



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS NACIONALES Y
SERVICIOS AMBIENTALES



**ESPECIALIDAD EN MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL
CAMBIO CLIMÁTICO APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA VIAL**

Título:

**Recomendaciones Técnicas para la Reducción de
la Vulnerabilidad, ante los Efectos del Cambio
Climático**

**Caso de Estudio: El Área de Influencia del Proyecto Vial
“Carretera de Circunvalación de Masaya”.**

**Proyecto de Graduación para optar al Título de Especialista en Mitigación y
Adaptación al Cambio Climático aplicado a la Infraestructura Vial.**

Autores:

**Ing. Cesar David Gutierrez Rosales.
Ing. Lubianka Yuriel Jirón Barahona.
Ing. Meliza del Carmen Peña Solano.**

Tutor:

Dr. Francisco Antonio Mendoza Velásquez

Asesor:

Mtro. Benjamín Antonio Rosales Rivera.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro Infinito Agradecimiento de forma muy especial a **Dios**, por brindarnos vida y capacidad para finalizar con esta tarea emprendida, ya que sin su ayuda ninguna meta puede ser alcanzada.

A nuestras **Familias** por la comprensión y estímulo que nos brindaron, durante el desarrollo de la Especialidad.

Agradecemos al **Ministerio de Transporte e Infraestructura** por brindarnos la oportunidad de mejorar nuestros conocimientos y capacidades para un mejor desempeño profesional.

Al **Ing. Carlos Silva Cruz**, que nos brindó su confianza, dándonos su total apoyo para la realización de esta Especialidad, confiando en nuestras capacidades como Profesionales.

A todos los **Docentes** que impartieron las materias de la Especialidad, que supieron transmitir sus conocimientos de la mejor forma posible, considerando los tropiezos tenidos en el desarrollo del curso.

Al **Mtro. Benjamín Antonio Rosales Rivera** y al **Dr. Francisco Antonio Mendoza Velásquez**, que como tutores supo guiarnos efectivamente hasta alcanzar los objetivos propuestos. Agradeciéndoles sus conocimientos.

Al **Dr. Heimdall Hernández**, que nos brindó su apoyo incondicional ante cualquier problema, y siempre nos motivó a cumplir con los objetivos propuestos por la Especialidad.

Y a todos nuestros **Amig@s** y **Compañer@s** que convivimos durante el desarrollo de esta especialidad, nos encantaría agradecerles por su apoyo, amistad, consejos, ánimos y compañía, para ellos muchas gracias y que **Dios** los Bendiga.

RESUMEN

El presente Trabajo, contiene una definición completa sobre el cambio climático en nuestro planeta, así como los principales efectos del cambio climático en como perjudican al ser humano y los impactos del cambio climático en la infraestructura vial, también se menciona como podemos Mitigar y adaptarnos ante tales efecto propios del cambio climático, una vez analizados estos datos, nació la necesidad de estudiar los principales efectos del cambio climático a nuestro caso de estudio, con el fin de obtener medidas de mitigación y adaptación de esta infraestructura vial de mucha importancia para el país de Nicaragua.

En el Segundo Capitulo, se analizó la factibilidad y el diseño del proyecto Vial de Carretera de Circunvalación de Masaya, cuyo principal objetivo es mejorar el servicio de la Carretera Managua – Masaya – Granada, al desviar gran parte de su tráfico a la nueva vía. Se describió la ubicación del emplazamiento de esta carretera. Se analizo el diseño de la estructura de pavimento de concreto hidráulico, con todas sus características, beneficios y ventajas de este diseño de Carretera.

El Tercer Capítulo, se estudió el estado actual de los componentes ambientales del área de influencia del emplazamiento vial. Para el caso del proyecto vial Circunvalación de Masaya, el área de influencia está definida por la zona donde las acciones de construcción impactan de una manera directa y aquellas áreas que por su cercanía se ven afectadas o beneficiadas. Se cuenta con una caracterización completa de todos los componentes del medio ambiente, como es: el Medio Biótico, el Medio Abiótico y el Medio Socio Económico. Así mismo este capítulo incluye las proyecciones de cambio climático en la región del proyecto.

En el Cuarto Capítulo, se procedió a la evaluación del riesgo del área de influencia del proyecto, identificando los posibles peligros o amenazas a los que se expone el emplazamiento vial seleccionado. Se trato de identificar aquellas amenazas naturales, socio naturales o antropológicas, que podrían afectar el proyecto su operación. Esta Evaluación se realizó a través de metodologías que nos ayudaron a determinar el riesgo en el emplazamiento vial de la carretera de Circunvalación vial de Masaya.

El Quinto Capítulo, trata las acciones de mitigación y adaptación de la Estructura de Carretera, en el cual se proponen medidas ingenieriles, para la rehabilitación de los daños posibles ante los efectos del cambio climático que se producen o pueden producirse en dicha carretera, después que éstos han sido previamente identificados.

Al final, se integran las conclusiones y recomendaciones derivadas del trabajo, también las diferentes literaturas o Bibliografía consultada, anexándose los principales cálculos efectuados y extractos de literatura.

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES	10
1.1. Introducción	10
1.2. Antecedentes	11
1.3. Justificación	12
1.4. Objetivos	14
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	14
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	14
1.5. Marco Teórico	14
1.5.1. <i>El Cambio Climático</i>	15
1.5.2. <i>Efectos del Cambio Climático</i>	17
1.5.3. <i>Impactos del Cambio Climático a la Infraestructura Vial</i>	20
1.5.4. <i>La Mitigación a los Efectos del Cambio Climático</i>	23
1.5.5. <i>La Adaptación a los Efectos del Cambio Climático</i>	27
1.6. Diseño Metodológico	29
1.6.1. <i>Herramientas e Instrumentos Específicos</i>	29
1.6.2. <i>Cuadro de Certitud Metódica</i>	30
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	32
2.1. Objetivos del Proyecto	32
2.2. Descripción del Proyecto:	33
2.3. Localización del Proyecto.	34
2.4. Antecedentes del Proyecto	36
2.5. Análisis de Tráfico y Proyecciones	37
2.5.1. <i>Información Existente</i>	37
2.5.2. <i>Definición del Tráfico</i>	38
2.5.3. <i>Tasa de crecimiento</i>	40
2.5.4. <i>Tráfico Normal</i>	41
2.5.5. <i>Tráfico Generado</i>	41
2.5.6. <i>Proyección del Tráfico</i>	41
2.6. Diseño de Pavimento	42
2.6.1. <i>Calculo de ESAL para Estructura de Pavimento</i>	43
2.7. Diseño de Espesores	44
2.7.1. <i>Generalidades del Diseño</i>	44
2.7.2. <i>Variables para el Diseño del Pavimento Rígido (AASHTO-93)</i>	45
2.7.3. <i>Conversión del espesor AASHTO a Losa Corta.</i>	46
2.8. Síntesis del Capítulo	48
CAPÍTULO 3: ESTADO ACTUAL DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO VIAL	49
3.1. Área de Influencia del proyecto	49
3.1.1. <i>Área de influencia directa</i>	49
3.1.2. <i>Área de influencia indirecta</i>	49
3.2. Medio Abiótico	51

3.2.1.	<i>Geomorfología</i>	51
3.2.2.	<i>Geología</i>	52
3.2.3.	<i>Clima</i>	56
3.2.4.	<i>Hidrología Superficial</i>	60
3.2.5.	<i>Hidrogeología</i>	60
3.2.6.	<i>Proyecciones de cambio climático en Nicaragua</i>	62
3.3.	Medio Biótico	67
3.3.1.	<i>Flora</i>	67
3.3.2.	<i>Fauna</i>	68
3.4.	Medio Socioeconómico	71
3.4.1.	<i>Población</i>	71
3.4.2.	<i>Agua y Alcantarillado</i>	75
3.4.3.	<i>Transporte</i>	76
3.4.4.	<i>Vías de Acceso</i>	76
3.4.5.	<i>Energía Eléctrica</i>	76
3.4.6.	<i>Salud</i>	76
3.4.7.	<i>Educación</i>	77
3.4.8.	<i>Vivienda</i>	77
3.4.9.	<i>Servicios Municipales</i>	78
3.4.10.	<i>Telecomunicaciones</i>	79
3.5.	Síntesis del Capítulo	80
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO		82
4.1.	Evaluación del Emplazamiento del Proyecto Vial.	83
4.1.1.	<i>Consideraciones para la evaluación del Emplazamiento</i>	83
4.1.2.	<i>Histograma de Evaluación de Emplazamiento</i>	84
4.2.	Evaluación de Vulnerabilidad del Proyecto Vial.	86
4.2.1.	<i>Consideraciones para la Evaluación de la Vulnerabilidad.</i>	86
4.2.2.	<i>Histograma de Evaluación de Vulnerabilidad.</i>	86
4.3.	Balance de Riesgo Promedio	88
4.4.	Evaluación del Riesgo en la Fase de Implementación y Operación	90
4.5.	Análisis/ Evaluación de Riesgo Norma Española (UNE 150008:2008)	94
4.6.	Matriz de Estimación del Riesgo en el Proyecto Vial.	99
4.6.1.	<i>Matriz de Estimación del Riesgo (Entorno Natural)</i>	99
4.6.2.	<i>Matriz de Estimación del Riesgo (Entorno Humano)</i>	100
4.6.3.	<i>Matriz de Estimación del Riesgo (Entorno Socioeconómico)</i>	101
4.7.	Síntesis del Capítulo	102
CAPÍTULO 5: MEDIDAS U OBRAS, DESTINADAS A LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, CORRECCIÓN Y/O COMPENSACIÓN DE LOS IMPACTOS GENERADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO		104
5.1.	Principios para la Selección y diseño de las medidas Adaptación al Cambio Climático.	106
5.1.1.	<i>Eliminar o disminuir la fuente de amenaza.</i>	106
5.1.1.1.	<i>Reducir peso mediante la remoción total de la masa de los deslizamientos o los materiales inestables</i>	106
5.1.1.2.	<i>Remoción parcial de materiales de la cabeza o parte superior del talud.</i>	107
5.1.1.3.	<i>Drenajes</i>	107

5.1.1.4.	<i>Canales colectores en espina de pescado</i>	108
5.1.1.5.	<i>Canales interceptores en talud</i>	109
5.1.1.6.	<i>Pozos verticales de drenaje (perforaciones verticales abiertas)</i>	109
5.1.1.7.	<i>Cambiar la línea y grado de pendiente</i>	111
5.1.1.8.	<i>Terrazas o bermas en la parte alta del talud</i>	112
5.1.1.9.	<i>Contrapesos en el pie del deslizamiento</i>	115
5.1.1.10.	<i>Bermas bajas en el pie de terraplenes sobre suelos blandos</i>	115
5.1.1.11.	<i>Anclaje</i>	116
5.1.1.12.	<i>Estructuras de Contención / Retención</i>	117
5.1.1.13.	<i>Recubrimiento de la superficie</i>	119
5.1.1.14.	<i>Mampostería</i>	119
5.1.1.15.	<i>Rip-Rap</i>	119
5.1.1.16.	<i>Inyecciones de diversos productos químicos</i>	121
5.1.1.17.	<i>Estabilización con cemento</i>	121
5.1.1.18.	<i>Estabilización con cal</i>	122
5.1.1.19.	<i>Pilotes de compactación</i>	122
5.1.1.20.	<i>Columnas de piedra o grava</i>	123
5.1.2.	<i>Reducir la vulnerabilidad reduciendo los efectos destructivos en la zona de impacto.</i>	124
5.1.2.1.	<i>Protección contra caídos de roca</i>	124
5.1.2.2.	<i>Bermas en el talud</i>	124
5.1.2.3.	<i>Trincheras</i>	125
5.1.2.4.	<i>Barreras</i>	126
5.1.3.	<i>Alejar / Evitar la fuente de amenaza.</i>	130
5.1.4.	<i>Adaptarse a los factores cambiantes del riesgo.</i>	130
5.2.	Recomendaciones Generales para la Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático de la Infraestructura durante la Fase de Mantenimiento Vial en el caso de la Carretera de Circunvalación de Masaya según el MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial.	131
5.2.1.	<i>Medidas de Adaptación para Pavimento de Concreto Hidráulico</i>	131
5.2.2.	<i>Medidas de Adaptación para los Cortes en los Taludes de la Vía de Carretera</i>	132
5.2.3.	<i>Medidas de Adaptación para las Estructuras de Drenaje.</i>	133
5.3.	Inspección de campo	134
5.4.	Medidas de Mitigación y Adaptación en los puntos críticos de la carretera de Circunvalación de Masaya.	138
5.5.	Síntesis del Capítulo	144
CAPÍTULO 6: ASPECTOS FINALES		146
6.1.	Conclusiones	146
6.2.	Recomendaciones	147
6.3.	Bibliografía	149
6.4.	Anexos	150

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Temperatura Actual de Nicaragua	16
Ilustración 2 Temperatura estimada para el año 2100	17
Ilustración 3 Descripción de los Fenómenos Climáticos.....	19
Ilustración 4 Tramo de Carretera de Circunvalación Masaya	33
Ilustración 5 Localización del Proyecto	34
Ilustración 6 Micro Localización del Proyecto.....	35
Ilustración 7 Software Pavement Interactive	43
Ilustración 8 Ecuación AASHTO-93	45
Ilustración 9 Sección Típica de losas cortas.....	48
Ilustración 10 Mapa de Zonificación Geomorfológica	51
Ilustración 11 Mapa de Sistema Volcánico Masaya	52
Ilustración 12 Mapa Caldera y fallas geológicas del sistema volcánico de Masaya.....	53
Ilustración 13 Mapa Uso potencial del suelo	54
Ilustración 14 Mapa de confrontación de uso de suelo con uso potencial	55
Ilustración 15 temperatura en el sitio del proyecto	57
Ilustración 16 Mapa de precipitaciones	58
Ilustración 17 Cuencas del Pacífico sur de Nicaragua.....	60
Ilustración 18 Sistema hidrogeológico Las Sierras	61
Ilustración 19 Acuífero no 4 Las Sierras-Managua.....	61
Ilustración 20 Variación de precipitación acumulada anual (2010 -2039).....	64
Ilustración 21 Variación de días de lluvias anuales (2010-2039).....	64
Ilustración 22 Variación de temperatura media anual (2010-2039)	65
Ilustración 23 Variación de temperatura máxima anual (2010-2039).....	65
Ilustración 24 Variación de días anuales con temperaturas > 35°C (2010-2039)	66
Ilustración 25 Variación de días consecutivos anuales con temperaturas >35°C (2010-2039)	66
Ilustración 26 Cultivo de granos básicos y hortalizas.....	71
Ilustración 27 El proceso de adaptación de las infraestructuras al cambio climático	105
Ilustración 28 Deslizamientos de material	106
Ilustración 29 Corte de parte de material para mejorar el factor de seguridad	107
Ilustración 30 Diseño de Contracunetas.....	108
Ilustración 31 Contracuneta en funcionamiento	108
Ilustración 32 Canales colectores en espina de pescado.....	108
Ilustración 33 Canales interceptores en talud	109
Ilustración 34 Pozos verticales de drenaje.....	110
Ilustración 35 Configuración típica de taludes en lutitas meteorizadas con manos de carbón	111
Ilustración 36 Configuración típica de taludes en lutitas sanas.....	111
Ilustración 37 Configuración de taludes en calizas y areniscas.....	112
Ilustración 38 Terrazas o bermas en la parte alta del talud	113
Ilustración 39 Contrapesos en el pie del deslizamiento.....	115
Ilustración 40 Mecanismo básico de Anclajes.....	117
Ilustración 41 Condiciones de diseño para muros de contención.....	117
Ilustración 42 Muros masivos rígidos	118
Ilustración 43 Muros masivos flexibles.....	118
Ilustración 44 Recubrimiento de la superficie.....	119
Ilustración 45 Estabilización con cemento.....	121
Ilustración 46 Estabilización con cal.....	122
Ilustración 47 Pilotes de compactación	123

Ilustración 48 Diagrama esquemático de la utilización de columnas de piedra para estabilizar un deslizamiento.....	123
Ilustración 49 Bermas para detener caídos o derrumbes de rocas o suelo	125
Ilustración 50 Trincheras.....	126
Ilustración 51 Mallas para detener rocas.....	127
Ilustración 52 Esquema de un atenuador de caídos de roca utilizando llantas usadas.....	127
Ilustración 53 Barreras de tierra armada con geotextil para protección contra caídos y avalanchas	129

Lista de Tablas

Tabla 1 - Herramientas e instrumentos	29
Tabla 2- Cuadro de Certitud Metódica	31
Tabla 3 TPDA Empalme Ticuantepe – Masaya.....	38
Tabla 4 TPDA Empalme El Coyotepe – Empalme Zambrano	38
Tabla 5 Total, TPDA Suma tramos 1 + 2	38
Tabla 6 TPDA de la Circunvalación	39
Tabla 7 TPDA de Masaya – Las Flores	39
Tabla 8 Tasas de Proyección para el Período 2012 – 2032.....	40
Tabla 9 TPDA 2012 CIRCUNVALACION Masaya	41
Tabla 10 TPDA 2012 Masaya – Las Flores.....	41
Tabla 11 Resumen de Proyecciones del TPDA de los tramos	42
Tabla 12 Total, de ESALs Acumulados.....	43
Tabla 13 base de datos sobre el tráfico	44
Tabla 14 Conversión de espesores AASHTO a Losa Corta.....	47
Tabla 15 Distribución promedio de la temperatura por mes, en el área del proyecto	56
Tabla 16 Distribución mensual de la precipitación, en el área del proyecto.....	57
Tabla 17 Distribución promedio mensual de la humedad relativa.....	58
Tabla 18 Distribución de la evaporación de acuerdo a los datos tomados por el Tanque clase A.....	59
Tabla 19 Cambios en las precipitaciones.....	62
Tabla 20 Cambios en las temperaturas	63
Tabla 21 Variaciones de precipitación y temperatura en la zona del proyecto	67
Tabla 22 Especies vegetales encontradas en la zona del proyecto.	68
Tabla 23 Mamíferos.....	68
Tabla 24 Aves.....	69
Tabla 25 Reptiles y anfibios	70
Tabla 26 Especies Amenazadas y en Peligro	70
Tabla 27 Tasa Anual de Crecimiento (TAC).....	72
Tabla 28 Tasa de Crecimiento del Departamento de Masaya	72
Tabla 29 Pirámide de Edades del Departamento de Masaya.....	73
Tabla 30 Distribución de la Población urbana y rural	74
Tabla 31 Distribución de la población urbana y rural.....	75
Tabla 32 Ventajas y desventajas de los diversos tipos de estructura anclada	116
Tabla 33 INVENTARIO DEL SISTEMA DE DRENAJE TRANSVERSAL.....	137
Tabla 34 – Sistema de drenaje transversal, estación 1+627.	138
Tabla 35 Sistema de drenaje transversal, estación 3+820.	139
Tabla 36 sistema de drenaje transversal, estación 1+800.....	140
Tabla 37 Sistema de Drenaje longitudinal, estación 5+200-5+400 (banda derecha).....	141
Tabla 38 Erosión de Talud, estación 5+300.	142
Tabla 39 Erosión de Talud, - Estación 3+100 – 3+400 (Ambas bandas).....	143

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

En las últimas décadas, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos. El aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos ha llevado a generar una preocupación internacional para adaptarse y con ello reducir la severidad de los impactos del cambio climático.

Cada región en el país ha experimentado diferentes impactos climáticos en su tipo, tales como fenómenos hidrometeorológicos extremos, sequías, olas de calor, nevadas, etc. Los países/regiones más pobres son los más vulnerables al cambio climático.

Los diferentes fenómenos climáticos y sus consecuencias afectan el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura y los sistemas de transporte. Un clima cambiante plantea preguntas críticas respecto a cómo las alteraciones en la temperatura, las precipitaciones, las tormentas y otros aspectos del clima están afectando los activos carreteros que conforman los sistemas de transporte y que lo seguirán impactando en el futuro

Masaya por su ubicación, es una ciudad de tránsito de una de las rutas internacionales del País, por donde gran porcentaje de los vehículos pesados del transporte internacional tiene que cruzar. De tal manera que la vía de Masaya es un punto estratégico para el corredor de tránsito del comercio a nivel regional.

El Proyecto Circunvalación de Masaya propone desviar el tráfico comercial que transita por la zona urbana de Masaya, de forma que este corredor sirva de circunvalación por la ciudad, que permitirá un ahorro de tiempo de viaje para el transporte. Este proyecto permite mejorar la eficiencia del transporte terrestre, a fin de agilizar la actividad económica y el bienestar de la población aledaña, así como el aseguramiento del tránsito y la potencialización del comercio nacional e internacional de nuestro país creando un corredor de circulación para el tráfico pesado.

Dada la importancia de este tramo de carretera, se hizo necesario realizar un estudio de vulnerabilidad para así determinar la capacidad de respuesta ante la presencia de un evento extremo producto del cambio climático en la región de Centro América.

Se determinó el área de influencia del proyecto de la carretera en estudio, para describir la línea de base ambiental, caracterizando así el medio físico, biótico y

humano, con el objeto de evaluar posteriormente los impactos que pudieren generarse o presentarse sobre estos elementos del medio ambiente.

Se realizó un análisis de riesgo al tramo de carretera de Circunvalación de Masaya, partiendo de dos etapas fundamentales previas: la evaluación de amenazas y la evaluación de vulnerabilidad respectivamente.

Para realizar la evaluación de amenazas, el paso fundamental fue conocer la fuente potencial de desastres (inundaciones, deslizamientos, huracanes, erupciones volcánicas, sismos, etc.). Para la evaluación de la vulnerabilidad, lo fundamental consistió en conocer el grado de exposición de la carretera, a la fuente potencial de amenazas, así como la capacidad de respuesta de ésta, durante y después de la presencia de un fenómeno natural.

Una vez realizada la evaluación de las amenazas y la vulnerabilidad en los diferentes puntos críticos del tramo de carretera, se realizó la implementación de una serie de recomendaciones técnicas para la reducción de la vulnerabilidad local, con el fin de mejorar los procesos de planificación, formulación y diseño de la infraestructura vial y de esta manera reducir las consecuencias provocadas por los desastres naturales.

La propuesta tiene como propósito mejorar la formulación de proyectos locales de inversiones en infraestructura vial, al contribuir con la reducción de la vulnerabilidad ante diversas amenazas de origen natural, socioambiental y socioeconómico producto del cambio climático en la región centroamericana.

1.2. Antecedentes

La Carretera Managua - Masaya - Granada ha sido históricamente una de las principales vías de comunicación de Nicaragua. Fue dotada de las características geométricas actuales a partir de 1952 cuando se inició su construcción con financiación del Banco Iberoamericano. En 1974 la Dirección General de Caminos del Ministerio de Obras Públicas de la República de Nicaragua contrató al consorcio Esprinsa – Johanson, Consultores Asociados, el estudio de una nueva ruta y ampliación de la existente, estudio que tuvo su continuidad en el año de 1993 con la firma del Programa de Cooperación Nicaragua – Japón.

En el marco de este programa, se llevó a cabo el “Estudio sobre Mejoramiento y Rehabilitación de Carreteras en la República de Nicaragua”, que incluía el estudio de factibilidad de la carretera Managua –Masaya – Granada.

El Huracán Mitch a finales de octubre de 1998, provocó serios daños a la infraestructura de carreteras del país. El Gobierno de España a través del crédito Mitch, otorgó financiación a la República de Nicaragua para ejecutar una serie de obras, entre la cuales se encontraba la ejecución del “Desdoblamiento de la carretera Managua – Masaya – Granada”, comenzando su construcción en noviembre de 2003.

Dada la dificultad de mantener la sección tipo de Proyecto en la travesía de Masaya debido al gran número de servicios afectados y de expropiaciones a realizar, así como la posibilidad de lograr un paso más fluido de los vehículos, se consideró rodear el núcleo urbano.

Esta posibilidad se ha materializado en el presente proyecto de circunvalación. La circunvalación permite asimismo la introducción de un trazado de autovía moderno y rápido con un doble objetivo: Reducir el tiempo de paso de los vehículos en viaje, al evitar el paso por Masaya y permitir a todo el transporte pesado procedente de la carretera Panamericana continuar camino sin atravesar la ciudad, con las consiguientes ventajas para los transportistas y para la población, al verse liberada de tráfico pesado.

Hasta este punto, no se habían considerado en los estudios, la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático que se pueden presentar al momento de ocurrir fenómenos naturales extremos en la zona del proyecto. Todo esto da la pauta para la realización de un estudio de vulnerabilidad del emplazamiento actual de la carretera y a través de las medidas recomendadas para mitigación y adaptación de la infraestructura vial ante estos efectos, con el fin de mejorar los procesos de planificación, formulación y diseño de la Infraestructura Vial y de esta manera reducir las consecuencias provocadas por los desastres naturales.

El estudio realizado tiene como propósito mejorar la formulación de proyectos de inversiones en infraestructura vial, al contribuir con la reducción de la vulnerabilidad ante diversas amenazas de origen natural, socio ambiental y socioeconómico producto del cambio climático en la Región Centroamericana.

1.3. Justificación

Dada la ubicación y la geografía de Nicaragua, hace que este expuesta a la incidencia de variadas amenazas naturales, entre ellas huracanes, inundaciones, deslizamientos, sequías e incendios forestales. Las amenazas naturales impactan recurrentemente y con periodicidad impredecible a Nicaragua, provocando severos efectos negativos, los que suelen manifestarse con particular fuerza en la infraestructura vial del país.

El huracán Mitch, el último evento de impacto relevante en el país, dejó pérdidas en la infraestructura vial que superan los \$ 606 millones de dólares, la presencia de este huracán ha puesto de manifiesto, una vez más, la fragilidad de la infraestructura vial en el país. Ello deja como principal lección, que es necesario emprender un proceso de rehabilitación y reconstrucción con la explícita consideración del Riesgo.

En los planes de gobierno del país, ha tomado como uno de sus objetivos principales contribuir a la reducción de la vulnerabilidad ante las amenazas naturales, asimismo se ha estimado conveniente que los proyectos de infraestructura vial incluyan el análisis del riesgo y las acciones de prevención y mitigación para reducir esta fragilidad en las obras de infraestructura vial.

Los nuevos proyectos de infraestructura vial en el país, deben contemplar acciones para el desarrollo de estrategias para la reducción de los desastres por fenómenos naturales, propiciar el establecimiento y utilización de metodologías, sistemas de información e instrumentos de análisis y contemplar acciones tendientes a crear una cultura de prevención, y procurar soluciones duraderas para la reducción de la vulnerabilidad ante huracanes, sequías, inundaciones y otros desastres naturales producto de los efectos del cambio climático global.

Por lo expuesto anteriormente, fue necesario realizar una propuesta de integración de medidas de adaptación, y mitigación en la formulación y planificación del proyecto, para la Reducción de la Vulnerabilidad, ante los efectos del Cambio Climático, en el área de influencia del proyecto vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.

Los beneficios de esta propuesta de medidas para mitigar y adaptar la infraestructura vial ante los potenciales efectos del cambio climático, en este caso la carretera de circunvalación de Masaya, ofrecen una valoración sobre los riesgos que tiene esta carretera, y claramente se presentan las medidas a considerar en un programa de mantenimiento de los que se elaboran anualmente en el Ministerio de Transporte e Infraestructura vial, también se pueden incluir en los programas que ejecuta el Fondo de Mantenimiento Vial o en los programas de la Alcaldía Municipal de Masaya.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo General*

Realizar una Propuesta de Recomendaciones Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad, ante los Efectos del Cambio Climático, en el área de influencia del proyecto vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Describir el Proyecto del Tramo de Carretera de Circunvalación de Masaya durante el Ciclo de Vida del Proyecto.
- Definir la Línea Base Ambiental del Área de Influencia del Proyecto.
- Evaluar el Riesgo del área de influencia del Proyecto aplicando herramientas y metodologías específicas
- Proponer las medidas u obras, destinadas a la prevención, mitigación, corrección y/o compensación de los impactos generados por el cambio climático en los puntos críticos de la carretera con mayor riesgo en el área de influencia del proyecto.

1.5. Marco Teórico

En las últimas décadas, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y a lo largo de los océanos. La evidencia de los impactos del cambio climático es más sólida y completa para los sistemas naturales. Algunos impactos en los sistemas humanos también han sido atribuidos al cambio climático.

De acuerdo al último reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (2014) (IPCC, por sus siglas en inglés), en muchas regiones los cambios en la precipitación y el derretimiento del hielo y nieve están alterando los sistemas hidrológicos, afectando los recursos hídricos en cantidad y calidad. Los glaciares continúan reduciéndose en casi todo el mundo debido al cambio climático, afectando los escurrimientos y los recursos hídricos aguas abajo. El cambio climático está causando el calentamiento y

descongelación de la capa de permafrost en las regiones de latitud alta o de gran altitud.

