 2, 3 y 4, pertenecen a una restitución realizada cuando se llevó a cabo la ejecución de la carretera, ya que estos materiales son parecidos y poseen características similares entre ellos. Cabe mencionar que las extracciones de estos materiales fueron en el eje de rodaje actual y en terreno donde influye la intersección.
- ✓ En cuanto al PCA No 1, es un material diferente al de los otros PCA, clasificándose con alto contenido de arcilla y limo, determinando así que este es el verdadero material del terreno natural de la zona. Su extracción se realizó a unos metros de la intersección actual lejos del eje de rodaje pero cerca de una calle de acceso de concreto hidráulico relativamente nueva de la cual se carece de información.
- ✓ Basados en los resultados de los CBR, los materiales deben de ser tratados y estabilizados para mejorar sus características mecánicas, especialmente el material identificado en el PCA No 1.
- ✓ En este análisis no se presentara el tipo de tratamiento que debe de recibir el suelo en estudio, ya que los ensayos realizados fueron para conocer la clase de material posee la zona de estudio, las características relevantes y necesarias para comportamiento para estudios futuros.
- ✓ Por medio del método utilizado que es el Pozo Cielo Abierto, no puede determinarse el nivel freático en la zona de estudio, pues las profundidades a las que se llegaron no son lo suficiente para llegar a un valor. Demostrando que el nivel freático debe de estar a mayores profundidades.



CAPÍTULO VII: DISEÑO DE LA INTERSECCIÓN PROPUESTA.

En este capítulo se utilizarán los datos obtenidos en los capítulos anteriores para dar un diseño representativo pero no definitivo, para la carpeta asfáltica (espesores de capas), estructuras hidráulicas entre otros diseños pertinentes que influyen en el diseño de la intersección a proponer.

7.1 DISEÑO DE ESPESORES (MÉTODO AASHTO).

7.1.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO.

Como se describió en el capítulo 5.0 en la sección 5.3.1 se determina que el tipo de carretera que se está evaluando es una “Troncal Rural” tomando un periodo de diseño de 20 años. Ver tabla 5.13 para mayor detalle.

7.1.2 SERVICIABILIDAD.

Se tomara como serviciabilidad inicial $P_o = 4.2$ y final $P_t = 2.5$, ya que es una carretera principal, además es una carretera que ha estado en constante mantenimiento por su alta funcionalidad.

7.1.3 CALCULO DE ESAL'S.

En el Anexo A – 8, se encuentran las tablas donde se muestran los factores equivalentes de carga, que servirán como parámetro para encontrar la carga que aporta cada vehículo a un pavimento flexible.

El documento de “Acuerdo Centroamericano sobre circulación por carreteras, SIECA, (para vehículos desde C2 hasta T3 - S3)” y en el documento de “MOPTVDU/Estudio DELCAN – RS (para vehículos tipo autos, pick ups, microbús y autobús), muestra los pesos de cada uno de los vehículos aforados en según lo establecido en el capítulo 3 de este proyecto.



Tomando como parámetro el cuadro 5.0 (ahora cuadro 7.0 y con lo anterior en los documentos se procede a dar el valor correspondiente a cada vehículo según su eje (Simples, tándem y tridem).

Cuadro 7.0. Límite de peso por eje Según SIECA y MOP.

Tipo de vehículo	Tipo de eje del tractor				Tipo del eje del semirremolque			Total en toneladas
	Eje simple direccional	Eje de tracción			Eje de arrastre			
		Eje simple	Doble rueda	Triple rueda	Eje simple	Doble rueda	Triple rueda	
Automóviles	1.0	1.0						2.0
Pick up	1.0	1.5						2.5
Microbús	2.5	5.0						7.5
Autobús	4.0	6.0						10.0
C2	5.0	10.0						15.0
C3	5.0		16.5					21.5
C4	5.0			20.0				25.0
T2-S1	5.0	9.0			9.0			23.0
T2-S2	5.0	9.0				16.0		30.0
T2-S3	5.0	9.0					20.0	34.0
T3-S1	5.0		16.0		9.0			30.0
T3-S2	5.0		16.0			16.0		37.0
T3-S3	5.0		16.0				20.0	41.0
OTROS								

Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinado el peso de cada uno de los vehículos, utilizando el valor de serviciabilidad final y un número estructural (cualquiera, para este análisis se tomara un $NS = 2$) se buscan en el Anexo - 6, donde se encuentran las tablas que muestran los factores equivalentes de carga para pavimento flexible. Se debe de convertir el valor de toneladas a Kips (kilo-libras), buscar este valor para cada vehículo en el lado izquierdo de cada tabla según corresponda su eje, y buscar en la columna del $SN = 2$, el valor del factor de carga.

Como los valores obtenidos en Kips no aparecen en las tablas de Anexo – 6, ya que son valores intermedios, se utilizó la interpolación para encontrar el valor más certero, mostrándose así como ejemplo la obtención para el automóvil para vehículos livianos y del T3 – S3 para el pesado, con su respectiva tabla, detallando valores para los demás vehículos en el cuadro 7.1.



Interpolación para el automóvil:

Datos pertinentes: El automóvil es clasificado como liviano, posee dos ejes, con el peso de 1 Ton cada eje. Tomando en cuenta que es un eje simple, SN= 2 y Pt= 2.5.

Conversión de Toneladas (Ton) a Kilo-libras (Kips):

Factor de conversión $1 \text{ Ton} \equiv 2204.62 \text{ lb} = 2.205 \text{ Kips}$

En la tabla de factores de carga para ejes simples se encuentran los valores más cercanos a 2.205 Kips que son 2 Kips con un factor de 0.0004 y 4 Kips con 0.004. Detallando seguidamente:

$$\begin{array}{l} 2 \rightarrow 0.0004 \\ 2.205 \rightarrow x \\ 4 \rightarrow 0.004 \end{array} \qquad \begin{array}{l} \frac{2 - 4}{2 - 2.205} = \frac{0.0004 - 0.004}{0.0004 - x} \\ 9.7561x = 0.000390 + 0.0036 \\ x = 0.001 \end{array}$$

Interpolación para T3 – S3:

Datos pertinentes: El vehículo es clasificado como pesado, posee 6 ejes, con el peso de 21 Ton el cabezal, 5 Ton en el primer eje y 16 en el segundo y tercero, haciendo 8 T cada uno, y 20 T en el vagón, dividiendo entre 3 ejes se obtienen 6.67 Ton en 2 de sus ejes y 6.66 T en uno (del cual no difiere el valor). Tomando en cuenta que es un eje simple, SN= 2 y Pt= 2.5.

Conversión de Toneladas (Ton) a Kilo-libras (Kips):

Factor de conversión $1 \text{ Ton} \equiv 2204.62 \text{ lb} = 2.205 \text{ Kips}$

$$\begin{array}{l} 5 \text{ Ton} \times \frac{2.205 \text{ Kips}}{1 \text{ Ton}} = 11.023 \text{ Kips} \\ 8 \text{ Ton} \times \frac{2.205 \text{ Kips}}{1 \text{ Ton}} = 17.637 \text{ Kips} \\ 6.67 \text{ Ton} \times \frac{2.205 \text{ Kips}}{1 \text{ Ton}} = 14.705 \text{ Kips} \end{array}$$



En la tabla de factores de carga para ejes Simples se encuentra el primer valor de 5 Ton, en la de tándem se encuentra el valor de 8 Ton y en la de Tridem se encuentra el valor de 6.67 Ton. Detallando seguidamente:

Para eje simple:

$$\begin{aligned}
 10 &\rightarrow 0.102 & \frac{10 - 12}{10 - 11.023} &= \frac{0.102 - 0.198}{0.102 - x} \\
 11.023 &\rightarrow x & 1.9550x &= 0.19941 + 0.096 \\
 12 &\rightarrow 0.198 & x &= 0.151
 \end{aligned}$$

Para eje Tándem:

$$\begin{aligned}
 16 &\rightarrow 0.065 & \frac{16 - 18}{16 - 17.637} &= \frac{0.065 - 0.097}{0.057 - x} \\
 17.637 &\rightarrow x & 1.2217x &= 0.0794 + 0.032 \\
 18 &\rightarrow 0.097 & x &= 0.091
 \end{aligned}$$

Para eje Tridem:

$$\begin{aligned}
 14 &\rightarrow 0.012 & \frac{14 - 16}{14 - 14.705} &= \frac{0.012 - 0.019}{0.008 - x} \\
 14.705 &\rightarrow x & 2.8368x &= 0.0340 + 0.007 \\
 16 &\rightarrow 0.019 & x &= 0.014
 \end{aligned}$$

Una vez definiendo los factores equivalentes de carga, se prosigue a calcular los factores de carga para cada uno de los vehículos evaluados. Los cuadros del 7.2 al 7.14 muestran dichos factores.

Cuadro 7.1 Factores de carga por interpolación.

TON	KIPS	LEF'S (PARA NS=2) *INTERPOLAIÓN		
		SIMPLE	TANDEM	TRIDEM
1	2.205	0.001		
1.5	3.307	0.003		
2.5	5.512	0.014		
4	8.818	0.069		
5	11.023	0.151	0.019	0.006
6	13.228	0.296		
6.67	14.705			0.014
8	17.637		0.091	0.027
8.25	18.188		0.101	
9	19.842		0.138	0.041
10	22.046	2.41		

Fuente: Elaboración propia.



Para ejes simples:

Cuadro 7.2 Factor de carga para Automóvil.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	1	0.001
2	1	0.001
TOTAL	2	0.002

Cuadro 7.3 Factor de carga para Pick Up.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	1	0.001
2	1.5	0.003
TOTAL	2.5	0.004

Cuadro 7.4 Factor de carga para Bús.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	4	0.069
2	6	0.296
TOTAL	10	0.365

Cuadro 7.5 Factor de carga para Microbús.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	2.5	0.014
2	5	0.151
TOTAL	7.5	0.165

Cuadro 7.6 Factor de carga para camión C2.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	5	0.151
2	10	2.41
TOTAL	15	2.561

Para ejes Simple y Tándem:

Cuadro 7.8 Factor de carga para camión C3.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	5	0.151
2	8.25	0.101
3	8.25	0.101
TOTAL	21.5	0.353

Cuadro 7.10 Factor de carga para Semirremolque T2-S2.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	5	0.151
2	9	0.138
3	8	0.091
4	8	0.091
TOTAL	30	0.471

Cuadro 7.9 Factor de carga para Semirremolque T2-S1.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	5	0.151
2	9	0.138
3	9	0.138
TOTAL	23	0.427

Cuadro 7.11 Factor de carga para Semirremolque T3-S2.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	5	0.151
2	8	0.091
3	8	0.091
4	8	0.091
5	8	0.091
TOTAL	37	0.515



Para ejes Simple y Tridem:

Cuadro 7.12 factor de carga para camión C4.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	5	0.151
2	6.67	0.014
3	6.67	0.014
4	6.66	0.014
TOTAL	25	0.193

Cuadro 7.13 Factor de carga para Semirremolque T2-S3.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	5	0.151
2	9	0.138
3	6.67	0.014
4	6.67	0.014
5	6.66	0.014
TOTAL	34	0.331

Cuadro 7.14 Factor de carga para Semirremolque T3-S3.

EJE	PESO (TON)	FACTOR
1	5	0.151
2	8	0.091
3	8	0.091
4	6.67	0.014
5	6.67	0.014
6	6.66	0.014
TOTAL	41	0.375

Una vez determinado el factor de carga para cada vehículo estudiado, se procede a llenar el cuadro 5.1 (Ahora cuadro 7.15), para lo cual en el capítulo 3, sección 3.7.10, donde los cuadros 3.25, 3.26 y 3.27 muestran los valores del TPDA para la proyección realizada en el año horizonte 2036. Estos valores ya proyectados serán utilizados para llenar la columna “A” del cuadro 7.15. Como es un dato que representa un valor anual debe de convertirse en diario, multiplicándose por 365 que representan los días transcurridos por un año. Luego de obtener el valor diario, en el capítulo 4, en la sección 4.5 donde se define que la intersección a proponer es una rotonda, se toman los porcentajes de reparto por sentido para cada carril, el cual este debe de multiplicarse por la cantidad de vehículos diarios en el año horizonte. El motivo de este proceso es para obtener la cantidad de vehículos que van en un solo sentido y que entran a la rotonda, ya que la misma cantidad debe de salir independientemente en cualquiera de los ramales que lo conectan.



Calculo de columna “A”:

Tomando el valor de las tablas 3.25, 3.26 y 3.27 del TPDA para el año horizonte 2036 y los porcentajes de reparto por sentido en cada carril se tienen:

Para el automóvil:

Ruta: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR). Tabla 3.25.

Porcentaje: 48%.

$$\text{Cantidad de autos que entran a la rotonda: } (4858) \left(\frac{48\%}{100} \right) = 2332$$

Ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO. Tabla 3.26.

Porcentaje: 57%.

$$\text{Cantidad de autos que entran a la rotonda: } (8886) \left(\frac{57\%}{100} \right) = 5065$$

Ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS. Tabla 3.27.

Porcentaje: 42%.

$$\text{Cantidad de autos que entran a la rotonda: } (4881) \left(\frac{42\%}{100} \right) = 2050$$

Sumando las cantidades y multiplicando por los 365 días de año se tiene el valor de:

$$\text{Cantidad de autos que entran a la rotonda: } (9447)(365) = 3,448,216$$

El número de automóviles que entran a la rotonda para el año horizonte es de 3, 448,216, siendo el valor que se coloca en la columna “A”, multiplicado por el factor de carga encontrado en la columna “C” se obtiene los ESAL’s de diseño para dicho vehículo. De la misma manera se prosigue para los demás vehículos en estudio.

Lo que hace que para el diseño de espesores y el cálculo de ESAL’s solamente se tomara el volumen de vehículos que entran a la intersección, pues en una rotonda solo se cuenta con un solo sentido. Para la columna “D” se colocan los factores de carga para cada vehículo encontrados



anteriormente. La columna “E” es la multiplicación de las columnas “A” y “D”. Para la columna “C” se toman los valores de “A” ya que estos ya poseen la proyección.

Cuadro 7.15 Cálculo de ESAL'S de diseño.

TIPO DE VEHÍCULOS	CANTIDAD DE VEHÍCULOS DIARIOS "A"	FACTORES DE CRECIMIENTO "B"	TRÁNSITO DE DISEÑO "C"	ESAL'S FACTOR "D"	ESAL'S DE DISEÑO "E"
Vehículos sencillos					
Autos	3448216	Como la cantidad de vehículos es tomada del capítulo 3, sección 3.7.8, el valor ya contiene el valor de incremento tanto por el factor nocturno como el diario Y su respectiva proyección a futuro, lo que lo convierte en el tránsito de diseño, por lo cual se omite este paso en el proceso de la metodología ASSHTO.		0.002	6896.4328
Microbuses	397006			0.165	65506.0539
Autobuses	391481			0.365	142890.7284
Camiones (eje simple)					
Pick up	3943499			0.004	15773.9963
Otros Vehículos 2 ejes y cuatro ruedas (agrícolas) C2	806483			2.561	2065403.8682
Camiones de 2 ejes, 6 ruedas, (C3)	70922			0.353	25035.5317
Camiones de 3 ejes o más (C4)	428			0.193	82.6937
Camiones tipo tráiler eje compuesto					
Semirremolque (T2-S1)	789			0.427	337.0213
Semirremolque (T2-S2)	1105			0.471	520.4493
Semirremolque (T2-S3)	2954			0.331	977.8241
Camión acoplado (T3-S2)	198560			0.515	102258.1789
Camión acoplado (T3-S3)	58920			0.375	22094.9786
TOTAL DE VEHICULOS	9320365			ESAL'S DE DISEÑO	2,447,777.757

7.1.3.1 Calculo del Factor Distribución por Dirección.

Se toma en general un valor de FD= 0.5, la razón es porque en una carretera como construcción estándar, estas poseen dos sentidos en los que los vehículos pueden movilizarse. Para este caso, y de manera de ser más



exactos, en el apartado anterior se encontraron los porcentajes por sentido para cada uno de los ramales en estudio obteniendo así el factor por distribución. También tomando en cuenta que es una intersección y que su diseño es de 2 carriles, en un solo sentido se omite este valor de 0.5 en esta etapa de diseño. Ver sección 5.3.3.1.

7.1.3.2 Calculo de Factor de Distribución por Carril.

Según la tabla 5.15 en la sección 5.3.3.2 la intersección poseerá 2 carriles ambos en una sola dirección, tomando como valor de FC= 1.

Determinando el cálculo de los ESAL'S de diseño multiplicando por el el factor de dirección y de carril.

$$ESAL'S \text{ por carril de transito} = 2,447,778 (FC)$$

$$ESAL'S \text{ por carril de transito} = 2,447,778 (1) = 2,447,778$$

7.1.4 CONFIABILIDAD (R).

En la sección 5.3.4 del capítulo 5, se muestra la tabla 5.16 el cual corresponde a los niveles de serviciabilidad según la clasificación de la carretera en estudio. Esta se considera una troncal rural, por lo que el valor de R esta entre el 75 – 95%. Para este estudio se tomara el valor de 90% (como un punto intermedio).

7.1.5 DESVIACIÓN NORMAL ESTÁNDAR (Zr).

En la tabla 5.18 se muestran los valores correspondientes a Zr según el nivel de confiabilidad asignado, en este caso para uno de 90% su valor es de -1.282.

7.1.6 ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So).

Un valor ente 0.35 a 0.40 es asignado para una carretera de pavimento flexible, exclusivo para carreteras que serán construidas, es decir nuevas. Para la nueva intersección (reconstruida), se utilizara un valor de So de 0.35



7.1.7 MÓDULO DE RESILENCIA (MR).

Los valores de soporte de carga en términos de humedad óptima para la subrasante obtenidos en el capítulo 6 fueron del 9% y 10%. Para calcular el módulo de resiliencia se utilizara el valor más desfavorable, tomando así el valor del 9%. Se toma en cuenta que se tomó el valor más desfavorable para el diseño de pavimentos. Se utilizara la ecuación 5.32 que proporciona el módulo de resiliencia con unidades inglesa.

$$Mr (PSI) = 3000 x (CBR)^{0.65}$$
$$Mr = 3000 (9)^{0.65} = 12,513.50 \text{ Lb/in}^2$$

7.1.8 COEFICIENTES DE DRENAJE.

Para encontrar el valor de saturación en el que se encuentra el suelo en la zona de estudio, la estación climatología de San Francisco Gotera proporcionó un registro de lluvia de los 365 días del año. El registro presentado fue del año 2014, ver detalle de información en Anexo – 8.

Con la información se encontró que de los 365 días del año en el 2014 solamente precipito 133 días, para lo cual se obtuvo un porcentaje del 36.44% de saturación del suelo.

$$\% \text{ de saturación del suelo} = \left(\frac{\text{Días precipitados}}{\text{Días del año}} \right) x 100$$
$$\% \text{ de saturación del suelo} = \left(\frac{133}{365} \right) x 100 = 36.44\%$$

Con un valor de 36.44% de saturación del suelo según la tabla 5.20 se requieren valores próximos a la unidad y mayores a está (entre excelente y regular) para obtener así un drenaje aceptable y de buena calidad.

Ya que el porcentaje es menor que el 50% de saturación se requerirá de un material granular que pueda drenar el agua en por lo menos 1 semana para que la calidad del drenaje sea regular (según tabla 5.19).



Según lo descrito por el Tomo I, “Pavimentos para carreteras” de Alfonso Montejo Fonseca, sección 5.6.5 (pág. 274) se destaca que el coeficiente de drenaje para la base debe de ser de mayor calidad que el de la subbase. Para este caso se propondrá que el material a utilizar como base y subbase tendrá un coeficiente de drenaje aceptable con un valor de $m_3 = 0.8$ para la subbase y de $m_2 = 0.8$ para la base, considerando un caso desfavorable, determinándose así como bueno según la tabla de la SIECA.

Tabla 5.21. Coeficientes de drenaje recomendados por AASHTO.

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

7.1.9 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE CAPA.

Como el material recolectado en la campaña geotécnica solo permite conocer las propiedades mecánicas de la subrasante, para obtener los módulos de elasticidad de los materiales de la carpeta asfáltica, base y subbase, se tomó de referencia lo establecido en Especificaciones para la base y subbase granulares (Según manual de especificaciones para construcción de carreteras y puentes regionales de la SIECA). División 400 Capas asfálticas sección 401.03. Mezcla diseñada por metodología Marshall y 700 – Materiales. Sección 703.05 Agregado para capas de sub-base, base y superficiales. Que establece lo siguiente:

7.1.9.1 Especificaciones y características de los materiales.

Para la carpeta asfáltica.

Requerimientos para la construcción.

Composición de la mezcla asfáltica (dosificación de diseño). La dosificación de diseño debe ajustarse a las siguientes propiedades:



Mezcla asfáltica diseñada por la metodología Marshall. En los proyectos en que su uso sea requerido en los proyectos que su uso sea requerido, se debe usar agregados, ligante asfáltico no modificado y aditivos dosificados, en proporciones tales que se cumplan los requisitos de granulometría de la Tabla 703-4, así como los parámetros de diseño (a), (b), (c) y (d) de la Tabla 7.0.

Agregado para concreto asfáltico en caliente

(a) Agregados gruesos. (Retenidos en la malla de 4.75 milímetros). Este material debe consistir en piedra o grava de buena calidad triturada y mezclada de manera que el producto obtenido corresponda a uno de los tipos de granulometría aquí estipulados y llene además los requisitos siguientes:

- | | |
|---|---------|
| (1) Abrasión de los Angeles, AASHTO T 96 | 40% máx |
| (2) Disgregabilidad (sanidad) en sulfato de sodio (5 ciclos),
AASHTO T 104 | 12% máx |
| (3) Caras fracturadas, FLH T 507 | 75% min |
| (4) Índice durabilidad (agregado grueso) AASHTO T 210 | 35 min |

No deben usarse agregados con caras pulidas o agregados que contengan carbonato soluble. El residuo insoluble debe ser menor del 25%, de acuerdo a ASTM D 3042.

Tabla 7.0 Requerimientos para mezclas de concreto asfáltico diseñadas por el método Marshall.

Parámetros de diseño	Mezcla Marshall
(a) Marshall (AASHTO T 245)	
(1) Estabilidad (kN)	8.00 – 20.00 (i)
(2) Flujo (1/100 cm)	20-40
(3) Vacíos en la mezcla (%) (iii)	3.0 – 5.0
(4) Vacíos en el agregado mineral (%) min.	Ver Tabla 401-2
(5) Compactación, número de golpes en cada extremo de los especímenes de prueba	75
(b) Inmersión-Compresión (AASHTO T 165 / AASHTO T 167)	
(1) Resistencia a la compresión (MPa), min.	2.1 (ii)
(2) Resistencia retenida (%), min.	75 (ii)
(3) Vacíos en los especímenes de prueba (%)	6.0 – 8.0

Fuente: manual de especificaciones para construcción de carreteras y puentes regionales de la SIECA



(b) Agregado fino. (Pasando la malla 4.75 milímetros). Este material está formado por arenas naturales, arena de piedra quebrada cernida, o su combinación y deberá tener una granulometría que, al combinarse con otras fracciones en la proporción adecuada, la mezcla resultante pueda satisfacer la granulometría requerida AASHTO M 29 incluyendo la pérdida en sulfato, y que llene además los requisitos siguientes:

- (1) Índice de durabilidad (fino), AASHTO T 210 40% máx
- (2) Equivalente arena, AASHTO T 176 45 % min

Tabla 7.1 Granulometría de agregados para concreto asfáltico en caliente.

Malla mm	Porcentaje por peso que pasa la malla estándar (AASHTO T 27 y AASHTO T 11)					
	Designación de la Granulometría					
	A	B	C	D	E	F
37.5	100	-	-	-	-	-
25	97-100	100	100	-	-	-
19	-	97-100	97-100	100	100	-
12.5	-	76-88(±5)	*(±5)	97-100	97-100	-
9.5	53-70(±6)	-	*(±6)	-	*(±5)	100
4.75	40-52(±6)	49-59(±7)	*(±7)	57-69(±6)	*(±6)	33-47(±6)
2.36	25-39(±4)	36-45(±5)	*(±5)	41-49(±6)	*(±6)	7-13(±4)
600 µm	12-22(±4)	20-28(±4)	*(±4)	22-30(±4)	*(±4)	-
300 µm	8-16(±3)	13-21(±3)	*(±3)	13-21(±3)	*(±3)	-
75 µm	3-8(±2)	3-7(±2)	3-8(±2)	3-8(±2)	3-8(±2)	2-4(±2)

Notas: El Contratante especifica el valor del rango y límites
() Desviación permisible

Fuente: manual de especificaciones para construcción de carreteras y puentes regionales de la SIECA.

Para las capas granulares.

(a) General.

Las partículas que constituyan estos agregados deben ser duras, limpias, resistentes, estables, libres de películas superficiales, de raíces, de restos vegetales y no contendrán partículas que tengan forma de laja o de aguja, piedra quebrada, escoria quebrada o grava quebrada.

Deben cumplir con los requerimientos siguientes:

- (1) Abrasión de los Ángeles, AASHTO T 96 50% máx.



- (2) Disgregabilidad (sanidad) en sulfato de sodio, pérdida después de 5 ciclos, AASHTO T-104 12% máx.
- (3) Índice de durabilidad (grueso), AASHTO T- 210 35 min
- (4) Índice de durabilidad (fino) 35 min
- (5) Caras fracturadas, FLH T 507 50% min
- (6) Libre de materia orgánica, grumos o arcillas

No se usará material en que exista la alternativa de congelamiento y deshielo o humedecimiento y secado.

La granulometría de los agregados se obtendrá quebrando, cerniendo y mezclando si es necesario. El agregado fino, material que pasa la malla 4.75 mm, consiste en arena natural o quebrada, y partículas minerales finas.

(b) Agregado para sub-base o base.

En adición al punto “a”; debe cumplir con los requerimientos siguientes:

- (1) Granulometría Tabla 703-6
- (2) Límite líquido, ASSHTO T 89 25 máx.

Tabla 7.2 Granulometría para base y subbase granular.