Muchas especies animales, terrestres o marinas han cambiado sus áreas de distribución geográfica, sus actividades estacionales, los patrones de migración, la abundancia y las interacciones entre especies en respuesta al cambio climático. Aunque solo pocas extinciones de especies se han atribuido, hasta el momento, al cambio climático.

Para otros sectores el impacto del cambio climático también ha demostrado su efecto, tales como la agricultura (pérdida de cosechas, menos producción en algunas regiones, etc.), la salud (mortalidad relacionada con las ondas de calor o frío extremo, aumento de la transmisión de enfermedades, etc.), entre otros.

Los impactos de los eventos extremos climáticos recientes, como las olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones y los incendios forestales, revelan una gran vulnerabilidad y grado de exposición a la variabilidad climática actual, de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos.

Los impactos relacionados con el clima incluyen la alteración de los ecosistemas, la interrupción de la producción de alimentos y el suministro de agua, daños a la infraestructura y los asentamientos humanos, la morbilidad y la mortalidad de personas y especies, así como consecuencias para la salud mental y el bienestar humano. Para los países en todos los niveles de desarrollo, estos impactos son compatibles con una significativa falta de preparación para hacer frente a la variabilidad climática actual en algunos sectores.

1.5.1. El Cambio Climático

Se entiende como un cambio de clima el atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables no menor de diez años.

Los efectos del cambio climático están relacionados con alteraciones importantes en el ciclo de recurrencia de los fenómenos naturales ligados al clima del planeta, lo que se traduce en un aumento de las probabilidades de sufrir el impacto de los huracanes, inundaciones, movimientos de tierra y todos aquellos eventos derivados de la variación en el clima.

El clima ha ido cambiando por causas naturales, pero desde la revolución industrial que se dio entre la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX, las actividades de los seres humanos han acelerado el proceso de cambio del clima, por el alto consumo de combustible de origen fósil como los derivados del petróleo, utilizado en procesos industriales y movilización vehicular; también la deforestación, los incendios forestales y quemas en la actividad agrícola entre otras.

Las consecuencias del cambio climático afectan de manera directa e indirecta tanto al ser humano como a todos los seres vivos que habitan el planeta, el efecto más perceptible a nivel mundial es el aumento de la temperatura, la que seguirá incrementándose por la presencia en la atmósfera de mayores concentraciones de gases llamados de efecto invernadero.

Los países desarrollados son los principales responsables del cambio climático, pues son ellos los que emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, los países en desarrollo como Nicaragua apenas producimos el 0.002% de lo que emiten países como Estados Unidos y Canadá.

Temperatura Actual

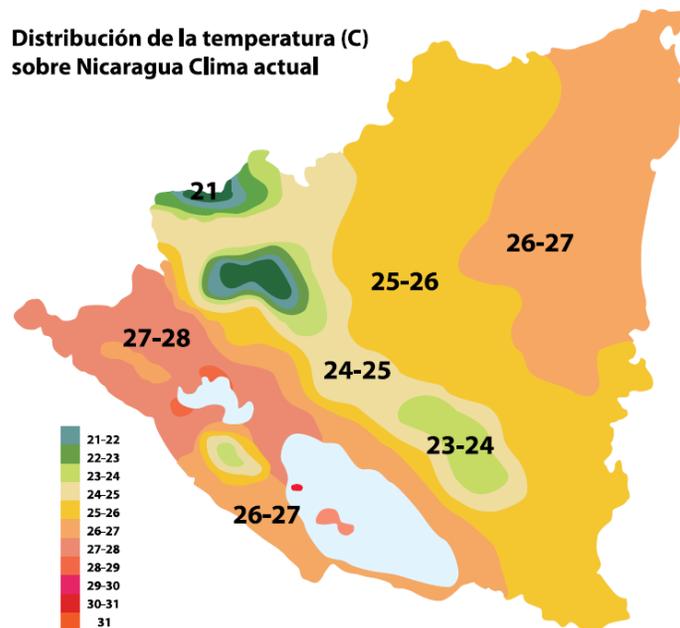


Ilustración 1 Temperatura Actual de Nicaragua

Temperatura estimada para 2100

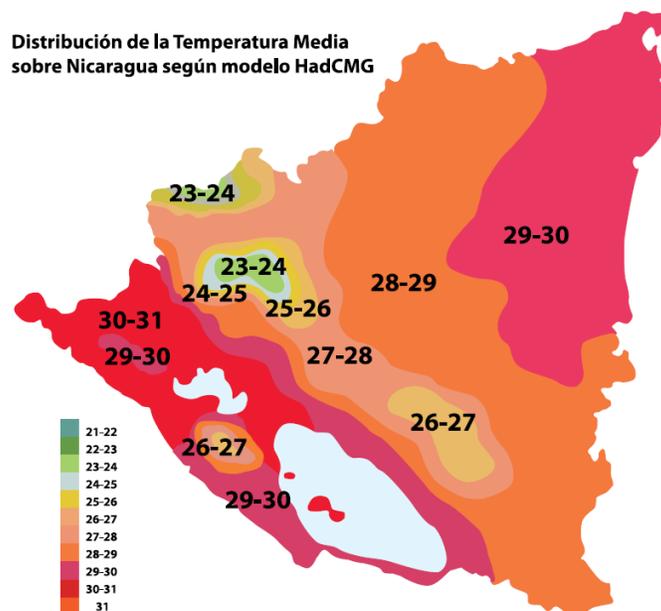


Ilustración 2 Temperatura estimada para el año 2100

1.5.2. Efectos del Cambio Climático

En los últimos años, el planeta tierra ha presentado cambios importantes en la temperatura, los registros indican que ésta se ha incrementado provocando un fenómeno denominado calentamiento global.

El origen del calentamiento global está asociado a una mayor acumulación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), los cuales atrapan una mayor cantidad de la radiación solar, calentando la corteza terrestre e incrementando la temperatura de la tierra.

El efecto más importante que el calentamiento global ha generado sobre nuestro planeta es el cambio climático, cuyas consecuencias han sido en varios de los casos catastróficas. El cambio climático son variaciones de las diferentes condiciones meteorológicas en espacio temporales de años y décadas, tales como: precipitación, temperatura, etc.

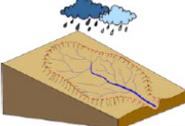
El calentamiento global, también ha coadyuvado a la variabilidad climática de la tierra. La variabilidad climática es una medida del rango en que los elementos climáticos, tales como temperatura o precipitación, varían de un año a otro. De acuerdo a series estadísticas (mensuales o anuales) se estiman los límites máximos y mínimos dentro

de los cuales fluctúan los parámetros climatológicos. Los valores que se presentan fuera de este límite se consideran anómalos.

Como resultado del cambio climático y de la variabilidad climática, fenómenos como las sequías, las inundaciones, deshielos, huracanes, etcétera, han impactado negativamente a la agricultura, los bosques, las playas y a los sistemas de energía y de transporte.

A continuación, se describen a algunos de los fenómenos climáticos que se han presentado frecuentemente:

Descripción de Fenómenos Climáticos.

Pictograma	Fenómeno climático	Descripción del fenómeno climático
	Aumento de la temperatura terrestre	El aumento de la temperatura de la atmósfera se refleja en el calentamiento de los océanos, el incremento del nivel del mar, el derretimiento de los glaciares, el desplazamiento del hielo marino en el Ártico y la disminución de capa de nieve en el hemisferio norte.
	Ciclones tropicales y huracanes	Los conceptos de ciclón tropical, Huracán y Tifón, aunque diferentes, describen el mismo tipo de fenómeno. Un ciclón tropical es un sistema de tormenta no frontal caracterizado por un centro de baja presión, bandas de lluvias en espiral y fuertes vientos.
	Aluviones	Los aluviones corresponden a un tipo de movimiento brusco de tierra mezclado con agua. Se caracterizan por sus flujos rápidos y violentos capaces de arrastrar rocas y otros materiales que descienden por una quebrada o lecho de río.
	Deslizamientos	Un deslizamiento es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud.
	Avenida torrencial	Una avenida torrencial (de un río, arroyo, etc.) es la elevación del nivel de un flujo de agua significativamente mayor que su nivel medio.
	Incendios	Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede afectar o abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos.
	Vendaval	Viento extremadamente fuerte y violento.
	Onda fría	Una onda fría es un periodo prolongado de tiempo excesivamente frío, que puede ser también excesivamente seco, y puede generar lluvias, vientos fuertes, agua nieve, entre otros efectos, que afectan mas las zonas altas.

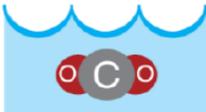
	Aumento de la temperatura y acidificación de los océanos	La acidificación de los océanos implica que éstos han captado una mayor cantidad de CO ₂ , modificando el PH del agua del océano, entre otras variables.
	Lluvias y tormentas intensas	La lluvia es un fenómeno atmosférico de tipo hidrometeorológico que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes. Una tormenta es un fenómeno caracterizado por la coexistencia próxima de dos o más masas de aire de diferentes temperaturas.
	Aumento del nivel del mar	El aumento del nivel del mar se debe a la dilatación térmica (calentamiento del agua) y al deshielo de zonas heladas y glaciares.
	Sequía	La sequía es una anomalía climatológica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de lo habitual de un área geográfica. Esta falta de lluvias durante un periodo prolongado de tiempo produce sequedad en los campos y escasez de agua.
	Olas de calor	Una ola de calor es un periodo prolongado de tiempo excesivamente cálido, que puede ser también excesivamente húmedo.
	Precipitación intensa	La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m ²), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm. La intensidad se define como la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo en un lugar determinado.
	Nevadas, heladas y granizadas	En el ámbito de la meteorología se conoce como nevada/granizada al fenómeno que hace que se precipite nieve/granizo en lugar de lluvia. El tamaño del cristal de hielo define el tipo de precipitación (nevada o granizada). La helada es un fenómeno meteorológico que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congelen.
	Inundaciones	Una inundación se produce cuando una cantidad determinada de agua ocupa un lugar que normalmente se encuentra libre de ésta.
	Marejadas e inundaciones costeras	La marejada es principalmente producto de los vientos (producto de un ciclón) en altura que empujan la superficie oceánica. El viento hace que el agua se eleve por encima del nivel del mar normal.

Ilustración 3 Descripción de los Fenómenos Climáticos

Aunque algunos fenómenos climáticos pudieran ser en realidad una consecuencia directa de otro, por ejemplo, una lluvia intensa puede generar inundaciones, también puede aumentar el caudal en las cuencas hidrológicas generando avenidas torrenciales, así como saturar el suelo y provocar deslizamientos. Sin embargo, se definió separar cada uno de ellos para el presente trabajo a fin de analizar los impactos por separado de cada fenómeno en particular. Es importante mencionar que la lista no es exhaustiva, por lo que se pudieron omitir fenómenos que impactan en menor escala a la infraestructura carretera y no fueron identificados, o cuyo impacto es más significativo para otro sector diferente al de transportes.

1.5.3. Impactos del Cambio Climático a la Infraestructura Vial

Los diferentes fenómenos climáticos y sus consecuencias afectan el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura y los sistemas de transporte. Un clima cambiante plantea preguntas críticas respecto a cómo las alteraciones en la temperatura, las precipitaciones, las tormentas y otros aspectos del clima están afectando los activos carreteros que conforman los sistemas de transporte y que lo seguirán impactando en el futuro.

Para los tomadores de decisiones es importante conocer y evaluar los daños potenciales que estresan los sistemas viales debido al impacto del clima, de esta manera se puede conocer la vulnerabilidad del sistema y los factores inherentes a dicha vulnerabilidad, así como el grado de exposición que tendrá la infraestructura al estar en contacto con las nuevas condiciones climáticas y el riesgo en términos de probabilidad que la infraestructura falle.

Los posibles impactos climáticos permiten describir cómo los efectos del clima pueden afectar el sistema de carreteras a través de su grado de exposición y sensibilidad actual del sistema o de un futuro probable, determinando su vulnerabilidad, su capacidad de adaptación y su criticidad.

Los métodos para determinar los impactos se han basado, principalmente, en la extrapolación de experiencias de otros países. Muchos de los riesgos del cambio climático provienen de una mayor exposición al clima extremo y de la duración del evento en el tiempo.

A continuación, se describen alguno de los efectos del clima que se tienen sobre las carreteras.

Incremento de tormentas y de la precipitación

El aumento de la precipitación suele causar interrupciones en las carreteras principalmente debido a las inundaciones, mientras que las tormentas y los huracanes de forma más repentina y severa dañan la infraestructura carretera.

Algunos de los impactos que se tienen sobre la infraestructura y su operación son los siguientes:

- Interrupciones o retrasos del tránsito por el clima, debido a una precipitación excesiva que obligue a bajar velocidades de operación o detenerse, así como una visibilidad inadecuada de los dispositivos para el control del tránsito, accidentes vehiculares, etc.
- Inundación de las carreteras.
- Deslizamiento y deslaves de material de los taludes y terraplenes por una alta penetración de agua.
- Obras de drenaje insuficiente, debido a un incremento del gasto por precipitaciones excesivas y de larga duración.
- Aumento de la humedad del suelo que pueden poner en riesgo la integridad estructural de los pavimentos, puentes, alcantarillas, etc.
- Incremento de escombros provenientes de taludes, de la vegetación o sedimentos de las escorrentías superficiales debido a su erosión.

Vendavales o vientos fuertes

Las tormentas suelen estar acompañadas de vientos fuertes que provocan daños severos en la infraestructura vial y principalmente para su operación.

Algunos de los impactos de los vientos fuertes:

- Caída de árboles, postes de energía eléctrica y anuncios publicitarios sobre la calzada del camino.
- Inestabilidad de los vehículos sobre las carreteras y los puentes.
- Incremento de la erosión de taludes y terraplenes, provocando acarreo de escombros y basura sobre la superficie de rodamiento.
- Pérdida de señalamiento vertical bajo y elevado en las carreteras, así como el daño a dispositivos para el control de tránsito que requieren suministro eléctrico (tales como los semáforos).
- Daños estructurales a elementos de los puentes.

Alta presencia de agua y su acumulación

Las precipitaciones excesivas y las tormentas traen consigo daños adicionales a la infraestructura, principalmente por la cantidad y el tiempo de acumulación. Algunos efectos adicionales son:

- Cambios en los patrones superficiales de los escurrimientos que requieren reubicación de las obras de drenaje o la implementación de obras adicionales.
- Mayor presencia de agua en la superficie de rodadura, por lo que el bombeo y las alcantarillas resultan insuficientes para desalojar el agua en menor tiempo.
- Inestabilidad de las estructuras por aumento de los flujos de agua.
- El agua estancada puede tener efectos adversos sobre las capas de base de la carretera.
- El aumento de los caudales pico podría afectar las tasas de socavación e influir en el requisito de tamaño para los puentes y alcantarillas, tales como el periodo de retorno.
- Los daños causados por la fuerza del agua y el daño debido a colisiones con desechos.
- Erosión de las terracerías en caminos no pavimentados.
- Inundaciones en pasos a desnivel inferiores y túneles carreteros.

Sequía y déficit de agua

Las condiciones de sequía y falta de agua también provocan impactos a la infraestructura carretera y a su operación. Algunos impactos que se provocan a las carreteras son:

- La falta de agua hará necesario mejoras en los procedimientos constructivos ya que se requerirá el uso de materiales secos para la construcción de las carreteras.
- Disminución de la humedad en la orilla del camino por lo que no se podrá mantener la cubierta vegetal adecuada, generando erosión y deslizamientos de material, provocando además cambios en el paisaje.
- Incremento de la probabilidad de tener incendios forestales, provocando el cierre de carreteras debido a la amenaza de incendio o de visibilidad reducida
- Las áreas deforestadas por los incendios forestales reducen la capacidad de absorción del suelo e incrementan los escurrimientos superficiales impactando las obras de drenaje.

- Degradación de las capas de cimentación por pérdida de humedad.
- Generación de polvo en las sequías en los caminos no pavimentados.
- Mayor presencia de tolveneras que limiten la visibilidad al conductor por los polvos.

Altas temperaturas y olas de calor

El aumento en la frecuencia y severidad de temperaturas extremadamente altas pueden conducir a un deterioro del pavimento y la formación de surcos. Estos impactos suelen ser lentos y se pueden corregir mediante mantenimiento rutinario, por lo que se le dan preferencia a los efectos que producen impactos súbitos a la infraestructura; sin embargo, son efectos del cambio climático que están impactando las carreteras.

Impactos mayores se presentan cuando las altas temperaturas se presentan y la duración de los periodos de mucho calor se prolonga (olas de calor). Las temperaturas extremas y sus variaciones pueden causar daños a la estructura del pavimento, implicando retos importantes de mantenimiento.

Los principales efectos son los siguientes:

- Aumento de la expansión térmica en las juntas de pavimentos de concreto o de puentes, que provocan estrés en la integridad de la estructura.
- Daños en el pavimento, particularmente en la carpeta asfáltica, tales como: surcos, depresiones, canalillos, exudación de asfalto, etc. Los cuales requerirán un mayor mantenimiento correctivo.
- Degradación del asfalto que repercute en su pérdida en plazos más cortos.
- Limitación en las horas de trabajo durante el periodo diurno para la construcción y mantenimiento de carreteras.

En la operación, implicar afectaciones a los vehículos por el sobrecalentamiento y un mayor desgaste de neumáticos.

Los impactos del cambio climático sobre la infraestructura carretera implican mayores costos para el mantenimiento

1.5.4. La Mitigación a los Efectos del Cambio Climático

El cambio climático es irreversible. Incluso aunque consiguiésemos eliminar por completo todas nuestras emisiones de efecto invernadero (un objetivo harto difícil), enseguida se alcanzaría un nuevo equilibrio en el ciclo del carbono, manteniendo estable la concentración atmosférica del CO₂ durante al menos 1.000 años, de modo

que la temperatura se estabilizaría, pero no descendería, mientras que el nivel del mar continuaría aumentando durante siglos (por la inercia en el deshielo de los casquetes polares). Este es precisamente el motivo por el que el CO₂ es el gas más preocupante de los diferentes gases de invernadero que emitimos. En resumen: eliminando la causa (las emisiones de gases de efecto invernadero) puedes detener el calentamiento global, pero no echarlo atrás.

El objetivo de estas medidas de mitigación es frenar el calentamiento, fundamentalmente intentando detener el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera de nuestro planeta.

El cambio climático es un fenómeno de tal magnitud, que por mucho que mitigues siempre va a haber algún impacto, por lo que se considera que hay que tomar medidas tanto de mitigación como de adaptación.

Ejemplos de medidas de adaptación serían, por ejemplo, construir diques defensivos para prevenir inundaciones en zonas inundables, hacer una planificación urbanística que tenga en cuenta los futuros impactos del cambio climático evitando zonas vulnerables, cambiar a variedades y prácticas agrícolas adaptadas al futuro clima, construir presas en lagos glaciares, e incluso la migración sería un mecanismo de adaptación, aunque en el mundo moderno resulte problemática.

En cuanto a las medidas de mitigación, van fundamentalmente dirigidas a reducir la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera planetaria, fundamentalmente reduciendo nuestras emisiones, pero también aumentando los sumideros:

Reducción de emisiones:

- Sustituir la generación de energía basada en la quema de combustibles fósiles por la generación nuclear y renovable. Para facilitar este cambio debe introducirse un fuerte proceso de electrificación, que es donde estas dos fuentes tienen mayor capacidad de penetración (p.ej. más trenes y menos autobuses, coches eléctricos o híbridos, etc.). Actualmente la electricidad es en torno al 20% de la energía que consumimos (así que cuidado con afirmaciones del tipo “las renovables producen el 30% de la electricidad”, porque la electricidad es sólo una pequeña parte de nuestro consumo energético).

Eficiencia carbónica:

- Utilizar los combustibles fósiles que menos emiten: por cada unidad de energía generada, los combustibles fósiles emiten diferentes cantidades de gases de efecto invernadero, siendo el carbón el que más emite, seguido por el petróleo y siendo el gas natural el que menos emisiones tiene, por lo que convendría cambiar hacia el gas (p.ej. en autobuses), aunque las pérdidas asociadas a la extracción del gas han hecho que la efectividad de estas medidas haya sido cuestionada.
- Biocombustibles (combustibles no fósiles): que básicamente consiste en plantar plantas, dejarlas que crezcan (absorbiendo CO₂) y luego quemarlas, de modo que emitamos la misma cantidad de CO₂ que había absorbido la planta (aunque este efecto también ha sido cuestionado con algunos tipos de biocombustibles). En cualquier caso, el problema fundamental de los biocombustibles es que demandan productos que también se utilizan para alimentación (grano, tierra...), y este aumento de la demanda encarece su precio, de modo que se ha visto que pueden encarecer los alimentos, aunque se estudia qué plantar para intentar que sea un tipo de plantaciones que no compita con recursos alimenticios (p.ej. algas en tanques verticales).
- En agricultura hay margen para reducir los fertilizantes nitrogenados (emisiones de N₂O) o las emisiones de metano.

Eficiencia energética:

- En la generación de energía: con técnicas como por ejemplo la cogeneración (en la generación eléctrica aprovechar también el calor generado), el biogás (utilizar el metano que genera la descomposición de la basura orgánica), la combustión de basura, biofiltros que optimizan la oxidación del metano, etc.
- En el consumo de energía: edificios energía cero (aislamiento que reduzca la necesidad de climatización, orientación que reduzca la necesidad de luz artificial...), potenciar medios de transporte colectivos o sin emisiones (bicicleta, zonas peatonales), electrodomésticos y vehículos de bajo consumo y bajas emisiones, reducción de los residuos, reciclaje...
- ¿Captura y almacenamiento del carbono? (publicitado como carbón limpio, en el caso de este combustible): esta idea consistiría en capturar el carbono de la combustión antes de emitirlo a la atmósfera y almacenarlo en formaciones

geológicas profundas, masas oceánicas profundas o minerales carbonatados, pero no se sabe si es tecnológicamente viable (p.ej. puede liberarse) y actualmente es anti-económico. Además de que, al consumir energía en el proceso y, por tanto, emitir CO₂, su efecto es muy escaso (en el mejor de los casos podría reducir 9-18 ppm de CO₂ en un siglo, según el German Advisory Council on Global Change).

Aumento de sumideros:

- Forestación, reforestación y reducción de la deforestación, puesto que las plantas son el principal sumidero terrestre de carbono.
- Uso de cultivos con mayor fijación de carbono orgánico.

Una visión alternativa de las medidas de mitigación ha sido la geoingeniería. Son medidas generalmente caras y con efectos imprevisibles, que se investigan fundamentalmente para casos de emergencia, es decir, por si en algún momento los impactos se vuelven realmente insoportables y estamos dispuestos a asumir riesgos mayores (Shepherd et al 2007, Boucher et al 2009, Vaughan y Lenton 2011). Mientras que las medidas tradicionales de mitigación van dirigidas a reducir nuestro impacto en el clima, la geoingeniería va más bien dirigida a aumentar nuestro efecto en el clima, pero buscando un efecto de signo contrario. El informe de la academia de ciencias británica (probablemente el más exhaustivo sobre el tema) divide estas técnicas en dos grupos:

- Gestión de la Radiación Solar: la idea es aumentar el albedo terrestre, esto es, que aumenten las superficies de color claro en el planeta, para que mayor radiación solar sea reflejada al espacio reduciéndose así la cantidad de radiación solar que entra en el sistema climático (ver apartado 2.1 climatología planetaria en el anterior artículo). Ninguna de estas medidas afrontaría el problema de la acidificación oceánica (puesto que esta no viene dada por la temperatura, sino que es una reacción química asociada al aumento de CO₂ en la atmósfera). En este sentido se ha propuesto la inyección mediante cañones de aerosoles de sulfato en la estratosfera, simulando una gran actividad volcánica. Esto tendría varios efectos indeseados, como la destrucción del ozono de la estratosfera que nos protege de la radiación ultravioleta, alteración del régimen de monzones, no permite enfrentar el cambio en las precipitaciones a la vez que el de la temperatura, y al ser sus efectos de corta duración (los aerosoles precipitan en un par de años) habría que estar inyectando aerosoles constantemente y para siempre (si hubiera que pararlo por alguna emergencia

(efectos indeseados, guerra, crisis económica...) la velocidad de calentamiento dejaría por los suelos el cambio climático más radical que podamos imaginar) (sobre esta concreta técnica, ver por ejemplo Robock et al 2008 o Jones et al 2010). Otras técnicas propuestas para controlar la radiación solar entrante serían aerosoles reflectivos en la troposfera, sombrillas o espejos en órbita sobre el planeta, aumentar el albedo en superficie (pintando los tejados de blanco, intentando aumentar la reflectividad del mar), si bien estas otras técnicas tendrían un menor impacto.

- Eliminación del CO₂ de la atmósfera: estas técnicas tendrían menor riesgo, pero son mucho más lentas. Sería por ejemplo utilización biocombustibles con captura y almacenamiento del CO₂ (cuyas incertidumbres hemos comentado antes), fertilizar los océanos con hierro para que aumente el fitoplancton y se absorba más CO₂ (que ya se ha visto que no es muy efectivo y que da otros problemas) o agregar biochar (carbón vegetal) al suelo en los cultivos (captura CO₂, si bien reduce el rendimiento).

1.5.5. La Adaptación a los Efectos del Cambio Climático

Adaptación es un concepto que se entiende como la acción y el efecto de adaptar o adaptarse, un verbo que hace referencia a la acomodación o ajuste de algo respecto a otra situación.

Los sistemas naturales y humanos tienen la capacidad de hacer frente a diversos factores que los impacten, pero no siempre se pueden ajustar y revertir los efectos negativos, por lo que requieren adaptarse para moderar el daño que el cambio climático actual y sus efectos les provocan y les continuarán afectando en el futuro.

En el caso de un organismo vivo, se refiere a que éste ha podido acomodarse a las nuevas condiciones de su entorno, en el caso de los seres humanos se produce cuando el individuo se habitúa a múltiples circunstancias y condiciones.

Las personas y sus sociedades, a lo largo de la historia, se han ajustado para hacer frente a las condiciones climáticas en mayor o menor grado, esta respuesta de adaptación permitió que los pequeños asentamientos se convirtieran en grandes ciudades. Sin embargo, el cambio climático plantea nuevos riesgos que frecuentemente están fuera del rango de la experiencia histórica, estos incluyen: aumentos en las temperaturas y niveles medios del mar; cambios en los patrones de precipitación; derretimiento de glaciares y el permafrost; cambios en la intensidad y/o

frecuencia de condiciones climáticas extremas, tales como sequías, olas de calor, inundaciones y huracanes.

La adaptación consiste en acciones deliberadas emprendidas para reducir las consecuencias adversas, así como aprovechar cualquier oportunidad beneficiosa.

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2008 (OCDE, por sus siglas en inglés), el proceso de adaptación al clima y al cambio climático es complejo y multifacético. Como tal, es muy difícil hacer una adaptación analítica y justa. Una serie de tipologías se han desarrollado para clasificar las acciones de adaptación. Por ejemplo, las medidas de adaptación se han clasificado de acuerdo con: tiempo (anticipada vs. reactiva); alcance (local vs. regional; corto plazo vs. largo plazo); propósito (autónomo vs. planeado; adaptación activa o pasiva); y agente de adaptación (sistemas naturales vs. humanos; individuos vs. colectivos; privados vs. públicos).

Dentro de todos estos marcos, las medidas de adaptación deberán adoptar dos formas generales: acciones relacionadas con la planificación y construcción de nueva infraestructura y, en segundo lugar, la adaptación y la "protección climática" de los sistemas existentes (Cochran, 2009).

La mayoría de los trabajos de la adaptación se han restringido a la identificación de impactos, a evaluar la vulnerabilidad y a la planificación de la adaptación, pero muy pocos se han realizado para evaluar los procesos de aplicación o los efectos de las medidas de adaptación.

Puede haber varios tipos de adaptación:

Adaptación anticipada. Adaptación que se produce antes de que se observen los impactos del cambio climático. También es referida como adaptación proactiva.

Adaptación autónoma. Adaptación que no constituye una respuesta consciente a los estímulos climáticos, sino que es provocada por cambios ecológicos en los sistemas naturales y por cambios en el mercado o bienestar de los sistemas humanos.

Adaptación prevista. Adaptación que es el resultado de una decisión política deliberada, basada en la conciencia de que las condiciones han cambiado o están a punto de cambiar y que la acción es necesaria para regresar, mantener o alcanzar un estado deseado.

En la actualidad se han implementado acciones de ingeniería o tecnológicas como respuestas de adaptación y, en ocasiones, están integradas a la gestión de desastres y gestión del agua.

Por otra parte, las acciones de adaptación adoptadas hacen hincapié en los beneficios incrementales, particularmente encaminados a aumentar la resiliencia de la infraestructura.

1.6. Diseño Metodológico

1.6.1. Herramientas e Instrumentos Específicos

Para cada objetivo específico se definirán herramientas e instrumentos específicos relacionados a los trabajos de los cursos de la Especialidad e inferidos de la literatura especializada.

Objetivos Específicos	Herramientas e instrumentos específicos a utilizar
Describir el Proyecto del Tramo de Carretera de Circunvalación de Masaya durante el Ciclo de Vida del Proyecto.	Estudios de Ingeniería y diseño final investigación documental, Aforos vehiculares, inspecciones,
Definir la Línea Base Ambiental del Área de Influencia del Proyecto.	Visita de campo, inspecciones visuales, investigación documental
Evaluar el Riesgo del área de influencia del Proyecto aplicando herramientas y metodologías específicas	Visita de campo, inspecciones visuales, investigación documental, histograma de evaluación de emplazamiento...
Proponer las medidas u obras, destinadas a la prevención, mitigación, corrección y/o compensación de los impactos generados por el cambio climático en los puntos críticos de la carretera con mayor riesgo en el área de influencia del proyecto.	Levantamientos topográficos, investigación documental

Tabla 1 - Herramientas e instrumentos

1.6.2. Cuadro de Certitud Metódica

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	INFORMACIÓN		HERRAMIENTAS / MÉTODOS	INTERPRETACIÓN	RESULTADOS	
		UNIDADES DE ANÁLISIS	VARIABLES			PARCIALES	FINAL
Realizar una Propuesta de Medidas para la Reducción de la Vulnerabilidad, producto de los efectos del Cambio Climático, en el área de influencia del proyecto vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.	Describir el Proyecto del Tramo de Carretera de Circunvalación de Masaya durante el Ciclo de Vida del Proyecto.	Planificación del Proyecto	Estudios de Suelo, hidrológico, topográfico, estructural	Estudios de Ingeniería y diseño, investigación documental	Documento o informe final. Planos constructivos.	Conocimiento del estado actual del proyecto en funcionamiento	Propuesta de Medidas para la Reducción de la Vulnerabilidad, producto de los efectos del Cambio Climático, en el área de influencia del proyecto vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.
		Funcionamiento del proyecto	Mantenimiento, TPDA	Aforos vehiculares, inspecciones,	Programa de mantenimiento,		
	Definir la Línea Base Ambiental del Área de Influencia del Proyecto.	Medio biótico	Flora y fauna	Visita de campo, inspecciones visuales, investigación documental	Diagnóstico del estado actual del medio ambiente del área de influencia	Estado actual de los componentes ambientales	
		Medio Abiótico	Geología, suelos, clima, calidad del aire, hidrología,	Visita de campo, inspecciones visuales, investigación documental			
		Medio socioeconómico	Población. Educación, actividades económicas, infraestructura.	Visita de campo, inspecciones visuales, investigación documental			
Evaluar el Riesgo del área de influencia del Proyecto aplicando herramientas y metodologías específicas	Amenazas naturales y antropogénicas	Vulcanismo, deslizamiento, inundaciones, incendio deforestación sequias	Visita de campo, inspecciones visuales, investigación documental, histograma de evaluación de emplazamiento,	Mapas, informe de riesgo del área de influencia,	Determinación de puntos críticos sometidos al riesgo.		

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	INFORMACIÓN		HERRAMIENTAS / MÉTODOS	INTERPRETACIÓN	RESULTADOS	
		UNIDADES DE ANÁLISIS	VARIABLES			PARCIALES	FINAL
				histograma de evaluación de Vulnerabilidad.			
	Proponer las medidas u obras, destinadas a la prevención, mitigación, corrección y/o compensación de los impactos generados por el cambio climático en los puntos críticos de la carretera con mayor riesgo en el área de influencia del proyecto.	Puntos críticos, los sectores en riesgo de la carretera,	Precipitaciones, caudales de diseños, tipos de estructuras.	Levantamientos topográficos, investigación documental, Inspecciones visuales	Mapas, secciones, perfiles, cuadros grafico-descriptivos de medidas	Conjunto de medidas de mitigación y adaptación	

Tabla 2- Cuadro de Certitud Metódica

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Masaya por su ubicación, es una ciudad de tránsito de una de las rutas internacionales del País, por donde gran porcentaje de los vehículos pesados del transporte internacional tiene que cruzar. De tal manera que la vía de Masaya es un punto estratégico para el corredor de tránsito del comercio a nivel regional.

Se rehabilitó la Carretera Managua - Masaya - Granada con el objeto de promover el desarrollo de la comunicación vial en el sector y mejorar el intercambio comercial, industrial y turístico.

El Proyecto Circunvalación de Masaya da inicio a la altura del kilómetro 27.4 de la carretera NIC-4 y finaliza a la altura del kilómetro 33.20 con una longitud de 6.5 kilómetros, el tramo presenta una topografía que va de ondulado a plano. El proyecto propone desviar el tráfico de tránsito por la zona urbana de Masaya de forma que este corredor sirva de circunvalación por la ciudad, que permitirá un ahorro de tiempo de viaje para el transporte.

Este proyecto permite mejorar la eficiencia del transporte terrestre, a fin de agilizar la actividad económica y el bienestar de la población aledaña, así como el aseguramiento del tránsito y la potencialización del comercio nacional e internacional de nuestro país creando un corredor de circulación para el tráfico pesado.

Las obras que se construyen para la red vial afectan directamente la evolución de los sistemas naturales y el entorno ecológico por donde pasan, en la ejecución de estos proyectos se requiere de un estudio detallado de los parámetros ambientales, para evitar, corregir y mitigar los impactos negativos al ambiente que son afectados directamente en cada punto del sistema natural y el aspecto social del entorno. El impacto significativo provocado al ambiente se realiza durante la fase de construcción inicial y la puesta en marcha del proyecto, el efecto se evalúa requiriendo de medidas ambientales para prevenir y corregir estos impactos a realizarse durante su ejecución y operación.

2.1. Objetivos del Proyecto

El objetivo principal es mejorar la eficiencia del sistema de transporte vial nacional. Como consecuencia de lo anterior, los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- Proyectar una vía alterna al tramo: Empalme Coyotepe – Rotonda Las Flores, con el concepto de Troncal Suburbana, es decir con alta movilidad vehicular.
- Mejorar el servicio de la Carretera Managua – Masaya – Granada, al desviar gran parte de su tráfico a la nueva vía.
- Ahorros en los costos de operación vehicular de los usuarios, beneficiándose directamente.

2.2. Descripción del Proyecto:

El proyecto de la Carretera de Circunvalación de Masaya tiene una longitud de 6.7 kilómetros, cuenta con una capa de rodamiento en concreto hidráulico. además de obras de drenaje, 4 rotondas y 9 intersecciones.

El tramo de circunvalación Masaya se desarrolla entre los Km 27 y 34 de la carretera NIC-4. Actualmente es un camino de tierra de 6.7 Km de longitud, con un derecho de vía de 30 m de ancho. La carretera se desarrolla en zona plana y ondulada, con alturas entre 180 a 225 m.s.n.m. El clima es subtropical con una temperatura media anual de 27°C. La precipitación anual oscila entre 1200 y 1400 mm.

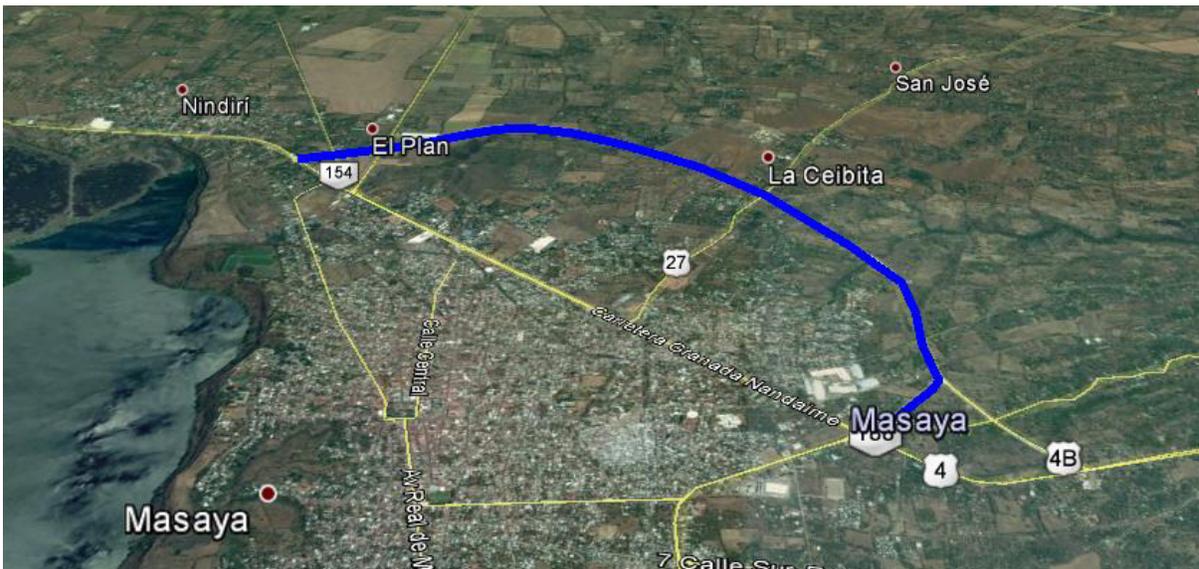


Ilustración 4 Tramo de Carretera de Circunvalación Masaya

El tramo tiene además contemplado 18 obras de drenaje, 5 rotondas y 5 cajas puentes. La circunvalación inicia y finaliza en una rotonda, seguida de otra a 600 metros en la

Micro localización del Proyecto

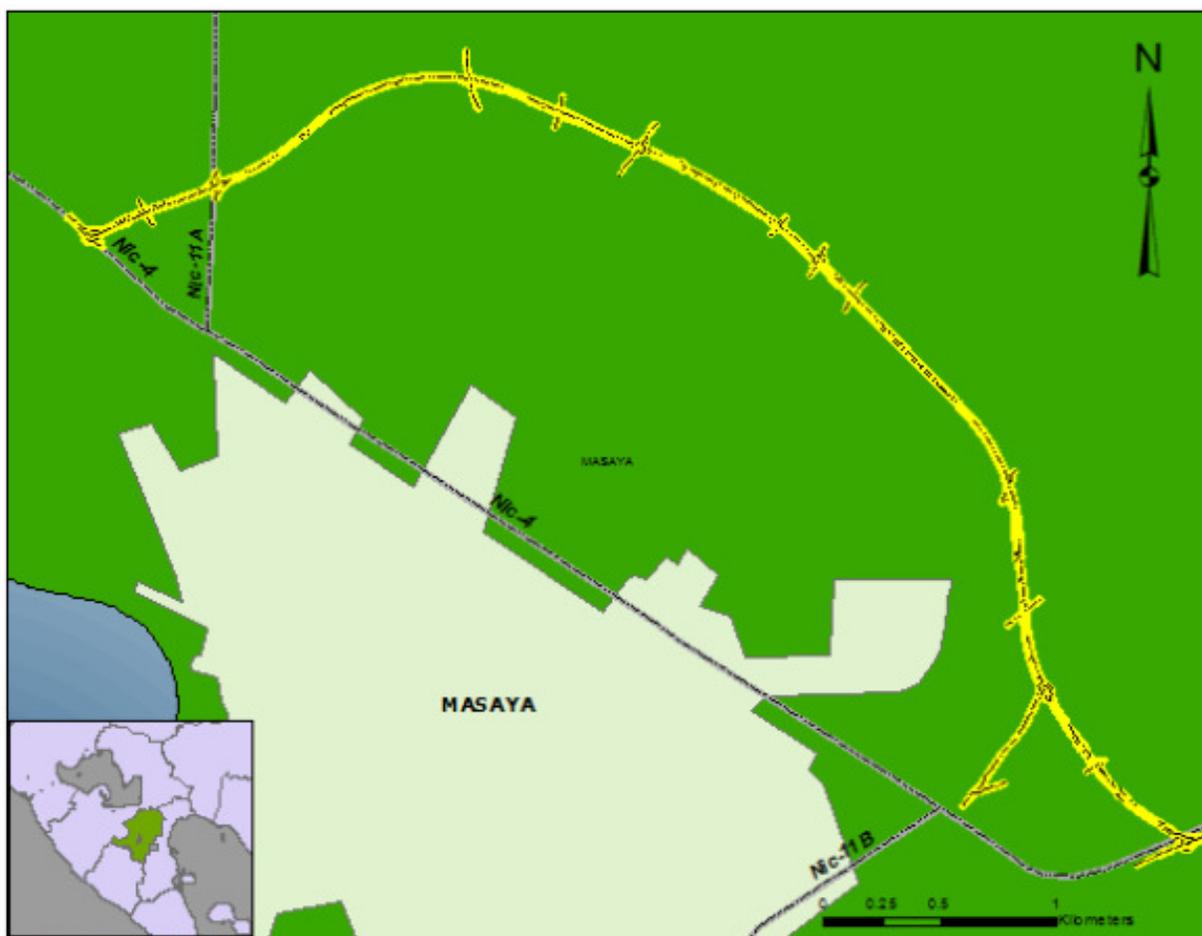


Ilustración 6 Micro Localizacion del Proyecto

La Circunvalación forma parte de la carretera Managua - Masaya. Se encuentra ubicada en la parte sub-urbana de la ciudad de Masaya.

El proyecto inicia propiamente en el kilómetro 27.2 y finalizando en el kilómetro 32.9, de la carretera Managua - Masaya - Granada, con las siguientes coordenadas: Punto de inicio N 11° 59'50.35" latitud norte y W 86° 06'32.06" longitud oeste y se extiende hasta el punto final con las coordenadas N 11° 58'24.69" latitud norte y W 86° 03'57.65" longitud oeste.

La Circunvalación tiene 6.58 kms de longitud aproximadamente.

Entre los beneficiarios de la ejecución de este proyecto, están las personas que viven en la ciudad de Masaya y a lo largo de la carretera; así mismo el tráfico nacional e internacional que prestan el servicio de transporte (traslado de mercancía y pasajeros).

Con la construcción de la carretera (Circunvalación) es probable que aumente el número de personas que viajan y / o transitan diariamente por la vía actual. Se estima también que se aumentará el flujo vehicular, por volverse atractiva y cómoda, debido al des congestionamiento que sufrirá la carretera actual.

2.4. Antecedentes del Proyecto

La carretera Managua – Masaya –Granada ha sido históricamente una de las principales vías de comunicación de Nicaragua. Fue dotada de las características geométricas actuales a partir de 1952 cuando se inició su construcción con financiación del Banco Iberoamericano. En 1974 la Dirección General de Caminos del Ministerio de Obras Públicas de la República de Nicaragua contrató al consorcio Esprinsa – Johanson, Consultores Asociados, el estudio de una nueva ruta y ampliación de la existente, estudio que tuvo su continuidad en el año de 1993 con la firma del Programa de Cooperación Nicaragua – Japón.

En el marco de este programa, se llevó a cabo el “Estudio sobre Mejoramiento y Rehabilitación de Carreteras en la República de Nicaragua”, que incluía el estudio de factibilidad de la carretera Managua –Masaya – Granada.

El Huracán Mitch a finales de Octubre de 1998, provocó serios daños a la infraestructura de carreteras del país. El Gobierno de España a través del crédito Mitch, otorgó financiación a la República de Nicaragua para ejecutar una serie de obras, entre la cuales se encontraba la ejecución del “Desdoblamiento de la carretera Managua – Masaya – Granada”, comenzando su construcción en noviembre de 2003.

Dada la dificultad de mantener la sección tipo de Proyecto en la travesía de Masaya debido al gran número de servicios afectados y de expropiaciones a realizar, así como la posibilidad de lograr un paso más fluido de los vehículos, se consideró rodear el núcleo urbano.

Esta posibilidad se ha materializado en el presente proyecto de circunvalación (*bypass*). La circunvalación permite asimismo la introducción de un trazado de autovía moderno y rápido con un doble objetivo:

- Reducir el tiempo de paso de los vehículos en viaje, al evitar el paso por Masaya.

- Permitir a todo el transporte pesado procedente de la carretera Panamericana continuar camino sin atravesar la ciudad, con las consiguientes ventajas para los transportistas y para la población, al verse liberada de tráfico pesado.

Esta nueva propuesta además de ser un nuevo elemento integrador de la ciudad, permite aumentar las prestaciones de la carretera Masaya y da una nueva dimensión a la regeneración urbana de la vía principal de Masaya.

Se está consiguiendo por tanto el desarrollo urbanístico de Masaya al transformar un elemento que restringe el crecimiento de la ciudad (carretera Managua – Masaya – Granada) en uno que lo articula (nueva calle principal de Masaya) y que puede ser el pulmón del nuevo plan urbanístico de la ciudad.

2.5. Análisis de Tráfico y Proyecciones

2.5.1. Información Existente

Los principales corredores viales del país, han experimentado desde la década de los noventas un crecimiento en el flujo vehicular, el cual ha sido cuantificado durante años por la red nacional de Estaciones Permanentes de Conteos del Sistema de Administración de Pavimentos – SAP, de la División General de Planificación - DGP del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), las que se encuentran localizadas en los dieciséis corredores viales principales de la red vial primaria.

Se estima que el crecimiento vehicular en las carreteras de Nicaragua, se incremente aún más; producto de la implementación del Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos (DR – CAFTA), así como otras iniciativas de cooperación económica como el ALBA auspiciado por el Gobierno de la República de Venezuela, el impulso que el Gobierno Central da al Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH), como modelo y eje del desarrollo sostenible de la economía nacional y la próxima implementación de los tratados de Libre Comercio TLC’s con otros países como China Taiwán y la Unión Europea, y la puesta en marcha del Plan Puebla Panamá, entre los países del Istmo de Centroamérica y México.

El proyecto en estudio, si bien es cierto no posee una demanda actualmente, ésta se ha tratado de definir en base al flujo vehicular de dos tramos que alimentan al paso del punto sub-urbano de la ciudad de Masaya (Masaya – Las Flores).

2.5.2. Definición del Tráfico

Para la definición del tráfico que hará uso del proyecto se ha hecho el siguiente análisis, el cual se ha basado en los registros de los últimos años de dos tramos aledaños a la carretera Masaya – Las Flores y que la Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimento tiene registrada, así como los datos definidos por el Diseñador.

Estos tramos son: 1) Empalme Ticuantepe – Masaya y 2) Empalme Coyote – Empalme Zambrano.

1) TPDA Empalme Ticuantepe – Masaya

AÑO	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Total (vph)
	Moto	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mbus>15P	Bus	Liv C2	C2	C3	C2R2	C2R3	T3S2	T3S3	T2S2	
2010	1000	3802	1419	2569	1083	346	500	733	207	58	0	0	191	0	0	11,908
2012	1061	4035	1506	2727	1150	368	531	778	221	62	0	0	203	0	0	12,642

Tabla 3 TPDA Empalme Ticuantepe – Masaya

2) TPDA Empalme El Coyotepe – Empalme Zambrano

Año	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Total (vph)
	Moto	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mbus >15P	Bus	Liv C2	C2	C3	C2R 2	C2R 3	T3S 2	T3S 3	T2S2	
2010	346	778	300	774	137	39	113	311	363	30	0	0	379	0	0	3,570
2012	368	827	319	822	147	43	121	331	386	32	0	0	403	0	0	3,799

Tabla 4 TPDA Empalme El Coyotepe – Empalme Zambrano

Total, TPDA Suma tramos 1 + 2

Grupo	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga								Total (vph)
	Moto	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mbus >15P	Bus	Liv C2	C2	C3	C2R 2	C2R 3	T3S 2	T3S 3	T2S2	
2012	1429	4862	1825	3549	1297	411	652	1109	607	94	0	0	606	0	0	16,441

Tabla 5 Total, TPDA Suma tramos 1 + 2

Se ha considerado que sobre la carretera Masaya – Las Flores, en la actualidad transitan un total de 16,441 vehículos aproximadamente. Los cuales resultan de la suma de los tramos 1 y 2.

Ante la necesidad de definir cuál será el tráfico que se desviará hacia la Circunvalación y cuál será el tráfico que se quedará haciendo uso de la vía actual, y al no contar una encuesta Origen / Destino que no ayudaría a resolver el problema antes planteado, se han usados los siguientes supuestos:

- Se ha considerado la dirección del flujo vehicular es de norte a sur.
- Se ha clasificado el tráfico en vehículos livianos, de pasajeros y de carga.
- Que los vehículos de carga (camiones pesados) usarán la Circunvalación (Proyecto), con lo que se evitará pasar por la parte sub-urbana de la ciudad de Masaya de aproximadamente 5.7 kms. de longitud. Estimándose un porcentaje de un 80% de los vehículos que pasan sobre la vía y van más allá de la ciudad, y el otro 20% se estima que van a la ciudad de Masaya.
- Que la mitad de los vehículos livianos (motos, carros, jeep, camioneta y liviano de carga, se desviarán por el proyecto y el otro 50% se quedará haciendo uso de la vía actual.
- Que únicamente el 10% de los vehículos de pasajeros será atraído hacia el proyecto y el 90% se quedará sobre la vía actual.

Con estos criterios se ha llegado a los siguientes tráficos; uno el que hará uso de la nueva vía (Circunvalación) y el otro, el que se quedará haciendo uso de la vía actual o pasando por la parte sub-urbana de la ciudad de Masaya.

TPDA de la Circunvalación

Año	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Total (vph)	
	Moto	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mbus >15P	Bus	Liv C2	C2	C3	C2R 2	C2R 3	T3S 2	T3S 3		T2S2
2012	715	2431	913	1775	130	41	65	887	486	76			485			8,003

Tabla 6 TPDA de la Circunvalación

TPDA de Masaya – Las Flores

Año	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga							Total (vph)	
	Moto	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mbus >15P	Bus	Liv C2	C2	C3	C2R 2	C2R 3	T3S 2	T3S 3		T2S2
2012	714	2431	912	1774	1167	370	587	222	121	19			121			8,438

Tabla 7 TPDA de Masaya – Las Flores

El tráfico del año 2010, son cifras definidas por la Oficinas de Diagnóstico y Evaluación de Pavimento, a través de conteos realizados en cada tramo. Luego el Diseñador hizo una proyección al año 2012 para todos los tipos de vehículos.

2.5.3. Tasa de crecimiento

Los Volúmenes de Tráfico, las tasas de crecimiento, su comportamiento y composición, son los elementos de suma importancia que definen las características geométricas y estructurales con que se realizará el Diseño de la nueva carretera.

Para proyectar el tráfico definido a 20 años, se tomaron en cuenta las Tasas de Crecimiento de las dos estaciones de Mayor Cobertura que tienen incidencia en los tramos en estudio la 401: Masaya – Granada y 107: Sébaco – San Isidro, encontrándonos que ambas estaciones poseen datos de tasas de crecimiento del año 2010 con respecto al 2008, para lo cual se realizó un promedio obteniendo un valor de 4.9% que es con la que inicia la proyección del tráfico, a partir del año 2012, hasta los primeros 5 años, posteriormente disminuye, ya que no hay que olvidar que la ciudad de Masaya es considerada como un centro turístico, por lo cual se vuelve un centro de atracción y los usuarios no evitarán transitar por la ciudad.

En la evaluación económica del tramo, se han tomado las siguientes tasas, las que han sido usadas cada cinco años. Esto es únicamente para el tráfico normal, considerándose de esta manera que para el tiempo del proyecto las tasas de crecimiento estarán estabilizándose.

Tasas de Proyección para el Período 2012 – 2032

Años	Tasas de Crecimiento
2013 – 2017	4.9%
2018 – 2022	4.5%
2023 – 2027	4.0%
2028 – 2032	3.5%

Tabla 8 Tasas de Proyección para el Período 2012 – 2032

2.5.4. Tráfico Normal

El tráfico normal usado en la evaluación, se presenta en el cuadro siguiente y corresponde al año 2012.

TPDA 2012 CIRCUNVALACION Masaya

TPDA	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga						Total (vph)	
		Auto	Jeep	Cta	Mbus	Mbus> 15P	Bus	Liv C2	C2	C3	CR4	T3S 2	T3S3		T2S2
		715	2431	913	1775	130	41	65	887	486	75		485		

Tabla 9 TPDA 2012 CIRCUNVALACION Masaya

TPDA 2012 Masaya – Las Flores

TPDA	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga						Total (vph)	
		Auto	Jeep	Cta	Mbus	Mbus> 15P	Bus	Liv C2	C2	C3	CR4	T3S 2	T3S3		T2S2
		1429	4862	1825	3549	1297	411	652	1109	607	94		606		

Tabla 10 TPDA 2012 Masaya – Las Flores

2.5.5. Tráfico Generado

En la presente evaluación no se ha evaluado el tráfico que se va a generar una vez entre en operación el desvío o Circunvalación.

Como se trata de una construcción nueva, el HDM-4 no permite en sus criterios la integración de este rubro en la evaluación económica.

La producción industrial de las zonas franca no se vería incrementada por la construcción de la circunvalación, simplemente se desviaría hacia ella, de ser necesario o conveniencia de las mismas.

2.5.6. Proyección del Tráfico

Una vez definidos el tráfico normal y las tasas de crecimiento, se hizo la proyección a 20 años con la ayuda del software HDM – 4. Los resultados se presentan a continuación.

Para la evaluación se definió el siguiente esquema de operación: Uno año de construcción, 2013; comenzando en año 2014 a operar.

Resumen de Proyecciones del TPDA de los tramos

AÑO	Circunvalación	Masaya – Las Flores
2013		16,502
2014	8,807	7,756
2019	11,144	7,901
2024	13,820	8,048
2029	16,734	8,198
2032	18,553	8,289

Tabla 11 Resumen de Proyecciones del TPDA de los tramos

2.6. Diseño de Pavimento

El proyecto consiste en la construcción de la Circunvalación de dos carriles, la cual va a permitir que circule el tráfico pesado de carga pase por ésta, descongestionando el tráfico que hace uso del tramo Masaya – Las Flores.

Para el diseño estructural del pavimento, se utilizó el Software Pavement Interactive, fundamentado en el método AASHTO-93. Se utilizó la información de campo obtenida durante las etapas de estudios geotécnicos y el estudio de tráfico y sus proyecciones. Cabe aclarar que el Método de diseño AASHTO presenta rangos de valores para algunas de las variables de cálculo, con valores recomendados en base a ciertas condiciones técnico-económicas que responden a una realidad diferente a la existente en los países de Latinoamérica. Es por eso que, en el desarrollo del cálculo, se han introducido algunos criterios diferentes para la selección de dichas variables, que están basados en la experiencia del consultor en la aplicación de este método de diseño, en países de la región.

1993 AASHTO Empirical Equation for Rigid Pavements

Type in data in the grey boxes and click the calculate button to see the output. To make additional calculations, change the desired input data and click the calculate button again. Click on the text descriptions of the input or output variables for more information.

INPUT	OUTPUT
<p>1. Loading Total Design ESALs (W_{18}): <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>2. Reliability Reliability Level in percent (R): <input style="width: 50px;" type="text" value="50"/> Combined Standard Error (S_e): <input style="width: 50px;" type="text" value="0.4"/></p> <p>3. Serviceability Initial Serviceability Index (p_i): <input style="width: 50px;" type="text" value="4.5"/> Terminal Serviceability Index (p_f): <input style="width: 50px;" type="text" value="3"/></p> <p>4. Portland Cement Concrete Parameters Elastic Modulus (E_c) in psi: <input style="width: 100px;" type="text" value="4000000"/> Modulus of Rupture (S'_c) in psi: <input style="width: 50px;" type="text" value="700"/></p> <p>5. Other Design Parameters Drainage Factor (C_d): <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/> Load Transfer Coefficient (J): <input style="width: 50px;" type="text" value="3.2"/> Mod. of Subgrade Reaction (k) in pci: <input style="width: 50px;" type="text" value="200"/></p>	<p>1. Calculation Parameters Standard Normal Deviate (z_a): <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/> ΔPSI: <input style="width: 50px;" type="text"/> Calculated Slab Thickness (inches): <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>2. Slab Thickness (to the nearest 1/2 inch) Design Slab Thickness (inches): <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Comments <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div></p>
<input style="width: 150px; height: 20px;" type="button" value="Calculate"/>	

Ilustración 7 Software Pavement Interactive

2.6.1. Cálculo de ESAL para Estructura de Pavimento

En el diseño de pavimentos, un elemento básico y fundamental es la estimación de la carga de tráfico en términos de ESAL, que un pavimento deberá soportar en su vida de diseño. El ESAL de diseño es la suma del valor de las cargas de tráfico acumuladas en un determinado lugar.