Abertura de la malla	Porcentaje por peso pasando la malla cuadrada				
	AASHTO T 27 y AASHTO T 11				
	Requerimientos de Granulometría				
	A (Sub-base)	B (Sub-base)	C (Base)	D (Base)	E (Base)
63 mm	100				
50 mm	97 – 100	100	100		
37.5 mm		97 – 100	97 – 100	100	
25 mm	65 – 79 (6)			97 – 100	100
19 mm			67 – 81 (6)		97 – 100
12.5 mm	45 – 59 (7)				
9.5 mm				56 – 70 (7)	67 – 79 (6)
4.75 mm	28 – 42 (6)	40 – 60 (8)	33 – 47 (6)	39 – 53 (6)	47 – 59 (7)
425 \square m	9 – 17 (4)		10 – 19 (4)	12 – 21 (4)	12 – 21 (4)
75 \square m	4 – 8 (3)	0 – 12 (4)	4 – 8 (3)	4 – 8 (3)	4 – 8 (3)

() Desviación (±) permisible

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos, SIECA, ed 2002.

También, como referencia y respaldo de las especificaciones antes mencionadas, se apoyó en la información presentada en el capítulo 8 “tecnologías de las mezclas bituminosas” en la sección 8.3.1 materiales asfálticos y la sección 8.4 Capas granulares para pavimentos según libro de



Alfonso Montejo Fonseca “Ingeniería de pavimentos para carreteras, tomo I”, donde se encuentran las siguientes especificaciones:

Para carpeta asfáltica.

El material bituminoso para la elaboración del concreto asfáltico será el cemento asfáltico, cuyo grado de penetración dependerá de las condiciones climáticas donde será colocada la mezcla y el número esperado de ejes equivalentes de 80 kN en el carril y el periodo de diseño como se indica en la tabla 7.3 que relaciona la temperatura media anual con el número de ejes equivalentes.

Agregado pétreo.

Debe de cumplir con los siguientes requisitos:

Trituración, INV E – 227, 75% en peso de partículas en dos o más caras fracturadas.

Resistencia a la abrasión, INV E – 218 y 219, 40% min para capas de base asfáltica y de 30% para capas de rodadura.

Tabla 7.3 Relación de la temperatura media anual con el número de ejes equivalentes.

Temperatura media anual (Grados Celsius)	Ejes equivalentes de 80 KN	
	$\geq 5 \times 10^6$	$< 5 \times 10^6$
>15	1.2	1.1
≤ 15	1.1	1.0

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras, tomo I, Alfonso Montejo Fonseca.

Solidez, INV E – 220, (5 ciclos de lavado) no más del 18% pérdida del peso.

Forma, INV E – 230, índices de alargamiento y aplanamiento menores del 35%

Adhesividad, INV E – 738, mínimo una pérdida de 25%.

Pulimento, INV E – 232, mínimo 0.45.

Agregado fino.

Debe de cumplir lo siguiente:



Arena natural, no exceder el 50% en peso.

Solidez, mismo requisito que agregado grueso.

Adhesividad, INV – E 774, menor al 25%.

Llenante minera, INV E – 225, entre 0.5 y 0.8 gr/cm³.

Plasticidad, INV E – 125 y 126, pasante tamiz No 40 no debe presentar plasticidad.

Equivalente de arena, INV E – 133, mínimo 50%.

Tabla 7.4 Gradación de la mezcla de agregados.

Tamiz		Porcentaje que pasa		
(mm)	Sistema alternativo (ASTM)	Tipo		
		A	B	C
25	1"	-	-	100
19	3/4"	-	100	80-100
12.5	1/2"	-	80-100	67-85
9.5	3/8"	100	70-80	60-77
4.75	No. 4	65-87	51-68	43-54
2	No. 10	43-61	38-52	29-45
0.425	No. 40	16-29	17-28	14-25
0.180	No. 80	9-19	8-17	8-17
0.075	No. 200	5-10	4-8	4-8

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras, tomo I, Alfonso Montejo Fonseca.

Diseño de mezclas.

Se diseñaran siguiendo el método Marshall y de acuerdo con el procedimiento presentado en el manual MS2 del instituto del Asfalto, aplicando los siguientes criterios:



Tabla 7.5 Diseño de mezclas según el número de ejes equivalentes.

Características	Tránsito de diseño (N) Ejes equivalentes de 8.2 t		
	$>5 \times 10^6$	$5 \times 10^5 - 5 \times 10^6$	$<5 \times 10^5$
Compactación, golpes/cara	75	75	75
Estabilidad mínima (Kg)	750	650	500
Flujo (mm)	2-3.5	2-4	2-4
Vacíos con aire: (porcentaje)			
Capa de rodadura	4-6	3-5	3-5
Base asfáltica	4-8	3-8	3-8
Vacíos en agregados minerales (porcentaje)			
Gradación A	16	16	16
Gradación B	15	15	15
Gradación C	14	14	14

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras, tomo I, Alfonso Montejo Fonseca.

Para subbases granulares para pavimentos flexibles.

a. Granulometría.

Teniendo en cuenta que no se necesita que el material de subbase posea una estabilidad elevada, se acepta una amplitud en la curva granulométrica como la tabla 7.6.

Tabla 7.6 Granulometría para subbase granular.

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alternativo	
50 mm	2"	100
37.5 mm	1 1/2"	70-100
25 mm	1"	60-100
12.5 mm	1/2"	50-90
9.5 mm	3/8"	40-80
4.75 mm	No. 4	30-70
2.0 mm	No. 10	20-55
425 μ m	No. 40	10-40
75 μ m	No. 200	4-20

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras, Tomo I, Alonso Montejo Fonseca.



- b. La fracción fina debe de tener un límite líquido no mayor de 25 y un índice plástico no superior de 6.
- c. El equivalente de arena debe de ser como mínimo 25%.
- d. El desgaste máximo admisible del material al ser ensayado en la máquina de los Ángeles es del 50%
- e. La capa debe de compactarse en el terreno por lo menos el 95% de la densidad máxima del ensayo proctor modificado. Para esta densidad el material debe presentar un CBR de 20, 30 o un 40% mínimo.

Bases granulares para pavimento flexible.

La base granular es la estructuralmente la capa más importante de un pavimento flexible, por esta razón, sus materiales constitutivos deben ser de muy alta calidad. Los requisitos más importantes que se exigen a dichos materiales son:

- a) La fracción gruesa debe ser producto de trituración mecánica. La exigencia usual es que al menos la mitad de las partículas mayores a 4.76 mm presenten una cara fracturada mecánicamente.
- b) El material debe de encajar dentro de una franja granulométrica que permita obtener una alta densidad. Ver tabla 7.7

Tabla 7.7 Granulometría para base granular.

Tamiz (mm)		Porcentaje que pasa	
		A	B
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25.0 mm	1"	70-100	100
19.0 mm	3/4"	60-90	70-100
9.5 mm	3/8 "	45-75	50-80
4.75 mm	No. 4	30-60	35-65
2.0 mm	No. 10	20-15	20-45
425 μm	No. 40	10-30	10-30
75 μm	No. 200	5-15	5-15

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras, Tomo I, Alonso Montejo Fonseca.



- c) El límite líquido de la fracción que pasa el tamiz de 0.425 mm no puede ser mayor de 25, y el índice plástico máximo admisible debe ser menor o igual al 3%.
- d) El desgaste del material en la máquina de los Ángeles no puede superar el 40%.
- e) Las pérdidas de peso en el ensayo de solidez en sulfato de sodio deben ser inferiores a 12 % y 18% si el ensayo se hace en sulfato de magnesio.
- f) El equivalente de arena mínimo aceptable es 30%.
- g) El nivel de compactación del terreno de esta capa debe de ser por lo menos a la máxima del ensayo del Proctor modificado. Para dicha densidad del CBR debe ser cuando menos 80%.

7.1.9.2 Coeficiente estructural de capa.

Una vez definidas las especificaciones para los materiales a utilizar en las capas de asfalto, base y subbase, se prosigue a calcular los coeficientes estructurales para cada capa, con el valor de estabilidad Marshall para la capa asfáltica y los CBR designados anteriormente para la base y subbase.

Para la capa de asfalto.

El libro de Alfonso Montejó Fonseca, muestra que para un tránsito de diseño entre 5×10^5 a 10×10^6 la estabilidad Marshall debe de ser como mínimo de 650 kg. Mientras que en la SIECA lo establece entre un rango de 8.0 a 20 KN, para este caso se utilizara un valor de 10 KN, lo cual deben de convertirse en libras para encontrar el valor del coeficiente en la figura 7.1. El valor correspondiente al primer coeficiente estructural es $a_1 = 0.46$ como se muestra a continuación. Estabilidad Marshall mínima:

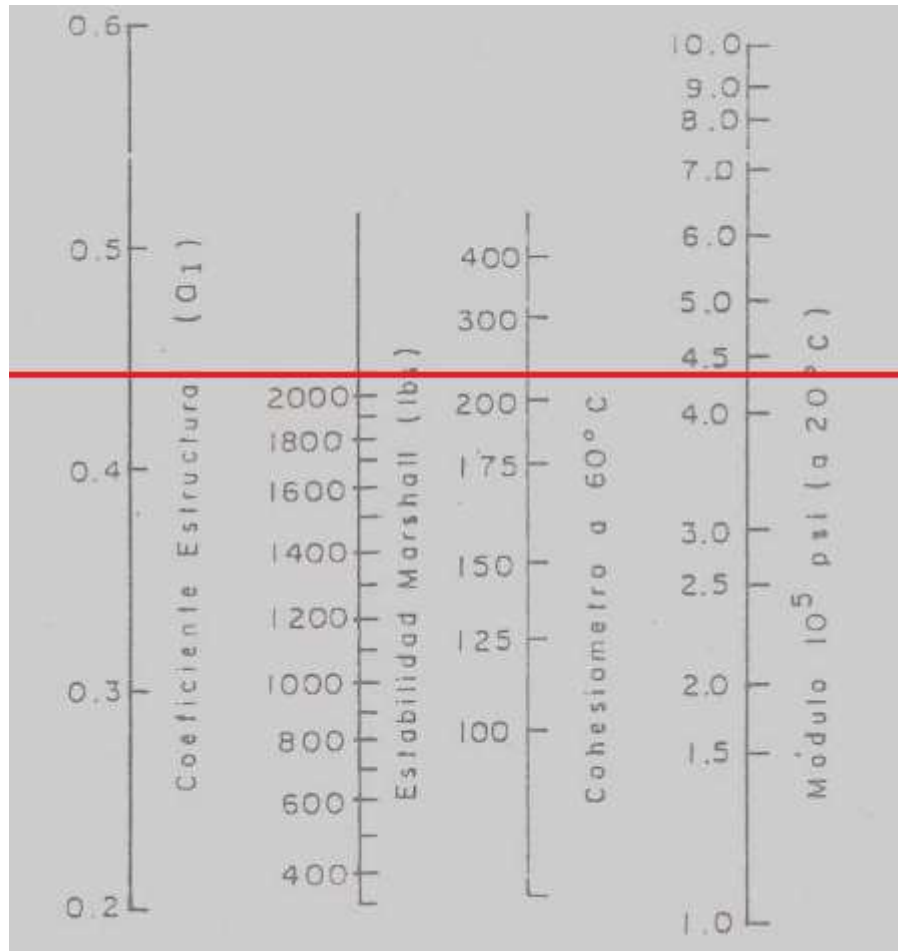
$$10 \text{ KN} \times \frac{224.8089 \text{ lb}}{1 \text{ KN}} = 2248.0894 \text{ lb}$$

Para la capa de Base.



Para un valor de CBR de 90% en el ábaco para bases sin estabilización, intersectando se obtiene el valor de $a_2 = 0.138$. Ver intersección en figura 7.2

Figura 7.1 Calculo de coeficiente estructural de capa a1 para carpeta asfáltica.



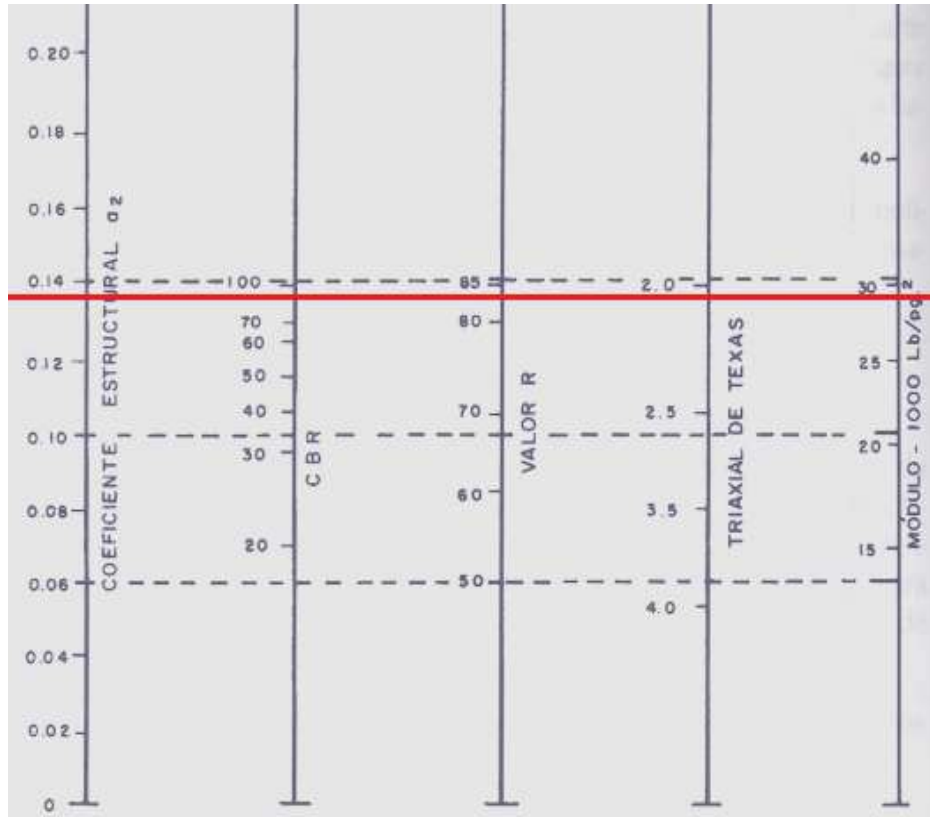
Fuente: Maestría en vías terrestres, Modulo 3, Diseño de pavimentos I, Ing. Gustavo Corredor M, Universidad Nacional de Ingeniería.

Para la capa de subbase.

Para un valor de CBR de 70% en el ábaco para subbases, mostrado en el capítulo 5, intersectando se obtiene el valor de $a_3 = 0.131$. Ver intersección en figura 7.3.



Figura 7.2 Calculo de coeficiente estructural para base.



Fuente: Maestría en vías terrestres, Modulo 3, Diseño de pavimentos I, Ing. Gustavo Corredor M, Universidad Nacional de Ingeniería.

Figura 7.3 Calculo de coeficiente estructural para subbase.



Fuente: Maestría en vías terrestres, Modulo 3, Diseño de pavimentos I, Ing. Gustavo Corredor M, Universidad Nacional de Ingeniería.



7.1.9.3 Numero Estructural.

Habiendo determinado lo anterior, se muestra la ecuación 5.35 como fórmula general para el cálculo de los espesores.

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \quad \text{Ecuación 5.35}$$

Para la base y subbase:

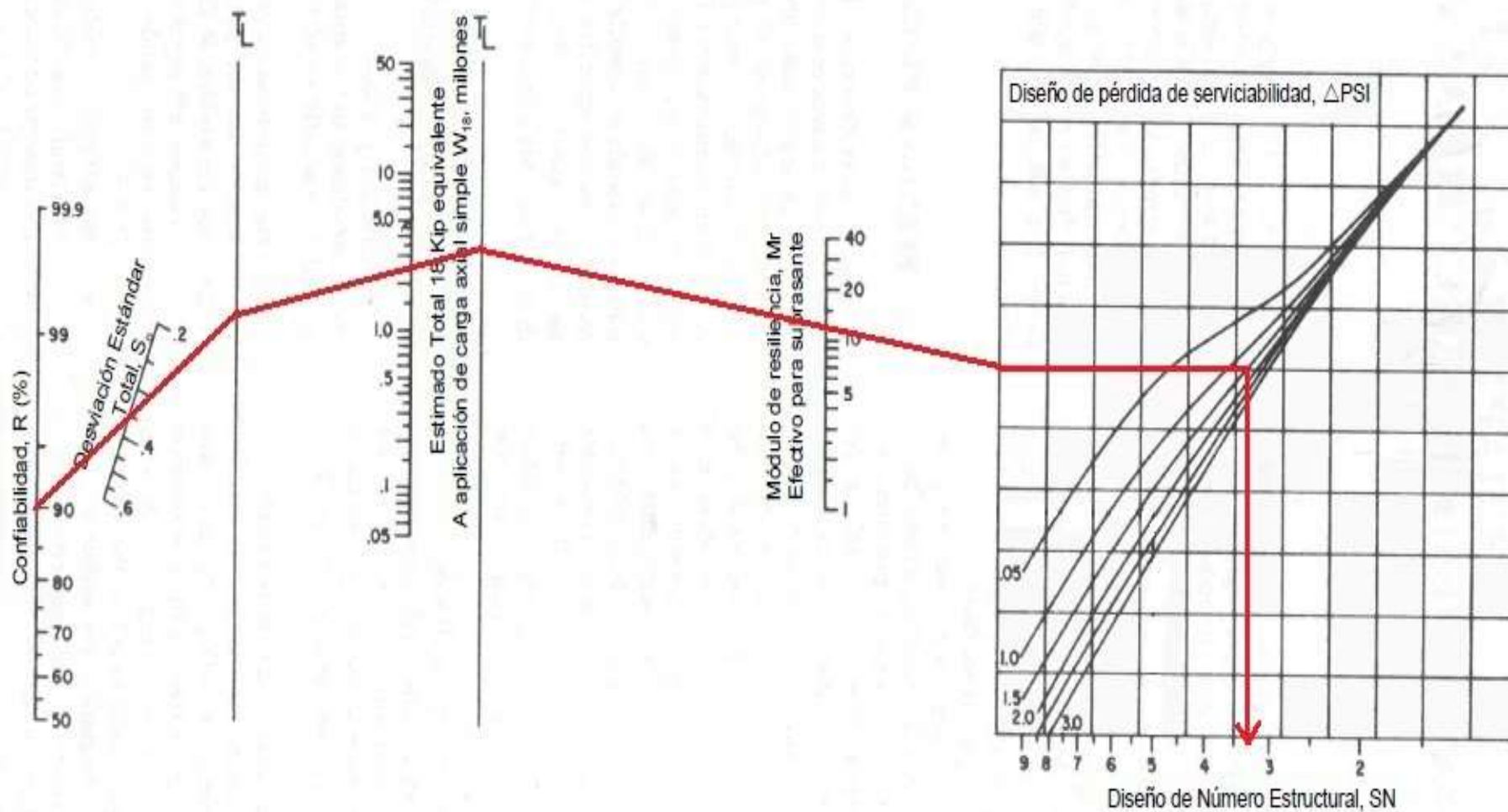
El libro de la SIECA presenta un cuadro donde se encuentran los espesores mínimos requeridos y recomendados para la carpeta de asfalto y la base (sea estabilizada o no) en la tabla 5.22 de la sección 5.3.9 de este documento, se encuentra dicha tabla, lo cual muestra que para una cantidad de ESAL's de diseño entre 2, 000,000 y 7, 000,000 el espesor de la carpeta corresponde a 9.0 cm y de base 15 cm. Habiendo establecido estos espesores posteriormente se obtendrán los SN correspondientes a cada capa.

Para la subrasante:

Con el valor obtenido del CBR se intercepta con los valores en la figura presentada en la figura 5.10, determinado el valor del Numero Estructural para la subrasante dando un valor de **Mr(SN₃)= 3.4**. Ver figura 7.6



Figura 7.4 Número Estructural para proteger la subrasante (Mr).





Cabe destacar que para ΔPSI , se utilizó el valor 1.5, ya que el que corresponde no aparece en la tabulación de la figura 5.10 en el momento de intersectar y encontrar el SN.

7.1.9.4 Espesores de capa.

Para la carpeta asfáltica.

El espesor de D_1 como se mencionó anteriormente es de 9.0 cm pasando a 3.54 pulgadas, para lo cual el SN_1 a encontrar debe ser:

Datos: $D_1 = 3.4$ pulg $a_1 = 0.46$

$$SN_1 = D_1 a_1$$

$$SN_1 = (3.54 \text{ pulg})(0.46) = 1.63$$

Para la base granular.

El espesor de D_2 anteriormente establecido por la tabla de la SIECA es de 15 cm obteniendo 5.91 pulgadas, para lo cual el SN_2 a encontrar debe ser:

Datos $D_2 = 2.6$ $a_2 = 0.138$ $m_2 = 0.8$

$$SN_2 = a_2 m_2 D_2$$

$$SN_2 * = (0.138)(0.8)(5.91 \text{ pulg}) = 0.65$$

Para la subbase granular.

El espesor D_3 debe ser:

Datos $M_r = 3.4$ $a_3 = 0.13$ $m_3 = 0.8$

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{(a_3 m_3)}$$

$$D_3 = \frac{3.4 - (1.63 + 0.65)}{(0.13)(0.8)} = 10.77 \text{ in} \rightarrow 11 \text{ in} \equiv 27.94 \text{ cm}$$

$$SN_3 * = a_3 m_3 D_3 *$$

$$SN_3 * = (0.13)(0.8)(11) = 1.144$$

Como verificación se tiene según ecuación 5.45:

$$SN_1 * + SN_2 * + SN_3 * \geq SN$$



$$1.63 + 0.65 + 1.14 \geq 3.42$$

$$3.42 \geq 3.4$$

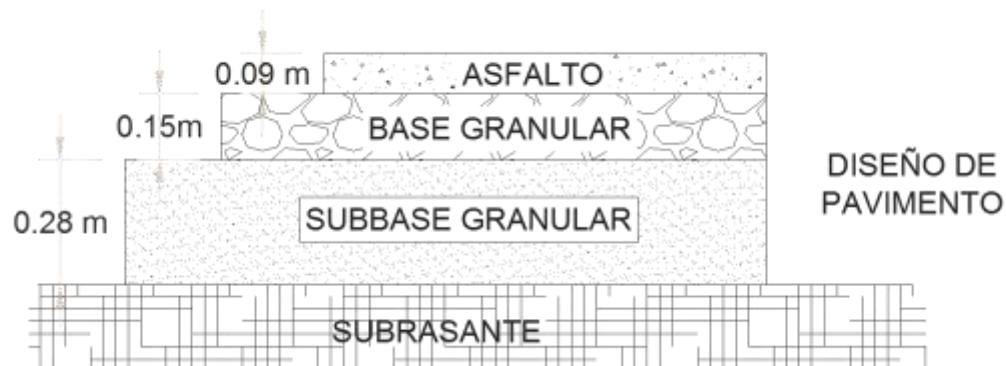
7.1.9.5 Diseño final del pavimento.

Carpeta asfáltica: 3.54 pulgadas = 9.00 cm

Base granular sin estabilizar: 5.91 pulgadas = 15.00 cm

Subbase granular sin estabilizar: 11 pulgadas = 28.00 cm

Figura 7.5 Espesores de capa finales.



Fuente: Elaboración propia.

7.2 DISEÑO HIDRÁULICO DE CANALETAS

El diseño hidráulico de canal consiste en realizar dimensionamiento y la forma geométrica de las canaletas en función de caudal que transporta de acuerdo a la demanda de agua.

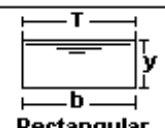

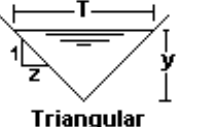
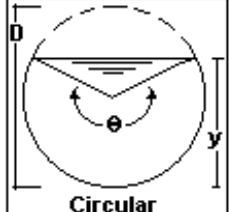
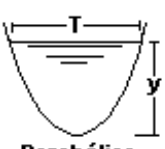
El diseño comprende: alineamiento, pendiente de fondo, secciones transversales, así como la forma y dimensiones de la sección del canal, su revestimiento y determinación de características hidráulicas como son la velocidad y el tirante.



El diseño hidráulico es principalmente el cálculo del tirante normal que es el que corresponde para cada descarga en un canal con pendiente de fondo, sección, sección transversal y rugosidad en paredes establecidas.

7.2.1 tipos de sección hidráulica.

Figura 7.6 Secciones tipo de canaletas.

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$2/3 Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Ven Te Show.

7.2.2 RUGOSIDAD.

El tipo de canal es de concreto terminado con llana metálica, tomando de tabla el valor de $n=0.013$



Figura 7.7 Coeficiente de rugosidad.

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
<i>a.</i> Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
<i>b.</i> Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
<i>a.</i> Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
<i>b.</i> Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
<i>c.</i> Concreto			
1. Terminado con lana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con lana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
<i>d.</i> Fondo de concreto terminado con lana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.020	0.030	0.035
<i>e.</i> Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.023	0.033	0.036
<i>f.</i> Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
<i>g.</i> Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
<i>h.</i> Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
<i>i.</i> Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
<i>j.</i> Revestimiento vegetal	0.030	---	0.500

Fuente: Ven Te Show.

7.2.3 PROCESO DE DISEÑO HIDRÁULICO.

Para el diseño de canales se debe tener en cuenta ciertos factores, como: área del canal, material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, pendiente del canal, taludes, etc.



El programa “H CANALES v 3.0” es un software que facilita el cálculo de la sección tipo de canaletas, tuberías y otros tipos de obras de drenaje, esto se realiza ingresando como datos de entrada el caudal en m³/s, el talud, la rugosidad y la pendiente promedio de la estructura. El programa se basa en las formulas mostradas en la figura 7.6 Secciones tipo de canaletas, de este documento.

Para determinar las secciones de las obras de drenaje primeramente se debe conocer el área de influencia que esta tiene, es decir toda el agua superficial que escurrirá a ella, al igual que su pendiente. A modo de ejemplo se analizara la canaleta del lateral izquierdo de la ruta MOR24E.

La figura 7.8 muestra el área tributaria que influye hacia la canaleta, esta es aproximadamente de 8,669.155 m².

Figura 7.8 Área tributaria de la canaleta izquierda de la ruta MOR24E.





Según el cuadro 3.53 la intensidad de concentración para un periodo de retorno de 50 años es de 4.40 mm/min, el caudal de diseño para este tramo da un valor de 0.64 m³/s

Con la ayuda del Software AutoCAD Civil 3D, se obtiene que la pendiente media es de 1.50% aproximadamente.

Se elige un valor de z de 0.4.

Sustituyendo estos datos en el programa nos arroja los siguientes resultados:

Figura 7.9 Cálculo del tirante normal para el lateral izquierdo de MOR24E



Fuente: Elaboración propia.