Dicho valor representa una corriente mezclada del tráfico de diversas cargas por ejes y de las predicciones de las configuraciones de los ejes para un período de diseño o de análisis, las que después son convertidas en un número equivalente de ESAL, y luego sumados o acumulados para ese período.

Realizando los cálculos correspondientes, el número de ejes equivalentes acumulados para vehículos resulta:

Total, de ESALs Acumulados	
PAVIMENTO	EJES ACUMULADOS (1x10⁶ ESALs)
RIGIDO	27.11

Tabla 12 Total, de ESALs Acumulados

La base de datos sobre el tráfico es la siguiente:

VEHICULO	TIPO DE EJE		CARGADO AL 100%					CARGADO AL 50%				
			PESO (Ton.)	Ton.	Kips.	F.E.C	FACTOR CAMION	PESO (Ton.)	Ton.	Kips.	F.E.C	FACTOR CAMION
Mini Bus	SENCILLO	1	6.00	2.00	4.48	0.00	0.05	4.20	1.40	3.14	0.00	0.01
Mini Bus	SENCILLO	1		4.00	8.96	0.05			2.80	6.27	0.01	
Bus	SENCILLO	1	12.00	5.00	11.20	0.13	0.69	7.75	3.08	6.91	0.02	0.12
Bus	SENCILLO	1		7.00	15.68	0.55			4.67	10.45	0.10	
C2-LIV	SENCILLO	1	13.00	5.00	11.20	0.13	1.11	8.50	3.27	7.32	0.02	0.18
C2-LIV	SENCILLO	1		8.00	17.92	0.98			5.23	11.72	0.16	
C2	SENCILLO	1	15.00	5.00	11.20	0.13	2.67	9.60	3.20	7.17	0.02	0.40
C2	SENCILLO	1		10.00	22.40	2.54			6.40	14.34	0.38	
C3	SENCILLO	1	21.50	5.00	11.20	0.13	2.86	14.75	3.43	7.68	0.03	0.59
C3	TANDEM	2		16.50	36.96	2.73			11.32	25.36	0.56	
T3-S2	SENCILLO	1	37.00	5.00	11.20	0.13	4.94	25.50	3.45	7.72	0.03	1.03
T3-S2	TANDEM	2		16.00	35.84	2.40			11.03	24.70	0.50	
T3-S2	TANDEM	2		16.00	35.84	2.40			11.03	24.70	0.50	

VEHICULO	TIPO DE EJE	VACIO					CARGADO AL 107%					F.C. FINAL
		PESO (Ton.)	Ton.	Kips.	F.E.C	FACTOR CAMION	PESO (Ton.)	Ton.	Kips.	F.E.C	FACTOR CAMION	
Mini Bus	SENCILLO	2.40	0.80	1.79	0.00	0.00	6.25	2.08	4.67	0.00	0.07	0.05
Mini Bus	SENCILLO		1.60	3.58	0.00			4.17	9.34	0.06		
Bus	SENCILLO	3.50	1.17	2.61	0.00	0.01	12.60	5.27	11.80	0.16	0.84	0.58
Bus	SENCILLO		2.33	5.23	0.01			7.33	16.41	0.67		
C2-LIV	SENCILLO	4.00	1.54	3.45	0.00	0.01	13.63	5.24	11.74	0.16	1.36	0.94
C2-LIV	SENCILLO		2.46	5.51	0.01			8.39	18.79	1.20		
C2	SENCILLO	4.20	1.40	3.14	0.00	0.01	15.76	5.25	11.76	0.16	3.29	2.26
C2	SENCILLO		2.80	6.27	0.01			10.50	23.53	3.13		
C3	SENCILLO	8.00	1.86	4.17	0.00	0.05	22.45	5.22	11.69	0.16	3.43	2.45
C3	TANDEM		6.14	13.75	0.04			17.23	38.58	3.27		
T3-S2	SENCILLO	14.00	1.89	4.24	0.00	0.09	38.61	5.22	11.69	0.16	5.90	4.22
T3-S2	TANDEM		6.05	13.56	0.04			16.70	37.40	2.87		
T3-S2	TANDEM		6.05	13.56	0.04			16.70	37.40	2.87		

Tabla 13 base de datos sobre el tráfico

2.7. Diseño de Espesores

2.7.1. Generalidades del Diseño

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en ensayos a escala real realizados durante 2 años en el Estado de Illinois. A partir de la versión del año 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original. Los modelos matemáticos respectivos también requieren de una calibración para las condiciones locales del área donde se pretenden aplicar.

Ecuación AASHTO-93

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_s) \times \log_{10} \left[\frac{(S'_c)(C_d)(D^{0.75} - 1.132)}{215.63(J) \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right)} \right]$$

Ilustración 8 Ecuación AASHTO-93

A continuación, se describe brevemente cada uno de los factores o parámetros necesarios para el diseño de pavimentos rígidos según el método AASHTO 93

2.7.2. Variables para el Diseño del Pavimento Rígido (AASHTO-93)

- Los valores S_o y C_d , son iguales a los utilizados en el pavimento flexible.
- Confiabilidad, R: Teniendo en cuenta el notable desempeño que han demostrado los pavimentos de concreto, sobreviviendo muy por encima del período para el que han sido diseñados, la confiabilidad para esta alternativa se asumió en el orden de $R=85\%$
- Pérdida de “Serviciabilidad”, $\Delta PSI = p_o - p_t$ (Sección 2.2.1). El nivel de serviciabilidad inicial para pavimentos rígidos es un poco superior al de pavimentos flexibles (según valores del campo de pruebas AASHO). En este caso p_o se asumió igual a 4.4 y p_t igual a 2.5
- Módulo de elasticidad del concreto, E_c (psi): (Sección 2.3.3). Se utilizó en las estimaciones de espesores un valor de 4,000,000 psi.
- Módulo de ruptura del concreto a flexión, S'_c (psi): (Sección 2.3.4). La resistencia del concreto a la flexión es el factor que controla el diseño del pavimento. Para la determinación de espesores de losa, se utilizó el Módulo de Ruptura promedio a los 28 días (prueba AASHTO T97) de 600 psi. (45 kg/cm²)
- Coeficiente de transferencia de carga J: (Sección 2.4.2) Este factor se utiliza en el diseño de pavimentos rígidos para tener en cuenta la capacidad de la estructura del pavimento de transferir o distribuir cargas a través de las discontinuidades del pavimento, tales como las juntas. El uso de pasajuntas o dovelas se refleja en un menor valor de J. Algunas agencias internacionales e instituciones de gran prestigio en la especialidad, recomiendan que para pavimentos de concreto con tráfico pesado siempre se provean dovelas en las juntas para prolongar la vida del pavimento.
- De igual manera la provisión de hombros o carriles ampliados induce a la reducción de J, debido a la reducción de esfuerzos de bordes en la losa. La Guía AASHTO expresa que las ampliaciones de carriles externos en 3 pies (90cm) o más, se pueden

considerar “tied shoulders”. Sin embargo, algunas agencias (Portland Cement Association, PCA, por ejemplo), consideran que 18 pulgadas (45cms) es el mínimo aceptable para reducir esfuerzos y deflexiones de borde. Algunas agencias de los EUA establecen que las losas de carriles externos con anchos mayores de 13 pies, pueden ser consideradas soportadas. La Tabla 2.6 de la Guía presenta los valores de coeficiente de carga recomendados.

En el diseño de las losas de concreto, presentadas en este informe, se considera que las losas serán ampliadas un mínimo de 12 pulgadas (30 cm). Esto se debe a que, como se explica más adelante, las losas del proyecto serán de dimensiones “optimizadas” o “losas cortas”. De acuerdo con las condiciones de transferencia, en los cálculos de espesores se utiliza un factor conservador de $J=3.8$.

Módulo de Reacción Efectivo de la Subrasante K: (Sección 3.2.1) El módulo efectivo toma en consideración la contribución de la base en soporte de la losa. La Guía presenta soluciones gráficas para estimar el valor k-compuesto de la subrasante tomando en cuenta el espesor y el módulo elástico ESB de la base.

- Considerando la caracterización de la subrasante (CBR=4%), el valor de k =compuesto es el siguiente
 - CBR 10 %
 - $M_r = 15000$ psi
 - $K=1150$ pci
- Pérdida potencial de apoyo de la subrasante: La guía AASHTO suministra una gráfica, Figura 3.6, para corregir el Módulo de Reacción Efectivo de la subrasante debido a la pérdida de apoyo de la sub-base, LS. Este valor está en el rango de 0.0 a 1.0 para materiales no erosionables (sub-bases o bases tratadas con asfalto o cemento) y en el rango de 1.0 a 3.0 para materiales granulares. En el presente diseño de espesores de losas, se considera un factor $LS=0.5$.
- Con las correcciones por pérdida potencial de soporte de la subrasante, el módulo de reacción de subrasante utilizado en el cálculo de espesores es $k=600$ psi.

2.7.3. Conversión del espesor AASHTO a Losa Corta.

Desde hace algunos años se han construido en Centro América proyectos de carretera de alto tráfico con la tecnología de “losas cortas”. La tecnología de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico brinda otra alternativa para la construcción de pavimentos rígidos. El diseño de las losas cortas se basa en la optimización del tamaño de las losas, en relación con la configuración de ejes de los camiones pesados, de manera que “solo una rueda o tren de ruedas carga una losa a la vez

La optimización realizada por esta nueva metodología permite reducir el espesor de la losa, para una misma vida útil, generando ahorros importantes en el costo inicial de los pavimentos. En un estudio reciente realizado en Nicaragua, comparando estructuras de pavimento equivalentes (estructuras compuestas por distintas capas de materiales, que soportan el mismo tráfico, apoyadas sobre la misma subrasante), con precios unitarios locales, se demostró que, para tráficos por encima de cierto umbral, los pavimentos de concreto hidráulico presentan menor inversión inicial que los pavimentos de concreto asfáltico. Además, las “losas cortas”, por la reducción de espesor, es más económica que la losa convencional.

Los estudios realizados y las aplicaciones a escala real, han relacionado la geometría de las losas con la configuración de los ejes de los camiones pesados. La longitud de las losas se ha establecido en 1.80 m (6.0 pie), con un ancho igual a la mitad del carril tradicional. Esta geometría tiene como finalidad que la losa concentre la menor cantidad de esfuerzos, al tener una carga puntual concentrada menor en cada losa. Los esfuerzos menores reducen las posibilidades de fallas tanto transversales como longitudinales.

El espesor de las losas cortas puede ser calculado mediante la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la cual permite relacionar el espesor obtenido por el método AASHTO-93 para luego correlacionarlo con el espesor equivalente en Losa Corta. En el presente diseño el espesor obtenido en pavimento rígido por el método AASHTO fue de 28 cm para losa convencional. Este espesor corresponde a un espesor de 19 cm en losa corta, para la condición de CBR = 10% y de 20 cm para la condición de CBR 4%.

Conversión de espesores AASHTO a Losa Corta

ESPESOR LOSA CONVENCIONAL (cm)	ESPESOR DE LOSA CORTA (cm)		
	CBR 20 %	CBR 10 %	CBR 4 %
30	19	20	22
28	18	19	20
27	16	17	18
25	15	16	17

Tabla 14 Conversión de espesores AASHTO a Losa Corta

Para este proyecto y tomando en consideración las experiencias en otros países, se está proponiendo un espesor mínimo de 18 cm.

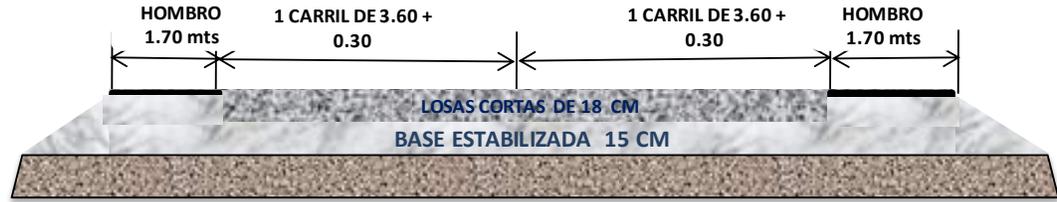


Ilustración 9 Sección Típica de losas cortas

2.8. Síntesis del Capítulo

En este capítulo se analizó la factibilidad y el diseño del proyecto Vial de Carretera de Circunvalación de Masaya, cuyo principal objetivo es mejorar el servicio de la Carretera Managua – Masaya – Granada, al desviar gran parte de su tráfico a la nueva vía. Se describió la ubicación del emplazamiento de esta carretera.

El proyecto de la Carretera de Circunvalación de Masaya tiene una longitud de 6.7 kilómetros, cuenta con una capa de rodamiento en concreto hidráulico. además de obras de drenaje, 4 rotondas y 9 intersecciones. Se analizó la demanda de tráfico que tendrá esta carretera, a través de un estudio de tráfico de las principales arterias que tendrá esta vía como es el caso de la carretera Managua-Masaya-Granada, además de Masaya-Tipitapa. Se realizaron proyecciones de tráfico que tendrá esta carretera durante el ciclo de vida del proyecto.

Se analizó el diseño de la estructura de pavimento de concreto hidráulico, con todas sus características, beneficios y ventajas de este diseño. Se estimó la carga de tráfico en términos de ESAL, que un pavimento de esta carretera deberá soportar en su vida de diseño. El ESAL de diseño es la suma del valor de las cargas de tráfico acumuladas en un determinado lugar. Dando como resultado un número ESAL de 27.11×10^6 Esals.

También se analizó las generalidades del diseño de las losas cortas de concreto hidráulico, así como las variables del diseño dado el tipo de proyecto, utilizando las especificaciones del método AASHTO 93. Dando como Resultado un espesor de losa de 18.00 cm. Con estos resultados se llegó a la optimización aplicando esta nueva metodología, que permite reducir el espesor de la losa, para una misma vida útil, generando ahorros importantes en el costo inicial de los pavimentos

CAPÍTULO 3: ESTADO ACTUAL DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO VIAL

El territorio donde incidirán los impactos directos e indirectos resultantes de las acciones del proyecto y sus alternativas se denomina Área de influencia del proyecto. La definición de sus límites solamente se determina en las etapas finales de los estudios de impacto ambiental. Cada impacto, dependiendo del factor ambiental que modifica, repercute en cierta área geográfica, o en una comunidad humana, lo que determina su área de incidencia. Los límites del área de influencia del proyecto, en su totalidad, fue el conjunto de las áreas de incidencia de todos los impactos.

También se determinó las áreas de incidencia directa de los impactos que serán objeto de transformaciones más intensas. Dichos límites solamente pueden ser definitivamente establecidos cuando se completa el análisis de todos los impactos significativos del proyecto. En la práctica, para fines de ejecución de las tareas subsecuentes, inicialmente se estiman los contornos del área de influencia.

3.1. Área de Influencia del proyecto

3.1.1. Área de influencia directa

Para el caso del proyecto vial Circunvalación de Masaya, el área de influencia está definida por la zona donde las acciones de construcción impactan de una manera directa (el ancho de rodamiento y su derecho de vía, así como los sitios seleccionados para los bancos de materiales) y, además, aquellas áreas que por su cercanía se ven afectadas o beneficiadas.

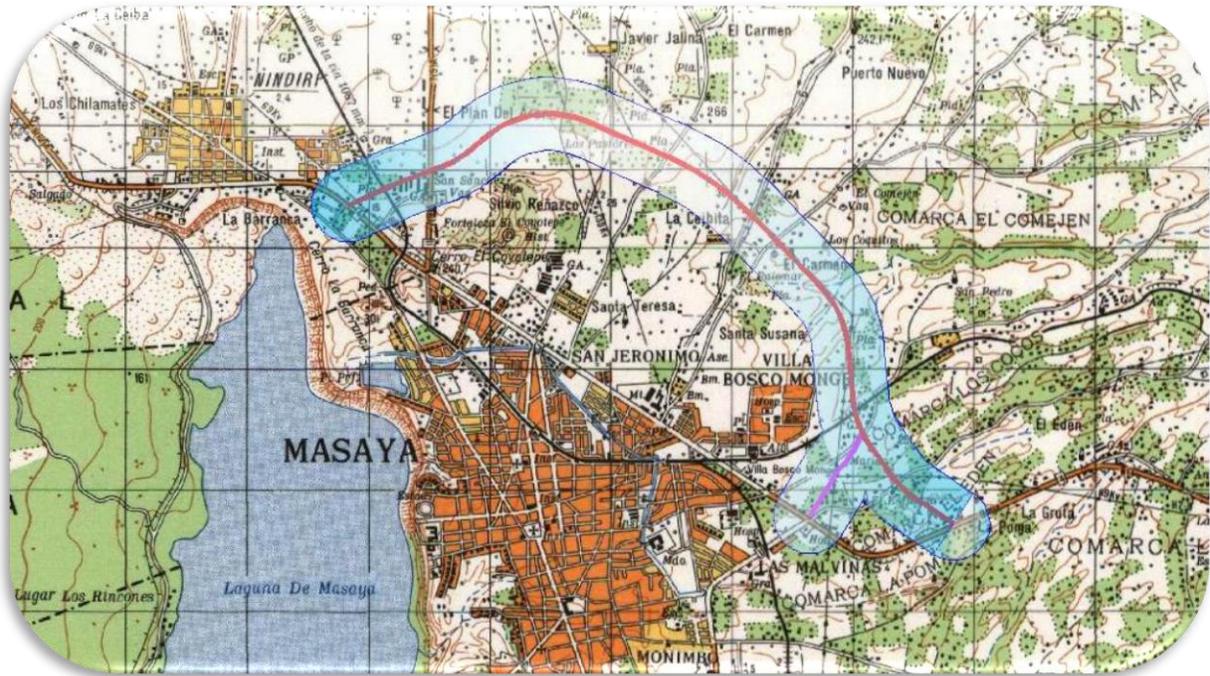
El área a impactar directamente está definida por el derecho de vía, en total se tienen un ancho de 30 m, resultando un total aproximado de 20.1 hectáreas como área directa.

3.1.2. Área de influencia indirecta

El área indirecta a impactar la definimos como una extensión del derecho de vía a 100 m a cada lado de la vía partiendo siempre del eje central, resultando un total aproximado de 134 hectáreas como área indirecta.

A continuación, se presentan las características físicas naturales del área de influencia del proyecto ubicada en el departamento de Masaya, incluye el relieve, la hidrología, la fauna, el clima y los aspectos del mismo.

Área de Influencia del Proyecto Vial Carretera de Circunvalación de Masaya.



3.2. Medio Abiótico

3.2.1. Geomorfología

El departamento de Masaya es atravesado de Noroeste a Sureste, casi en el centro, por la falla tectónica de la cordillera de Los Maribios, que lo divide en tres zonas geográficas

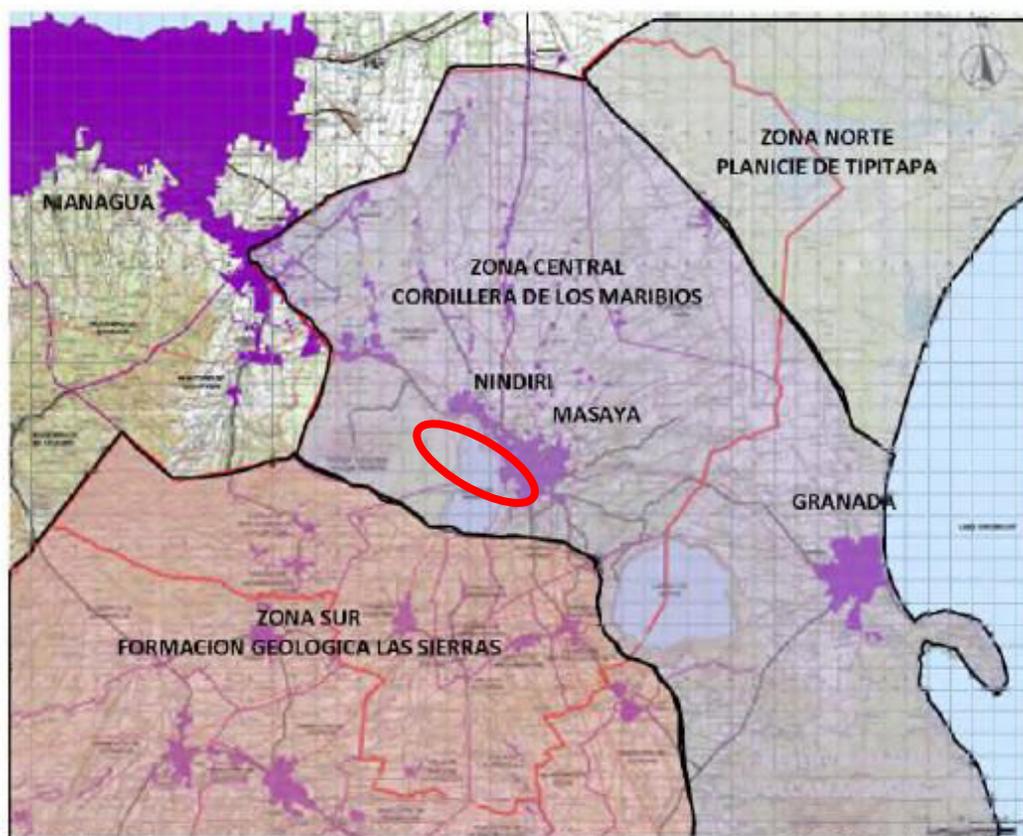


Ilustración 10 Mapa de Zonificación Geomorfológica

El departamento de Masaya se clasifica en tres zonas geomorfológicas:

Zona norte: Planicie de Tipitapa y Llanura de Tisma. Zona baja y cenagosa.

Zona central: Cordillera de Los Maribios. Zona media, rodeada de cerros.

Zona sur: Formación Geológica las Sierras. Zona alta de relieve ondulado.

El área del proyecto se encuentra ubicada en la zona central, a continuación, se detallan sus características:

La Zona Central, atravesada por la Cordillera de Los Maribios, contiene dos grandes cuerpos de agua, ambos de origen volcánico: la Laguna de Masaya y la Laguna de Apoyo, esta última compartida con el Departamento de Granada.

Esta zona formada por lava del volcán Masaya, está rodeada por los cerros Coyotepe, La Barranca y el Volcán Santiago. Las alturas de las partes más llanas varían desde los 300msnm hasta los 100msnm, hacia la Planicie de Tipitapa se localizan los municipios de Masaya y Nindirí y parte del municipio de Catarina.

3.2.2. Geología

El área del proyecto se encuentra localizado en las márgenes de la caldera Masaya, a solo 7km del volcán Santiago, el único activo de los cuatro que se encuentran dentro de esta caldera. El sistema volcánico Masaya está conformado por los volcanes Masaya, Nindirí, Santiago y San Pedro.

Los volcanes Masaya, Apoyo y Mombacho forman un complejo que tiene una evolución geológica dinámica todavía no estabilizada. Estos centros volcánicos han producido varios depósitos, en su mayoría piroclásticos, como ignimbritas, pómez, escorias y flujos de lodo, acompañados por depósitos coluviales y suelos fósiles que forman siempre terrenos muy inestables.

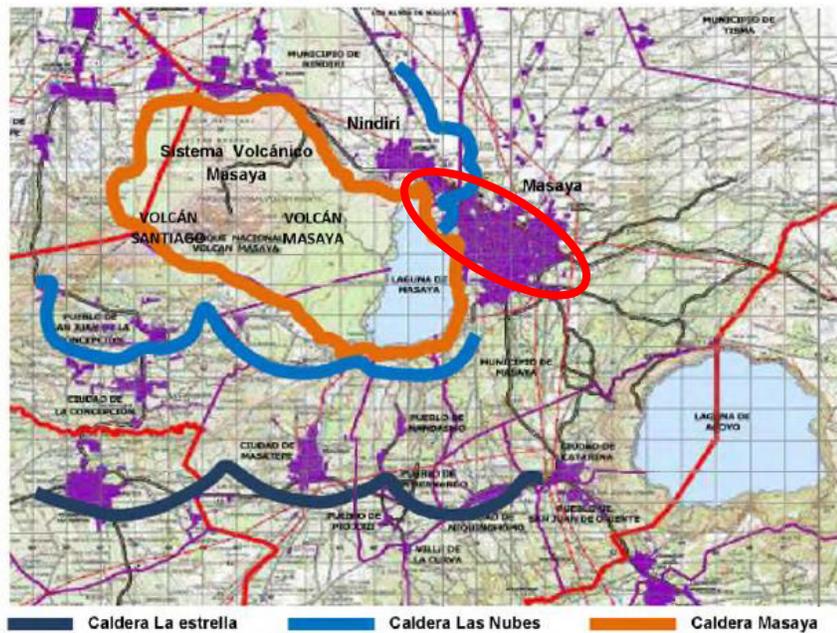


Ilustración 11 Mapa de Sistema Volcánico Masaya

El peligro sísmico es causado por la actividad en los márgenes de las calderas del sistema volcánico Masaya, pero además existen otros peligros generados por otros procesos como erosión superficial, erosión subterránea, hundimientos, flujos de lodo, avalanchas con predisposición tectónica y sísmica, deslizamientos, inundaciones y la acumulación de nuevos conos fluviales.

El departamento de Masaya está afectado por 16 fallas geológicas, cinco de las cuales se consideran activas. Las principales fallas que representan amenaza para el departamento son: la Falla Cofradía, el sistema de fallas a lo largo del río Tipitapa y demás fallas locales. Dos fallas comprobadas cruzan la ciudad de Masaya¹⁴ y la falla Cofradía, que se origina en el Volcán Masaya, atraviesa el municipio de Nindirí y se extiende hasta Tipitapa. Por la longitud de esta falla, INETER estima que puede generar terremotos de siete o más grados en la escala de Richter



Ilustración 12 Mapa Caldera y fallas geológicas del sistema volcánico de Masaya

Los tipos de suelos que constituyen el tramo de carretera son de origen volcánico: lava, cenizas y lodo volcánico en Nindirí y La Concepción; pómez a orillas de la laguna de Apoyo y aluviones en la llanura de Tisma, arrastrados desde las alturas volcánicas al sur.

a) Suelos entisoles

Estos suelos se encuentran en los alrededores del Volcán Masaya y partes de los municipios de La Concepción, Masatepe, Nandasmo, Nindirí y Niquinohomo. Son suelos minerales de formación reciente, de profundos a muy superficiales, relieve de plano a muy escarpado y fertilidad alta a baja.

Las texturas tanto superficial como del subsuelo varían de arenosas a arcillosas. El contenido de materia orgánica es variado. Su uso adecuado es forestal o vegetación natural, variedades de pastos adaptables a las condiciones y conservación de la flora y la fauna. Estos suelos no son recomendables para cultivos agrícolas.

b) Suelos molisoles

Se localizan en parte del municipio de Nindirí y en la Llanura de Tisma. Son suelos minerales con estado de desarrollo incipiente, joven o maduro, de poco profundos a muy profundos, desarrollados a partir de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas, además de fertilidad de baja a alta.

Las texturas del suelo y subsuelo varían de franco arenoso a franco arcilloso. Son ricos en humus, suaves en seco, con subsuelo formado por acumulación de arcilla aluvial. El contenido de materia orgánica es de muy bajo a alto.

c) Uso potencial del suelo

El departamento se divide en 7 zonas, 4 grandes y 3 más pequeñas, debido a las características del origen del suelo.

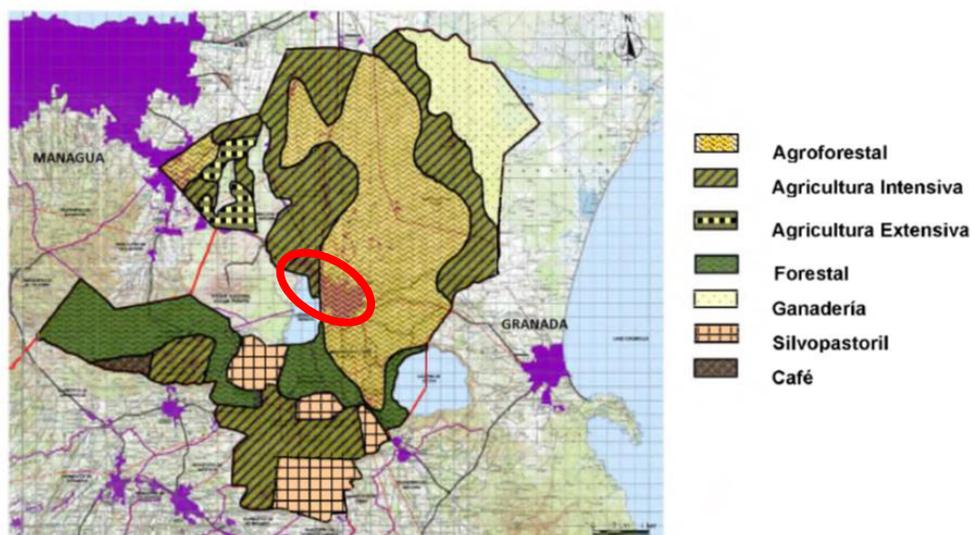


Ilustración 13 Mapa Uso potencial del suelo

El principal uso potencial que cubre la extensión del proyecto o del área de influencia es:

- Agroforestal y abarca la mayor parte del municipio de Masaya y una pequeña del municipio de Nindirí.
- Agricultura intensiva y se distribuye en casi la mitad del municipio de Tisma, la mitad Este de Nindirí, la Ciudad de La Concepción, la zona Sur de los municipios de Masatepe y Nandasmo y la zona Este de Niquinohomo.
- Agricultura extensiva, localizado en el municipio de Nindirí, en la zona de colada de lava del volcán Masaya.

d) Confrontación de uso del suelo con su uso potencial

El departamento cuenta con suelos de alto potencial, sin embargo, se encuentran sobre utilizados por la deforestación y otras actividades humanas. A continuación, se describe la confrontación entre el uso potencial y el uso actual del suelo en el departamento.

Gran parte del suelo del departamento tiene uso inadecuado, lo que lo hace vulnerable a la erosión, pérdida de fertilidad, inestabilidad de laderas, deslizamientos, derrumbes, deslaves, inundaciones y sequías.

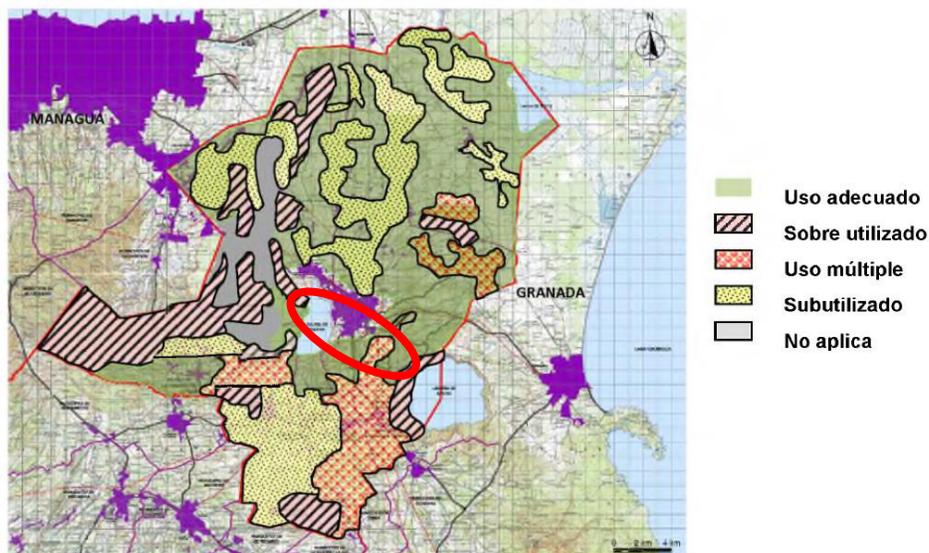


Ilustración 14 Mapa de Confrontación de uso de suelo con uso potencial

Se destaca la sobreutilización en áreas próximas a los arroyos y a la colada de lava de los municipios de La Concepción y Nindirí y también la subutilización de suelos agroforestales en parte del municipio de Masaya, suelos aptos para ganadería en el municipio de Tisma y suelos forestales y de agricultura intensiva en los municipios de Masatepe, Nandasmo y Niquinohomo.

3.2.3. Clima

El clima predominante es sabana tropical en el departamento de Masaya y en el área del proyecto, se caracteriza como semi - húmedo con temperatura media anual que oscilan entre los 21° y 34.2° C. Durante la estación seca en algunos casos las temperaturas máximas extremas llegan a 30° C. La precipitación pluvial varía, oscila entre 1,200 mm y 1,400 mm al año, caracterizándose por una buena distribución durante todo el año. La estación seca es de noviembre a abril.

a) Temperatura

El área del proyecto se encuentra dentro de un rango de temperatura media anual que varía entre **21.0 – 34.2 °C.**, disminuyendo hacia los meses de noviembre - marzo a medida que en el hemisferio norte avanzan los frentes fríos hacia los trópicos.

Distribución promedio de la temperatura por mes, en el área del proyecto

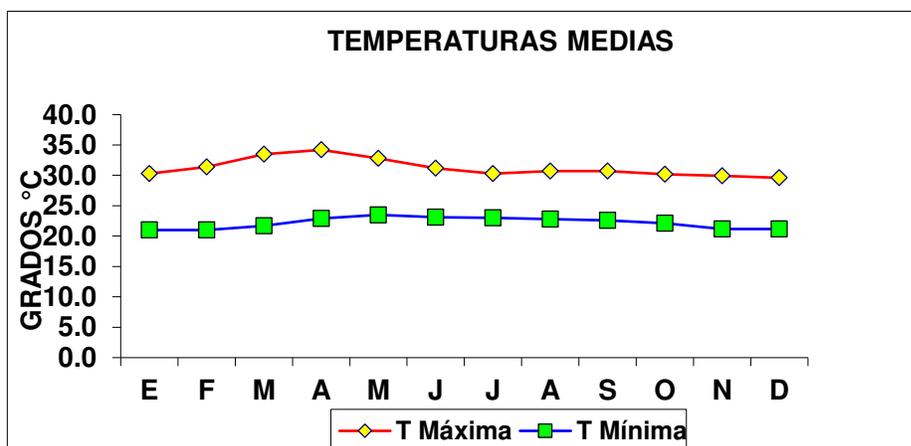


Tabla 15 Distribución promedio de la temperatura por mes, en el área del proyecto

➤ **Temperatura reinante en el sitio del proyecto**

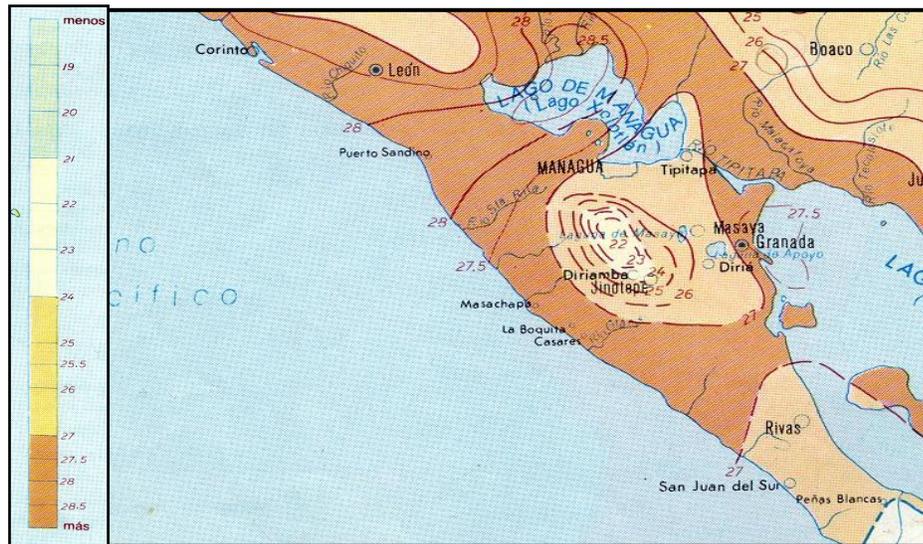


Ilustración 15 temperatura en el sitio del proyecto

b) Precipitación

La precipitación P promedio anual promedio presenta un valor de **1,244 mm** anuales, la tendencia de aumento de la precipitación va desde el noreste al sur.

Distribución mensual de la precipitación, en el área del proyecto.

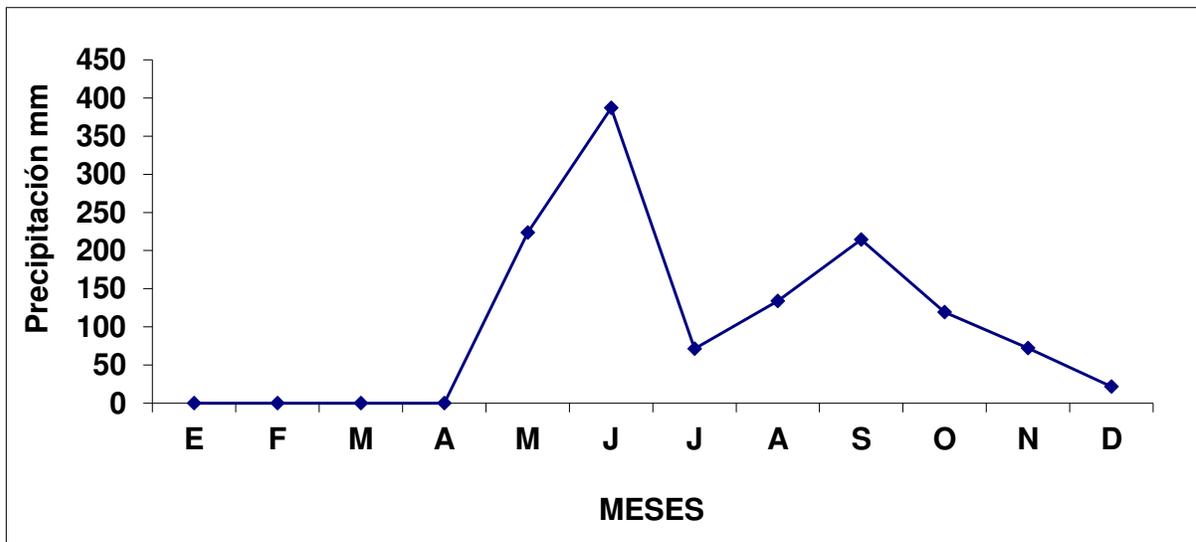


Tabla 16 Distribución mensual de la precipitación, en el área del proyecto

Precipitación y ubicación de las estaciones meteorológicas se en el área del proyecto está comprendida entre las isoyetas 1,200 y 1,400

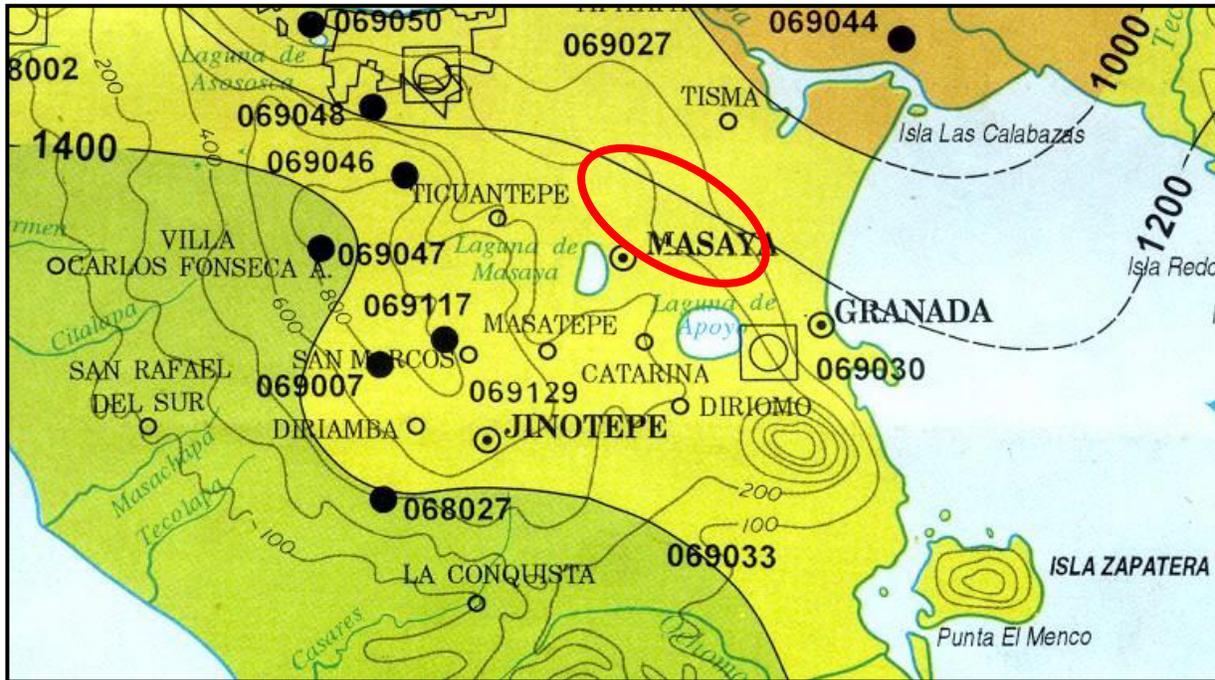


Ilustración 16 Mapa de precipitaciones

c) Humedad Relativa

El área del proyecto, la humedad relativa oscila entre los 72 y 84%.

Distribución promedio mensual de la humedad relativa

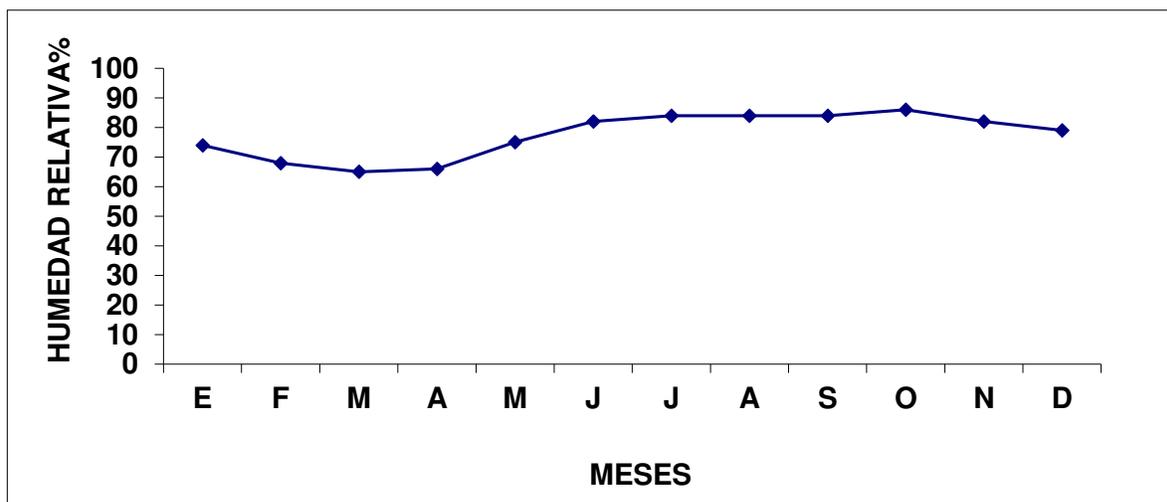


Tabla 17 Distribución promedio mensual de la humedad relativa

d) Evaporación

Se presenta los valores típicos de la evaporación del área del proyecto, estos valores están dados en mm, y corresponden a valores de evaporación de agua libre expuesta al sol, utilizando el tanque tipo A. De acuerdo a la figura esta demuestra que la evaporación es mayor durante los meses menos lluviosos (marzo - abril).

Distribución de la evaporación de acuerdo a los datos tomados por el Tanque clase A

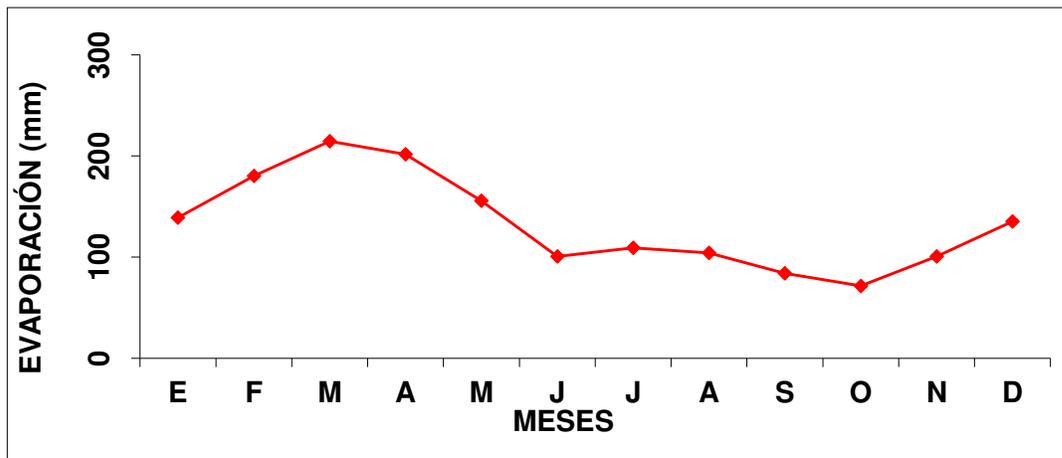


Tabla 18 Distribución de la evaporación de acuerdo a los datos tomados por el Tanque clase A

3.2.4. Hidrología Superficial

En todo el departamento existe gran infiltración de las precipitaciones en los depósitos piroclásticos sueltos que son muy permeables. Por este hecho, la mayoría de los arroyos son intermitentes y después de la temporada lluviosa sus cauces se secan rápidamente, aunque favorece la formación de acuíferos subterráneos.

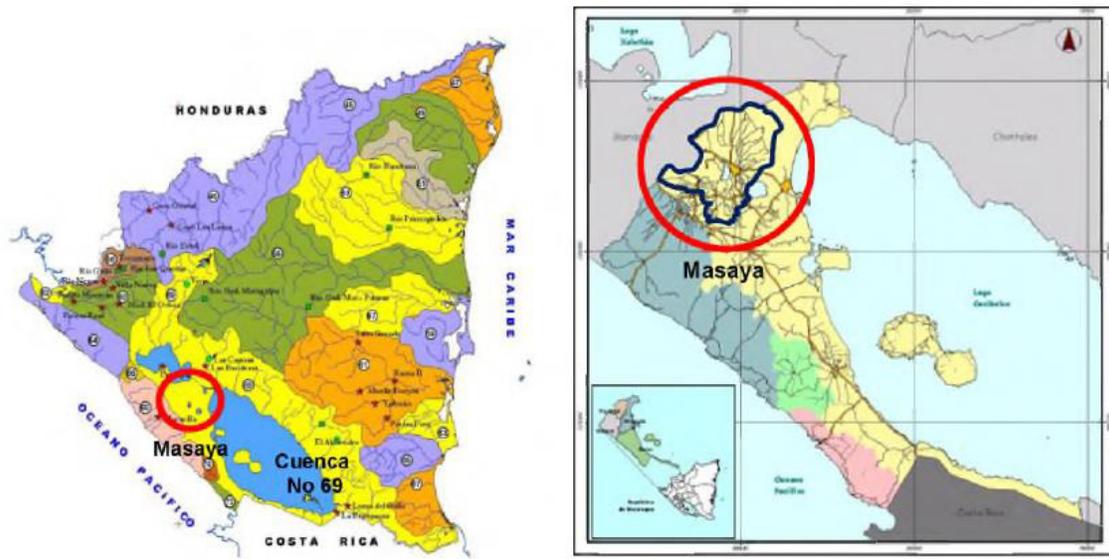


Ilustración 17 Cuencas del pacifico sur de Nicaragua

3.2.5. Hidrogeología

Según el Proyecto Red Hidrogeológica de Nicaragua, INETER, 2004, El departamento de Masaya se encuentra sobre tres acuíferos: N°4, Las Sierras - Managua, N°10, Meseta de Los Pueblos y N°5, Nandaime - Rivas. Éstos pertenecen al Sistema Hidrogeológico Las Sierras.

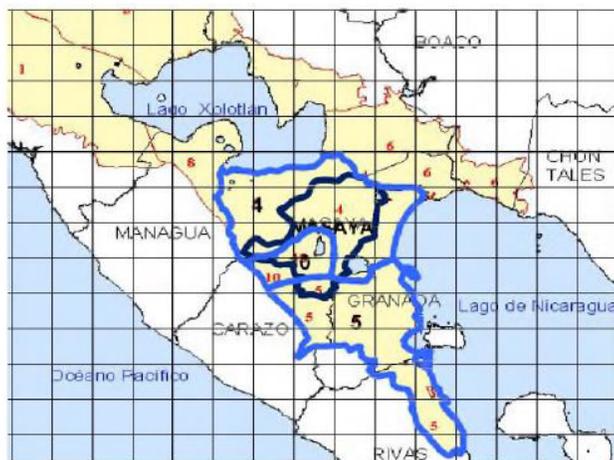


Ilustración 18 sistema hidrogeológico Las Sierras



Ilustración 19 Acuífero no 4 Las Sierras-Managua

Dada la localización del área del proyecto se encuentra en el Acuífero N°4, Las Sierras - Managua, que se encuentra entre los departamentos de Managua, Masaya y Granada. Masaya tiene el 67.46% de su territorio sobre este acuífero.

El acuífero N°4 Las Sierras – Managua tiene una extensión de 1,049.28 km², abarca parte del departamento de Managua y casi por completo a los municipios de Masaya, Nindirí y Tisma.

Las aguas subterráneas en Tisma tienen profundidades de 1m a 5m en la zona baja (50% del territorio) y de 6m a 35m en la zona alta. El manto freático de la Llanura de Tisma es un reservorio del agua que drena de la cuenca, siendo muy importante para la recarga del acuífero.

3.2.6. Proyecciones de cambio climático en Nicaragua

Nicaragua es una región que se encuentra afectada por múltiples fenómenos meteorológicos, algunos de los cuales pueden venir asociados o causar eventos extremos, muchos de ellos relacionados entre sí: ENSO (variabilidad climática interanual de Nicaragua: El Niño-Oscilación del Sur), ciclones tropicales, ondas tropicales, vientos alisios, interacción orográfica, frentes fríos.

Precipitación anual acumulada

En la Región del Pacífico la cantidad anual de precipitación oscila entre 1000 mm y 2000 mm. En la mitad del período lluvioso (julio - agosto), se observa un mínimo estival conocido popularmente como "Canícula". El período canicular se manifiesta principalmente en la Región del Pacífico, en la región Norte y en la parte Noroeste de la Región Central, iniciándose generalmente en la tercera decena de julio y finalizando en la segunda decena de agosto.

Temperatura Media Anual

En la Región del Pacífico y en la cuenca de los lagos (Cocibolca y Xolotlán), predominan los días muy cálidos, caracterizados por temperaturas medias superiores a 34.0 °C.

Proyecciones de cambio climático en la zona del proyecto

Cambios en las precipitaciones

Regiones climáticas	Precipitación acumulada	Número de días secos
Pacífico Central	Aumento de un 38% en los meses de junio y octubre.	Incremento anual de un 5%. Departamentos de Granada, Managua y Masaya, durante el periodo seco.
	Ligera disminución los meses de julio, agosto y septiembre.	
	A nivel anual se proyecta un incremento del 2%.	

Tabla 19 Cambios en las precipitaciones

Cambios en las temperaturas

Pacífico Central	Aumento de 0.7°C
------------------	------------------

Tabla 20 Cambios en las temperaturas

El proceso de diseño incorpora, entre otros datos de partida, las variables climáticas de temperatura, precipitación y viento de la zona en la que se emplaza la infraestructura.

En el proceso de diseño deberán considerarse los datos proporcionados por INETER a los que se le deberán incorporar las variaciones (incrementos/decrementos) derivadas del cambio climático en Nicaragua, siempre que esta variación introduzca condiciones más desfavorables que las actuales.

El presente anexo recoge, en forma de mapas, las variaciones previstas, en valores absolutos, de distintos parámetros climáticos acuerdo con las metodologías expuestas en el documento:

Variaciones de precipitación:

- Precipitación acumulada anual (mm)
- Número de días de lluvia

Variaciones de temperatura:

- Temperatura media anual (°C)
- Temperatura máxima anual (°C)
- Número de días al año con temperatura superior a 35°C
- Número de días consecutivos con temperatura superior a 35°C

Asimismo, se presenta un cuadro de resultados para las ciudades más relevantes. Se exceptúa la representación de la variación del viento, que ya ha sido incorporada en los correspondientes mapas de isotacas y zonificación.

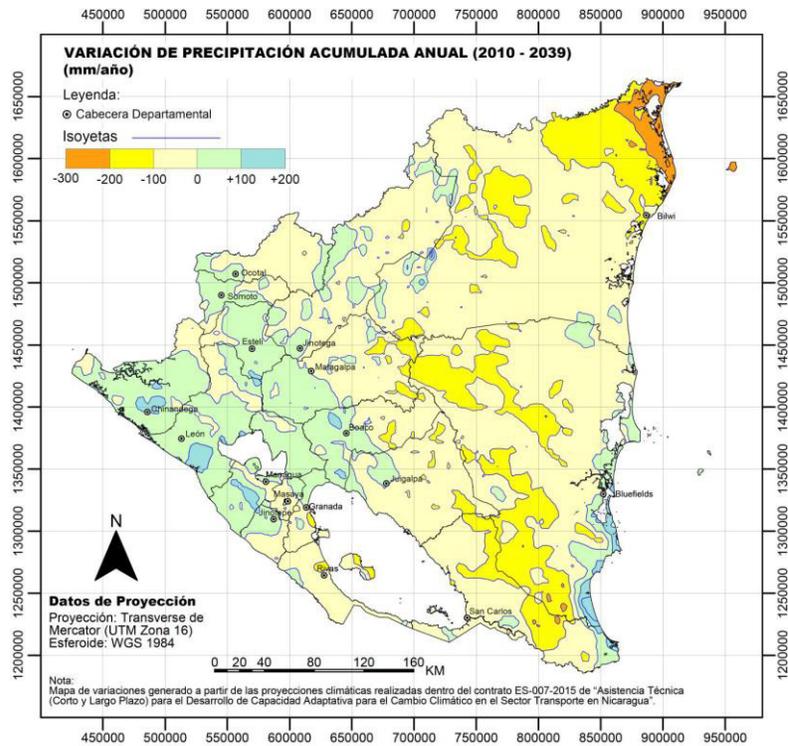


Ilustración 20 Variación de Precipitación Acumulada Anual (2010 -2039)

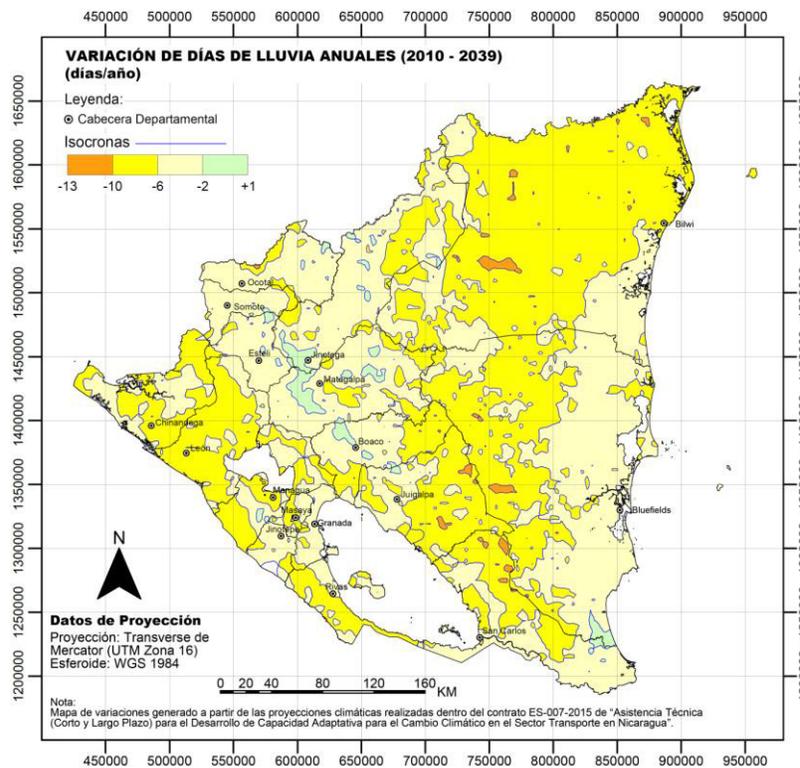


Ilustración 21 Variación de Días de Lluvias Anuales (2010-2039)