El mismo procedimiento se realiza para las demás canaletas, es de considerar que el agua que escurra de las canaletas de la ruta MOR24E conectan al lado izquierdo con las del acceso de San Miguel y al derecho con las del acceso de



Santa Rosa, por ello se debe tener cuidado en tomar en cuenta este caudal adicional para el diseño.

El cuadro 7.16 muestra las dimensiones tipo para las canaletas de la intersección.

Cuadro 7.16. Dimensiones de las canaletas de las arterias

RUTA	AREA (m ²)	LONGITUD	PENDIENTE LONGITUDINAL	INTENSIDAD DE PRECIPITACION (mm/min)	CAUDAL ACUMULADO (m ³ /s)	CAUDAL TOTAL (m ³ /s)	PENDIENTE TRANSVERSAL	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)
MOR24E LI	8,669.16	370m	1.50	4.40	0.00	0.64	1:0.4	30	40
CA07N SM LD	4,494.77	350m	1.21	4.40	0.64	0.97	1:1	140	60
MOR24E LD	10,880.15	400m	1.50	4.40	0.00	0.80	1:0.4	30	40
RN18E LI	4,449.40	235m	1.70	4.40	0.80	1.12	1:1	140	70
RN18E LD	2,110.17	190m	1.20	4.40	0.00	0.15	1:1	140	70

Fuente: Elaboración propia.

En base a los datos obtenidos en la el cuadro 7.16, estos son ingresados al programa y se obtienen las siguientes secciones típicas.

Una vez conocida las dimensiones de la canaleta de la ruta MOR24E procedemos a evaluar si las existentes dan abasto al caudal generado.

La canaleta tipo 1 es la que se conduce en el lateral derecho de la calle de Santa Rosa, al evaluar el caudal encontrado, las dimensiones actuales cumplen con la demanda, por esa razón se conserva la actual. Se realiza el mismo procedimiento para la canaleta tipo 2 y está igualmente cumple por lo que se dejan las actuales.

En las demás partes de la intersección se drenara el agua a través de bordillo, a excepción de la ruta MOR24E. El centro de la intersección tendrá una inclinación mínima del 1% para evitar que el agua se estanque en la isleta central.



7.3 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA PROPUESTA.

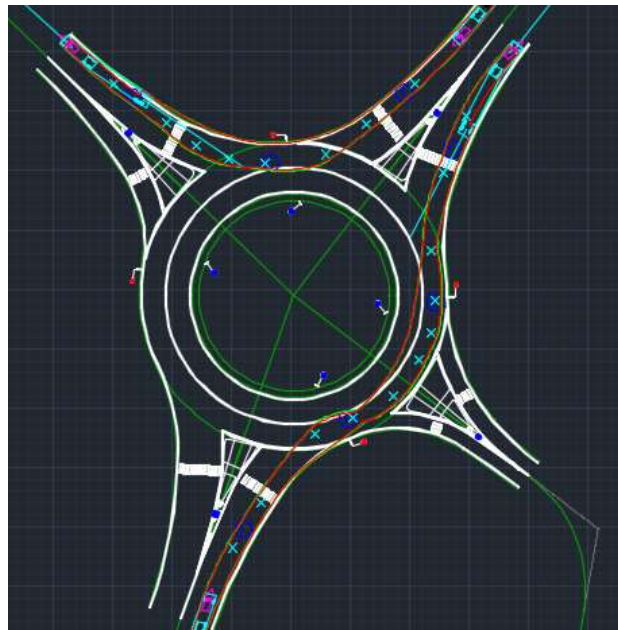
7.3.1 EVALUACIÓN DE GIRO DEL VEHÍCULO DE DISEÑO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE

Para la evaluación del recorrido que realiza el vehículo de diseño, definido en el apartado 4.6.2.1; se hizo uso del software Autodesk Vehicle Tracking, versión 2015.

Esta evaluación se realizó en tres partes

1. Se evaluó el giro que realizan los vehículos que de San Miguel conducen a Frontera El Amatillo y también el giro de los que de Frontera El Amatillo se trasladan a San Francisco Gotera, esto se esquematiza en la figura 7.10.

Figura 7.10 Giros de vehículos de RN18E a CA07N GOT y de CA07N SM a RN18E



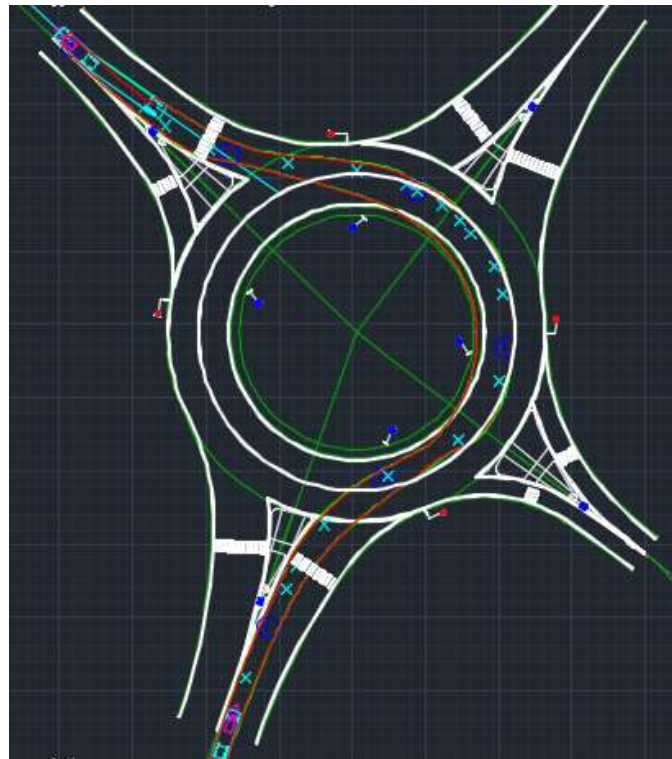
Fuente: Elaboración propia.



Es evidente que el vehículo de diseño WB-20 en algunas instancias hará uso del hombro que se ha considerado, esto para realizar con libertad los giros.

2. El giro que realizan los vehículos que de San Miguel se conducen a San Francisco Gotera, ver figura 7.11

Figura 7.11 Giro de los vehículos de CA07N SM a CA07N GOT



Fuente: Elaboración propia.

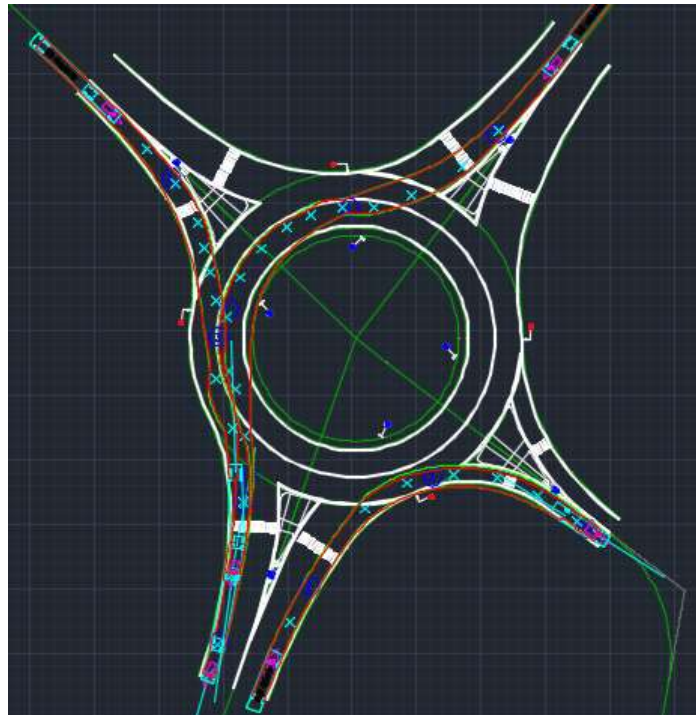
En este giro en particular, el vehículo de diseño deberá hacer uso de los faldones para poder realizar el recorrido en el carril interno de la rotonda.

3. El giro que realizan los vehículos que se trasladan de Frontera El Amatillo y San Francisco Gotera hacia San Miguel; así como el



recorrido de un bus típico desde San Miguel a la MOR24E, ver figura 7.12.

Figura 7.12 Giros de vehículos de RN18E y CA07N GOT hacia CA07N SM, y de CA07N SM hacia MOR24E



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia tanto el WB-20 y el BUS típico hacen uso de los hombros para realizar este tipo de giros.

7.3.2 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN PROPUESTA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE.

El diseño geométrico de la propuesta se realizó utilizando el software AutoCAD Civil 3D, versión 2015, para ello se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

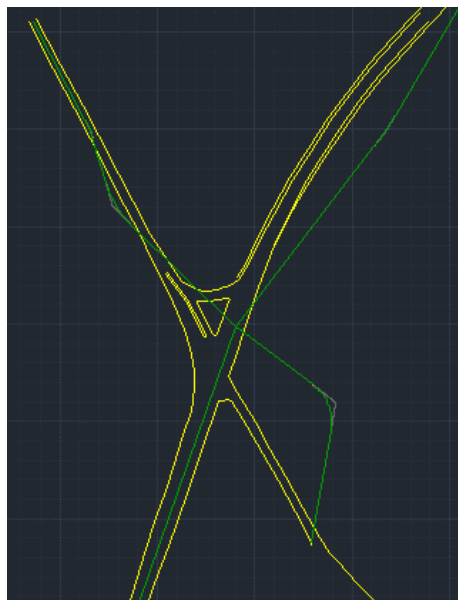


1. Trazo de nuevas alineaciones
2. Secciones para cada ramal de entrada
3. Sección de la senda circulatoria y hombros de la rotonda.
4. Alineamientos

Para el diseño geométrico de la rotonda se tomó en cuenta todo lo deducido en los capítulos anteriores. Este se realizó haciendo uso del software AutoCAD Civil 3D, versión 2015. A manera de describir lo realizado en el programa se definen una serie de pasos explicativos a continuación:

Paso 1. Primeramente se empezó definiendo el trazo de las nuevas alineaciones, estos variaron un poco con respecto a lo actual, ya que se acomodó la rotonda al poco espacio que se posee para expandirse; la figura 7.13 detalla lo comentado.

Figura 7.13 Trazo de nuevas alineaciones

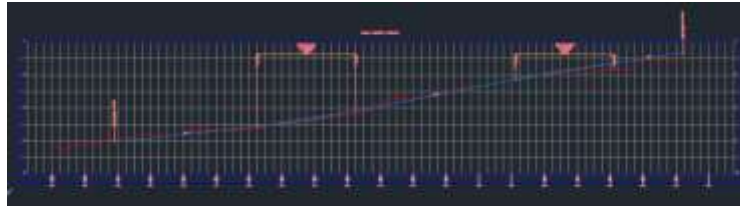


Fuente: Elaboración propia.



Paso 2. Luego se definieron los perfiles y alineamientos, para la ruta MOR24E el alineamiento se acomodó de acuerdo al perfil natural, y la nueva calle atraviesa una propiedad privada.

Figura 7.14 Perfil de alineaciones



Fuente: Elaboración propia.

Paso 3. Luego se procedió a crear las secciones tipo para las arterias que han modificado su alineamiento y para la rotonda y sus accesos; además se incluyeron los espesores de capa propuestos para las secciones de la rotonda.

A continuación se presentan las secciones de las arterias modificadas, las de la rotonda y sus accesos, incluyendo los hombros fueron definidos en el capítulo IV.

Cuadro 7.17 Dimensiones de las secciones de las arterias

ARTERIAS	NUMERO DE CARRILES		ANCHO DE CARRIL (m)		ANCHO DE HOMBRO (m)	
	ENTRADA	SALIDA	DER	IZQ	DER	IZQ
CA07N SM	2	2	9.8	9.8	2.0	2.0
CA07N GOT	1	2	5.0	9.8	2.0	2.0
RN18E	2	2	9.8	9.8	2.0	2.0
MOR24E	1	1	4.0	4.0	2.0	2.0

Fuente: Elaboración propia.

Estas son secciones de entrada y salida de la senda circulatoria, para que estos accesos se empalmen a los existentes se deberá reducir gradualmente las secciones.



Paso 4. El próximo paso fue la creación de la intersección tipo rotonda, se diseñó según las dimensiones detalladas en el cuadro 4.28.

Figura 7.15 Rotonda propuesta



Fuente: Elaboración propia.

Paso 5. Creación de los perfiles y alineamientos de los acceso y senda circulatoria.

Figura 7.16 perfiles y alineamientos de la rotonda.



Fuente: Elaboración propia.



Paso 6. Creación de la obra lineal de las arterias y de la rotonda.

Figura 7.17 Obra lineal de las arteria e intersección tipo rotonda



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en este capítulo se detallan en el Anexo A-7 Diseño de Rotonda.



CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 CONCLUSIONES.

- ⇒ La falta de señalización en la zona de estudio, entorpece la capacidad receptora y comprensiva de los conductores que no conocen la intersección, haciendo que estos obstruyan el paso a los otros vehículos que circulan a su alrededor.
- ⇒ El estudio de las fallas y daños contenidos en la carpeta asfáltica que existe actualmente en la intersección, no fue realizada a profundidad, ya que solo es una representación para dar a conocer el estado del pavimento y cómo influyen es el servicio adecuado a los transitantes.
- ⇒ Las estructuras hidráulicas existentes están obstruidas con desechos orgánicos e inorgánicos, acumulando agua (ya sea precipitación o servidas) y parte de los desechos a orillas de la carretera y en el badén irrumpiendo la entrada a uno de los ramales (MOR24E).
- ⇒ Según el TPDA de las carreteras primarias y secundarias, la intersección actual ya llegó al final de su vida útil, según la SIECA se recomienda para la zona una intersección giratoria.
- ⇒ Los alineamientos de la ruta MOR24E y RN18E, han cambiado para evitar dejar ángulos agudos en los accesos y así permitir que el vehículo de diseño gire con más libertad en la intersección.
- ⇒ La propuesta de intersección tipo rotonda además de organizar el volumen vehicular, controlar las velocidades de ingreso, mejorar la visibilidad de aproximación, permitirá los cruces peatonales y libertad a



los vehículos grandes de realizar los giros con libertad; es una opción que cubre la demanda proyectada y promete poder seguir brindando un buen servicio después de finalizada su vida útil.

- ⇒ El material obtenido por medio de la campaña geotectónica en los PCA No 2, 3 y 4, son materiales de restitución, ya que poseen características mecánicas mejores que las del PCA No 1, el cual es el perteneciente al terreno natural.
- ⇒ El material más desfavorable extraído por medio de la campaña geotécnica fue determinado como limo – arcilloso orgánico con expansión alta, lo que implica que debe de ser estabilizado para mejorar sus características mecánicas.
- ⇒ Los materiales propuestos para subbase, base y carpeta asfáltica, contienen las especificaciones de los manuales de la SIECA y libros que proporcionan información para estudios académicos y de diseño.



8.2 RECOMENDACIONES.

- ⇒ El nivel de servicio de la carretera que de San Miguel conduce hacia la intersección, a corto plazo podría ampliarse a dos carriles el lateral derecho, ya que según análisis presenta actualmente un nivel de servicio D y siendo este costado el que posee un mayor reparto por sentido (57%), casi el 60% del flujo total circular por un carril.
- ⇒ La estabilización del suelo debe ser propuesto por un laboratorio de suelos y materiales acreditado y con la capacidad y el conocimiento técnico profesional.
- ⇒ Determinar el espesor del material restituído en la subrasante en futuras campañas geotécnicas, para obtener así un parámetro de la cantidad de material que fue utilizado como relleno y cuanto de este puede ser reutilizado.
- ⇒ Los espesores propuestos en el estudio, fueron obtenido en base a las características de los materiales propuestos y determinados por medio de especificaciones de manuales y libros, para lo que se puede tomar como una referencia de la calidad y requerimientos que debe de tener dicho material para futuros estudios.
- ⇒ Se recomienda aumentar la capacidad de las arterias que convergen a la intersección, aumentar a cuatro carriles la CA07N SAN MIGUEL y la RN18E, y a tres carriles, dos de entrada y uno de salida la CA07N GOTERA.
- ⇒ Hacer uso de software para determinar la capacidad de la intersección actual y la propuesta, y comparar estos datos con los obtenidos teóricamente.

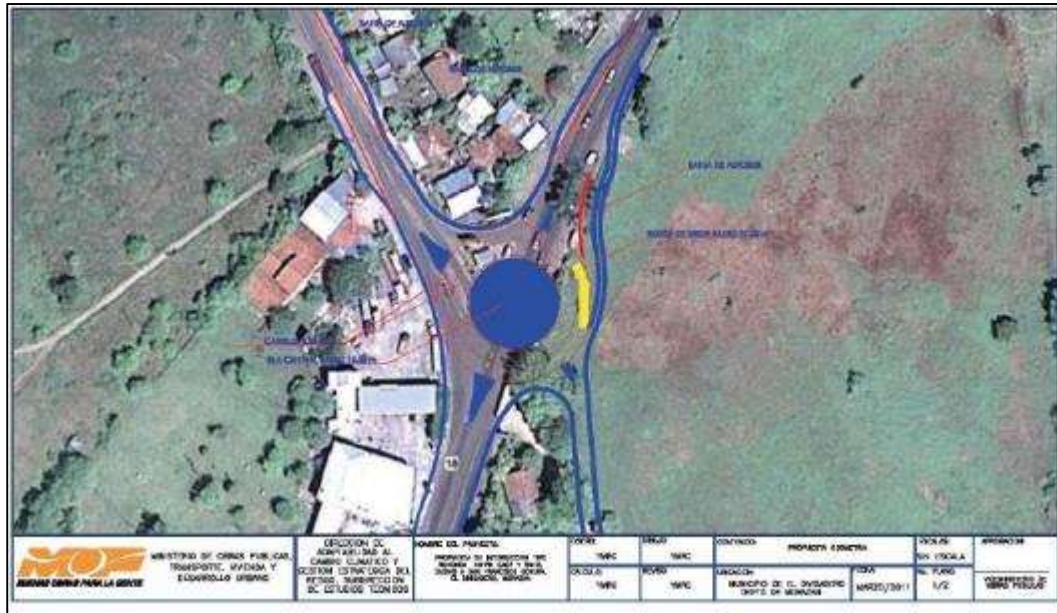


-
- ⇒ Calcular la inversión de la propuesta de intersección giratoria y estimar si la actual intersección debe seguir funcionando un periodo adicional, debido a los costos de construcción; si este es el caso, realizar un estudio más profundo para determinar las posibles soluciones temporales.
 - ⇒ Se recomienda realizar una limpieza de las estructuras hidráulicas longitudinales y transversales de la intersección, ya que según inspección visual se encuentran azolvadas en un 80% y esto impide en gran manera al estancamiento de aguas lluvias y mal funcionamiento del drenaje.
 - ⇒ Realizar un estudio de impacto social y ambiental de la zona, para determinar de manera más amplia la cantidad de impactos negativos que ocasionaría la ejecución de la propuesta y plantear todas las medidas de mitigación de impactos ya que solo unas cuantas fueron determinadas en este documento.
 - ⇒ Evaluar los conflictos que se ocasionarían en las entradas y salidas de los accesos de la intersección propuesta y proponer medidas para minimizarlos. Así también los conflictos ocasionados por los vehículos que entran y salen de la gasolinera y centro comercial.
 - ⇒ Se recomienda reubicar la parada de autobús que se encuentra a un costado de la intersección, de manera de que ninguna interrumpa el flujo vehicular en la rotonda.



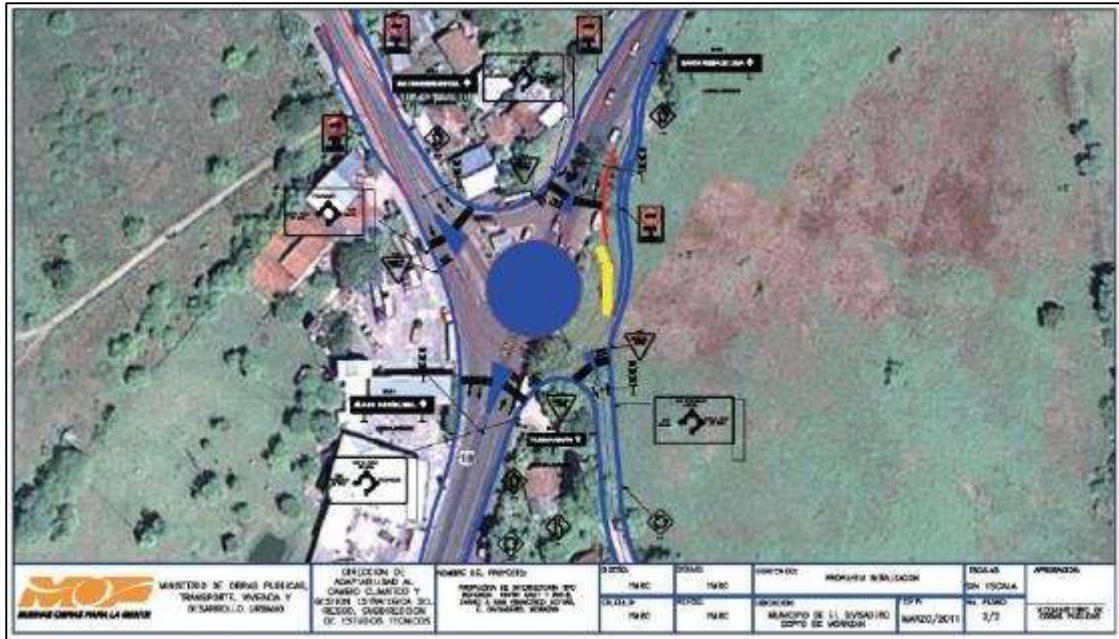
ANEXOS

Figura A.1: Hoja 1 de 2 Propuesta Geométrica.



Fuente: Perfil técnico MOPTVDU, 2011

Figura A.2: Hoja 2 de 2 Propuesta Geométrica.



Fuente: Perfil técnico MOPTVDU, 2011



Figura A.4: Solicitud de Alcaldía de San Francisco Gotera

 **ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO GOTERA**
3a. Avenida Sur y pasaje Claudio Bernal, Santo Los Flores
Tel.: 2683-8900
e-mail: alcaldesgotera@smregatec.com.sv 

REF: 57-AMSPG-03-13

San Francisco Gotera, 03 de Mayo de 2013.

*Ingeniero Francisco Antonio Alvarez Echeverría
Director de Planificación Vial
Presente*

Reciba un cordial y respetuoso saludo con los mejores deseos de éxito en todas sus gestiones y actividades.

Estimado Ingeniero Alvarez:

Por este medio respetuosamente me dirijo a Usted, para solicitarle amablemente Asesoría Técnica y apoyo para realizar Levantamiento Topográfico de una ruta alterna en el Municipio de San Francisco Gotera, Departamento de Morazán, lo que permitirá descongestionar el tráfico vehicular, pero especialmente brindará seguridad a la comunidad y visitantes de nuestro municipio

Agradecido por su atención a la presente, y en espera de una respuesta favorable, me suscribo expresándole aprecio y estimación

Atentamente

Carlos Cifredo Hernández Gómez
Alcalde Municipal





OPV-0055-2013

Fuente: MOPTVDU, 2013



Figura A.5: Solicitud de Estudiantes Al Ministerio de Obras Publicas.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Ciudad universitaria oriental, 20 de agosto de 2014.

Ministerio de Obras Públicas (MOP)
Ing. Sergio Motto
Jefe regional del MOP en San Miguel
Presente.

Por medio de la presente, los alumnos de 5° año de la carrera de ingeniería civil: Rita Vanessa Luna Romero Carnet N° LR09006, Alicia Teresa Murillo Muñoz carnet N° MM09052 y Cesar Omar Merino Palacios carnet N° MP09017, solicitan para la catedra en curso "Proyecto de Ingeniería" los estudios previos realizados para el proyecto en gestión en el desvío hacia el municipio de San Francisco Gotera (conocido como desvío kilómetro 18), que consiste en la realización de un redondel para la intercepción de la carretera que une la Ciudad de San Miguel, San Francisco Gotera y frontera El Amatillo. Con lo que se pretende formular el proyecto y llevar a cabo los estudios pertinentes que permitan determinarse durante el curso académico.

Definiendo así los estudios faltantes y otros requisitos no abarcados por la asignatura para el "Proyecto de graduación" con el fin de entregar una carpeta técnica completa y eficiente para el proyecto planteado.

Alumnos:

Br. Rita Vanessa Luna Romero Carnet N° LR09006 F.

Br. Alicia Teresa Murillo Muñoz carnet N° MM09052 F.

Br. Cesar Omar Merino Palacios carnet N° MP09017 F.

F.
Ing. Milagro Romero de Garza
Responsable de la asignatura

Fuente: Carta dirigida por estudiantes de la Materia Proyecto de Ingeniería al MOPTVUD, 2014



ARTÍCULOS EN LOS PERIÓDICOS LOCALES Y WEB

“San Francisco Gotera con nueva calle de ingreso”

MOP y comuna firmarán segundo convenio para extender los trabajos.

Imagen A.1: La entrada a la cabecera departamental luce nueva.



Fuente: La Prensa Gráfica, 23 de Diciembre de 2013 - Liliانا Fuentes Monroy

Un renovado tramo de la calle de acceso principal a la ciudad de San Francisco Gotera fue inaugurado recientemente por autoridades del Ministerio de Obras Públicas (MOP), la alcaldía y actores locales desde el desvío a Jocoro a la cabecera.

Gerson Martínez, titular del MOP, señaló durante la inauguración que este proyecto es parte del plan maestro para modernizar las principales entradas de las cabeceras departamentales, muchas de las cuales “especialmente las del interior son como caminos rurales”.

Otra entrada que está siendo intervenida es la de San Miguel. Para San Francisco Gotera habrá un segundo convenio, con el objetivo de ampliar en uno o kilómetro y medio el proyecto, que será acompañado con el anunciado redondel a construirse en el desvío El 18.



La reparación de 1.2 kilómetros de la vía fue parte de un convenio realizado con la comuna, que consistió en la construcción de los hombros de la vía y renovación de la capa asfáltica; el MOP bacheó además el tramo

“Podrían construir redondel en el km 18 carreteras a Morazán”

Imagen A.2: Construcción de una intersección es prioridad para evitar accidentes.



Fuente: Diario El Migueleño, 25 de enero de 2013.

La construcción de un redondel en el sector conocido como kilómetro 18, en Morazán, sobre el desvío a San Francisco Gotera, se encuentran en estudio, anuncio el personal del Ministerio de Obras Públicas. La obra es una solicitud del alcalde de San Francisco Gotera, Carlos Calixto Hernández y el Gobernante de Gotera, Miguel Ventura, como una medida de seguridad para los peatones y los más de 700 vehículos que a diario circulan sobre la carretera Ruta Militar.

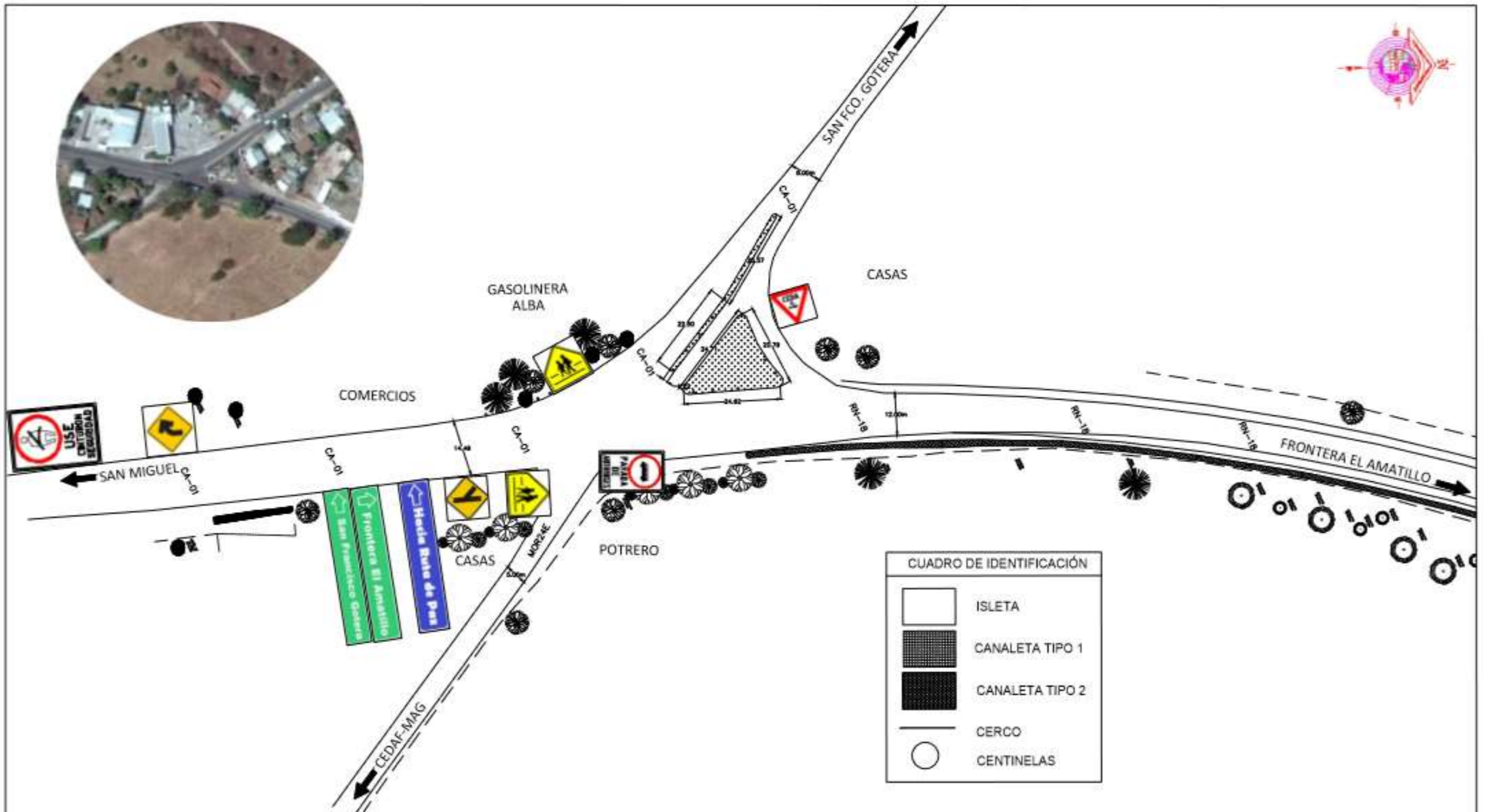
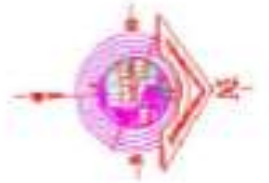
Según los primeros estudios, la construcción de un redondel podría estar valorada de forma preliminar entre 350 mil – 400 mil. Para ellos, buscara el apoyo de los alcaldes de la zona, ya que asegura el MOP no cuenta con fondos del Estado para dicha obra.



ANEXO A – 1

DETALLE DE

INTERSECCIÓN ACTUAL.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
 ARQUITECTURA
 SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
 "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
 CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
 GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:
 BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
 BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
 BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
 ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
 INTERSECCIÓN ACTUAL

ESCALA: 1:950

No DE PLANO: 1/1

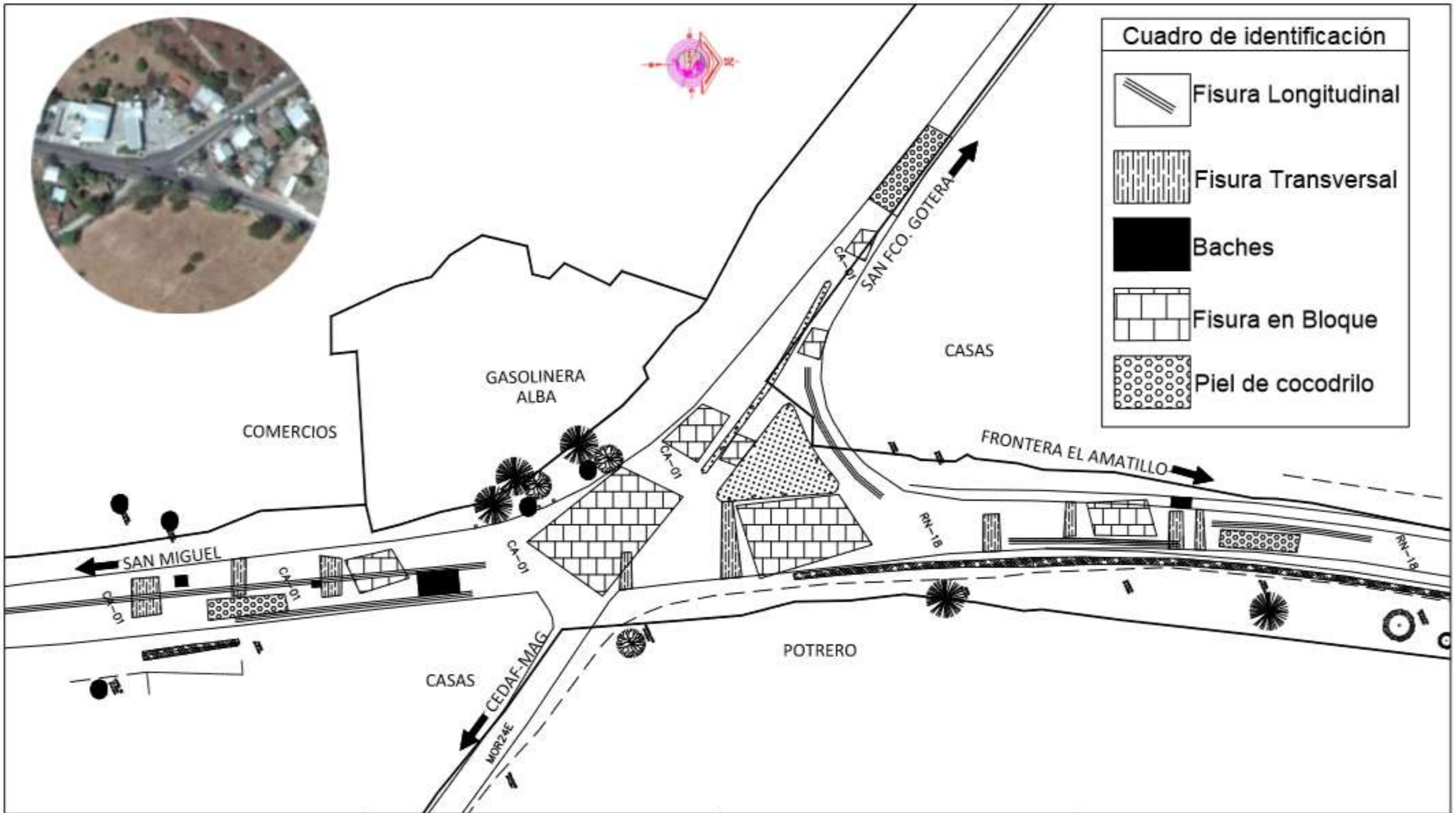


ANEXO A – 2

IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS SOBRE CARPETA ASFÁLTICA EN LA INTERSECCIÓN ACTUAL.



Cuadro de identificación	
	Fisura Longitudinal
	Fisura Transversal
	Baches
	Fisura en Bloque
	Piel de cocodrilo



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
 "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:
 BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
 BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
 BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
 ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
 IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS EN EL ASFALTO CON MAYOR SEVRIDAD

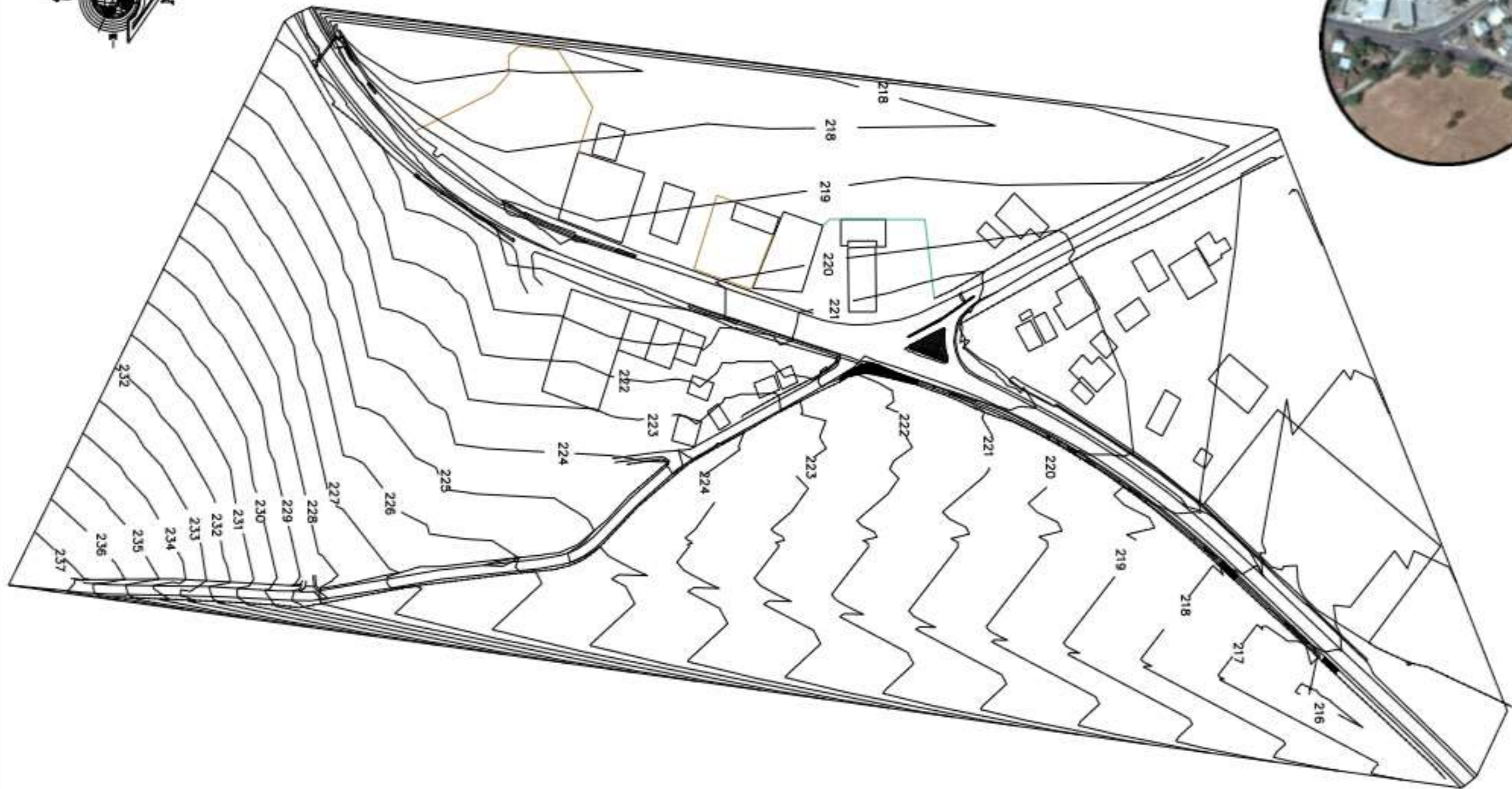
ESCALA: 1:775

No DE PLANO: 1/1



ANEXO A - 3

CURVAS DE NIVEL DE LA ZONA.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
"PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:
BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
TOPOGRAFIA DE LA INTERSECCIÓN

ESCALA: 1:2500

No DE PLANO: 1/1



ANEXO A - 4

AFORO VEHICULAR DE LAS RUTAS QUE CONVERGEN A LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO.



ANEXO A – 4 AFORO VEHICULAR DE LAS RUTAS QUE CONVERGEN A LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO.

LUNES

RUTA: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR)

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A									
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
6:00 - 6:15 am	42	47	5	5	5	2						2	1	109
6:15 - 6:30 am	46	44	5	6	6	0							1	108
6:30 - 6:45 am	39	40	3	5	5	1						1		94
6:45 - 7:00 am	49	56	4	6	6	1			2					124
7:00 - 7:15 am	32	33	2	5	5	1						1		79
7:15 - 7:30 am	53	41	9	6	6	0						3		118
7:30 - 7:45 am	40	46	8	5	5	1						8		113
7:45 - 8:00 am	32	44	4	4	4	0						1		89
8:00 - 8:15 am	26	31	6	5	5	1						2		76
8:15 - 8:30 am	45	46	3	10	10	0						4		118
8:30 - 8:45 am	56	60	4	13	13	2						5		153
8:45 - 9:00 am	35	68	8	9	9	0						2		131
9:00 - 9:15 am	48	67	5	6	6	0						4		136
9:15 - 9:30 am	31	39	7	1	1	1								80
9:30 - 9:45 am	41	57	11	6	6	0		2				1		124
9:45 - 10:00 am	24	52	6	7	7	0								96
10:00 - 10:15 am	26	43	15	8	8	1				1				102
10:15 - 10:30 am	29	43	4	10	10	3						1		100
10:30 - 10:45 am	57	45	11	9	9	0								131
10:45 - 11:00 am	61	39	5	4	4	0						1		114
11:00 - 11:15 am	72	72	6	6	6	0								162
11:15 - 11:30 am	40	52	6	8	8	4						3		121
11:30 - 11:45 am	40	50	6	7	7	0						5		115
11:45 - 12:00 md	54	65	7	5	5	1						7		144
TOTAL	1018	1180	150	156	156	19		2	2	1		51	2	2737

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A										
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
12:00 - 12:15 pm	70	77	4	7	10	0							7	0	175
12:15 - 12:30 pm	78	81	6	8	12	0							1	0	186
12:30 - 12:45 pm	37	65	5	9	8	1							0	0	125
12:45 - 1:00 pm	24	47	5	3	10	0				2			2	0	93
1:00 - 1:15 pm	40	58	8	7	6	0			2				3	0	124
1:15 - 1:30 pm	33	51	1	4	13	0							0	0	102
1:30 - 1:45 pm	36	70	3	5	12	1							5	0	132
1:45 - 2:00 pm	32	80	3	7	10	1							3	0	136
2:00 - 2:15 pm	29	38	6	7	10	1		1					3	2	97
2:15 - 2:30 pm	32	59	7	6	24	0							2	0	130
2:30 - 2:45 pm	37	50	8	6	10	1						1	0	0	113
2:45 - 3:00 pm	35	35	3	7	13	1						1	3	1	99
3:00 - 3:15 pm	30	48	8	6	13	0							5	0	110
3:15 - 3:30 pm	35	42	7	6	17	0							2	0	109
3:30 - 3:45 pm	49	50	4	5	8	4							4	0	124
3:45 - 4:00 pm	44	50	4	8	12	1							1	0	120
4:00 - 4:15 pm	39	58	6	5	11	0							5	4	128
4:15 - 4:30 pm	56	46	9	4	9	0							8	1	133
4:30 - 4:45 pm	54	45	6	2	13	1							4	1	126
4:45 - 5:00 pm	42	40	7	4	17	1						1	7	1	120
5:00 - 5:15 pm	31	37	1	4	10	0							9	4	96
5:15 - 5:30 pm	31	40	1	1	4	1							2	4	84
5:30 - 5:45 pm	33	42	3	3	8	0							7	2	98
5:45 - 6:00 pm	11	14	0	2	1	0							0	0	28
TOTAL	938	1223	115	126	261	14		3	3	2		83	20	2788	



RUTA: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T				
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3		
12:00 - 12:15 pm	54	74	7	9	15	1					3	1	1	165
12:15 - 12:30 pm	46	87	17	10	27	7						0	0	194
12:30 - 12:45 pm	40	76	2	11	18	2				2		0	0	151
12:45 - 1:00 pm	63	79	7	8	21	4		2				0	0	184
1:00 - 1:15 pm	45	71	10	5	19	3						1	1	155
1:15 - 1:30 pm	51	85	6	8	24	4						0	0	178
1:30 - 1:45 pm	65	85	15	7	19	2						0	0	193
1:45 - 2:00 pm	53	65	8	9	15	4						2	2	158
2:00 - 2:15 pm	88	98	8	12	37	3						2	2	250
2:15 - 2:30 pm	43	87	5	6	17	2						0	0	160
2:30 - 2:45 pm	53	82	9	10	20	3						0	0	177
2:45 - 3:00 pm	92	99	6	11	18	4						3	3	236
3:00 - 3:15 pm	43	62	11	8	27	1						0	0	152
3:15 - 3:30 pm	64	62	11	6	15	1						1	1	161
3:30 - 3:45 pm	77	98	9	7	18	3						0	0	212
3:45 - 4:00 pm	75	75	10	7	25	4						0	0	196
4:00 - 4:15 pm	73	95	9	7	18	0						0	0	202
4:15 - 4:30 pm	93	86	21	9	20	0						2	2	233
4:30 - 4:45 pm	82	82	9	5	18	1						1	1	199
4:45 - 5:00 pm	73	86	10	6	23	2						3	3	206
5:00 - 5:15 pm	66	79	6	9	18	0						3	3	184
5:15 - 5:30 pm	76	74	11	3	12	1						4	4	185
5:30 - 5:45 pm	61	49	6	4	14	9						0	0	143
5:45 - 6:00 pm	56	51	3	6	10	0						0	0	126
TOTAL	1532	1887	216	183	468	61	0	2	2	3	23	23	23	4400

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL			
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T						
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3				
6:00 - 6:15 am	60	51	5	6	12									0	0	134
6:15 - 6:30 am	67	52	3	7	19									2	1	151
6:30 - 6:45 am	63	60	5	6	22									0	0	156
6:45 - 7:00 am	72	80	3	8	16				2					5	0	186
7:00 - 7:15 am	89	68	14	13	19									4	0	207
7:15 - 7:30 am	89	81	20	10	21									10	0	231
7:30 - 7:45 am	71	78	8	10	20									3	3	193
7:45 - 8:00 am	59	101	7	15	26									2	2	212
8:00 - 8:15 am	67	78	6	10	18									1	1	181
8:15 - 8:30 am	81	90	13	4	11									4	0	203
8:30 - 8:45 am	50	67	9	11	11									1	1	150
8:45 - 9:00 am	59	81	5	10	15									4	0	174
9:00 - 9:15 am	49	54	6	7	7									0	0	123
9:15 - 9:30 am	46	65	6	8	1									4	1	131
9:30 - 9:45 am	51	89	11	14	11				2					0	0	178
9:45 - 10:00 am	63	96	2	16	23									0	0	200
10:00 - 10:15 am	57	63	9	12	18									1	1	161
10:15 - 10:30 am	44	97	10	14	17									1	0	183
10:30 - 10:45 am	61	79	12	6	20									0	0	178
10:45 - 11:00 am	52	64	7	6	11									2	0	142
11:00 - 11:15 am	51	69	10	8	16									4	0	158
11:15 - 11:30 am	52	84	6	9	16									0	1	168
11:30 - 11:45 am	57	74	5	8	14				1					2	1	162
11:45 - 12:00 md	53	74	4	9	10									4	0	154
TOTAL	1463	1795	186	227	374	0	0	3	2	1	54	11	11	4116		

RUTA: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL			
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T						
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3				
6:00 - 6:15 am	55	32	3	3	11	0										104
6:15 - 6:30 am	44	31	5	3	15	3								1		102
6:30 - 6:45 am	54	33	1	4	11	2										105
6:45 - 7:00 am	73	31	3	3	14	1										125
7:00 - 7:15 am	70	50	1	3	11	1										136
7:15 - 7:30 am	69	35	7	3	12	0										126
7:30 - 7:45 am	58	44	11	3	13	3										132
7:45 - 8:00 am	55	47	6	4	11	1								1		125
8:00 - 8:15 am	39	55	2	5	15	3										119
8:15 - 8:30 am	37	41	3	1	9	0										91
8:30 - 8:45 am	39	42	6	3	4	0										94
8:45 - 9:00 am	43	53	6	4	10	1										117
9:00 - 9:15 am	35	52	2	4	9	1										103
9:15 - 9:30 am	35	38	5	4	8	0										90
9:30 - 9:45 am	33	51	6	2	7	1								1		101
9:45 - 10:00 am	42	47	1	3	10	1										104
10:00 - 10:15 am	35	35	3	2	8	1										84
10:15 - 10:30 am	30	51	3	3	10	2										99
10:30 - 10:45 am	28	47	5	2	16	5										103
10:45 - 11:00 am	30	38	3	4	8	2										85
11:00 - 11:15 am	36	45	4	3	7	1										96
11:15 - 11:30 am	30	47	3	2	6	2										90
11:30 - 11:45 am	32	38	4	2	5	2										84
11:45 - 12:00 md	27	37	2	5	8	1										80
TOTAL	1029	1020	95	75	238	34	0	0	0	0	0	0	0	4		2495

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL			
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T						
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3				
12:00 - 12:15 pm	37	46	3	3	9	1										99
12:15 - 12:30 pm	33	49	6	3	9	4										104
12:30 - 12:45 pm	33	43	7	3	7	1										94
12:45 - 1:00 pm	38	35	0	2	2	5										82
1:00 - 1:15 pm	39	44	3	3	11	2				2						104
1:15 - 1:30 pm	30	33	6	4	4	3						1				81
1:30 - 1:45 pm	40	58	5	3	9	0										115
1:45 - 2:00 pm	32	44	4	4	5	3							2			94
2:00 - 2:15 pm	41	54	1	2	15	2										115
2:15 - 2:30 pm	49	64	3	4	11	2										133
2:30 - 2:45 pm	41	55	4	3	13	1									1	118
2:45 - 3:00 pm	47	52	2	2	6	2								1		112
3:00 - 3:15 pm	41	43	2	2	8	3										100
3:15 - 3:30 pm	40	30	2	2	11	0									1	86
3:30 - 3:45 pm	46	57	4	2	10	2										121
3:45 - 4:00 pm	48	43	5	5	7	2										110
4:00 - 4:15 pm	42	52	2	2	10	0										108
4:15 - 4:30 pm	53	48	6	4	6	0										117
4:30 - 4:45 pm	51	59	4	3	7	0										124
4:45 - 5:00 pm	54	51	6	3	7	1										122
5:00 - 5:15 pm	47	47	6	4	4	0										108
5:15 - 5:30 pm	42	33	5	3	6	2										91
5:30 - 5:45 pm	44	26	3	3	5	2										83
5:45 - 6:00 pm	0	0	0	0	0	0										0
TOTAL	968	1066	89	69	182	38	0	0	3	2	1	3	3			2421



MARTES

RUTA: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR)

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A									
	AUTO	PICK-UP			C2	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3		
6:00 - 6:15 am	28	30	3	3	10	2					2	1	79	
6:15 - 6:30 am	23	37	5	5	10	0					2	1	81	
6:30 - 6:45 am	18	25	3	0	5	0					2		53	
6:45 - 7:00 am	20	42	5	5	14	0					3		89	
7:00 - 7:15 am	42	33	4	3	14	1							97	
7:15 - 7:30 am	47	41	7	7	14	3						1	120	
7:30 - 7:45 am	51	56	4	6	21	1					3	5	147	
7:45 - 8:00 am	52	70	1	4	3	0					2		132	
8:00 - 8:15 am	39	47	7	8	9	0						2	112	
8:15 - 8:30 am	33	46	2	6	7	0					1	1	96	
8:30 - 8:45 am	38	40	4	4	13	0					3	1	103	
8:45 - 9:00 am	38	49	4	7	10	0					5	1	114	
9:00 - 9:15 am	26	49	5	2	18	0					2	3	105	
9:15 - 9:30 am	34	58	1	6	6	0					1		106	
9:30 - 9:45 am	21	30	0	3	5	2					2		63	
9:45 - 10:00 am	21	30	4	5	7	2					1		70	
10:00 - 10:15 am	46	46	8	9	11	0					4	1	125	
10:15 - 10:30 am	27	49	5	6	16	0						2	105	
10:30 - 10:45 am	27	49	4	6	10	0					1		97	
10:45 - 11:00 am	31	50	2	6	5	0					2	1	97	
11:00 - 11:15 am	36	52	5	5	9	0					1	3	111	
11:15 - 11:30 am	18	42	3	5	7	0							75	
11:30 - 11:45 am	24	50	3	5	11	0					1	2	96	
11:45 - 12:00 md	36	48	3	3	7	0						1	98	
TOTAL	776	1069	92	119	242	11	0	0	0	0	36	26	2371	