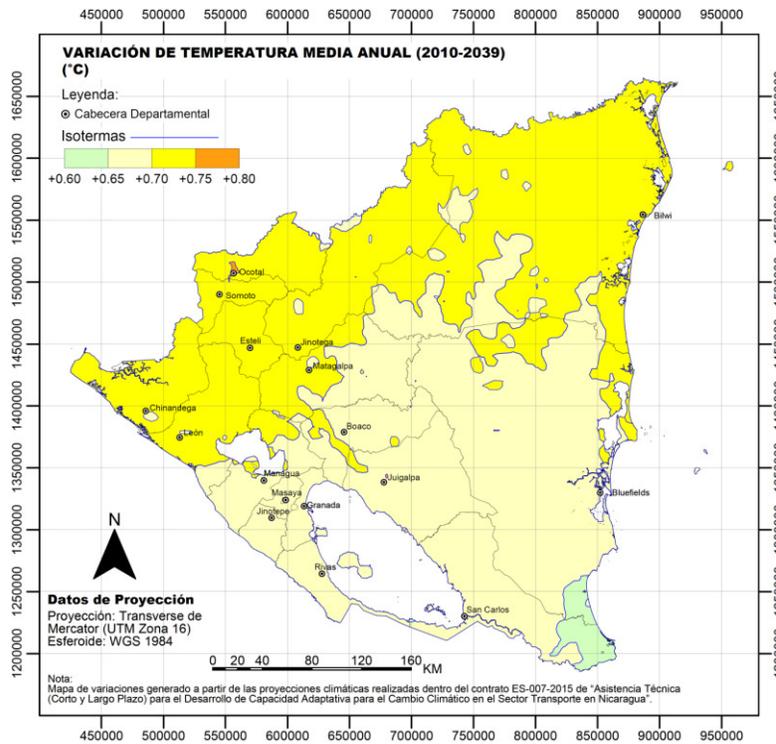


Ilustración 22 Variación de temperatura media anual (2010-2039)

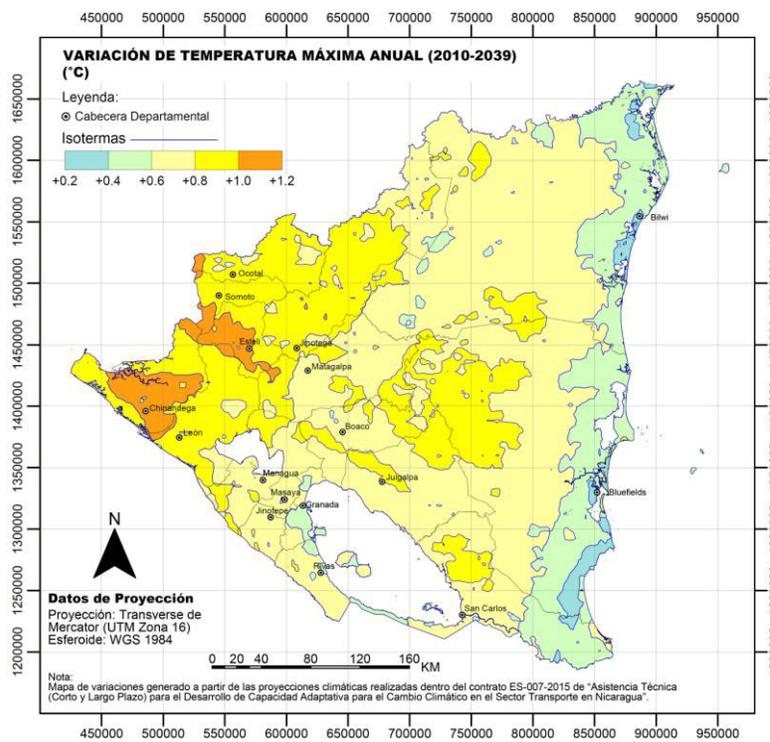


Ilustración 23 Variación de temperatura máxima anual (2010-2039)

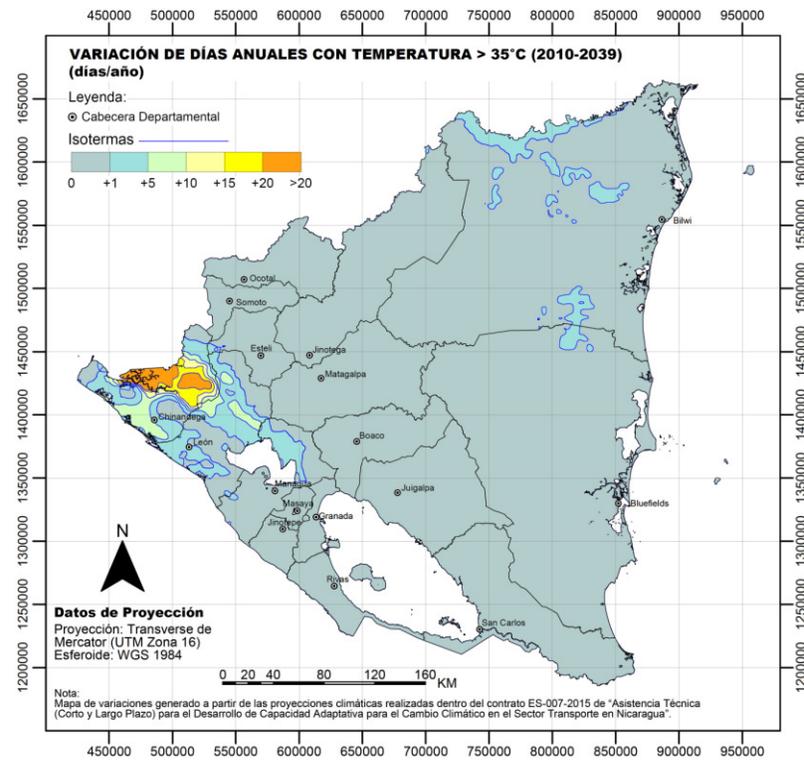


Ilustración 24 Variación de días anuales con temperaturas > 35°C (2010-2039)

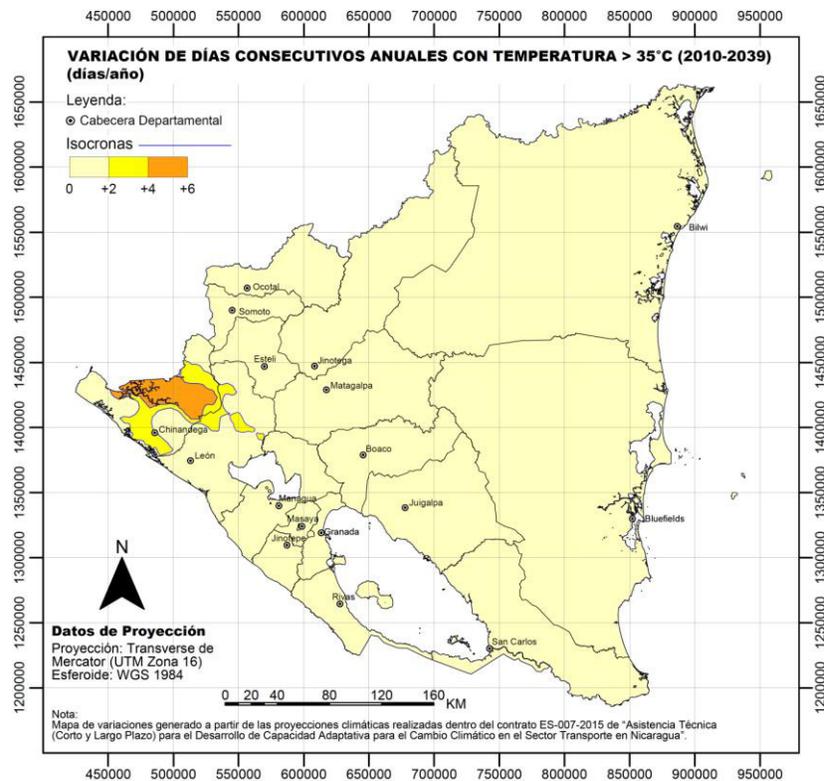


Ilustración 25 Variación de días consecutivos anuales con temperaturas >35°C (2010-2039)

Variaciones de precipitación y temperatura en la zona del proyecto.

CIUDAD	COORDENADAS		VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN ANUAL ACUMULADA	VARIACIÓN DE DÍAS DE LLUVIA ANUALES	VARIACIÓN DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL	VARIACIÓN DE TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL	VARIACIÓN DE DÍAS ANUALES CON TEMPERATURA >35°C	VAR. DE DÍAS CONSECUTIVOS ANUALES CON TEMPERATURA >35°C
	X	Y	(mm/año)	(días/año)	(°C)	(°C)	(días/año)	(días/año)
MASAYA	599132	1324384	-44.43	-6.31	0.68	0.66	0.06	0.03

Tabla 21 Variaciones de precipitación y temperatura en la zona del proyecto

3.3. Medio Biótico

3.3.1. Flora

La vía es una trocha existente. El área del Derecho de vía de la Carretera está totalmente despejada, en la actualidad no se identifican árboles de importancia que estén afectados por el Proyecto de Circunvalación de Masaya.

Especies vegetales encontradas en la zona del proyecto.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Caoba	<i>Swietenia humilis</i>	Meliaceae
Tigüilote	<i>Cordia alba</i>	Boraginaceae
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
Neem	<i>Azadarach indica</i>	meliaceae
Quelite	<i>Cnidosculus acantifolius</i>	Euphorbiaceae
Chilamate	<i>Ficus lyrata</i>	Moraceae
Jocote	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae
Cuajadita	<i>Pithecellobium dulce</i>	Mimosaceae
Acetuno	<i>Simarouba glauca</i>	Simarubaceae
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae
Jiñocuabo	<i>Burcera simarouba</i>	Burceraceae
Teca	<i>Tectona grandis</i>	Verbenaceae
Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>	Bombacaceae
Zapote	<i>Pouteria sapota</i>	Sapotaceae
Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Mimosaceae
Jenízaro	<i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae
Quelite	<i>Cnidosculus acantifolius</i>	Euphorbiaceae
Acacia	<i>Senna siamea</i>	Caesalpiaceae
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Laurel	<i>Cordia olliadora</i>	Boraginaceae
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Mimosáceas
Sardinillo	<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae
Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae
Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
Helequeme	<i>Eritrina poeppigiana</i>	Fabaceae
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae
Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae
Aguacate	<i>Persea americana</i>	Laureaceae

Tabla 22 Especies vegetales encontradas en la zona del proyecto.

3.3.2. Fauna

La Fauna juega un papel muy importante en la dinámica del ecosistema y sobre todo en el sistema social económico de la población por la diversidad de aves, y mamíferos que suplen en gran medida las necesidades alimenticias y socioeconómicas de la población.

a) Mamíferos

Mamíferos más comunes que habitan en el tramo seleccionado para la construcción de la carretera.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Mofeta manchada	<i>Spilogale putorius</i>	Mustelidae
Murciélago	<i>Urodermabilobatus</i>	Phyllostomidae
Ardilla,	<i>Sciurus variegatoides</i>	Sciuridae
Zorro cola pelada	<i>Didelphys marsupialis</i>	Didelphidae
Ratón común	<i>Mus musculus</i>	Muridae
Conejo	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Leporidae

Tabla 23 Mamíferos

b) Aves

Aves más comunes que habitan en el tramo seleccionado para la construcción de la carretera.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Zanate Clarinero	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icterinae
Tortolita,	<i>Columbina talpacoti</i>	Columbidae
Zenzontle,	<i>Turdus grayi</i>	Turdinae
Paloma aliblanca	<i>Zenaida asiática</i>	Columbidae

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Paloma piquicorta	<i>Columba nigrorostris</i>	Columbidae
Paloma piquirroja	<i>Columba flavirostris</i>	columbidae
Paloma Colilarga	<i>Columbina inca</i>	Columbidae
Garza Bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>	Ardeidae
Urraca	<i>Calocitta formosa</i>	Corvidae
Salta Piñuela,	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Troglodytidae
Azulejo	<i>Thraupis episcopus</i>	Thraupinae
Guarda Barranco	<i>Eumomota superciliosa</i>	momotidae
Mosquero copetón	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	tyrannidae
Pocoyo,	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Caprimulgidae
Cierto Güis	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Tyrannidae
Pijul	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Cuculidae
Codorniz	<i>Cyrtonyx ocellatus</i>	Phasianidae
Colibríes	<i>Eupherusa eximia</i>	Trochilidae
Carpintero	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Picidae
Golondrina	<i>Hirundo rustica</i>	hirundinidae
Golondrina risquera	<i>Hirundo pyrrhonota</i>	hirundinidae
Vireo pechiamarillo	<i>Vireo flavifrons</i>	vireonidae
Reynita rayada	<i>Mniotilta varia</i>	Parulidae
Reinita	<i>Vermivora peregrina</i>	Parulidae
Canario	<i>Dendroica petechia</i>	Parulidae
Zonchiche	<i>Cathartes aura</i>	Catartidae
Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>	Catartidae
Arrocero	<i>Oryzoborus funereus</i>	Emberizidae

Tabla 24 Aves

c) Reptiles y anfibios

Reptiles y anfibios más comunes que habitan en el tramo seleccionado para la construcción de la carretera.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Sapo gigante	<i>Bufo marinus</i>	Bufoidea
Sapo común	<i>Bufo valliceps</i>	Bufoidea
Squamata /sauria		
Geco	<i>Gonatodes albogularis</i>	Gekkonidae
Geco común	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Gekkonidae
Iguana verde	<i>Iguana</i>	Iguanidae
Garrobo negro	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguanidae
Anolis fantasma	<i>Norops lemurinus</i>	Iguanidae
Anolis delgado	<i>Norops limifrons</i>	Iguanidae
Lagartija parda	<i>Ameiva festiva</i>	Eiidae
Lagartija rayada	<i>Aspidoscelis deppei</i>	Eiidae
Squamata/ Serpentes		

Boa Común	<i>Boa constrictor</i>	Boidae
Bejuquilla café	<i>Oxybelis aeneus</i>	Colubridae
Ratonera tropical común	<i>Senticolis triaspis</i>	Colubrida
Coral común	<i>Micrurus nigrocinctus</i>	Elapidae

Tabla 25 Reptiles y anfibios

d) Especies Amenazadas y en Peligro

En la zona del tramo de carretera y en el área de influencia existen especies de flora y fauna que están en la lista de especies en peligro y amenazadas de extinción de acuerdo al Ministerios del Ambiente y los Recursos Naturales y a la Secretaria Nacional CITES – NI; pero no se verán afectadas por el Proyecto de Circunvalación de Masaya, dado que el camino es un camino existente que se encuentra con el derecho de vía despejado, sin afectar la vegetación existente en los alrededores.

FLORA:		
El Caoba del Pacifico	<i>Swietenia humilis.</i>	Apéndice I del CITES
AVES:		
zensontle	<i>Turdus grayi</i>	vpn
Alcaravan	<i>Burinus bistriatus</i>	Apéndice III del CITES
REPTILES:		
Boa	<i>Boa constrictor</i>	Apéndice II del CITES
Iguana	<i>Iguana</i>	Apéndice II del CITES
Iguana verde	<i>Iguana</i>	Vpn II del CITES
Garrobo negro	<i>Ctenosaura similis</i>	vpn

Tabla 26 Especies Amenazadas y en Peligro

3.4. Medio Socioeconómico

Para determinación de las características socioeconómicas se recorrió todo el tramo de la variante logrando identificar las actividades económicas que se desarrolla en esta zona, resaltando el cultivo de granos básicos y hortalizas (Yuca), árboles frutales (cítricos, mango, aguacate, papayas, piña), pastoreo.



Ilustración 26 cultivo de granos básicos y hortalizas

3.4.1. Población

El Departamento de Masaya para el año 2009, proyecta una población de 317,671 habitantes. (Tasa anual de crecimiento), el más densamente poblado en el territorio nacional después de Managua, teniendo 520.11 habitantes por kilómetro cuadrado, equivalente al 5.64% de la población nacional. Según las proyecciones (2009) a los datos del último censo nacional 2005, las mujeres representaban el 50.8% del total de población departamental, mientras que los hombres el 49.2%, habiendo una relación similar entre ambos sexos, no fijando un grupo poblacional dominante

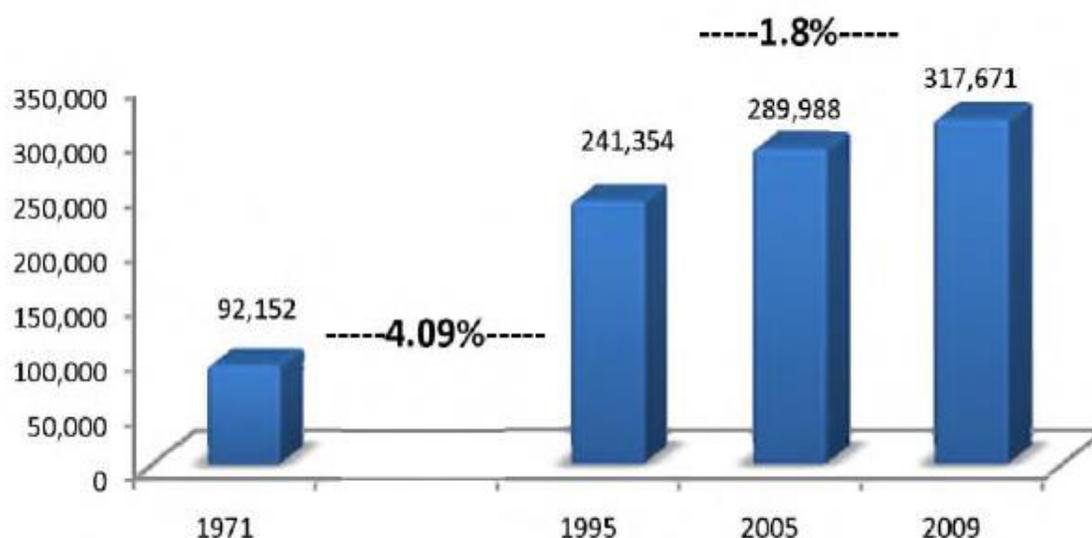


Tabla 27 Tasa Anual de Crecimiento (TAC)

a) Crecimiento poblacional

El crecimiento poblacional del departamento ha variado drásticamente en los últimos 50 años, según cifras oficiales provenientes de los censos nacionales, correspondientes a los años de 1971, 1995 y 2005. Pasando de 4.09% entre 1971 y 1995 a 1.8% entre 1995 y 2005.

	Censo			
	1971	1995	2005	2009
Población Total	92,152	241,354	289,988	317,671
Años transcurridos entre períodos	24		10	4
TAC	4.09%		1.80%	

Tabla 28 Tasa de Crecimiento del Departamento de Masaya

Para 1971, la población de Masaya era de 92,152 habitantes creciendo en un 161.90% en un lapso de 24 años hasta ser 241,354 habitantes en 1995. Este fenómeno está vinculado estrechamente al proceso de emigración interna provocada en primera instancia por los desplazados de la ciudad de Managua a raíz del terremoto de 1972; siendo las ciudades de Masaya y Nindirí, los municipios que acogieron al mayor porcentaje de ciudadanos. Otro relevante fue el conflicto bélico de la década de 1980 con la movilización de un gran número de refugiados.

En el periodo de 1995 a 2005, la tasa de crecimiento fue de 1.8% anual, siendo ligeramente superior a la TAC nacional de 1.7%, teniendo un aumento de 48,634

habitantes en un lapso de tiempo de 10 años y tomando en cuenta las proyecciones, los habitantes aumentaron a 76,317 en el 2009. Aunque el crecimiento poblacional sea relativamente mayor al nacional en 0.1%, la reducción en la tasa de crecimiento poblacional entre 1995 y 2005-2009 se basa en la ausencia de hechos significativos que motivaran un desplazamiento de un segmento importante de población de otras partes del país hacia Masaya, a diferencia del periodo anterior. Otro punto a tener presente en esta reducción es la emigración internacional de habitantes de Masaya hacia Costa Rica principalmente, asociados estos movimientos a factores de orden económico: falta de empleo, de ingreso estable, del cierre de talleres artesanales como efectos de las políticas de ajuste estructural y de marcado sesgo hacia el mercado sin protección a los pequeños empresarios.

Los municipios del departamento que tienen mayor crecimiento poblacional son San Juan de Oriente con 4.2%, Nandasmo con 3.1%, Nindirí con 2.8% y Masatepe con 2.2% de crecimiento anual, a diferencia de Catarina que es el municipio con tasa de crecimiento más baja de 0.57%.

b) Distribución de la población por sexo y edad

La población del departamento es predominantemente joven; siendo el 65.37%. La pirámide poblacional del departamento muestra una población entre 0-14 años de edad (recién nacidos, infantes y adolescentes) representando el 35.01% de todo el departamento, 101,522 habitantes; siendo el 51.30% hombres y el 48.70% mujeres, contrastante con la media total del departamento donde el 50.79% de la población son mujeres. La población entre 15-64 años (con capacidad para trabajar) representa el 60.10% y los ancianos el 4.89%.



Tabla 29 Pirámide de Edades del Departamento de Masaya

El municipio que concentra la mayor cantidad de jóvenes es Masaya, representando el 16.49% del total de población, seguido en orden descendente los municipios de Nindirí, La Concepción, Masatepe y Niquinohomo, este con el 14.43% de la población joven del departamento. Así mismo se observa que a partir de las edades de 25 a 29 años, hay un descenso de la población en ambos sexos, teniendo mayor relevancia la población masculina, este comportamiento persiste hasta llegar a los grupos de edades de 80 a 84 años.

Distribución de la población urbana y rural Del total de población del departamento, 175,595 habitantes viven en el área urbana lo que representa el 55% del total, sin embargo, el porcentaje restante de la población es muy significativo por tener su ocupación principal relacionada a las labores del campo.

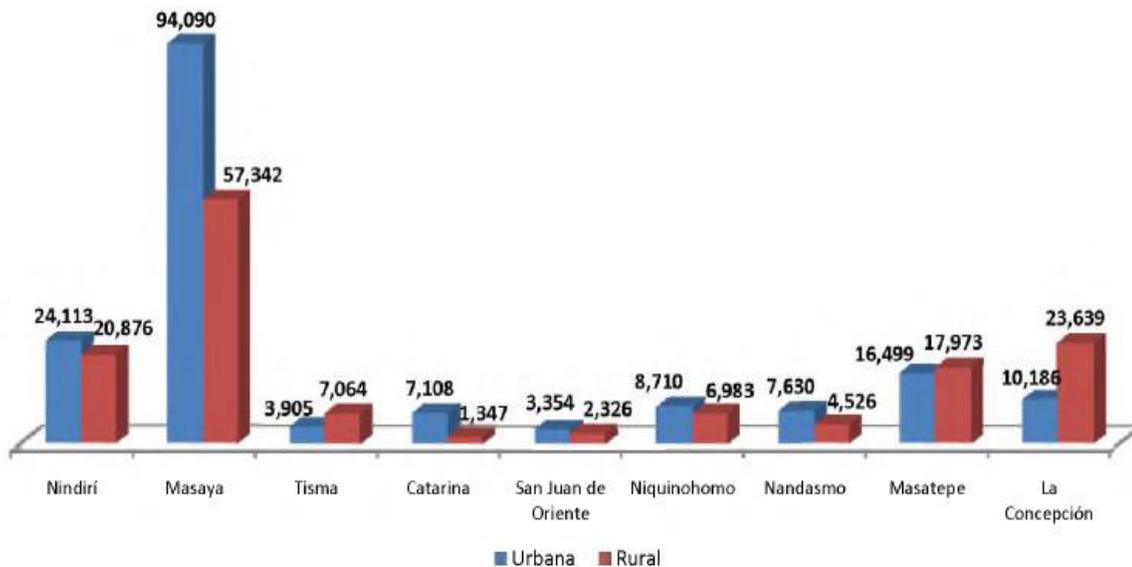


Tabla 30 Distribución de la Población urbana y rural

En el gráfico anterior se detalla la distribución de la población urbana rural del departamento de Masaya, observándose que el Municipio que posee en el año 2009 mayor población urbana es Masaya con 94,090 habitantes, ello se debe a que es la cabecera departamental y es en la que se concentra la mayor actividad del departamento, seguido de Nindirí con 24,113. Es importante mencionar que Catarina es el municipio más urbanizado del departamento con 7,108 habitantes en el área urbana que representaba el 84.1% del municipio.

Destaca el municipio de La Concepción debido a que la mayoría de su población se concentra en el área rural, representando el 69.9% del municipio, de igual manera, los

municipios de Tisma y Masatepe, poseen mayor población rural que urbana, correspondientes al 64.4% y 52.1% respectivamente, esto debido a sus actividades agrícolas. En los municipios de San Juan de Oriente y Niquinohomo existe cierto equilibrio entre las áreas rural y urbana.

En la siguiente tabla se detalla la población urbana y rural de cada municipio con base el último censo del INIDE en el 2005 (proyecciones 2009).

Municipio	Población por Municipio y % / Depto.		Urbana		Rural		Municipio	
			Urbana	% / Depto.	Rural	% / Depto.	Urbano	Rural
Nindiri	44,988	14.2%	24,113	13.7	20,876	14.7	53.6%	46.4%
Masaya	151,432	47.7%	94,090	53.6	57,342	40.4	62.1%	37.9%
Tisma	10,969	3.5%	3,905	2.2	7,064	5.0	35.6%	64.4%
Catarina	8,455	2.7%	7,108	4.0	1,347	0.9	84.1%	15.9%
San Juan de Oriente	5,680	1.8%	3,354	1.9	2,326	1.6	59.0%	41.0%
Niquinohomo	15,692	4.9%	8,710	5.0	6,983	4.9	55.5%	44.5%
Nandasmo	12,156	3.8%	7,630	4.3	4,526	3.2	62.8%	37.2%
Masatepe	34,472	10.9%	16,499	9.4	17,973	12.7	47.9%	52.1%
La Concepción	33,825	10.6%	10,186	5.8	23,639	16.6	30.1%	69.9%
Total	317,671	100.0	175,595	100	142,076	100		

Tabla 31 Distribucion de la poblacion urbana y rural

3.4.2. Agua y Alcantarillado

El municipio de MASAYA cuenta con servicio de agua potable cuya administración depende de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), el agua proviene de pozos perforados que están ubicados en diferentes sectores de la zona urbana.

Existe un promedio de 12,300 conexiones domiciliarias y 24 puestos públicos, el almacenamiento del vital líquido ocurre en tres tanques con capacidad diversa dos con capacidad de 750,000 galones y el tercero con capacidad de 450,000 galones.

Se ha determinado una cobertura aproximada del 60% del total de las viviendas.

En el área urbana existen 10 puestos de agua potable y 11,058 conexiones domiciliarias (78% de las viviendas del sector urbano), en el área rural existen 14 puestos de agua potable y 1,242 conexiones domiciliarias (19% del total de viviendas del sector), el 3% restante se abastece de pozos excavados y generalmente se ubican en la periferia de la ciudad. En cuanto al alcantarillado sanitario el municipio cuenta con un total de 8,135 conexiones domiciliarias, que equivalen al 40 % del total de las viviendas del municipio. En las zonas donde no se cuenta con la red de alcantarillado

sanitario, según el informe de INIFOM (2,001) el 68.2% hacen uso de letrinas tradicionales, el 22 % utilizan sumideros, el 8% depositan las aguas residuales en cauces, además de hacer uso de letrinas y el 1.7% utilizan sumideros para aguas servidas y letrinas.

3.4.3. Transporte

El transporte de pasajeros es atendido por autobuses, microbuses, taxis y coches halados de caballos, que forman parte del atractivo de la ciudad. El servicio de transporte colectivo interdepartamental incluye las rutas MASAYA- Granada, MASAYA - Rivas, MASAYA - Carazo.

3.4.4. Vías de Acceso

El municipio se caracteriza por tener acceso a vías regionales como la carretera Managua – MASAYA - Granada y la carretera a Diriomo, conocida como ruta a los Pueblos y que actualmente se encuentran en buen estado. La red vial del municipio está compuesta por 175.4 km, de los cuales 26.8 km son asfaltados, 27.15 km son adoquinados y 121.45 km, son de tierra.

3.4.5. Energía Eléctrica

El municipio cuenta con el servicio público de energía domiciliar, se cuenta con un total de 57 km de líneas secundarias y 24.5 km de líneas primarias, distribuidas en 13 Km de líneas trifásicas (tres corrientes de un mismo generador), 3 Kms. de bifásicas (dos corrientes de un mismo generador) y 8.5 Kms. de líneas monofásicas. En el municipio existen 11,779 conexiones domiciliarias, equivalentes al 57% del total de las viviendas del municipio.