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL	
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A										
	AUTO	PICK-UP			C2	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3			
12:00 - 12:15 pm	30	45	0	8	5	0							4	0	92
12:15 - 12:30 pm	25	39	0	5	9	0							4	1	83
12:30 - 12:45 pm	34	34	3	4	12	0							0	1	88
12:45 - 1:00 pm	27	48	4	3	10	0							0	1	93
1:00 - 1:15 pm	59	67	6	5	23	0							7	2	169
1:15 - 1:30 pm	62	69	8	6	15	0							1	0	161
1:30 - 1:45 pm	36	44	7	5	10	1							4	2	109
1:45 - 2:00 pm	47	57	7	3	17	0							2	1	134
2:00 - 2:15 pm	41	56	4	3	9	0							8	6	127
2:15 - 2:30 pm	45	57	7	9	12	0							5	2	137
2:30 - 2:45 pm	54	59	7	7	17	2							5	3	154
2:45 - 3:00 pm	28	64	6	3	7	0							7	2	117
3:00 - 3:15 pm	50	64	4	3	9	2							4	1	137
3:15 - 3:30 pm	45	57	6	7	11	0							6	1	133
3:30 - 3:45 pm	48	63	6	5	19	1							7	1	150
3:45 - 4:00 pm	60	64	7	5	12	1							7	2	158
4:00 - 4:15 pm	59	56	7	2	3	0							3	1	131
4:15 - 4:30 pm	40	47	3	4	6	0							5	1	106
4:30 - 4:45 pm	37	64	2	4	12	0							3	1	123
4:45 - 5:00 pm	41	55	4	5	3	0							3	1	112
5:00 - 5:15 pm	38	55	6	3	12	0							8	0	122
5:15 - 5:30 pm	17	46	3	3	5	0							9	0	83
5:30 - 5:45 pm	55	77	2	4	12	0							8	0	158
5:45 - 6:00 pm	35	72	5	4	9	0							14	0	139
TOTAL	1013	1359	114	110	259	7	0	0	0	0	0	0	124	30	3016

RUTA: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A									
	AUTO	PICK-UP			C2	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3		
12:00 - 12:15 pm	67	86	1	11	13	1					8	2	189	
12:15 - 12:30 pm	50	66	5	10	9	0					0	1	141	
12:30 - 12:45 pm	63	94	5	8	21	0					3	1	195	
12:45 - 1:00 pm	60	81	7	6	12	0					3	0	169	
1:00 - 1:15 pm	53	71	7	6	14	1					2	2	156	
1:15 - 1:30 pm	74	84	9	10	13	3					5	1	199	
1:30 - 1:45 pm	55	93	15	8	9	5					3	2	190	
1:45 - 2:00 pm	58	84	6	12	15	1					2	0	178	
2:00 - 2:15 pm	61	72	4	4	8	2					8	4	163	
2:15 - 2:30 pm	57	96	5	13	15	0					4	3	193	
2:30 - 2:45 pm	67	69	8	10	11	1					2	4	172	
2:45 - 3:00 pm	53	87	11	8	14	2					8	1	184	
3:00 - 3:15 pm	68	77	6	8	15	0					4	2	180	
3:15 - 3:30 pm	70	77	16	8	17	1					7	2	198	
3:30 - 3:45 pm	81	91	9	8	15	2					7	1	214	
3:45 - 4:00 pm	69	68	8	5	13	1					5	1	170	
4:00 - 4:15 pm	100	87	6	8	10	0					7	1	219	
4:15 - 4:30 pm	105	88	14	11	17	2					9	2	248	
4:30 - 4:45 pm	72	77	9	7	10	1					1	1	178	
4:45 - 5:00 pm	86	85	5	8	7	0					3	0	194	
5:00 - 5:15 pm	97	92	11	7	11	0					11	2	231	
5:15 - 5:30 pm	85	78	15	9	11	2					11	0	211	
5:30 - 5:45 pm	68	75	4	7	10	0					9	1	174	
5:45 - 6:00 pm	65	72	7	5	11	0					12	1	173	
TOTAL	1684	1950	193	197	301	25	0	0	0	0	134	35	4519	

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS		P E S A D O S									TOTAL	
	PASJ.	CARG.	M. BUS	BUS	C A R G A										
	AUTO	PICK-UP			C2	C3	C4	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3			
6:00 - 6:15 am	77	64	6	5	21	0							2	0	175
6:15 - 6:30 am	73	75	6	8	17	1							3	2	185
6:30 - 6:45 am	114	78	6	6	30	1							4	4	243
6:45 - 7:00 am	65	55	6	7	18	4							8	0	163
7:00 - 7:15 am	91	57	8	7	21	2							3	0	189
7:15 - 7:30 am	96	75	11	11	27	1							3	0	224
7:30 - 7:45 am	114	93	16	8	29	2							4	6	272
7:45 - 8:00 am	89	85	11	11	27	0							5	0	228
8:00 - 8:15 am	66	70	6	12	20	0							1	1	176
8:15 - 8:30 am	74	87	7	8	15	1							2	0	194
8:30 - 8:45 am	81	74	7	6	29	1							7	3	208
8:45 - 9:00 am	75	96	8	10	19	2							4	6	220
9:00 - 9:15 am	76	91	6	10	21	1							3	1	209
9:15 - 9:30 am	67	95	8	10	11	1							2	1	195
9:30 - 9:45 am	77	98	10	12	17	0							7	2	223
9:45 - 10:00 am	46	67	6	1	12	2							5	2	141
10:00 - 10:15 am	57	67	14	9	13	0							1	0	161
10:15 - 10:30 am	60	71	9	11	21	0							0	4	176
10:30 - 10:45 am	53	64	12	7	12	1							3	0	152
10:45 - 11:00 am	65	102	10	10	14	1							5	1	208
11:00 - 11:15 am	37	49	3	7	17	1							3	2	119
11:15 - 11:30 am	52	91	9	10	17	2							2	3	186
11:30 - 11:45 am	59	68	7	11	16	2							0	0	163
11:45 - 12:00 md	56	66	6	6	14	1							0	1	150
TOTAL	1720	1838	198	203	458	27	0	0	0	0	0	0	77	39	4560



RUTA: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A										
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
6:00 - 6:15 am	39	32	5	4	11	0							0	0	91
6:15 - 6:30 am	37	31	3	5	8	1							1	1	87
6:30 - 6:45 am	39	37	5	3	8	0							0	0	92
6:45 - 7:00 am	45	41	5	3	7	2							0	0	103
7:00 - 7:15 am	41	31	4	2	10	0							0	0	88
7:15 - 7:30 am	55	45	5	6	7	0							0	0	118
7:30 - 7:45 am	49	47	7	3	12	1							0	0	119
7:45 - 8:00 am	46	49	5	5	8	0							0	0	113
8:00 - 8:15 am	35	47	4	3	10	0							0	0	99
8:15 - 8:30 am	31	45	4	3	4	2							0	0	89
8:30 - 8:45 am	33	39	3	2	15	1							0	1	94
8:45 - 9:00 am	31	44	6	4	5	5							0	0	95
9:00 - 9:15 am	33	54	2	5	7	2							1	0	104
9:15 - 9:30 am	28	58	4	3	7	0							0	1	101
9:30 - 9:45 am	30	33	5	4	5	2							0	0	79
9:45 - 10:00 am	34	36	3	3	10	0							0	0	86
10:00 - 10:15 am	22	38	5	2	7	0							0	0	74
10:15 - 10:30 am	31	44	5	4	12	0							0	1	97
10:30 - 10:45 am	37	41	7	2	7	2							0	1	97
10:45 - 11:00 am	31	41	8	3	3	1							1	0	88
11:00 - 11:15 am	30	47	4	3	7	1							0	0	92
11:15 - 11:30 am	33	44	3	2	8	2							0	1	93
11:30 - 11:45 am	42	38	4	3	8	4							0	0	99
11:45 - 12:00 md	34	35	3	2	8	1							0	0	83
TOTAL	866	997	109	79	194	27	0	0	0	0	3	6	0	6	2281

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A										
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
12:00 - 12:15 pm	29	36	1	3	10	0							0	0	79
12:15 - 12:30 pm	32	41	6	3	4	1				1			0	1	91
12:30 - 12:45 pm	26	39	2	3	8	0							0	0	78
12:45 - 1:00 pm	37	49	3	2	5	0							0	0	96
1:00 - 1:15 pm	35	39	3	2	11	1							0	0	91
1:15 - 1:30 pm	29	37	5	4	5	3							0	0	83
1:30 - 1:45 pm	40	39	6	4	6	3							0	1	99
1:45 - 2:00 pm	34	39	8	5	4	1							0	1	92
2:00 - 2:15 pm	43	47	3	3	5	0							0	0	101
2:15 - 2:30 pm	38	38	3	3	5	2							0	1	90
2:30 - 2:45 pm	31	33	3	3	7	0							0	0	77
2:45 - 3:00 pm	32	44	8	3	10	1							2	2	102
3:00 - 3:15 pm	35	40	4	2	4	1							0	1	87
3:15 - 3:30 pm	40	43	7	3	10	0							1	0	104
3:30 - 3:45 pm	46	50	1	3	7	1							0	0	108
3:45 - 4:00 pm	39	32	7	2	8	0							0	0	88
4:00 - 4:15 pm	55	49	8	3	4	0							0	0	119
4:15 - 4:30 pm	68	58	10	4	15	0							0	0	155
4:30 - 4:45 pm	47	47	6	3	9	1							0	0	113
4:45 - 5:00 pm	49	43	2	4	5	0							1	0	104
5:00 - 5:15 pm	38	55	4	3	7	0							0	1	108
5:15 - 5:30 pm	38	35	7	4	6	1							0	0	91
5:30 - 5:45 pm	35	43	4	3	3	1							1	0	90
5:45 - 6:00 pm	25	39	2	2	5	0							0	0	73
TOTAL	921	1015	113	74	163	17	0	1	0	0	0	7	8	2319	

MIÉRCOLES

RUTA: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR)

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A										
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
6:00 - 6:15 am	48	30	3	3	10	2							2	1	99
6:15 - 6:30 am	40	37	5	5	10	0							0	2	99
6:30 - 6:45 am	49	25	3	1	5	0							3	0	86
6:45 - 7:00 am	56	20	5	4	4								1	0	90
7:00 - 7:15 am	66	12	5	4	2								1	1	91
7:15 - 7:30 am	90	11	2	8	11			1					2	0	125
7:30 - 7:45 am	77	34	0	6	17								4	1	139
7:45 - 8:00 am	68	61	4	6	21								6	4	170
8:00 - 8:15 am	60	51	5	8	27								4	1	156
8:15 - 8:30 am	60	49	5	5	17								3	3	142
8:30 - 8:45 am	58	56	4	2	15								6	1	142
8:45 - 9:00 am	61	50	3	5	24								10	1	154
9:00 - 9:15 am	46	56	6	3	20								3	0	134
9:15 - 9:30 am	45	65	6	6	14								2	0	138
9:30 - 9:45 am	42	67	6	7	19								4	1	146
9:45 - 10:00 am	47	55	3	6	14								2	0	127
10:00 - 10:15 am	45	57	3	5	5								2	0	117
10:15 - 10:30 am	48	49	9	6	8								14	5	139
10:30 - 10:45 am	48	48	7	6	5								9	2	125
10:45 - 11:00 am	44	63	5	5	15								4	2	138
11:00 - 11:15 am	33	48	5	4	12								2	0	104
11:15 - 11:30 am	30	47	4	6	15								7	0	109
11:30 - 11:45 am	31	55	2	4	8								3	1	104
11:45 - 12:00 md	4	9	1	7									2	0	23
TOTAL	1196	1055	100	116	305	2	1	0	0	0	96	26	0	6	2897

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A										
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
12:00 - 12:15 pm	49	23	2	3	4								8	1	90
12:15 - 12:30 pm	57	24	2	3	12	1							7	3	109
12:30 - 12:45 pm	32	41	1	10	9								3	0	96
12:45 - 1:00 pm	35	51	1	7	16								2	2	114
1:00 - 1:15 pm	28	57	4	4	8								8	1	110
1:15 - 1:30 pm	15	51	1	6	14	1							5	0	93
1:30 - 1:45 pm	49	45	10	3	7								5	1	120
1:45 - 2:00 pm	42	74	5	2	20								1	4	148
2:00 - 2:15 pm	57	69	9	4	9								9	1	158
2:15 - 2:30 pm	52	46	2	4	13								5	1	123
2:30 - 2:45 pm	45	65	6	7	19								8	0	150
2:45 - 3:00 pm	46	56	7	3	6								5	5	128
3:00 - 3:15 pm	37	44	9	2	19								2	4	117
3:15 - 3:30 pm	57	61	4	7	18								12	1	160
3:30 - 3:45 pm	41	37	3	2	9	1							8	1	102
3:45 - 4:00 pm	61	62	2	7	12								11	2	157
4:00 - 4:15 pm	42	46	2	6	6								2	2	106
4:15 - 4:30 pm	38	44	1	3	13								12	4	115
4:30 - 4:45 pm	22	22	3	1	4								2	0	54
4:45 - 5:00 pm	34	28	7	3	11								2	1	86
5:00 - 5:15 pm	41	29	5	5	8								13	4	105
5:15 - 5:30 pm	23	20	1	2	3								9	8	66
5:30 - 5:45 pm	40	55	4	3	12								9	0	123
5:45 - 6:00 pm	10	13	3	2	3								7	1	39
TOTAL	953	1063	94	99	255	3	0	0	0	0	155	47	0	6	2669



ruta: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T2 - S2				
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
6:00 - 6:15 am	60	32	5	5	13	1						1	0	117
6:15 - 6:30 am	63	57	5	7	17	0						1	1	151
6:30 - 6:45 am	74	61	6	5	26	1						3	4	180
6:45 - 7:00 am	54	61	13	9	22	1						7	2	169
7:00 - 7:15 am	71	50	9	7	16	1						0	4	158
7:15 - 7:30 am	78	65	9	12	19	4						4	0	191
7:30 - 7:45 am	110	77	4	8	16	5						3	0	223
7:45 - 8:00 am	63	69	17	7	17	1						6	2	182
8:00 - 8:15 am	76	91	12	10	32	1						4	0	226
8:15 - 8:30 am	80	82	12	10	29	2						1	3	219
8:30 - 8:45 am	67	91	10	5	14	0						8	4	199
8:45 - 9:00 am	90	107	7	6	23	0						7	0	240
9:00 - 9:15 am	86	79	10	5	22	1						5	1	209
9:15 - 9:30 am	83	114	13	7	15	1						2	0	235
9:30 - 9:45 am	78	83	13	10	29	1						4	0	218
9:45 - 10:00 am	62	79	9	8	10	0						4	0	172
10:00 - 10:15 am	67	94	6	8	16	0						2	0	193
10:15 - 10:30 am	90	82	10	9	27	1						16	0	235
10:30 - 10:45 am	60	73	4	10	13	0						12	1	173
10:45 - 11:00 am	55	91	5	5	16	1						6	1	180
11:00 - 11:15 am	65	87	10	7	19	1						2	1	192
11:15 - 11:30 am	49	61	7	8	17	1						6	0	149
11:30 - 11:45 am	53	91	9	6	13	0						2	2	176
11:45 - 12:00 md	26	76	9	10	24	2						4	1	152
TOTAL	1660	1853	214	184	465	26	0	0	0	0	0	110	27	4539

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T2 - S2				
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
12:00 - 12:15 pm	20	25	3	8	6	2						7	0	71
12:15 - 12:30 pm	66	65	7	7	15	0						5	1	166
12:30 - 12:45 pm	65	61	3	9	14	2						0	4	158
12:45 - 1:00 pm	67	84	4	6	17	1						2	4	185
1:00 - 1:15 pm	60	76	9	9	7	2						6	1	170
1:15 - 1:30 pm	69	92	7	9	17	2						8	0	204
1:30 - 1:45 pm	74	85	17	8	16	2						7	0	209
1:45 - 2:00 pm	64	88	9	12	12	4						2	2	193
2:00 - 2:15 pm	61	113	9	8	14	3						8	1	217
2:15 - 2:30 pm	82	87	6	9	13	1						6	1	205
2:30 - 2:45 pm	74	72	5	10	20	1						8	0	190
2:45 - 3:00 pm	60	83	6	6	22	3						4	2	186
3:00 - 3:15 pm	76	93	11	8	12	2						3	5	210
3:15 - 3:30 pm	79	86	5	11	22	0						14	1	218
3:30 - 3:45 pm	68	78	8	5	17	1						6	2	185
3:45 - 4:00 pm	92	86	7	6	18	1						6	0	216
4:00 - 4:15 pm	98	91	7	7	16	0						5	3	227
4:15 - 4:30 pm	84	85	10	8	15	4						11	5	222
4:30 - 4:45 pm	78	84	8	7	10	2						3	1	193
4:45 - 5:00 pm	75	85	13	9	18	0						5	2	207
5:00 - 5:15 pm	45	45	7	4	7	0						7	3	118
5:15 - 5:30 pm	55	59	5	8	14	1						12	3	157
5:30 - 5:45 pm	73	96	9	6	16	1						12	1	214
5:45 - 6:00 pm	13	19	7	2	7	0						7	0	55
TOTAL	1598	1838	182	182	345	35	0	0	0	0	0	154	42	4376

ruta: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T2 - S2				
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
6:00 - 6:15 am	39	28	4	3	6	1						1		82
6:15 - 6:30 am	44	24	5	7	7	0						1	0	88
6:30 - 6:45 am	43	37	3	2	10	0						1		96
6:45 - 7:00 am	49	34	3	4	5	0						0		95
7:00 - 7:15 am	55	31	5	5	7	1						4		108
7:15 - 7:30 am	52	38	5	4	11	2						1	0	113
7:30 - 7:45 am	41	39	5	3	10	1						0		99
7:45 - 8:00 am	51	54	7	3	8	1						1		125
8:00 - 8:15 am	37	41	2	4	11	0						0		95
8:15 - 8:30 am	45	37	4	3	12	4						0		105
8:30 - 8:45 am	38	50	3	4	4	0						0		99
8:45 - 9:00 am	31	46	2	3	5	0						0		87
9:00 - 9:15 am	47	53	5	4	12	3						0		124
9:15 - 9:30 am	22	30	0	2	5	0						0		59
9:30 - 9:45 am	30	46	1	3	13	1						0		94
9:45 - 10:00 am	38	35	5	3	6	1						0		88
10:00 - 10:15 am	39	33	2	2	3	1						0		80
10:15 - 10:30 am	41	43	4	4	8	1						0		101
10:30 - 10:45 am	31	36	5	3	6	1						1		83
10:45 - 11:00 am	30	44	2	3	9	3						0		91
11:00 - 11:15 am	36	51	5	3	11	0						0		106
11:15 - 11:30 am	27	42	24	2	8	2						1		106
11:30 - 11:45 am	22	35	4	3	5	1						1	0	71
11:45 - 12:00 md	36	49	5	5	9	2						3	0	106
TOTAL	924	956	110	82	191	26	0	0	0	0	0	3	9	2301

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S										TOTAL	
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T2 - S2				
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3		
12:00 - 12:15 pm	33	39	5	3	10	1								91
12:15 - 12:30 pm	31	24	4	4	8	2								73
12:30 - 12:45 pm	27	29	2	2	6	1								67
12:45 - 1:00 pm	24	41	3	3	7	0								78
1:00 - 1:15 pm	28	36	2	3	6	0								75
1:15 - 1:30 pm	23	50	3	3	6	1								86
1:30 - 1:45 pm	33	66	7	3	6	1								116
1:45 - 2:00 pm	35	40	3	4	10	0								92
2:00 - 2:15 pm	32	48	5	2	4	2								93
2:15 - 2:30 pm	37	49	5	4	9	1								105
2:30 - 2:45 pm	32	47	2	1	5	1								88
2:45 - 3:00 pm	33	50	2	2	5	1							1	94
3:00 - 3:15 pm	44	40	5	3	7	0								99
3:15 - 3:30 pm	48	50	1	4	8	0						1	1	113
3:30 - 3:45 pm	52	50	5	2	8	1								118
3:45 - 4:00 pm	45	40	5	2	4	0								96
4:00 - 4:15 pm	58	57	6	3	6	0								130
4:15 - 4:30 pm	48	37	6	5	4	0							2	102
4:30 - 4:45 pm	47	73	9	4	4	0								137
4:45 - 5:00 pm	54	44	5	3	5	0								111
5:00 - 5:15 pm	49	37	5	3	6	1								101
5:15 - 5:30 pm	47	44	4	4	5	1								105
5:30 - 5:45 pm	41	46	3	2	4	0								96
5:45 - 6:00 pm	0	0	0	0	0	0								0
TOTAL	901	1037	97	69	143	14	0	0	0	0	0	1	4	2266



JUEVES

RUTA: RN18E (DV. SAN FRANCISCO GOTERA) - DV SOCIEDAD (RUTA MILITAR)

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T2 - S2					
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
6:00 - 6:15 am	30	35	3	3	10	2						2	1	0	86
6:15 - 6:30 am	28	26	4	4	8	0								1	71
6:30 - 6:45 am	40	40	2	7	6	1						3	5	0	104
6:45 - 7:00 am	46	51	1	5	3	0							2	0	108
7:00 - 7:15 am	20	16	1	2	3	0						3	0	0	45
7:15 - 7:30 am	17	20	1	2	1	0							1	0	42
7:30 - 7:45 am	26	33	2	3	7	0						3	2	0	76
7:45 - 8:00 am	16	30	0	3	3	0								0	52
8:00 - 8:15 am	17	24	6	3	2	0							2	0	54
8:15 - 8:30 am	22	25	1	2	0	0								0	50
8:30 - 8:45 am	28	27	1	7	2	1								0	66
8:45 - 9:00 am	25	53	1	4	7	0								0	90
9:00 - 9:15 am	36	59	4	5	11	0							1	0	116
9:15 - 9:30 am	26	59	4	4	7	1						2	3	1	107
9:30 - 9:45 am	23	60	6	6	8	0								1	104
9:45 - 10:00 am	25	60	5	5	4	1						3	1	0	104
10:00 - 10:15 am	25	60	2	2	6	1						3	2	3	104
10:15 - 10:30 am	31	47	4	5	9	0							1	0	97
10:30 - 10:45 am	26	52	5	4	8	0						1	3	3	102
10:45 - 11:00 am	35	63	2	4	7	0						2	1	0	114
11:00 - 11:15 am	29	50	2	7	5	1						3	1	0	98
11:15 - 11:30 am	31	33	2	3	6	0						1	3	0	79
11:30 - 11:45 am	38	50	0	2	5	0						1	3	0	99
11:45 - 12:00 md	48	81	2	8	4	0						1	4	0	148
TOTAL	688	1054	61	100	132	8	0	0	0	0	0	25	39	9	2116

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T2 - S2					
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
12:00 - 12:15 pm	33	41	1	2	0	0								0	77
12:15 - 12:30 pm	27	55	4	7	4	1								5	103
12:30 - 12:45 pm	49	52	4	3	7	0								6	121
12:45 - 1:00 pm	30	57	1	5	2	1								6	102
1:00 - 1:15 pm	25	39	1	3	2	0								0	70
1:15 - 1:30 pm	38	50	1	4	6	1								5	109
1:30 - 1:45 pm	37	39	3	2	6	0								5	92
1:45 - 2:00 pm	30	53	3	5	5	0								5	101
2:00 - 2:15 pm	27	42	3	4	8	0								8	92
2:15 - 2:30 pm	21	40	5	3	3	0								1	74
2:30 - 2:45 pm	32	47	6	2	10	1								4	102
2:45 - 3:00 pm	28	39	4	3	10	2								4	90
3:00 - 3:15 pm	21	44	5	5	6	0								3	84
3:15 - 3:30 pm	24	63	3	7	8	2								4	113
3:30 - 3:45 pm	25	78	8	4	16	1								3	135
3:45 - 4:00 pm	36	54	3	6	4	0								6	111
4:00 - 4:15 pm	39	89	6	3	12	0								9	158
4:15 - 4:30 pm	38	73	1	3	6	0								6	128
4:30 - 4:45 pm	20	45	1	3	7	0								11	93
4:45 - 5:00 pm	22	34	8	5	10	0								9	88
5:00 - 5:15 pm	35	33	0	3	7	0								8	86
5:15 - 5:30 pm	47	63	7	3	10	0								13	147
5:30 - 5:45 pm	45	52	6	4	4	2								7	123
5:45 - 6:00 pm	32	63	2	2	8	0								6	113
TOTAL	761	1245	86	91	161	11	0	0	0	0	0	0	0	134	2512

RUTA: CA07N LD SAN MIGUEL - DV JOCORO.

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T2 - S2					
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
6:00 - 6:15 am	56	33	4	4	15	0								1	113
6:15 - 6:30 am	57	53	4	7	21	1								1	145
6:30 - 6:45 am	67	48	6	5	19	1								2	151
6:45 - 7:00 am	86	66	9	10	22	0								4	197
7:00 - 7:15 am	100	72	13	10	15	2								7	219
7:15 - 7:30 am	68	47	7	4	17	0								4	147
7:30 - 7:45 am	97	87	14	10	18	1								2	229
7:45 - 8:00 am	108	75	7	9	29	0								3	231
8:00 - 8:15 am	89	88	11	13	22	0								2	226
8:15 - 8:30 am	85	67	10	7	15	2								4	190
8:30 - 8:45 am	103	88	12	9	26	3								2	243
8:45 - 9:00 am	87	87	7	11	39	2								2	236
9:00 - 9:15 am	72	77	11	9	25	3								3	200
9:15 - 9:30 am	53	85	10	8	20	2								3	185
9:30 - 9:45 am	61	86	9	11	18	2								1	189
9:45 - 10:00 am	62	84	4	10	24	2								3	190
10:00 - 10:15 am	39	71	10	8	10	1								3	145
10:15 - 10:30 am	57	75	4	6	23	4								2	175
10:30 - 10:45 am	53	70	5	7	14	0								8	161
10:45 - 11:00 am	65	80	9	9	11	2								4	181
11:00 - 11:15 am	64	68	7	10	21	4								3	177
11:15 - 11:30 am	51	61	7	8	21	2								8	159
11:30 - 11:45 am	76	88	7	9	20	0								6	206
11:45 - 12:00 md	42	74	10	10	22	4								4	171
TOTAL	1698	1730	197	204	487	38	0	0	0	0	0	82	30	4466	

HORA	LIVIANOS		PASAJEROS										TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					T2 - S2					
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3			
12:00 - 12:15 pm	74	72	4	13	20	3								5	191
12:15 - 12:30 pm	62	73	11	5	6	0	1							1	159
12:30 - 12:45 pm	75	54	5	6	10	0								6	160
12:45 - 1:00 pm	70	89	6	6	19	3								4	199
1:00 - 1:15 pm	90	71	5	10	17	2								2	197
1:15 - 1:30 pm	62	78	6	7	13	1								7	179
1:30 - 1:45 pm	73	91	8	7	9	2								3	202
1:45 - 2:00 pm	85	71	9	8	22	1								9	205
2:00 - 2:15 pm	83	79	7	8	22	0								7	207
2:15 - 2:30 pm	76	71	7	8	11	1								4	179
2:30 - 2:45 pm	80	88	7	6	11	1								5	198
2:45 - 3:00 pm	56	70	8	7	21	3								7	173
3:00 - 3:15 pm	77	102	11	10	19	1								9	231
3:15 - 3:30 pm	75	60	8	9	13	3	1							4	174
3:30 - 3:45 pm	82	76	9	8	16	2								5	199
3:45 - 4:00 pm	83	89	4	8	10	1								3	204
4:00 - 4:15 pm	94	89	7	6	20	0								7	226
4:15 - 4:30 pm	93	80	6	7	15	1								5	210
4:30 - 4:45 pm	97	65	6	8	11	1								9	200
4:45 - 5:00 pm	97	97	10	8	20	1								12	245
5:00 - 5:15 pm	93	71	5	6	11	1								5	192
5:15 - 5:30 pm	95	83	8	7	19	3								13	229
5:30 - 5:45 pm	94	77	6	7	15	2								6	213
5:45 - 6:00 pm	69	66	10	5	13	0								10	173
TOTAL	1935	1862	173	180	363	33	2	0	0	0	0	0	0	148	4745



RUTA: CA07N DV JOCORO - SAN CARLOS.

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S											TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C			A		R		G			A	
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2	T2 - S3	T3 - S2	T3 - S3	T3 - S3		T3 - S3	
6:00 - 6:15 am	42	22	4	2	6	1									0	77
6:15 - 6:30 am	35	35	4	5	9	0									1	89
6:30 - 6:45 am	40	30	3	2	10	0									1	86
6:45 - 7:00 am	36	29	3	3	2	1									0	74
7:00 - 7:15 am	53	40	5	5	9	1									0	113
7:15 - 7:30 am	62	53	1	4	8	0									0	128
7:30 - 7:45 am	43	47	9	3	7	2									0	111
7:45 - 8:00 am	50	42	5	4	8	0									0	109
8:00 - 8:15 am	42	33	6	4	5	0									1	91
8:15 - 8:30 am	40	47	5	2	4	2									0	100
8:30 - 8:45 am	33	46	3	3	7	1									0	93
8:45 - 9:00 am	49	56	5	4	10	2									1	127
9:00 - 9:15 am	40	61	3	4	10	1									0	119
9:15 - 9:30 am	28	44	5	4	4	0									1	86
9:30 - 9:45 am	40	44	8	3	2	2									1	100
9:45 - 10:00 am	32	43	3	3	8	2									0	91
10:00 - 10:15 am	27	41	1	1	7	2									0	79
10:15 - 10:30 am	26	36	5	10	5	3									0	85
10:30 - 10:45 am	37	45	3	3	4	2									2	96
10:45 - 11:00 am	31	52	0	3	2	0									0	88
11:00 - 11:15 am	35	43	4	2	4	2									0	90
11:15 - 11:30 am	36	46	8	4	7	2									0	103
11:30 - 11:45 am	43	37	3	2	5	0									0	90
11:45 - 12:00 md	31	50	2	4	8	0									0	95
TOTAL	931	1022	98	84	151	26	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2320

HORA	LIVIANOS		P E S A D O S											TOTAL		
	PASJ.	CARG.	PASAJEROS		C			A		R		G			A	
	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2	C3	C4	T2 - S1	T2 - S2		T3 - S2	T3 - S3	T3 - S3		T3 - S3	
12:00 - 12:15 pm	32	33	4	4	4	3										80
12:15 - 12:30 pm	30	32	6	3	3	1										75
12:30 - 12:45 pm	43	34	4	3	7	0										91
12:45 - 1:00 pm	39	40	4	3	8	0										94
1:00 - 1:15 pm	32	47	5	2	7	2										95
1:15 - 1:30 pm	30	43	9	3	3	2									1	91
1:30 - 1:45 pm	45	63	5	3	3	0									1	120
1:45 - 2:00 pm	40	38	8	4	7	1										98
2:00 - 2:15 pm	39	47	4	5	9	0										104
2:15 - 2:30 pm	37	48	4	2	5	0										96
2:30 - 2:45 pm	38	51	8	3	2	0										102
2:45 - 3:00 pm	33	46	5	5	8	1										98
3:00 - 3:15 pm	42	49	2	2	8	2									1	106
3:15 - 3:30 pm	39	48	8	5	9	0										109
3:30 - 3:45 pm	49	51	4	3	7	1									1	117
3:45 - 4:00 pm	50	47	1	5	7	1										111
4:00 - 4:15 pm	54	51	4	4	11	0										124
4:15 - 4:30 pm	61	47	6	2	3	1										120
4:30 - 4:45 pm	49	54	2	4	5	2									1	117
4:45 - 5:00 pm	52	44	5	4	4	1										110
5:00 - 5:15 pm	58	44	3	3	2	2										112
5:15 - 5:30 pm	40	42	5	4	8	0									1	100
5:30 - 5:45 pm	42	39	2	4	8	0										95
5:45 - 6:00 pm	39	33	4	2	6	1									1	86
TOTAL	1013	1071	112	82	144	21	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2451



ANEXO A – 5

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN DEL AÑO 2014.



ANEXO A – 5 REGISTRO DE PRECIPITACIÓN DEL AÑO 2014.

**Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
Dirección General del Observatorio Ambiental.
Centro de Información Agroclimática.**

Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	31/01/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/02/2014	0



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/02/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/03/2014	22.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/03/2014	14.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/03/2014	0



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	31/03/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/04/2014	11.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/04/2014	0



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/04/2014	0.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/04/2014	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/04/2014	10.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/04/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/05/2014	44
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/05/2014	0.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/05/2014	6.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/05/2014	21.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/05/2014	17.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/05/2014	41.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/05/2014	66.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/05/2014	2.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/05/2014	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/05/2014	1.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/05/2014	0.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/05/2014	0.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/05/2014	19.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/05/2014	4.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/05/2014	1.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/05/2014	7.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/05/2014	0.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/05/2014	0



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/05/2014	1.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/05/2014	52.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	31/05/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/06/2014	5.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/06/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/06/2014	1.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/06/2014	10.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/06/2014	34.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/06/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/06/2014	0.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/06/2014	49.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/06/2014	43.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/06/2014	0.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/06/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/06/2014	10.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/06/2014	23.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/06/2014	16.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/06/2014	2.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/06/2014	2.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/06/2014	5.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/06/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/07/2014	2.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/07/2014	16.2



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/07/2014	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/07/2014	6.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/07/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/07/2014	0.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/07/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	31/07/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/08/2014	2.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/08/2014	17.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/08/2014	24.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/08/2014	16.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/08/2014	21.8001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/08/2014	2.1



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/08/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/08/2014	17.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/08/2014	5.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/08/2014	1.2001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/08/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/08/2014	0.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/08/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/08/2014	2.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/08/2014	4.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/08/2014	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/08/2014	15.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/08/2014	56.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/08/2014	35.6
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/08/2014	0.3001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	31/08/2014	0.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/09/2014	12.1001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/09/2014	5.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/09/2014	19.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/09/2014	22.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/09/2014	58.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/09/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/09/2014	28.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/09/2014	2.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/09/2014	38.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/09/2014	5.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/09/2014	0.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/09/2014	7.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/09/2014	3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/09/2014	7.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/09/2014	29.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/09/2014	12.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/09/2014	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/09/2014	0.9001



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/09/2014	72.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/09/2014	16.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/09/2014	2.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/09/2014	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/09/2014	11.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/09/2014	42.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/09/2014	21.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/09/2014	63.2001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/09/2014	3.8001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/09/2014	0.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/09/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/09/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/10/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/10/2014	0.5
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/10/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/10/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/10/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/10/2014	
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/10/2014	
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/10/2014	
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/10/2014	
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/10/2014	
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/10/2014	0.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/10/2014	29.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/10/2014	11.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/10/2014	16.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/10/2014	32.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/10/2014	3.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/10/2014	0.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/10/2014	3.3
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/10/2014	17.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/10/2014	19.1
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/10/2014	0.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/10/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/10/2014	0.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/10/2014	0



Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/10/2014	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/10/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/10/2014	1.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/10/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/10/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/10/2014	1.7
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	31/10/2014	47.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/11/2014	0.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/11/2014	0.2
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/11/2014	9.4
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/11/2014	0.9
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/11/2014	4.8
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/11/2014	0.0001
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/11/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	01/12/2014	0

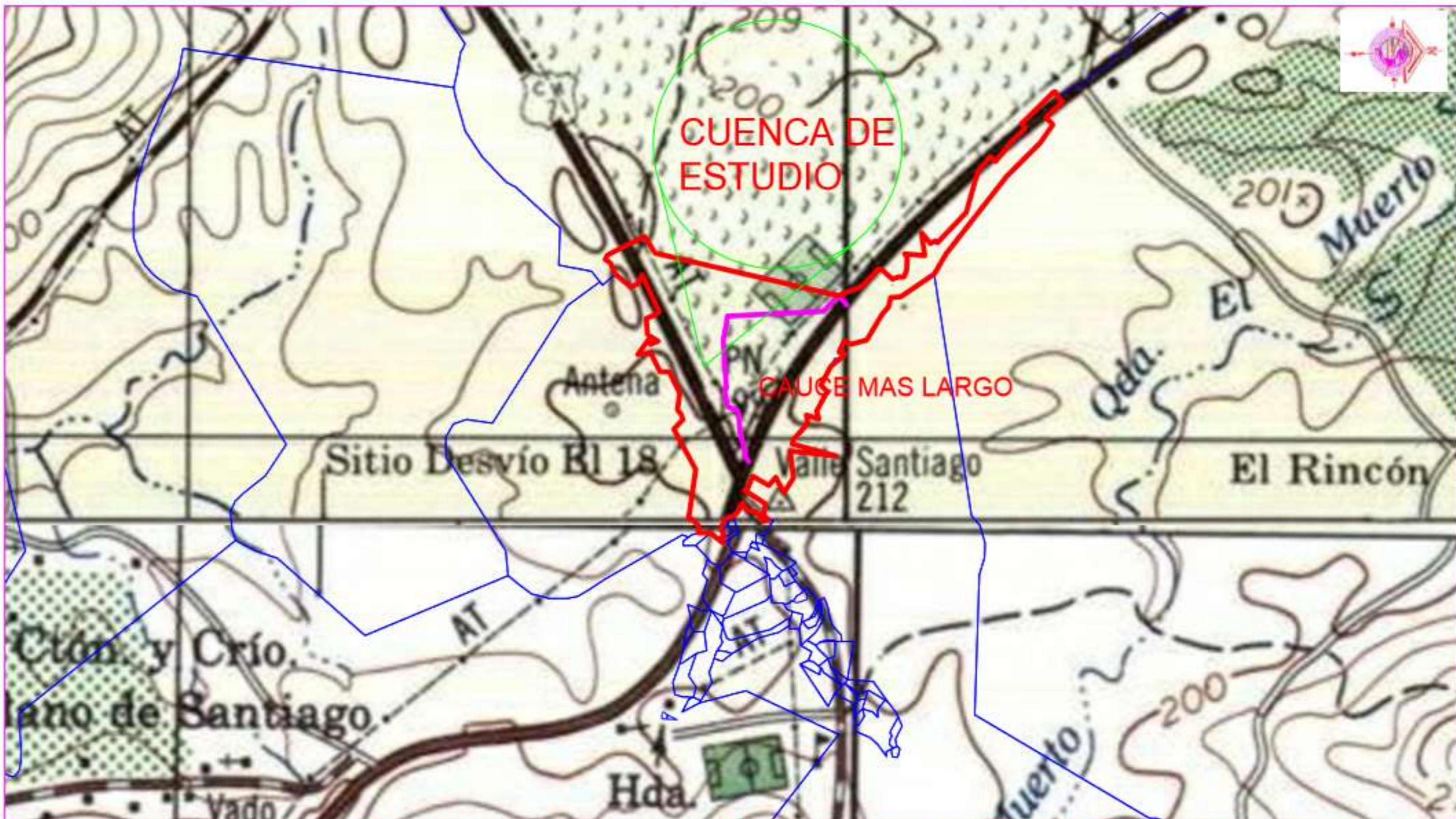


Índice	Estación	Longitud	Latitud	Fecha	Lluvia.mm.
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	02/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	03/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	04/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	05/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	06/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	07/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	08/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	09/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	10/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	11/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	12/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	13/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	14/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	15/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	16/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	17/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	18/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	19/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	20/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	21/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	22/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	23/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	24/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	25/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	26/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	27/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	28/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	29/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	30/12/2014	0
Z-02	San Francisco Gotera	-88.1085	13.69225	31/12/2014	0



ANEXO A – 6

CUENCA DE ESTUDIO.

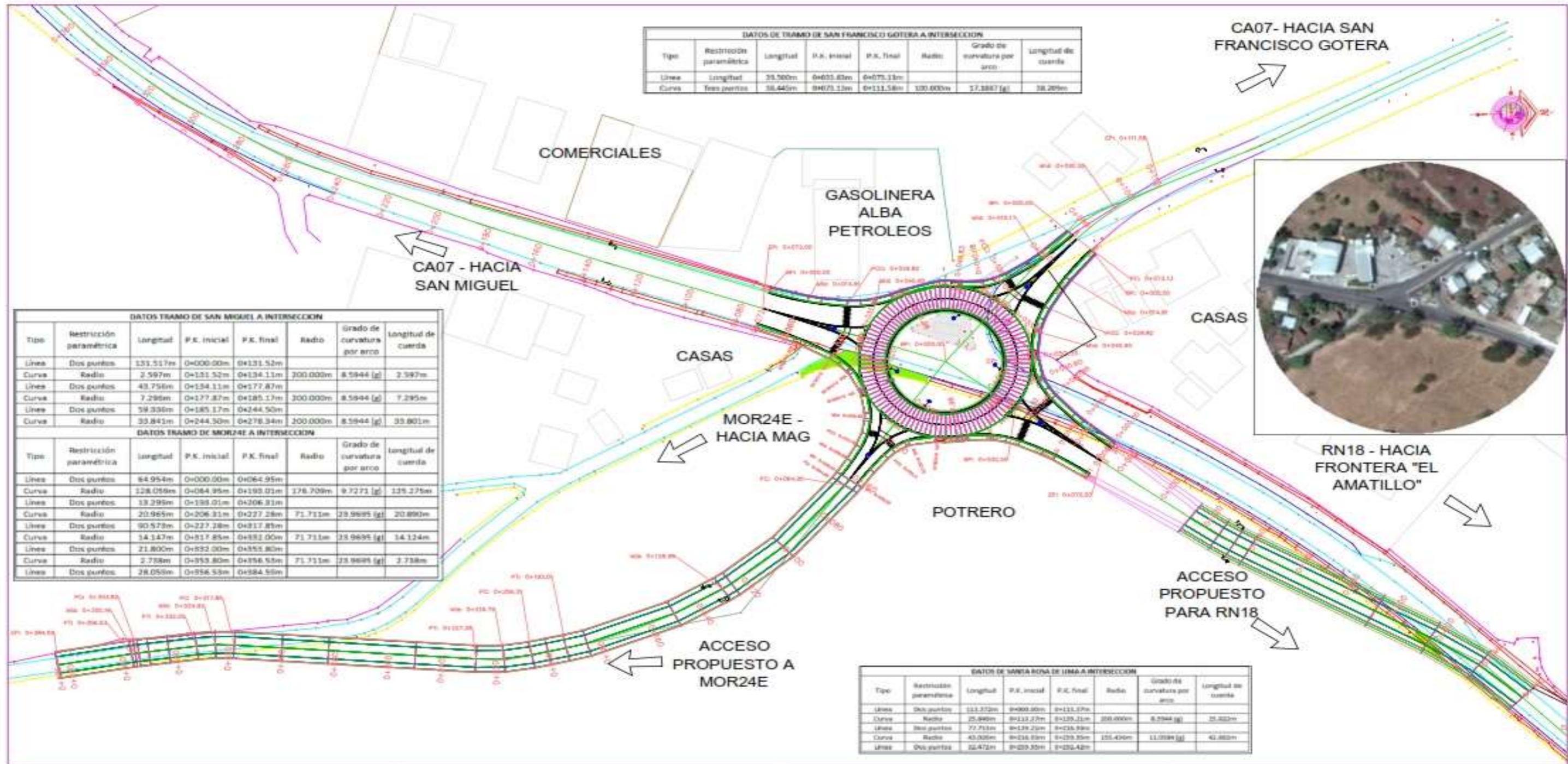


<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"</p>	<p>PRESENTAN: BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA</p>	<p>CONTENIDO: CUENCA DE ESTUDIO</p>	
		<p>DOCENTE ASESOR: ING. RIGOBERTO LÓPEZ</p>	<p>ESCALA: 1:3200</p>	<p>No DE PLANO: 1/1</p>



ANEXO A - 7

DISEÑO DE ROTONDA.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
 "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

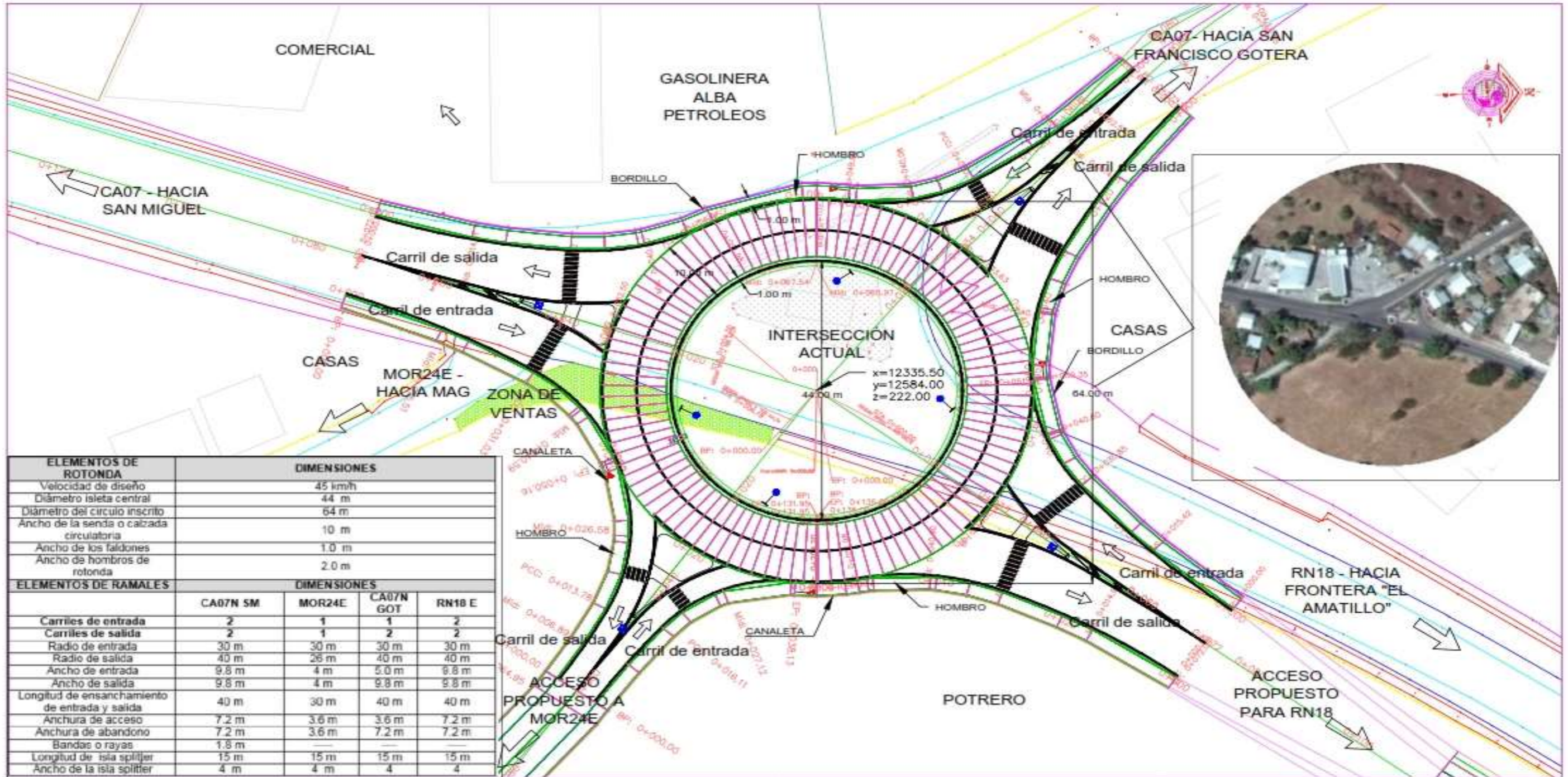
PRESENTAN:
 BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
 BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
 BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
 ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
 PLANTA DE DISEÑO DE INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA

ESCALA: 1:600

No DE PLANO: 1/2



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
 ARQUITECTURA
 SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
 "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
 CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
 GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

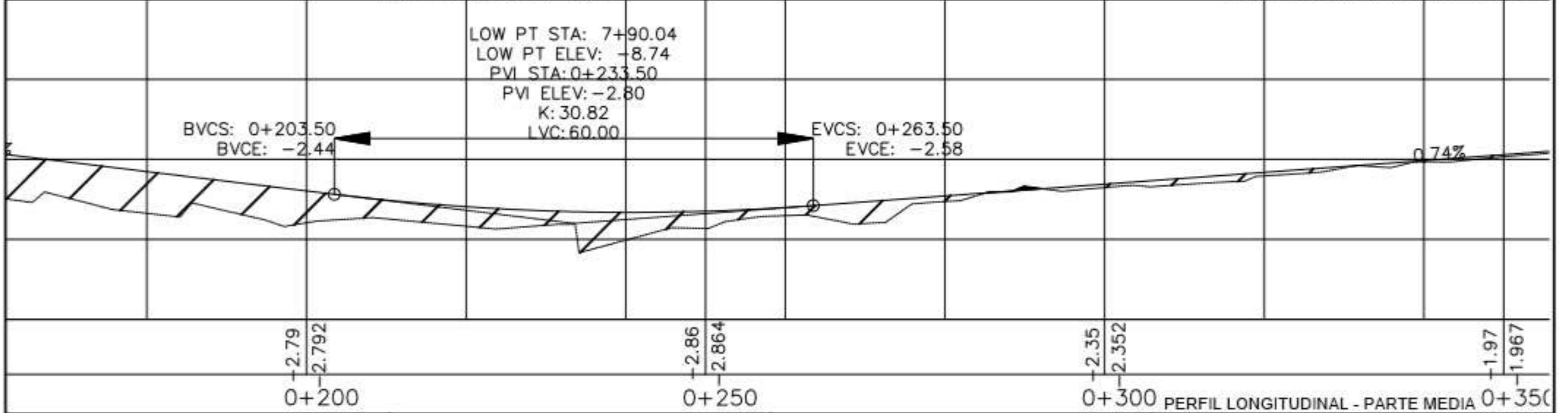
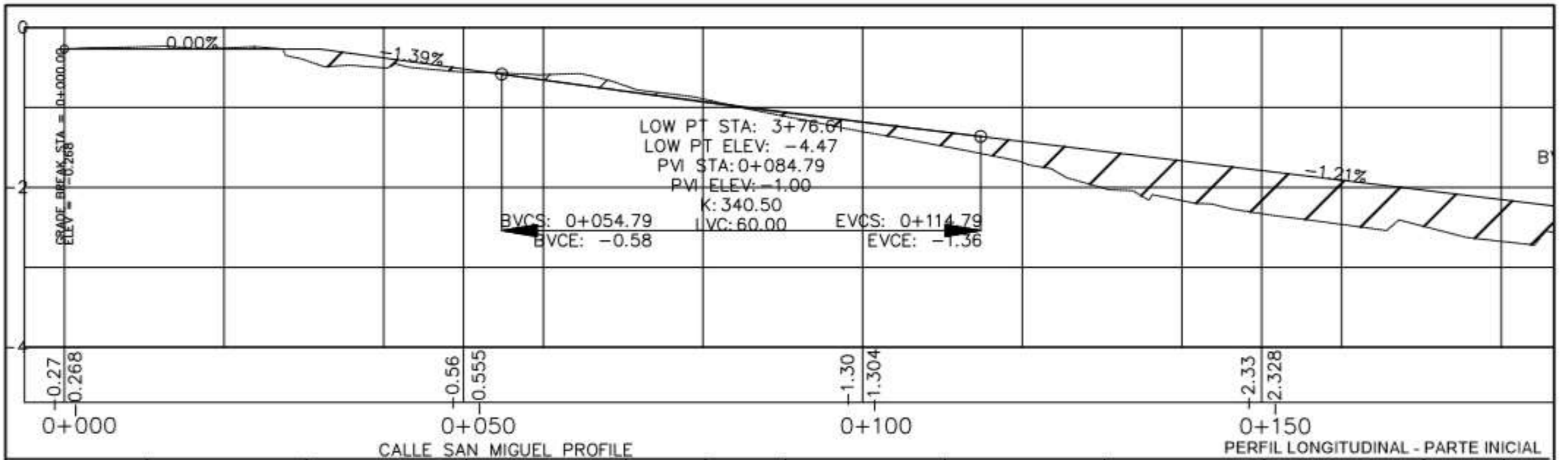
PRESENTAN:
 BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
 BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
 BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
 ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
 DISEÑO DE INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA

ESCALA: 1:600

No DE PLANO: 1/1



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
"PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