3.4.6. Salud

El municipio de MASAYA cuenta con 18 unidades de salud distribuidas en el área urbana y área rural.

a) Área Urbana

El hospital " Humberto Alvarado Vásquez", tiene 176 camas y un personal de 442 trabajadores, entre especialistas, médicos generales, médicos internos, odontólogos y

enfermeras. El municipio cuenta con dos centros de salud: uno en el sector norte, y el otro se ubica en Monimbó en el sector sur de la ciudad; y cuatro puestos de salud localizados en los barrios en diferentes barrios de la ciudad

b) Área Rural

El área rural cuenta con 11 puestos de salud ubicados en las comunidades de: Los Altos, Las Flores, La Reforma, Pilas Orientales, El Comején, La Ceibita, Llano Grande No. I, Pacayita, Valle de la Laguna, María Auxiliadora y Germán Pomares. En el área rural existen además 50 casas que funcionan como apoyo a la salud, apoyadas por 177 brigadistas, 13 colaboradores voluntarios y aproximadamente 29 parteras.

Las primeras causas de morbilidad a nivel municipal son las infecciones respiratorias agudas, infección de vías urinarias, parásitos, hipertensión arterial, insuficiencia cardíaca, gastritis, entre otras; en los niños menores de un año es notoria la desnutrición y la bronca neumonía neonatal.

3.4.7. Educación

En el municipio existe una población estudiantil de 35,000 alumnos. Esta población es atendida por 915 profesores, de los cuales 132 son de preescolar, 675 de educación primaria y 108 de secundaria.

A nivel municipal existen un total de 99 centros educativos, 13 son de educación secundaria, 64 de primaria y 22 preescolares. Existen 453 aulas disponibles en centros educativos estatales y una estimación de 947 aulas en centros privados.

3.4.8. Vivienda

MASAYA, a nivel de municipio, cuenta con un total de 20,492 viviendas y un índice habitacional de 6 personas por viviendas.

En el derecho de vía definido para la Circunvalación no se identifican viviendas que estén afectadas por el proyecto.

3.4.9. Servicios Municipales

a) Recolección de desechos sólidos

El municipio de MASAYA presta el servicio de recolección de basura con una periodicidad de dos veces por semana en cada sector y diariamente en sitios críticos como el mercado, hospital, estación de transferencia entre otros.

El servicio de recolección cuenta con una cobertura que alcanza el 85% de la población total, el 15% restante no es beneficiado por este servicio debido a su ubicación territorial y por el mal estado de sus calles. La ciudad de MASAYA cuenta con un basurero municipal, que tiene un área de cinco manzanas y está localizado a 1.5 km de la carretera MASAYA - MANAGUA. El servicio de barrida de calles se realiza a través de 36 operarios y tres supervisores. En esta actividad se recolectan 19 m³ de basura por día y cada operario tiene designado 2,800 m de limpieza, totalizándose 92,400 m de calles entre asfaltadas y adoquinadas.

En MASAYA, actualmente se ejecuta un proyecto piloto de compostaje, que consiste en la elaboración de abono a partir de la basura orgánica recolectada inicialmente en el mercado municipal. El abono es vendido especialmente a los productores de café y cítricos.

b) Mercados

El municipio de MASAYA cuenta con un mercado de cobertura municipal y departamental, tiene un área de 4 manzanas, está compuesto por 850 tramos techados y 1,200 tramos sin techar ubicados los últimos en el sector suroeste del mercado.

La infraestructura se encuentra en buen estado, cuenta con agua potable, energía eléctrica, alumbrado público y está conectado a las redes de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial.

c) Rastro

MASAYA cuenta con un rastro municipal localizado al norte del Coyotepe, sobre la carretera Masaya - Tipitapa, tiene un área de dos manzanas y una capacidad de destace de 500 a 600 reses y 800 cerdos mensuales.

El rastro fue remodelado en 1995, posee un 30% de área techada que incluye oficina administrativa, sala de matanza, corrales, cuenta además con agua potable, energía eléctrica, drenaje sanitario, pozos sépticos e incinerador para quema de cascotes, cuernos, entre otros. Los desechos sólidos son depositados en una serie de tres pilas, en las cuales la descomposición orgánica se convierte en gas metano que es almacenado en dos tanques, posteriormente el componente es utilizado para calentar el agua que servirá en la matanza de cerdos.

El agua que se separa del componente, es utilizada para riegos en huertos experimentales de frutas que están ubicados dentro del rastro, tales como: naranjas, limones, papayas, aguacates, piñas, entre otros. Este sistema permite el ahorro de leña y el mantenimiento en buenas condiciones higiénico sanitario del local.

d) Cementerio

El cementerio Central, Suroriental y Noroccidental, cuentan con servicio de agua potable y electricidad. Los cementerios de El Zapote, El Virulento y el Camposanto de Monimbó son manejados por el Concejo de Ancianos de Monimbó.

e) Parques

El municipio de MASAYA cuenta con 11 parques en buen estado, 3 plazas y 3 bulevares. La Alcaldía les brinda mantenimiento, limpieza general, cuidado de jardines, riego, reforestación, pintura y reparaciones menores, cuentan con agua potable y energía eléctrica.

3.4.10. Telecomunicaciones

El municipio de MASAYA, cuenta con el servicio de teléfonos y correos cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL). La central telefónica brinda los servicios de teléfonos públicos, telégrafos y correos, las sucursales solamente brindan servicios de teléfonos públicos. Además, tiene cobertura de telefonía celular, servicio que lo brindan las tres compañías que están establecidas en Nicaragua.

3.5. Síntesis del Capítulo

En este capítulo se estudió el estado actual de los componentes ambientales del área de influencia del proyecto vial. Para el caso del proyecto vial Circunvalación de Masaya, el área de influencia está definida por la zona donde las acciones de construcción impactan de una manera directa (el ancho de rodamiento y su derecho de vía, así como los sitios seleccionados para los bancos de materiales) y, además, aquellas áreas que por su cercanía se ven afectadas o beneficiadas.

El área a impactar directamente está definida por el derecho de vía, en total se tienen un ancho de 30 m, resultando un total aproximado de 20.1 hectáreas como área directa.

El área indirecta a impactar la definimos como una extensión del derecho de vía a 100 m a cada lado de la vía partiendo siempre del eje central, resultando un total aproximado de 134 hectáreas como área indirecta.

Dada el área de influencia del proyecto se procedió a caracterizar el medio ambiente que se desarrolla en esta zona, primeramente, se procedió a la caracterización del medio abiótico y sus componentes, tales como: la Geomorfología, Geología, Clima, Hidrología Superficial y la hidrogeología de la zona del proyecto.

Además, dentro de este apartado se consideró las proyecciones del cambio climático en el principal componente que es afectado ante estos efectos del cambio climático, como es el componente del Clima.

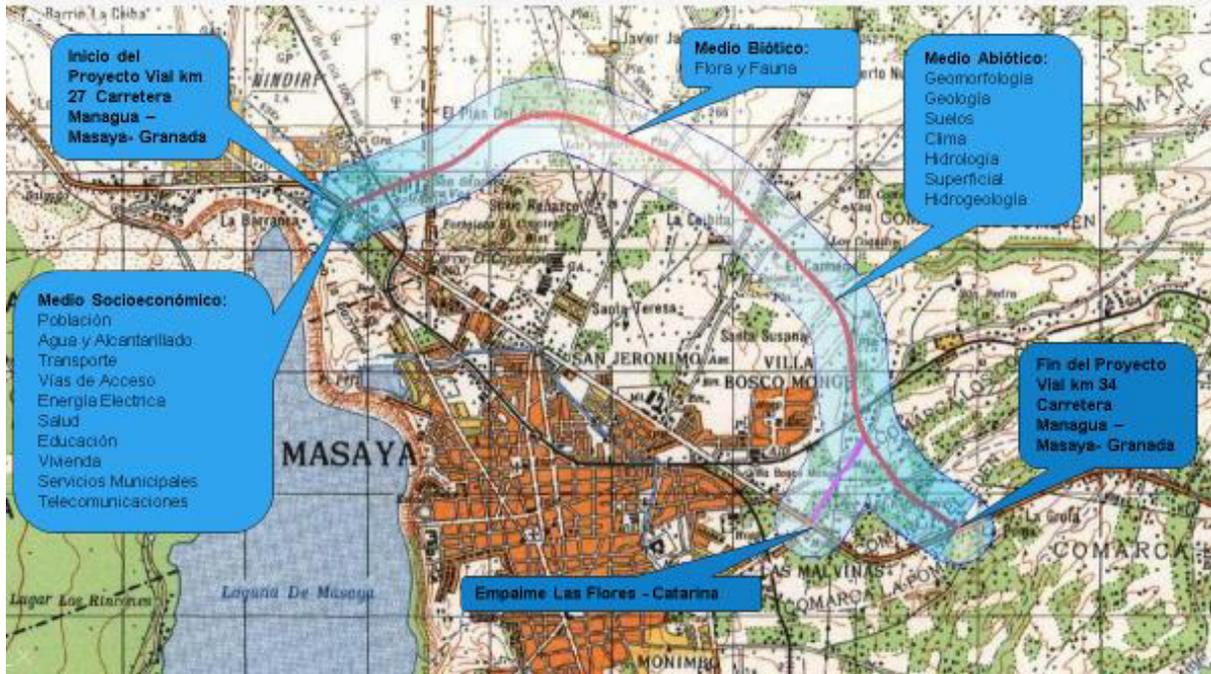
También se incluye en este capítulo, la caracterización del medio biótico de la zona del proyecto, con el fin de determinar la flora y la fauna que sería afectada por la construcción de este tramo de carretera.

Además, cuenta con una caracterización completa de todos los componentes del medio socioeconómico, tales como: la población, agua y alcantarillado, transporte, vías de acceso, energía eléctrica, salud, educación, vivienda, servicios municipales y telecomunicaciones.

Todo esto con el fin de evaluar la importancia de esta infraestructura vial y las posibles afectaciones al medio biótico, medio abiótico y medio socioeconómico, además con esta información se dará la pauta al desarrollo de un diseño de carretera amigable con el medio ambiente

Mapa Síntesis de la LBA

Proyecto Vial Carretera de Circunvalación de Masaya



CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

En este capítulo se analizaron los riesgos a desastres que tiene el área de influencia del Proyecto: “Carretera de Circunvalación de Masaya”, determinando los riesgos a desastres ante la ocurrencia de amenazas o peligros en el sitio de emplazamiento del proyecto, sea por vulnerabilidad del sitio o provocadas por el mismo proyecto; además de identificar las medidas de prevención y mitigación (medidas de reducción de riesgo) pertinentes. Tempranamente, en el mismo diagnóstico situacional se ha sugerido estudiar y determinar los riesgos de desastres presentes e históricamente acaecidos en el área de influencia del proyecto, esto con el fin de hacer integral este análisis en las diferentes secciones del proyecto.

El diagnóstico del sitio es una actividad de enorme importancia que permite la identificación de los peligros y la determinación de las medidas de prevención, mitigación o de reducción de riesgos, en la cual este análisis contribuirá a reducir efectivamente la propensión al desastre, y al mismo tiempo, estimar de manera cuantitativa los daños que se pueden evitar.

La identificación del riesgo implica la realización de dos tipos de análisis:

- ❖ La Evaluación del Emplazamiento.
- ❖ La Evaluación de la Vulnerabilidad.

Para ambos tipos de análisis se utilizará la metodología sugerida en el documento “Guía Actualizada de Evaluación Económica de la inclusión de la variable riesgo de desastres en la inversión pública y su aplicación en proyectos de desarrollo en Panamá, Honduras y Nicaragua”. El instrumento a utilizar se compone de varios histogramas que describen seis componentes y veintinueve variables a utilizar, según sea el tipo de proyecto a evaluar.

4.1. Evaluación del Emplazamiento del Proyecto Vial.

4.1.1. Consideraciones para la evaluación del Emplazamiento

El análisis de emplazamiento del proyecto vial: “Carretera de Circunvalación de Masaya”, consistió en identificar los posibles peligros o amenazas a los que se expone el proyecto en el sitio seleccionado de localización y en su área de influencia. Se trató de identificar aquellas amenazas naturales, socio naturales o antropológicas, que podrían afectar el proyecto su operación.

La ocurrencia de una amenaza pone en riesgo el servicio de transitabilidad que ha motivado el proyecto de infraestructura vial, y, por lo tanto, los beneficios sociales y económicos del proyecto podrían verse interrumpidos. El análisis de emplazamiento nos señaló las amenazas o peligros, y aportó información sobre la ocurrencia histórica de esas amenazas. Además, el análisis de emplazamiento nos ayudó a identificar las nuevas amenazas como resultado de los cambios en los elementos naturales, socio naturales y principalmente los antropológicos, que pudieran ser provocados por el proyecto mismo.

Para realizar el análisis de emplazamiento se realizaron Matrices de Análisis de Emplazamiento, que incluyen diferentes componentes evaluados: geología, recursos hídricos, ecosistema, medio construido, institucional y social; cada componente incorpora variables específicas de análisis, por ejemplo, el componente geología, tiene las variables: vulcanismo, formación geológica, deslizamientos y rangos de pendiente. La metodología de análisis consiste en asignar un puntaje, sobre la base de una escala predefinida en Matrices de Evaluación, que establece características para las variables de cada componente.

El resultado final del análisis de emplazamiento es una calificación ponderada, con valores que oscilarán entre 1 y 3, siendo que el valor de 1 significa que el sitio no es elegible para realizar la inversión o para localizarla, y el valor de 3 significa que sí es elegible.

A continuación, se detalla los resultados obtenidos del análisis de la Vulnerabilidad del Proyecto de Carretera de Circunvalación de Masaya:

4.1.2. Histograma de Evaluación de Emplazamiento

PROYECTO: Carretera de Circunvalación Masaya. Longitud: 6.50 km.

UBICACIÓN: El Proyecto Circunvalación de Masaya da inicio a la altura del kilómetro 27.4 de la carretera NIC-4 y finaliza a la altura del kilómetro 33.20. Municipio de Masaya, Departamento de Masaya, Republica de Nicaragua.

TIPO DE PROYECTO: Construcción de Carretera con capa de rodamiento en concreto hidráulico

COMPONENTE BIOCLIMÁTICO									
E	Confort Hidrotérmico	Viento	Precipitación	Ruido	Calidad de aire	P	F	ExPxf	PxF
1						3	0	0	0
2		X		X	X	2	3	12	6
3	X		X			1	2	6	2
Valor Total= (ExPxF)/(PxF)=								18	8
									2.25

COMPONENTE GEOLOGIA										
E	Sismicidad	Erosión	Deslizamiento	Vulcanismo	Rangos de pendiente	Calidad del suelo	P	F	ExPxf	PxF
1							3	1	3	3
2	X	X		X		X	2	4	16	8
3			X		X		1	2	6	2
Valor Total= (ExPxF)/(PxF)=								25	13	
									1.92	

COMPONENTE ECOSISTEMAS										
E	Suelo agrícola	Hidrología superficial	Hidrología subterránea	Lagos	Áreas ambientalmente frágiles	Sedimentación	P	F	ExPxf	PxF
1							3	0	0	0
2		X	X			X	2	3	12	6
3	X			X	X		1	3	9	3
Valor Total= (ExPxF)/(PxF)=								21	9	
									2.33	

COMPONENTE MEDIO CONSTRUIDO								
E	Uso de suelo	Accesibilidad	Acceso a los servicios	Áreas comunales	P	F	ExPxf	PxF
1					3	0	0	0
2			X		2	1	4	2
3	X	X		X	1	3	9	3
Valor Total= (ExPxF)/(PxF)=							13	5
								2.6

COMPONENTE INTERACION (CONTAMINACION)									
E	Desechos solidos y líquidos	Industrias contaminantes	Líneas eléctricas de alta tensión	Peligro de explosión de incendios	Servicio de Recoleccion de Desechos	P	F	ExPx _f	PxF
1						3	0	0	0
2						2	0	0	0
3	X	X	X	X	X	1	5	15	5
Valor Total= (ExPx _f)/(PxF)=			3.00					15	5

COMPONENTE INSTITUCIONAL Y SOCIAL							
E	Conflictos territoriales	Seguridad ciudadana	Marco jurídico	P	F	ExPx _f	PxF
1				3	0	0	0
2				2	0	0	0
3	X	X	X	1	3	9	3
Valor Total= (ExPx _f)/(PxF)=			3			9	3

RESUMEN DE LA EVALUACIÓN	
COMPONENTES	EVALUACION
BIOClimÁTICO	2.25
GEOLÓGICA	1.92
ECOSISTEMA	2.33
MEDIO CONSTRUIDO	2.60
INTERACCIÓN (CONTAMINACIÓN)	3.00
INSTITUCIONAL SOCIAL	3.00
PROMEDIO	2.52

Evaluación del emplazamiento:

La calificación de 2.52, sugiere que el área de influencia considerada para la construcción de la carretera de Circunvalación de Masaya, es poco vulnerable e incide con un bajo deterioro de la calidad ambiental. La verificación ha mostrado que se cumplen condiciones preestablecidas para el emplazamiento y para la construcción o la ejecución del proyecto; por lo que la planificación de su ejecución puede aprobarse.

4.2. Evaluación de Vulnerabilidad del Proyecto Vial.

4.2.1. Consideraciones para la Evaluación de la Vulnerabilidad.

Tomando como base el análisis de emplazamiento, en esta sección corresponde identificar las vulnerabilidades que presenta el proyecto, en términos del grado de exposición, la fragilidad y la resiliencia. Es importante que el análisis sea prospectivo en el sentido de anticipar o predecir cómo las amenazas interaccionan y podrían en caso de ocurrir, causar daño o pérdidas al proyecto y a la comunidad beneficiaria.

La evaluación de vulnerabilidad implica la utilización de un histograma que contiene tres componentes principales y diecisiete variables. Los componentes son: materiales de construcción, diseño y, tecnología de construcción. Cada uno está compuesto por variables que a su vez disponen de criterios generales para su consideración y valoración.

Al igual que en el análisis de emplazamiento, para analizar la vulnerabilidad existen componentes y variables en la Matriz de Análisis de la Vulnerabilidad, los cuales son evaluados tomando una escala y asignando un peso a cada variable de análisis. El valor de la evaluación está entre 1 y 3, si es 1 significa que el proyecto es muy vulnerable y por lo tanto no elegible; y si es tres (mayor de 2.6, en la escala), significa que el proyecto no conlleva vulnerabilidades a los usuarios.

A continuación, se detalla los resultados obtenidos del análisis de la Vulnerabilidad del Proyecto de Carretera de Circunvalación de Masaya:

4.2.2. Histograma de Evaluación de Vulnerabilidad.

PROYECTO: Carretera de Circunvalación Masaya. Longitud: 6.50 km.

UBICACIÓN: El Proyecto Circunvalación de Masaya da inicio a la altura del kilómetro 27.4 de la carretera NIC-4 y finaliza a la altura del kilómetro 33.20. Municipio de Masaya, Departamento de Masaya, Republica de Nicaragua.

TIPO DE PROYECTO: Construcción de Carretera con capa de rodamiento en concreto hidráulico

Recomendaciones Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad, ante los Efectos del Cambio Climático. Caso de Estudio: El Área de Influencia del Proyecto Vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.

Histograma Evaluación de la Vulnerabilidad															
No	Componente	Variable	Relación Escala / Peso						Σ	Rangos					
			E	P	E	P	E	P		1.0 - 1.5	1.6 - 2.0	2.1 - 2.5	2.6 - 3.0		
			3	1	2	2	1	3		R	N	A	V		
1	Materiales de Construcción	Disponibilidad de materiales			x	x									
		Renovabilidad de fuentes					x	x							
		Agresividad del proceso			x	x									
		Calidad y durabilidad del material	x	x											
		Protección ambiental	x	x											
		Facilidad de sustitución o reparación			x	x									
		Frecuencia (F)	2		3		1								
		ExPxF	6		12		3		21						
		PxF	2		6		3		11						
Valor Total	ExPxF/PxF=						1.91		1.91						
2	Diseño	Cultura local					x	x							
		Estabilidad	x	x											
		Funcionabilidad	x	x											
		Confort Ambiental	x	x											
		Eliminación Desechos	x	x											
		Adaptación al Medio					x	x							
		Frecuencia (F)	4		0		2								
		ExPxF	12		0		6		18						
		PxF	4		0		6		10						
Valor Total	ExPxF/PxF=						1.80		1.80						
3	Tecnología de Construcción	Fuerza de trabajo					X	X							
		Equipamiento			X	X									
		Generación/disposición desechos	X	X											
		Control Ejecución			X	X									
		Externalidades	X	X											
		Frecuencia (F)	2		2		1								
		ExPxF	6		8		3		17						
PxF	2		4		3		9								
Valor Total	ExPxF/PxF=						1.89		1.89						

Evaluación de la Vulnerabilidad								
Evaluaciones	Rangos				Resultado			
	1.0 - 1.5	1.6 - 2.0	2.1 - 2.5	2.6 - 3.0	R	N	A	V
Materiales de construcción		1.91						
Diseño		1.80						
Tecnología de construcción		1.89						
Promedio	1.87							

Evaluación de la Vulnerabilidad:

Según la evaluación obtenida de 1.87, significa que el proyecto es vulnerable, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de los usuarios

4.3. Balance de Riesgo Promedio

Una vez realizado el análisis de emplazamiento y análisis de vulnerabilidad del proyecto el resultado final se sintetiza en el instrumento “histograma de balance de riesgo” que contiene los resultados de las dos evaluaciones: emplazamiento y vulnerabilidad.

El resultado final se realiza a través del promedio de los valores obtenidos en los instrumentos utilizados para el análisis del emplazamiento y la evaluación de la vulnerabilidad, señalando las condiciones de aprobación del proyecto y aplicando los mismos criterios de elegibilidad indicados en el análisis de vulnerabilidad del proyecto.

El balance de riesgo permitirá establecer la relación entre los componentes de peligro o amenaza y los factores de vulnerabilidad considerados en el análisis; lo cual pretende mostrar de manera indicativa el estado del proyecto respecto a la posibilidad de ser afectado por diversos factores de peligro, que pueden poner en riesgo su implementación u operación. El objetivo de este análisis se centra en lograr una visión anticipada de los potenciales impactos que deberá enfrentar el proyecto en virtud de las condiciones inherentes al territorio donde se lleva a cabo la inversión.

La Tabla a continuación resume el resultado obtenido en las evaluaciones de emplazamiento y vulnerabilidad para el proyecto que venimos analizando:

Balance del Riesgo Promedio

No.	EVALUACIONES	ANALISIS				RESULTADOS			
		1.0 - 1.5	1.6 - 2.0	2.1 - 2.5	2.6 - 3.0	R	N	A	V
1	EVALUACION DE EMPLAZAMIENTO			2.52					
2	ANALISIS DE VULNERABILIDAD		1.87						
BALANCE DE RIESGO/PROMEDIO		2.20							
VALORES	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN							
Entre 1 y 1.5	Significa que el proyecto está en estado alto de riesgo, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de las personas.	Se define como no elegible el proyecto en las condiciones en que se presenta.							
Entre 1.6 y 2.0	Significa que el proyecto está en estado de riesgo critico, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de los usuarios.	Se sugiere la búsqueda de una mejor alternativa tecnológica, de diseño o en la selección de materiales de construcción para la realización del proyecto.							
Entre 2.1 y 2.5	Significa que el proyecto presenta un estado de riesgo moderado.	Se considera esta alternativa del proyecto elegible siempre y cuando no se obtengan calificaciones de 1 (Escala) en algunos de los siguientes aspectos: Adaptación al medio, confort y renovabilidad de las fuentes (materiales de construcción)							
Superiores a 2.6	Significa que el proyecto presenta bajos niveles de riesgo.	Se considera este proyecto totalmente elegible e idóneo para su desarrollo							
<p>OBSERVACIONES: Dada la puntuacion de 2.20, significa que el proyecto presenta un estado de riesgo moderado. Se considera esta alternativa del proyecto elegible. Se recomienda un buen manejo en los materiales de construccion (cemento) ya que por el tipo de tecnologia de Construccion genera afectaciones a la salud del personal y las poblaciones aledañas,</p>									
<p>Nosotros los Ingenieros: Cesar Gutierrez, Lubianka Jiron y Meliza Peña, en mi calidad de Evaluadores del Proyecto, damos fe que la evaluación anteriormente descrita coincide con la información presentada por la propuesta.</p>									

Nombres y apellidos del funcionario que realiza la evaluación

Firma

Ing. Cesar David Gutierrez Rosales _____

Ing. Lubianka Yuriel Jirón Barahona. _____

Ing. Meliza Peña Solano. _____

Nombres y apellidos del funcionario que aprueba la evaluación

Firma

Dra. Juliana Jiménez _____

4.4. Evaluación del Riesgo en la Fase de Implementación y Operación

La evaluación de la amenaza busca conocer el escenario físico en el que se manifiesta un fenómeno en particular, las condiciones de ocurrencia de dicho fenómeno y las variables físicas que lo determinan. Normalmente la evaluación de las amenazas se realiza a través de estudios técnicos que se desarrollan para establecer el comportamiento de un determinado evento, su área de influencia y sus posibles efectos sobre la zona en la que se espera ocurra; para lo cual se requiere disponer de información lo más completa posible sobre los fenómenos que han ocurrido en el pasado, su origen (o fuente generadora) y su intensidad.

El conocimiento de la vulnerabilidad es esencial para establecer la evolución del riesgo a través del tiempo y su prospección al futuro en términos de posibles impactos por acción de los fenómenos peligrosos. El análisis de la vulnerabilidad implica la consideración de múltiples variables que se entrelazan entre sí y se cruzan para dar por resultado condiciones de debilidad sobre un contexto físico y social determinado.

Una vez se conocen los escenarios donde se manifiesta la amenaza o peligro y los sitios donde se ubican los proyectos, es posible saber qué infraestructuras se encuentran en condiciones de peligro. El cruce de la información de amenazas, con la información de vulnerabilidad (para este caso específico por factor de exposición o ubicación) hace posible obtener un tercer producto que es la aproximación al riesgo.

El riesgo, tal como se ha definido, se presenta como el resultado de la coexistencia, en una zona determinada, de la amenaza y la vulnerabilidad. Esto quiere decir que para que haya riesgo debe confluir en la misma zona la probabilidad de que ocurra un fenómeno determinado y debe haber elementos que puedan ser afectados; la inexistencia de alguno de estos dos componentes elimina automáticamente las condiciones de riesgo.

El análisis del riesgo involucra la consideración de varios elementos fundamentales: el factor de peligrosidad o amenaza, el cual está determinado por la presencia de un agente natural o antrópico que está en condiciones de afectar una zona donde se ha instalado infraestructura física. El segundo factor a considerar es el aspecto de vulnerabilidad, el cual se relaciona con la ubicación de personas y elementos físicos en el área de influencia del fenómeno e involucra también, la capacidad física que tienen los elementos expuestos para resistir el impacto de un evento probable.

En principio se debe considerar el factor amenaza o agente que puede causar daño. Para identificar la amenaza es prioritario establecer los procesos naturales que se dan en la zona objeto de evaluación, y en materia de eventos naturales: los sismos, las

inundaciones y los deslizamientos, son los principales responsables de la generación de daños y pérdidas. Los eventos naturales se convierten en amenazas o peligros en el momento en el que dichos fenómenos tienen incidencia sobre algún contexto físico-social ambiental.

Identificación y categorización de las amenazas:

Recopilación de las informaciones sobre estudios y cartografías que permitan mostrar las diferentes amenazas o peligros que se concentran en el lugar donde se encuentra ubicado el proyecto. Tener en consideración eventos de corta y larga recurrencia que tengan incidencia sobre la zona.

a) Antecedentes de ocurrencia de fenómenos peligrosos

- ❖ Tipo de fenómeno: natural, socio-natural o antrópico.
- ❖ Año(s) de ocurrencia
- ❖ Recurrencia o período de retorno estimado (cada cuantos años/meses se presenta).
- ❖ Inventario de impactos generados en eventos ocurridos en el pasado, en relación a la zona donde se ubica el proyecto.

Evaluación de Vulnerabilidad en la Etapa de Ejecución y Operación

Tipos de Amenazas	Amenazas probables	Ciclo o recurrencia (años/meses)	Probabilidad de afectación de acuerdo a la recurrencia			Tipo de afectación		Zonas probables de afectación en relación al proyecto
			Alta	Media	Baja	Total	Parcial	
Naturales	Vulcanismo	1 año			x		x	Ninguna
	Inundación	6 meses			x		x	Zonas Bajas del Proyecto (km 27 hasta km 30)
	Sismos y terremotos	17 años	x			x		Toda la Zona alrededor del Proyecto
	Huracanes	19 años			x		x	Toda la Zona alrededor del Proyecto
	Deslizamiento	-			x		x	Ninguna
	Sequias	2 años	x				x	Toda la Zona alrededor del Proyecto
	Olas de calor	6 meses		x			x	Toda la Zona alrededor del Proyecto
Antropogénicas	Industrias	permanente		x			x	un 30 % del Área de Influencia del Proyecto (Estación 0+000 - 2+400)
	Transporte	permanente		x		x		Toda la Zona alrededor del Proyecto
	Desechos Solidos	permanente		x			x	De manera puntual en la estación 5+300
	Agricultura	6 meses	x				x	Un 80 % del área de Influencia del Proyecto

Justificación de los Amenazas seleccionadas:

1. VULCANISMO: la probabilidad de afectaciones el proyecto es muy baja ya que el volcán Masaya se encuentra a 12 km del proyecto. No representa amenaza. en el 2016 se presentó explosión del flujo de lava volcánica en la caldera del volcán Masaya.