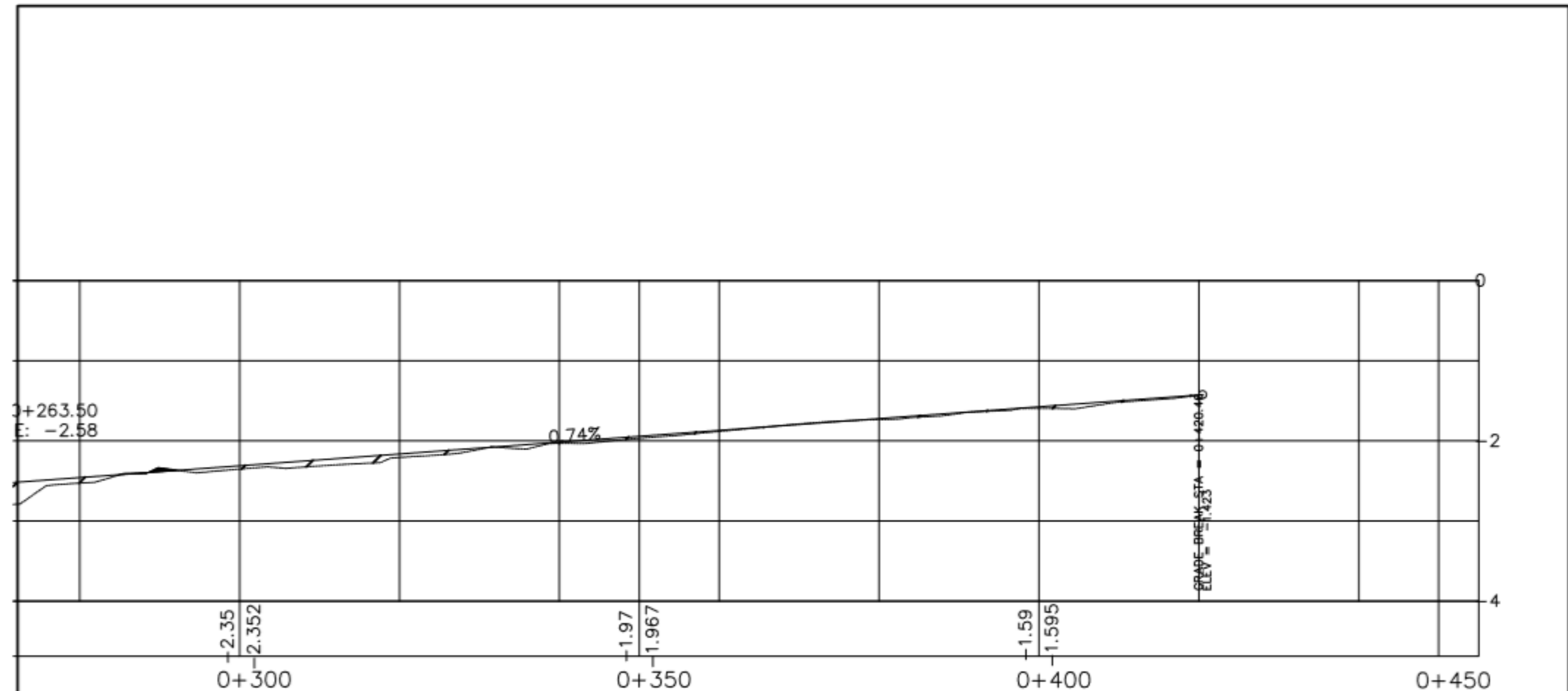
PRESENTAN:
BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
PERFIL LONGITUDINAL DE CALLE CA07- HACIA SAN MIGUEL

ESCALA: 1:500

No DE PLANO: 1/2



PERFIL LONGITUDINAL Esc. 1:500 - PARTE FINAL

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
 ARQUITECTURA
 SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
 "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
 CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
 GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

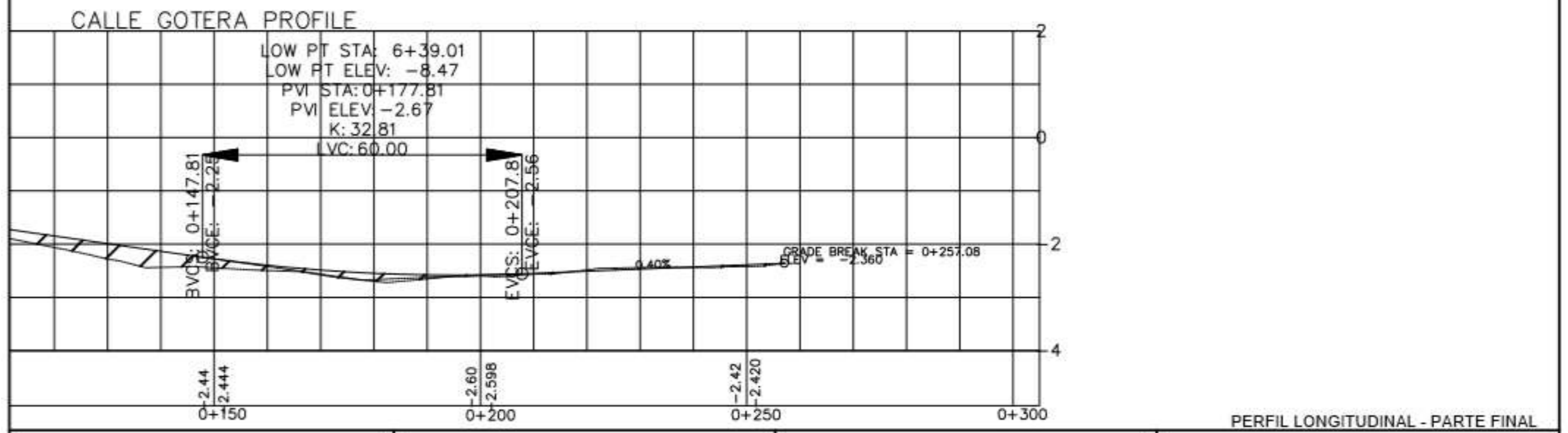
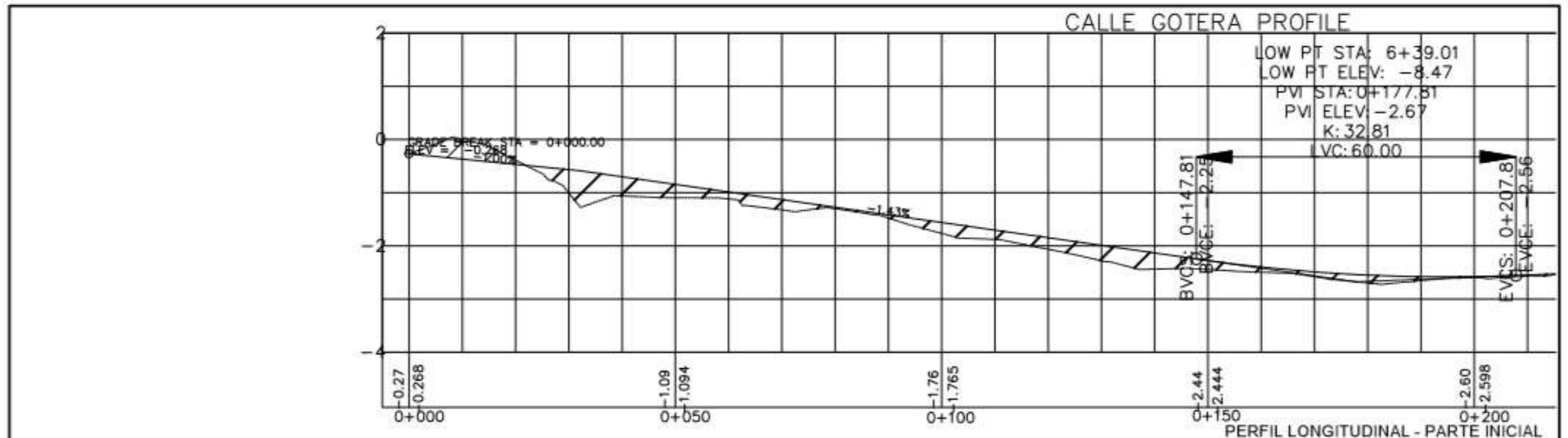
PRESENTAN:
 BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
 BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
 BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
 ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
 PERFIL LONGITUDINAL DE CALLE
 CA07- HACIA SAN MIGUEL

ESCALA: 1:500

No DE PLANO: 2/2



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
 "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
 CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
 GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

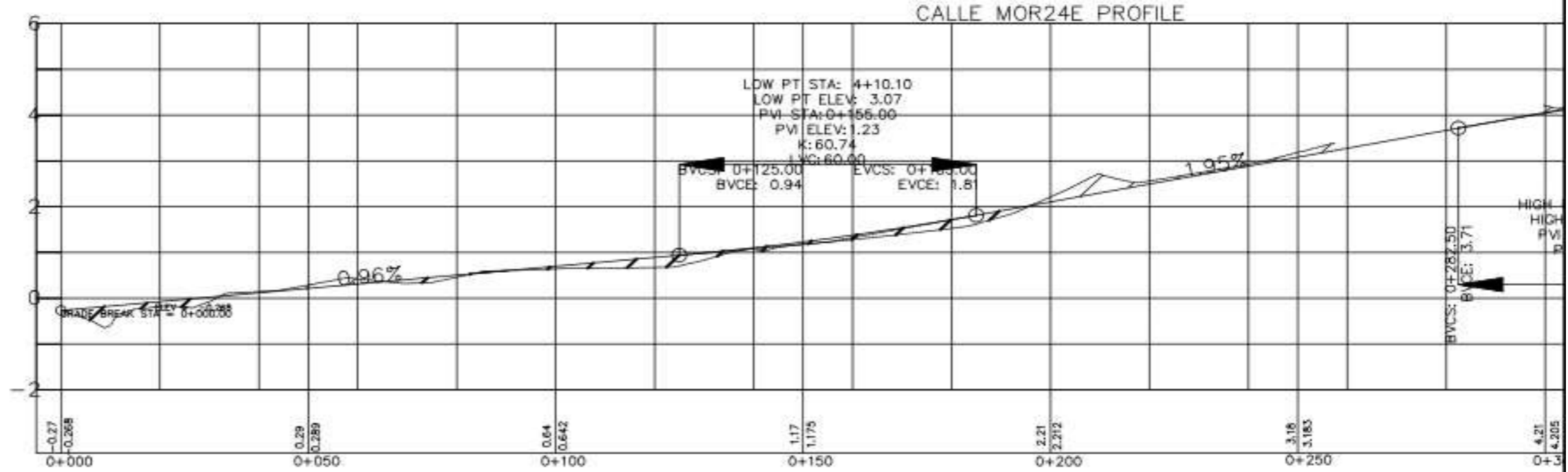
PRESENTAN:
 BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
 BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
 BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
 ING. RIGOBERTO LÓPEZ

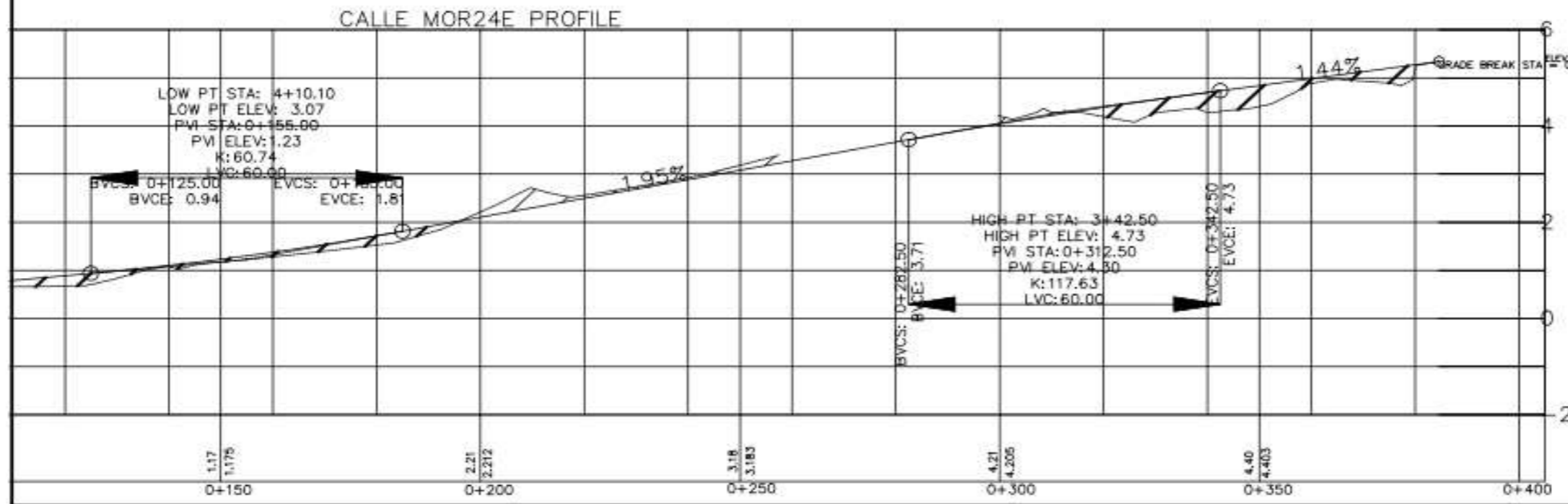
CONTENIDO:
 PERFILES DE CALLE CA07- HACIA SAN FRANCISCO GOTERA

ESCALA: 1:750

No DE PLANO: 1/1

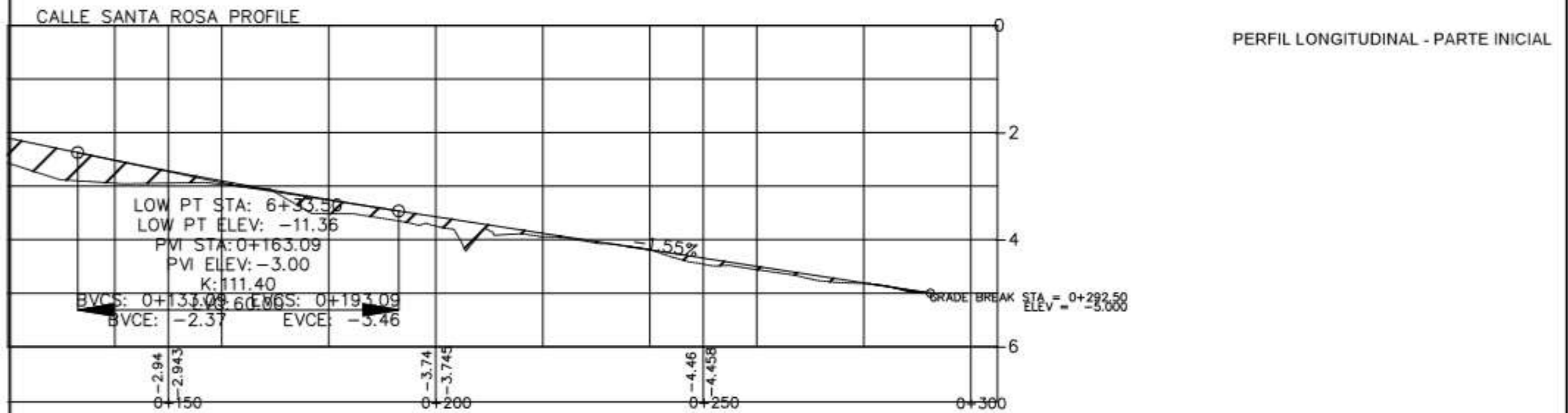
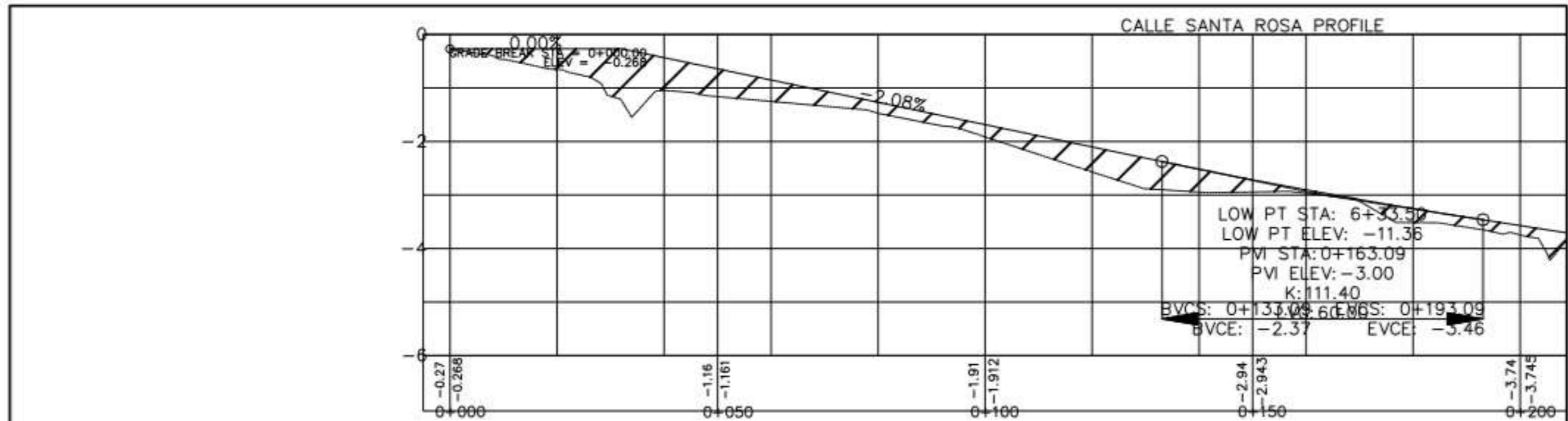


PERFIL LONGITUDINAL Esc. 1:850



PERFIL LONGITUDINAL Esc. 1:850

<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"</p>	<p>PRESENTAN: BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA</p>	<p>CONTENIDO: PERFILES DE CALLE MOR24E - HACIA MAG</p>	
		<p>DOCENTE ASESOR: ING. RIGOBERTO LÓPEZ</p>	<p>ESCALA: 1:850</p>	<p>No DE PLANO: 1/1</p>



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
"PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

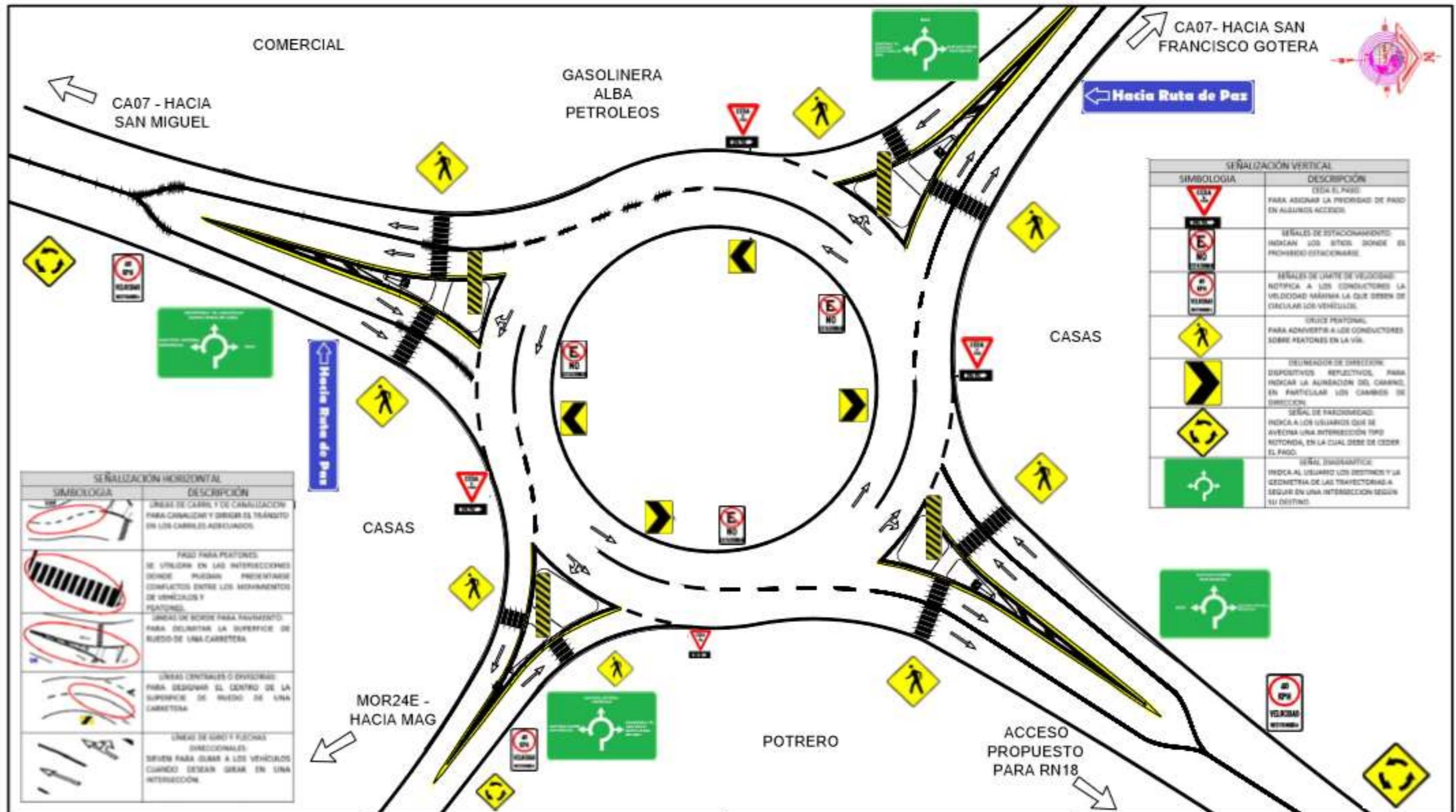
PRESENTAN:
BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
PERFILES DE CALLE RN18- HACIA
FRONTERA EL AMATILLO

ESCALA: 1:750

No DE PLANO: 1/1



SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
	ESTA EL PASO PARA ASESAR LA PRIORIDAD DE PASO EN ALGUNOS ACCESOS.
	SENALES DE ESTACIONAMIENTO INDICAN LOS SITIOS DONDE ES PROHIBIDO ESTACIONARSE.
	SENALES DE LIMITE DE VELOCIDAD NOTIFICA A LOS CONDUCTORES LA VELOCIDAD MÁXIMA LA QUE DEBEN DE CIRCULAR LOS VEHICULOS.
	CRUCE PEATONAL PARA ADVERTIR A LOS CONDUCTORES SOBRE PEATONES EN LA VÍA.
	DESEÑADOR DE DIRECCION DISPOSITIVOS REFLECTIVOS, PARA INDICAR LA ALINEACION DEL CAMINO, EN PARTICULAR LOS CAMBIOS DE DIRECCION.
	SEÑAL DE PARDONADO INDICA A LOS USUARIOS QUE SE AVENIA UNA INTERSECCION TIPO ROTORDA, EN LA CUAL DEBE DE CEDER EL PASO.
	SEÑAL GUARANTECE INDICA AL USUARIO LOS DESTINOS Y LA GEOMETRIA DE LAS TRAYECTORIAS A SEGUIR EN UNA INTERSECCION SEGUN SU DESTINO.

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
	LINEAS DE CARRIL Y DE CANALIZACION PARA CANALIZAR Y DIRIGIR EL TRÁNSITO EN LOS CARRILES ASIGNADOS.
	PASEO PARA PEATONES SE UTILIZAN EN LAS INTERSECCIONES DONDE PUEDAN PRESENTARSE CONFLICTOS ENTRE LOS MOVIMIENTOS DE VEHICULOS Y PEATONES.
	LINEAS DE BORDE PARA FIRMADO PARA DELIMITAR LA SUPERFICIE DE RUEDA DE UNA CARRETERA.
	LINEAS CONTINUAS O DIVISORIAS PARA DISEÑAR EL CENTRO DE LA SUPERFICIE DE RUEDA DE UNA CARRETERA.
	LINEAS DE GUÍA DIRECCIONALES SERVEN PARA GUAR A LOS VEHICULOS CUANDO DESEAN GIRAR EN UNA INTERSECCION.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
"PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:
BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

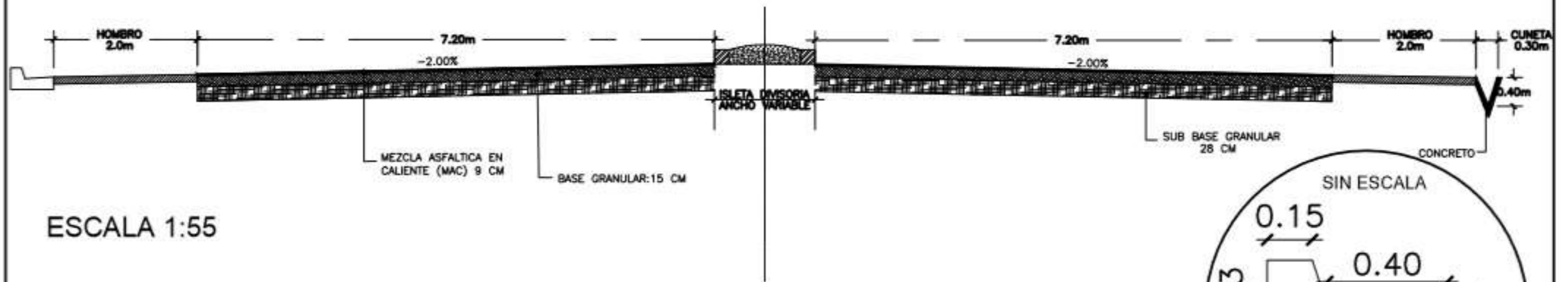
DOCENTE ASESOR:
ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
SEÑALIZACIÓN EN LA INTERSECCIÓN

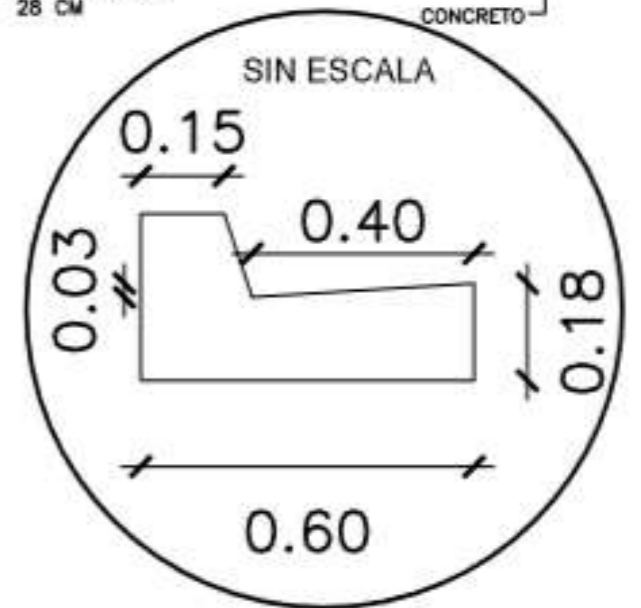
ESCALA: 1:550

No DE PLANO: 1/1

ACCESO CA07N (SAN MIGUEL)

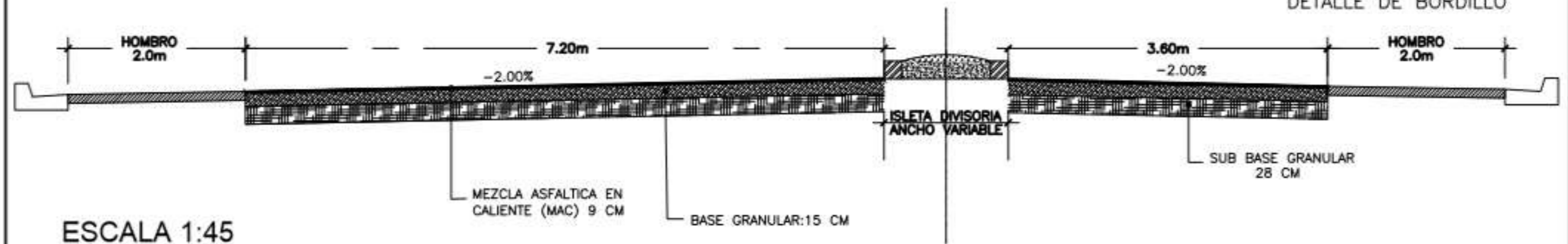


ESCALA 1:55



DETALLE DE BORDILLO

ACCESO CA07N (SAN FCO. GOTERA)



ESCALA 1:45

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:

"PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:

BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

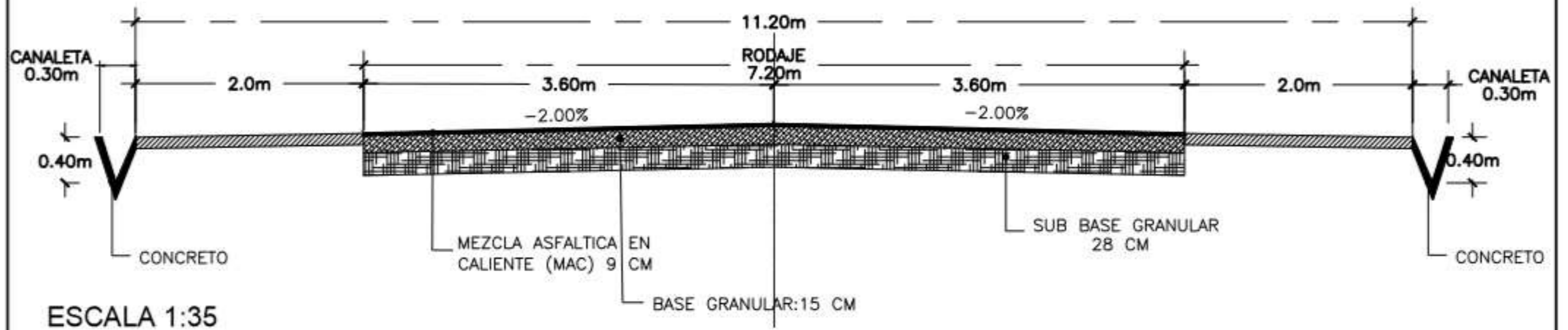
DOCENTE ASESOR:
ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
DETALLE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
SECCIÓN TÍPICA EN TANGENTE.

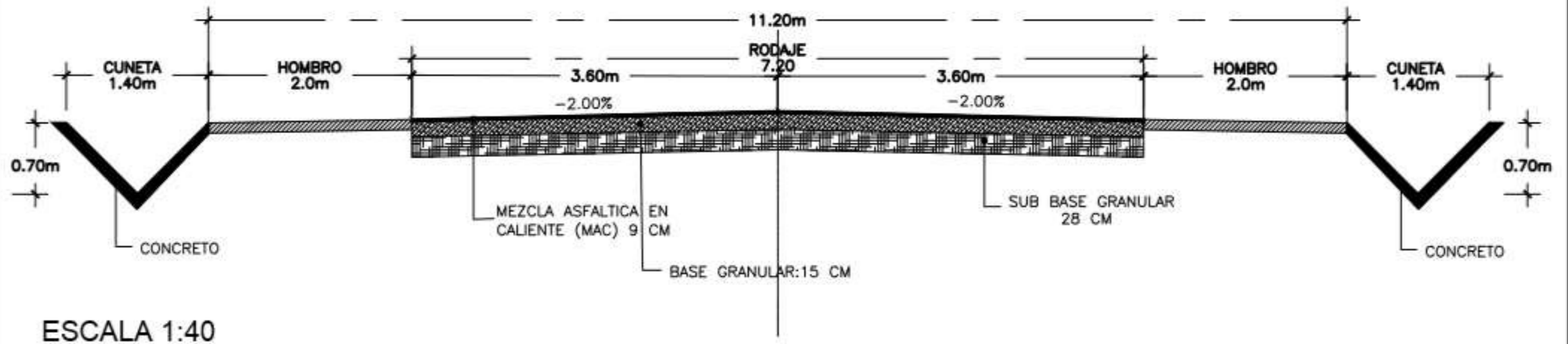
ESCALA:
LAS INDICADAS

No DE PLANO: 1/4

RUTA MOR 24E



RUTA RN18E



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
"PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:
BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

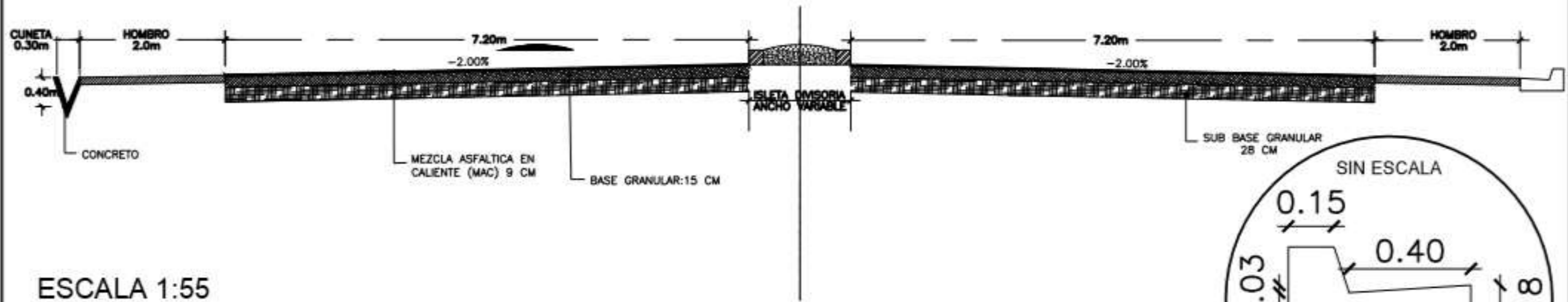
DOCENTE ASESOR:
ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
DETALLE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
SECCIÓN TÍPICA EN TANGENTE.

ESCALA:
LAS INDICADAS

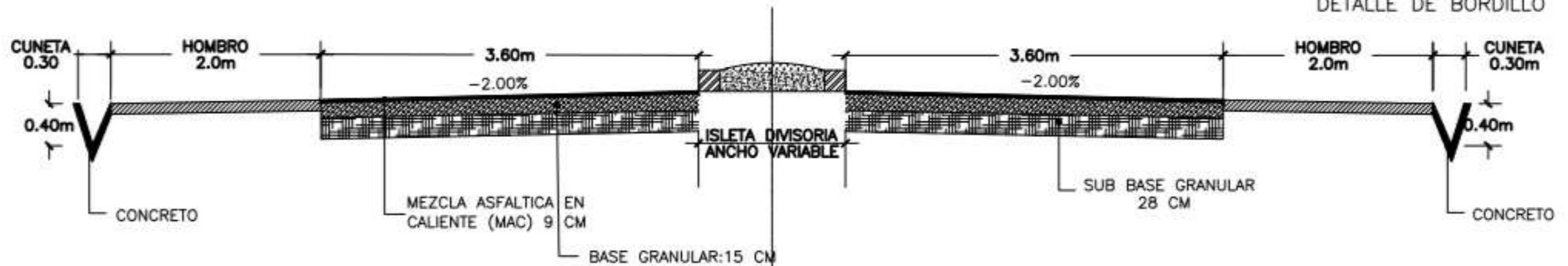
No DE PLANO: 2/4

ACCESO CA07N (SANTA ROSA)



ESCALA 1:55

ACCESO CA07N (MOR 24E)



ESCALA 1:40

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:

"PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:

BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

CONTENIDO:

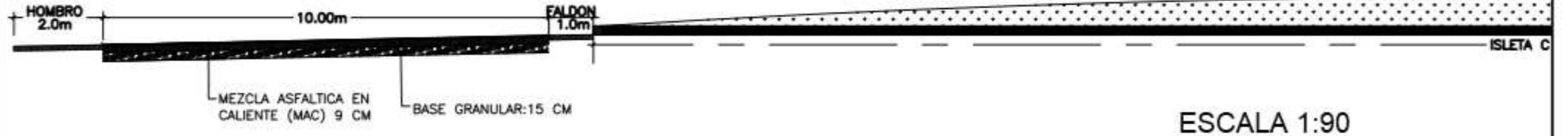
PLANTA DE DISEÑO DE INTERSECCIÓN TIPO
ROTONDA

DOCENTE ASESOR:
ING. RIGOBERTO LÓPEZ

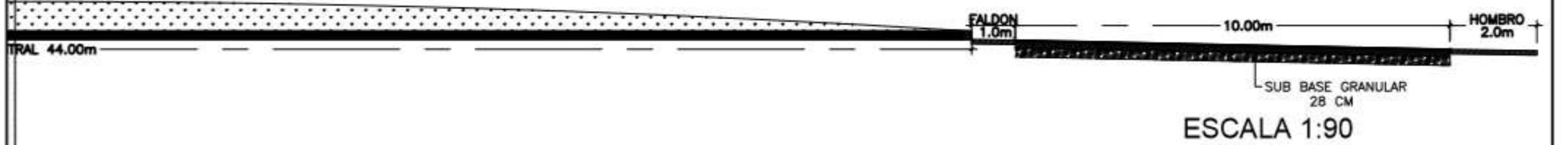
ESCALA:
LAS INDICADAS

No DE PLANO: 3/4

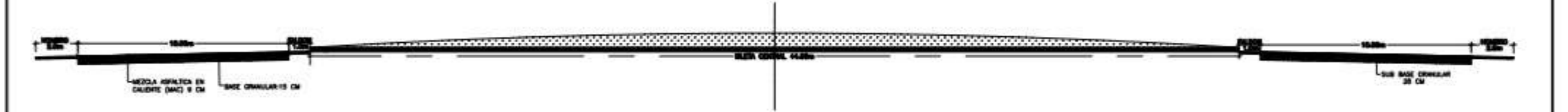
SEC



SECCION ROTONDA



SECCION ROTONDA



VISTA COMPLETA DE SECCION - ESCALA 1:190

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
 "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:
 BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
 BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
 BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
 ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
 DETALLE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
 SECCIÓN TÍPICA EN TANGENTE.

ESCALA:
 LAS INDICADAS

No DE PLANO: 4/4



ANEXO A – 8

FACTORES DE

EQUIVALENTES DE

CARGA.



ANEXO A – 8 FACTORES DE EQUIVALENTES DE CARGA

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t = 2,5$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.010	0.009
8	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.080
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.360	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112.	102	79.	60.	53.	55.



Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, Pt = 2,5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002
6	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
8	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003
10	0.008	0.013	0.011	0.009	0.007	0.006
12	0.015	0.024	0.023	0.018	0.014	0.013
14	0.026	0.041	0.042	0.033	0.027	0.024
16	0.044	0.065	0.070	0.057	0.047	0.043
18	0.070	0.097	0.109	0.092	0.077	0.070
20	0.107	0.141	0.162	0.141	0.121	0.110
22	0.160	0.198	0.229	0.207	0.180	0.166
24	0.231	0.273	0.315	0.292	0.260	0.242
26	0.327	0.370	0.420	0.401	0.364	0.342
28	0.451	0.493	0.548	0.534	0.495	0.470
30	0.611	0.648	0.703	0.695	0.658	0.633
32	0.813	0.843	0.889	0.887	0.857	0.834
34	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73
40	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14
42	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61
44	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79
48	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49
50	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28
52	7.33	6.87	5.93	5.38	5.63	6.17
54	8.72	8.14	6.95	6.22	6.47	7.15
56	10.3	9.6	8.1	7.2	7.4	8.2
58	12.1	11.3	9.4	8.2	8.4	9.4
60	14.2	13.1	10.9	9.4	9.6	10.7
62	16.5	15.3	12.6	10.7	10.8	12.1
64	19.1	17.6	14.5	12.2	12.2	13.7
66	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4
68	26.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2
70	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2
72	33.0	30.3	24.4	19.8	19.2	21.3
74	37.5	34.4	27.6	22.2	21.3	23.6
76	42.5	38.9	31.1	24.8	23.7	26.1
78	48.0	43.9	35.0	27.8	26.2	28.8
80	54.0	49.4	39.2	30.9	29.0	31.7
82	60.6	55.4	43.9	34.4	32.0	34.8
84	67.8	61.9	49.0	38.2	35.3	38.1
86	75.7	69.1	54.5	42.3	38.8	41.7
88	84.3	76.9	60.6	46.8	42.6	45.6
90	93.7	85.4	67.1	51.7	46.8	49.7



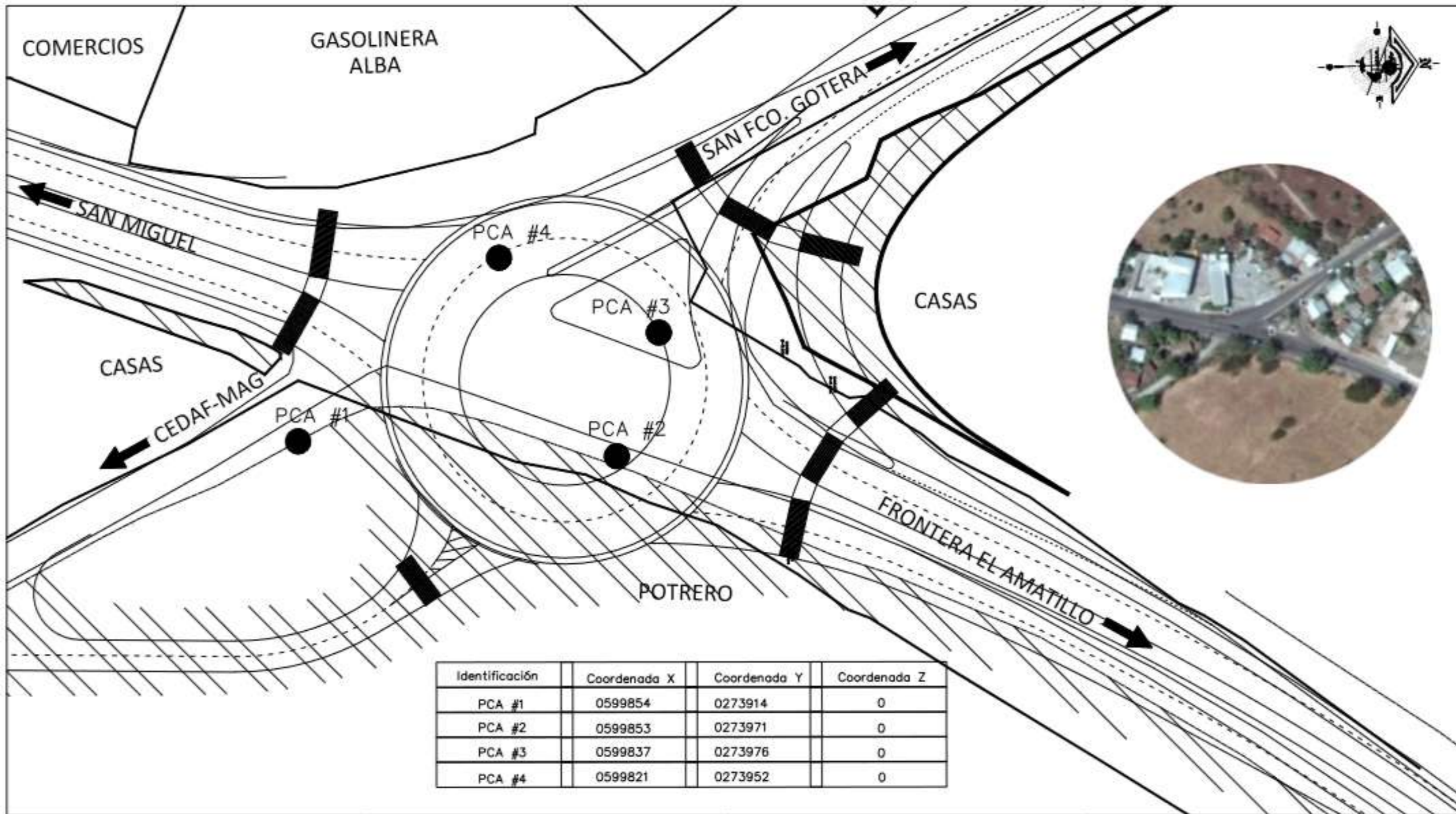
Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, $P_t = 2,5$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003
8	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
10	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
12	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003
14	0.008	0.012	0.010	0.008	0.006	0.006
16	0.012	0.019	0.018	0.013	0.011	0.010
18	0.018	0.029	0.028	0.021	0.017	0.016
20	0.027	0.042	0.042	0.032	0.027	0.024
22	0.038	0.058	0.060	0.048	0.040	0.036
24	0.053	0.078	0.084	0.068	0.057	0.051
26	0.072	0.103	0.114	0.095	0.080	0.072
28	0.098	0.133	0.151	0.128	0.109	0.099
30	0.129	0.169	0.195	0.170	0.145	0.133
32	0.169	0.213	0.247	0.220	0.191	0.175
34	0.219	0.266	0.308	0.281	0.246	0.228
36	0.279	0.329	0.379	0.352	0.313	0.292
38	0.352	0.403	0.461	0.436	0.393	0.368
40	0.439	0.491	0.554	0.533	0.487	0.459
42	0.543	0.594	0.661	0.644	0.597	0.567
44	0.666	0.714	0.781	0.769	0.723	0.692
46	0.811	0.854	0.918	0.911	0.868	0.838
48	0.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005
50	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
52	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.93	1.90	1.90	1.91	1.93
58	2.29	2.25	2.17	2.16	2.20	2.24
60	2.67	2.60	2.48	2.44	2.51	2.58
62	3.09	3.00	2.82	2.76	2.85	2.95
64	3.57	3.44	3.19	3.10	3.22	3.36
66	4.11	3.94	3.61	3.47	3.62	3.81
68	4.71	4.49	4.06	3.88	4.05	4.30
70	5.38	5.11	4.57	4.32	4.52	4.84
72	6.12	5.79	5.13	4.80	5.03	5.41
74	6.93	6.54	5.74	5.32	5.57	6.04
76	7.84	7.37	6.41	5.88	6.15	6.71
78	8.83	8.28	7.14	6.49	6.78	7.43
80	9.92	9.28	7.95	7.15	7.45	8.21
82	11.1	10.4	8.8	7.9	8.2	9.0
84	12.4	11.6	9.8	8.6	8.9	9.9
86	13.8	12.9	10.8	9.5	9.8	10.9
88	15.4	14.3	11.9	10.4	10.6	11.9
90	17.1	15.8	13.2	11.3	11.6	12.9



ANEXO A – 9

DETALLE DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
 ARQUITECTURA
 SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:
 "PROPUESTA DE INTERSECCIÓN ENTRE
 CA07 Y RN18, DESVÍO A SAN FRANCISCO
 GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZÁN"

PRESENTAN:
 BR. LUNA ROMERO, RITA VANESSA
 BR. MERINO PALACIOS, CESAR OMAR
 BR. MURILLO MUÑOZ, ALICIA TERESA

DOCENTE ASESOR:
 ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CONTENIDO:
 UBICACIÓN DE PCA EN CAMPAÑA
 GEOTÉCNICA.

ESCALA: 1:600

No DE PLANO: 1/1



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ⇒ “ACUERDO SECRETARIA DE INTEGRACIÓN ECONÓMICA CENTROAMERICANA (SIECA) **“ACUERDO CENTROAMERICANO SOBRE CIRCULACIÓN POR CARRETERAS”** GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2000.
- ⇒ ALFARO ROMERO, AMÍLCAR ENOC, FUENTES RÍOS, IRINA EMILY, OCHOA GARCÍA, DOLORES, ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA, **“PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL”**, TESIS DE GRADO, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, SAN MIGUEL, EL SALVADOR, 2011.
- ⇒ AMAYA CAÑAS, HUGO ORLANDO, CISNEROS MEJIA, JOSÉ OSCAR, JIMÉNEZ CHÁVEZ, CARLOS FERNANDO, **“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LADERA Y PROPUESTAS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN EL CANTÓN GUALINDO ARRIBA, MUNICIPIO DE LOLOTIQUILLO, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN”**, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, SAN MIGUEL, EL SALVADOR, 2011.



-
- ⇒ ASAMBLEA LEGISLATIVA – **“LEY ESPECIAL DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA (DECRETO N° 367)”**, MAYO 2013, EL SALVADOR.

 - ⇒ CAMPOS LUIS ALBERTO, SANTAMARÍA GÓMEZ HILDA GEORGINA (2006), **“ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS DE OBRA PARA MANTENIMIENTO DE CARRETERAS”** (tesis), Universidad de Oriente, San Miguel, El Salvador.

 - ⇒ CEPREDENAC, SIECA (2011), **“MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS CARRETERAS, CON ENFOQUE DE GESTIÓN DE RIESGO Y DE SEGURIDAD VIAL”**, EDICIÓN 2011.

 - ⇒ CEPREDENAC, SIECA (2002), **“MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS”**, EDICIÓN 2002.

 - ⇒ COMISIÓN CENTROAMERICANA DE TRANSPORTE POR CARRETERA, **“MANUAL CENTROAMERICANO DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO EN CALLES Y CARRETERAS”**, SIECA: GUATEMALA, 1975.

 - ⇒ D. RAFAEL SÁNCHEZ RIESCO (2006), **“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA ROTONDA EN LA CONFLUENCIA DE LA N-630 CON LA N-631”** (TESIS), ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA, UNIVERSIDAD DE SALAMANCA, ESPAÑA.



-
- ⇒ DIARIO EL MIGUELEÑO, (2013), **“PODRÍAN CONSTRUIR REDONDEL EN EL KM 18 CARRETERAS A MORAZÁN”**.
RECUPERADO DE:
[HTTP://ISSUU.COM/ELMUNDOCOMSV/DOCS/MIGUELENO250113/7](http://ISSUU.COM/ELMUNDOCOMSV/DOCS/MIGUELENO250113/7).
- ⇒ FONSECA MONTEJO, ALFONSO, **INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERA**, UNIVERSIDAD CALETICA DE COLOMBIA. SEGUNDA EDICIÓN 1998.
- ⇒ LILIANA FUENTES MONROY, (2013), **“SAN FRANCISCO GOTERA CON NUEVA CALLE DE INGRESO”**, LA PRENSA GRÁFICA.
RECUPERADO DE:
[HTTP://WWW.LAPRENSAGRAFICA.COM/2013/12/23/S-FRANCISCO-GOTERA-CON-NUEVA-CALLE-DE-INGRESO](http://WWW.LAPRENSAGRAFICA.COM/2013/12/23/S-FRANCISCO-GOTERA-CON-NUEVA-CALLE-DE-INGRESO).
- ⇒ MARÍA ANTONIETA TAPIA B. (2000), **“METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN”**. RECUPERADO DE:
[HTTPS://ES.SCRIBD.COM/DOC/45879585/MANUAL-DE-METODOLOGIA-DE-INVESTIGACION](https://ES.SCRIBD.COM/DOC/45879585/MANUAL-DE-METODOLOGIA-DE-INVESTIGACION)
- ⇒ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE, VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO MOPTVDU, VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, UNIDAD DE PLANIFICACIÓN VIAL **“PROGRAMA DE CARRETERAS REGIONALES”** SAN SALVADOR, EL SALVADOR, AGOSTO DE 1999.



-
- ⇒ MOP – DACGER – SUBDIRECCION DE ESTUDIOS TECNICOS (2011), **“INFORME TECNICO: SITUACION DE RIESGO DE ACCIDENTES EN INTERSECCION ENTRE CA07 Y RN18, DESVIO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZAN”**, El Salvador.
 - ⇒ MOP – DACGER – SUBDIRECCION DE ESTUDIOS TECNICOS (2011), **“PROPUESTA DE INTERSECCION TIPO ROTONDA ENTRE CA07 Y RN18, DESVIO A SAN FRANCISCO GOTERA, EL DIVISADERO, MORAZAN”**, El Salvador.
 - ⇒ MOP – **“LEY DE TRANSPORTE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL”**, 2010, EL SALVADOR.
 - ⇒ MOP – **“LEY DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES (DECRETO 463)”**, 1969, EL SALVADOR
 - ⇒ SIECA – **“MANUAL CENTROAMERICANO DE DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (RESUMEN TECNICO), ED. 2004”**, EL SALVADOR
 - ⇒ SIECA – **“MANUAL CENTROAMERICANO DE DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (CATÁLOGO SEÑALES VERTICALES), ED 2000”**, EL SALVADOR.
 - ⇒ SIECA - **“MANUAL DE NORMAS AMBIENTALES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS”**, ED. 2002, EL SALVADOR.



-
- ⇒ **“ROUNDABOUTS: AN INFORMATIONAL GUIDE”, SEGUNDA EDICIÓN.**

 - ⇒ SECRETARÍA DE INTEGRACIÓN ECONÓMICA CENTROAMERICANA (SIECA) **“MANUAL CENTROAMERICANO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS”, ED 2002.**

 - ⇒ SECRETARÍA DE INTEGRACIÓN ECONÓMICA CENTROAMERICANA (SIECA) **“MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, ALCANTARILLAS Y PUENTES”** GUATEMALA, JULIO DE 1974.

 - ⇒ TRANSPORTATION RESERCH BORD, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - **“HIGHWAY CAPACITY MANUAL”, SPECIAL REPORT NO. 209, ED. 1985.**

 - ⇒ UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - TRABAJO DE GRADUACION (2011), **“PROPUESTA DE DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO Y COLONIA “LA ENTREVISTA” DEL MUNICIPIO SAN CAYETANO ISTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE”, EL SALVADOR.**