2.INUNDACIONES: ante la carencia de flujos de aguas superficiales y suelos que propician la infiltración, no se originan ninguna amenaza natural, al menos que ocurra un evento hidrometeorológico extremo.

3. SISMOS Y TERREMOTOS: es una amenaza alta, ya que al proyecto lo atraviesa la falla que inicia en el cerro Coyotepe y termina en la entrada de la poma de la carretera Granada - Masaya.

4. HURACANES: el ultimo fenómeno registrado por la zona del pacifico fue el huracán Mitch en 1998, la cual en la zona del proyecto recibió influencia indirecta del fenómeno.

5. DESLIZAMIENTO: el terreno es de ondulado a plano, no existiendo condiciones para esta amenaza

6. SEQUIAS: en el año 2015 se presentó en la región del pacifico una sequía generalizada.

7. OLAS DEL CALOR: por lo general se presenta olas de calor propias de la temporada de verano.

8. INDUSTRIAS: en el inicio del tramo existen dos industrias (zona franca y pollera de tipo top) que arrojan contaminantes y desechos solidos

9. TRANSPORTE: produce contaminación acústica, y emisiones de gases que provocan el efecto invernadero y cambio climático.

10. DESECHOS SOLIDOS: cercano al tramo del proyecto se encuentra un vertedero no autorizado

11. AGRICULTIURA: despale de la zona de bosques, perdiendo la cobertura vegetal, usos de agroquímicos, cambio de usos de suelo

4.5. Análisis/ Evaluación de Riesgo Norma Española (UNE 150008:2008)

La norma UNE 150008 de Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental, establece todos los requisitos y las pautas a seguir a la hora de realizar la evaluación y la cuantificación de todos los riesgos que generan las actividades que realizan las organizaciones.

Para llevar a cabo la determinación de los riesgos ambientales, que pueden generar las empresas, se toman en cuenta diferentes conceptos:

- La base de un suceso indicador que supone el hecho de que se pueda provocar un incidente.
- La asignación de la probabilidad de ocurrencia de dicho suceso.

La combinación de los conceptos detallados en el párrafo anterior, son los escenarios de posibles accidentes, siendo el objetivo de dicha combinación, la determinación de la probabilidad de ocurrencia en cada uno de los escenarios y la determinación de las consecuencias naturales, humanas y socioeconómicas que se derivan de la sucesión de los posibles accidentes

Estimación de la Probabilidad

Es importante citar que la aplicación de esta metodología, se la realiza mediante la formulación previa de interrogantes, que permiten dar paso al planteamiento de escenarios en los cuales se analizan los riesgos del proyecto. Según la norma UNE 150008 EX, se debe asignar en cada uno de los distintos escenarios considerados dentro del proyecto, una probabilidad de ocurrencia en función de los siguientes criterios:

Valor	Probabilidad	
5	Muy probable	> una vez al mes
4	Altamente Probable	> una vez al año y < una vez al mes
3	Probable	> una vez cada 10 años y < una vez al año
2	Posible	> una vez cada 50 años y < una vez cada 10 años
1	Improbable	> una vez cada 50 años.

Estimación de la Gravedad de las Consecuencias

La estimación de las consecuencias se realiza de forma diferenciada para el entorno natural, humano y socioeconómico.

Para el cálculo del valor de las consecuencias en cada uno de los entornos, se utilizan las siguientes fórmulas:

Gravedad del entorno natural:	cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+	calidad del medio
Gravedad entorno Humano:	cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+	población afectada
Gravedad entorno socioeconómico:	cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+	patrimonio y capital productivo

Elaborado por: Greenleaf Ambiental Company Cia. Ltda.- 2010

Vulnerabilidad

Cantidad	→ Cantidad de sustancia emitida al entorno.
Peligrosidad	→ Se evalúa en función de la peligrosidad intrínseca de la sustancia (toxicidad, posibilidad de acumulación, etc.)
Extensión	→ Se refiere al espacio de influencia del impacto en el entorno.
Calidad del medio	→ Se considera el impacto y su posible reversibilidad
Población afectada	→ Número estimado de personas afectadas
Patrimonio cultural y productivo	→ Se refiere a la valoración del patrimonio económico y social (patrimonio histórico, infraestructura, actividad agraria, instalaciones industriales, espacios naturales protegidos, zonas residenciales y de servicios).

Sobre el entorno natural

Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del Medio
4	Muy alta	Muy Peligrosa	Muy Extenso	Muy Elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco Peligrosa	Poco Extenso	Media
1	Muy Poca	No Peligrosa	Puntual	Baja

Sobre el entorno Humano

Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población Afectada
4	Muy alta	Muerte o efectos irreversibles	Muy Extenso	Más de 100
3	Alta	Daños Graves	Extenso	Entre 25 y 100
2	Poca	Daños Leves	Poco Extenso	Entre 5 y 25
1	Muy Poca	Daños Muy Leves	Puntual	< 5 personas

Sobre el entorno Socioeconómico

Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Patrimonio y capital Productivo
4	Muy alta	Muy Peligrosa	Muy Extenso	Muy Alto
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto
2	Poca	Poco Peligrosa	Poco Extenso	Bajo
1	Muy Poca	No Peligrosa	Puntual	Muy Bajo

Para cada uno de los escenarios identificados, se asigna una puntuación de 1 a 5 a la gravedad de las consecuencias en cada entorno:

Nivel de Gravedad	Valoración	Valor Asignado
Crítico	20-18	5
Grave	17-15	4
Moderado	14-11	3
Leve	10-8	2
No relevante	7-5	1

Se realiza la calificación o puntuación de gravedad respectiva para cada entorno mencionado (natural, humano, socioeconómico).

Estimación del riesgo ambiental

El producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias estimadas en el ítem anterior, permite la estimación del riesgo ambiental, la misma que también se realiza para los tres entornos considerados previamente (natural, humano, socioeconómico).

RIESGO = PROBABILIDAD × CONSECUENCIA

Dónde: La consecuencia es valorada en función del entorno natural, humano y socioeconómico.

Evaluación del riesgo ambiental

Para la evaluación final del riesgo ambiental se elaboran tres tablas de doble entrada, una para cada entorno que se haya tomado en cuenta (natural, humano, socioeconómico), en las que gráficamente debe aparecer cada escenario teniendo en cuenta su probabilidad y consecuencia, resultado de la estimación de riesgo realizado.

Evaluación Riesgo Ambiental

		GRAVEDAD DEL ENTORNO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3				E	
	4					
	5					

Elaborado por: Greenleaf Ambiental Company Cia. Ltda., 2010

	Riesgo muy alto: 21 a 25
	Riesgo alto: 16 a 20
	Riesgo medio: 11 a 15
	Riesgo moderado: 6 a 10
	Riesgo bajo: 1 a 5

Esta metodología permite que una vez que se hayan colocado los riesgos en la tabla y se hayan catalogado, ya sea como riesgos muy altos, altos, medios, moderados o bajos, se puedan identificar aquellos que deben ser eliminados en caso de que no sean posibles de reducir. Estos riesgos críticos sobre los que es necesario actuar son los riesgos Altos y Muy Altos.

4.6. Matriz de Estimación del Riesgo en el Proyecto Vial.

En la siguiente matriz se identificará y se estimará la probabilidad de ocurrencia del riesgo ambiental por la consecuencia de los riesgos en cada uno de los entornos, es decir, natural, humano y socioeconómico.

4.6.1. Matriz de Estimación del Riesgo (Entorno Natural)

Entorno Natural				
Matriz de estimación del riesgo				
No.	Escenario de riesgo	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
E-1	Inundaciones por temporada lluviosa (invierno)	4	4	16
E-2	Inundaciones por eventos hidrometeorológicos extremos (tormentas o huracanes)	2	4	8
E-3	Huracanes (precipitaciones, fuertes vientos, deslizamientos, desbordamiento de ríos)	2	2	4
E-4	Desbordamientos de ríos y cauces	1	1	1
E-5	Deslizamiento de taludes por saturación de agua	2	3	6
E-6	Socavación en Estructuras de Drenaje (puentes, alcantarillas o cajas)	4	4	16
E-7	Sequias, olas de calor, altas temperaturas	4	4	16
E-8	Quemas, incendios de bosques o cultivos	2	4	8
E-9	Alcantarillas con sedimentos (tierra, lodo, basuras)	4	2	8
E-10	Cambios en el Uso de Suelo	3	3	9
E-11	Afectaciones a la Calidad del Paisaje	4	2	8
E-12	Transporte vehicular (emisión de gases)	4	3	12
E-13	Industria (Vertido de Desechos Solidos)	4	2	8
E-14	Industria (emisión de gases)	4	2	8
E-15	Deforestación y erosión de los suelos	3	2	6
E-16	Fuertes vientos (partículas de polvo en suspensión)	4	3	12
E-17	Agotamiento de los recursos naturales	2	2	4
E-18	Vertedero de Basura no autorizado (contaminación ambiental)	4	4	16

EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL						
		GRAVEDAD DEL ENTORNO NATURAL				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1	E-4				
	2		E-3, E-17	E-5	E-2, E-8	
	3		E-15	E-10		
	4		E-9, E-11, E-13, E-14	E-12, E-16	E-1, E-6, E-7, E-18	
	5					

	Riesgo muy alto
	Riesgo alto
	Riesgo medio
	Riesgo moderado
	Riesgo bajo

4.6.2. Matriz de Estimación del Riesgo (Entorno Humano)

Entorno Humano				
Matriz de estimación del riesgo				
No.	Escenario de riesgo	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
E-1	Inundaciones por temporada lluviosa (invierno)	4	2	8
E-2	Inundaciones por eventos hidrometeorológicos extremos (tormentas o huracanes)	2	4	8
E-3	Huracanes (precipitaciones, fuertes vientos, deslizamientos, desbordamiento de ríos)	2	4	8
E-4	Desbordamientos de ríos y cauces	1	1	1
E-5	Deslizamiento de taludes por saturación de agua	2	2	4
E-6	Socavación en Estructuras de Drenaje (puentes, alcantarillas o cajas)	4	1	4
E-7	Sequias, olas de calor, altas temperaturas	4	4	16
E-8	Quemas, incendios de bosques o cultivos	2	2	4
E-9	Alcantarillas con sedimentos (tierra, lodo, basuras)	4	1	4
E-10	Cambios en el Uso de Suelo	3	2	6
E-11	Afectaciones a la Calidad del Paisaje	4	1	4
E-12	Transporte vehicular (emisión de gases)	4	3	12
E-13	Industria (Vertido de Desechos Solidos)	4	3	12
E-14	Industria (emisión de gases)	4	3	12
E-15	Deforestación y erosión de los suelos	3	2	6
E-16	Fuertes vientos (partículas de polvo en suspensión)	4	4	16
E-17	Agotamiento de los recursos naturales	2	4	8
E-18	Vertedero de Basura no autorizado (contaminación ambiental)	4	4	16

EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL						
		GRAVEDAD DEL ENTORNO HUMANO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1	E-4				
	2		E-5, E-8		E-2, E-3, E-17	
	3		E-10, E-15			
	4	E-6, E-9, E-11	E-1	E-12, E-13, E-14	E-7, E-16- E-18	
	5					

	Riesgo muy alto
	Riesgo alto
	Riesgo medio
	Riesgo moderado
	Riesgo bajo

4.6.3. Matriz de Estimación del Riesgo (Entorno Socioeconómico)

Entorno Socioeconómico				
Matriz de estimación del riesgo				
No.	Escenario de riesgo	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
E-1	Inundaciones por temporada lluviosa (invierno)	4	2	8
E-2	Inundaciones por eventos hidrometeorológicos extremos (tormentas o huracanes)	2	3	6
E-3	Huracanes (precipitaciones, fuertes vientos, deslizamientos, desbordamiento de ríos)	2	4	8
E-4	Desbordamientos de ríos y cauces	1	1	1
E-5	Deslizamiento de taludes por saturación de agua	2	2	4
E-6	Socavación en Estructuras de Drenaje (puentes, alcantarillas o cajas)	4	2	8
E-7	Sequias, olas de calor, altas temperaturas	4	4	16
E-8	Quemas, incendios de bosques o cultivos	2	4	8
E-9	Alcantarillas con sedimentos (tierra, lodo, basuras)	4	1	4
E-10	Cambios en el Uso de Suelo	3	3	9
E-11	Afectaciones a la Calidad del Paisaje	4	1	4
E-12	Transporte vehicular (emisión de gases)	4	2	8
E-13	Industria (Vertido de Desechos Solidos)	4	2	8
E-14	Industria (emisión de gases)	4	2	8
E-15	Deforestación y erosión de los suelos	3	4	12
E-16	Fuertes vientos (partículas de polvo en suspensión)	4	3	12
E-17	Agotamiento de los recursos naturales	2	4	8
E-18	Vertedero de Basura no autorizado (contaminación ambiental)	4	2	8

EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL						
		GRAVEDAD DEL ENTORNO SOCIOECONOMICO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1	E-4				
	2		E-5	E-2	E-3, E-8, E-17	
	3			E-10	E-15	
	4	E-9, E-11	E-1, E-6, E-12, E-13, E-14, E-18	E-16	E-7	
	5					

	Riesgo muy alto
	Riesgo alto
	Riesgo medio
	Riesgo moderado
	Riesgo bajo

4.7. Síntesis del Capítulo

En este capítulo se procedió a la evaluación del riesgo del área de influencia del proyecto a través de dos metodologías que nos ayudaron a determinar el riesgo en el emplazamiento vial de la carretera de Circunvalación vial de Masaya.

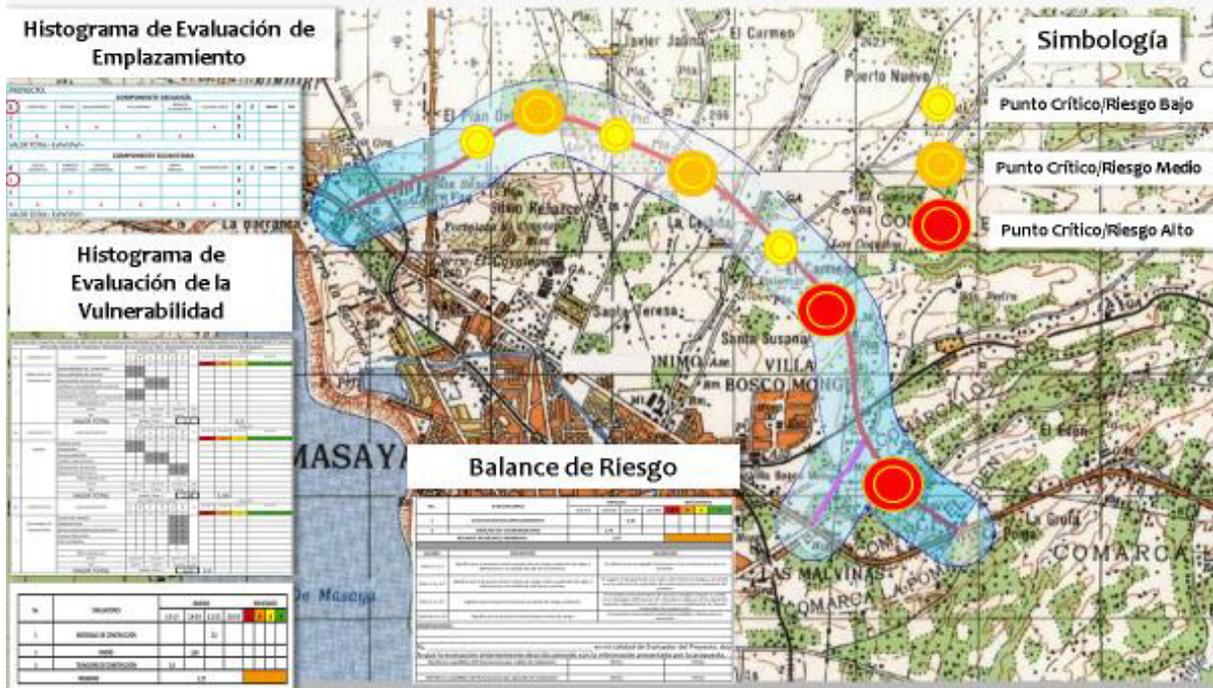
El análisis de emplazamiento del proyecto vial: “Carretera de Circunvalación de Masaya”, consistió en identificar los posibles peligros o amenazas a los que se expone el proyecto en el sitio seleccionado de localización y en su área de influencia. Se trató de identificar aquellas amenazas naturales, socio naturales o antropológicas, que podrían afectar el proyecto su operación.

La Evaluación del emplazamiento de este tramo Vial de carretera obtuvo una calificación de 2.52, que sugiere que el área de influencia considerada para la construcción de la carretera de Circunvalación de Masaya, es poco vulnerable e incide con un bajo deterioro de la calidad ambiental. La verificación ha mostrado que se cumplen condiciones preestablecidas para el emplazamiento y para la construcción o la ejecución del proyecto; por lo que la planificación de su ejecución puede aprobarse.

Por el contrario, la Evaluación de la Vulnerabilidad la calificación obtenida de 1.87, significa que el proyecto es vulnerable, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de los usuarios. Por lo tanto, es necesario la creación o el diseño de medias para poder resolver estos problemas de vulnerabilidad, que son susceptibles a ocurrir en el tramo de carretera y estos daños se verían incrementados antes los efectos del cambio climático en nuestro país.

Mapa Síntesis de Riesgos

Proyecto Vial Carretera de Circunvalación de Masaya



CAPÍTULO 5: MEDIDAS U OBRAS, DESTINADAS A LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, CORRECCIÓN Y/O COMPENSACIÓN DE LOS IMPACTOS GENERADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las infraestructuras son elementos especialmente vulnerables a los impactos de cambio climático como inundaciones fluviales, inundaciones pluviales, inundaciones costeras, deslizamientos de laderas, etc., a la vez que se trata de una infraestructura estratégica para los intereses económicos de los países. Es por ello de vital importancia conseguir una infraestructura resiliente.

Por esta problemática son necesarios dos tipos de estrategia, la adaptación y la mitigación. La adaptación se basa en asumir ciertos impactos, ya irreversibles, y adaptarse a ellos, mientras que la mitigación busca reducir la concentración de GEI en la atmósfera, para reducir así la magnitud del cambio.

Los países en vías de desarrollo son especialmente vulnerables frente al cambio climático, a la vez que su responsabilidad histórica en el mismo es muy inferior a la de los países desarrollados.

En materia de adaptación al cambio climático, por su carácter transversal, las principales acciones tomadas por los gobiernos consisten en introducir criterios de cambio climático en el resto de políticas. Se busca crear un mundo menos vulnerable a los impactos proyectados, con sistemas e infraestructuras “a prueba de cambio climático”.

La introducción de criterios de adaptación en las fases de planeamiento, diseño, construcción, mantenimiento y gestión de las infraestructuras se ha revelado como uno de los mecanismos más costo-efectivos para reducir los impactos económicos del cambio climático en el futuro.

Dentro de este marco, es por tanto relevante la identificación de todos los impactos del cambio climático en las infraestructuras, así como aplicar acciones de adaptación al cambio climático.

Adaptación al cambio climático

El proceso de adaptación de las infraestructuras al cambio climático requiere del desarrollo de diferentes actividades estructuradas en fases secuenciales:

- Evaluación de la previsión de cambio de los diferentes parámetros climáticos (temperatura, precipitaciones, nivel del mar, viento, etc.), mediante el desarrollo de proyecciones climáticas.
- Identificación de las características de la infraestructura susceptibles de ser afectadas por fenómenos climáticos.

- Identificación de los principales impactos potenciales del cambio climático sobre la infraestructura.
- Definición, evaluación y selección de medidas de adaptación al cambio climático en las fases de planificación, diseño, operación y mantenimiento de la infraestructura.
- Integración los aspectos de adaptación al cambio climático en las herramientas de planificación, diseño operación y mantenimiento de la infraestructura.
- Implementación de las medidas de adaptación.
- Monitoreo y revisión de la efectividad de las medidas implementadas.

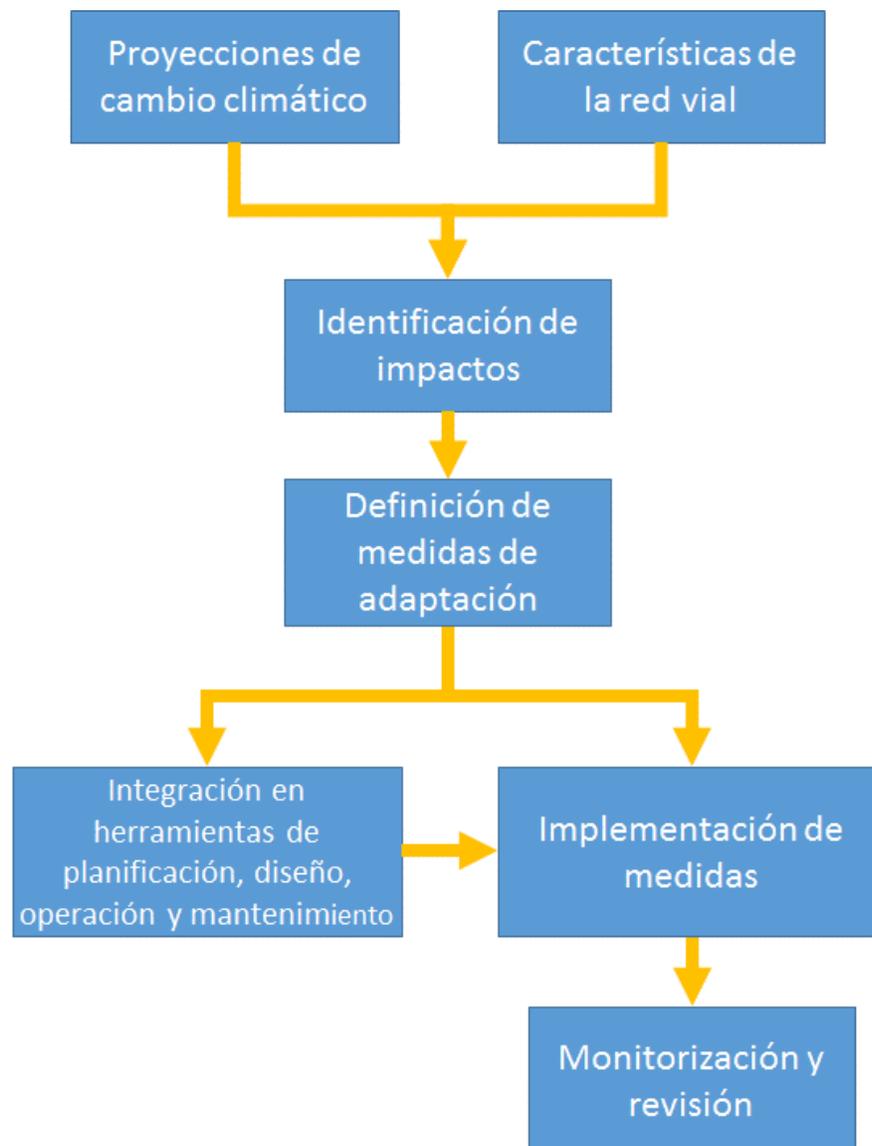


Ilustración 27 El proceso de adaptación de las infraestructuras al cambio climático

5.1. Principios para la Selección y diseño de las medidas Adaptación al Cambio Climático.

5.1.1. *Eliminar o disminuir la fuente de amenaza.*

Atacar directamente el fenómeno potencialmente catastrófico mediante obras de estabilización o de tratamiento (drenajes, muros, etc.).

Inestabilidad de laderas	Método
A. Reducir las fuerzas de empuje	Reducir peso, drenaje, cambiar topografía
B. Incrementar las fuerzas resistentes, aplicando fuerzas externas	Bermas, Terraplenes del contrafuerte y del contrapeso, Anclajes, Estructuras de retención/contención
C. Incrementar el esfuerzo interno	Drenaje, Rellenos reforzado, Estabilización biotécnica, Tratamiento químico y físico

A. Reducir las Fuerzas de Empuje

5.1.1.1. *Reducir peso mediante la remoción total de la masa de los deslizamientos o los materiales inestables*

La remoción de materiales inestables va desde el descapote o remoción de los primeros metros de suelo hasta la eliminación de todo el material inestable de los deslizamientos antiguos o con riesgo de activación.

En taludes en roca es muy común la remoción de los bloques inestables de material, roca acumulada sobre las gradas, y la remoción de salientes, utilizando explosivos.

Limitaciones: los volúmenes de tierra que se requiere manejar y la falta de espacio para colocar esta tierra, teniendo en cuenta sus efectos ambientales.



Ilustración 28 Deslizamientos de material

5.1.1.2. Remoción parcial de materiales de la cabeza o parte superior del talud.

- Generar un equilibrio de fuerzas que mejore la estabilidad del talud. Es un método muy útil en deslizamientos rotacionales activos.
- La cantidad a remover depende del tamaño y características del movimiento y de la geotecnia del sitio.
- No es efectivo en deslizamientos de traslación y en ciertos flujos.

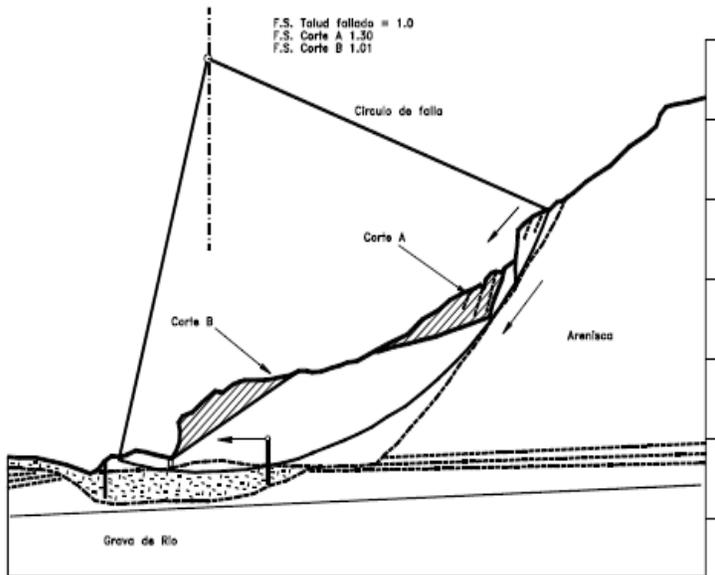


Ilustración 29 corte de parte de material para mejorar el factor de seguridad

5.1.1.3. Drenajes

El drenaje reduce el peso de la masa y aumenta la resistencia del talud al disminuir la presión de poros eliminando las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes

Por lo que aumenta la resistencia al corte. Es un método muy efectivo y más económico. Requiere de monitoreo para observar su efecto y dar información sobre la eficiencia del sistema.

El volumen de agua recolectada no es necesariamente un indicativo de su efecto, en suelos poco permeables, se puede obtener una reducción muy importante en las presiones de poro y un aumento en el factor de seguridad, con muy poco flujo de agua hacia el sistema de subdrenes.

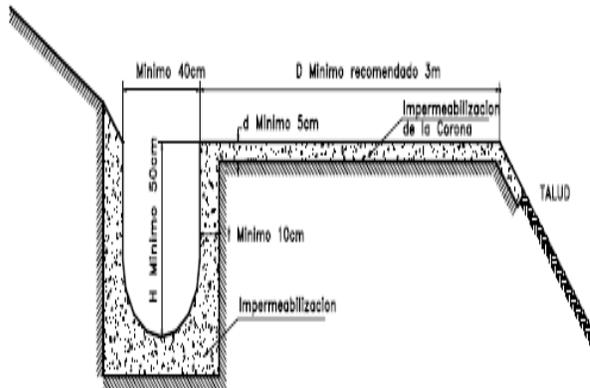


Ilustración 30 Diseño de Contracunetas



Ilustración 31 Contracuneta en funcionamiento

5.1.1.4. Canales colectores en espina de pescado

Disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud.

Conducen las aguas colectadas, por la vía más directa hacia afuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a canales en gradería.

Se debe impermeabilizar los canales adecuadamente para evitar la reinfiltración de las aguas.

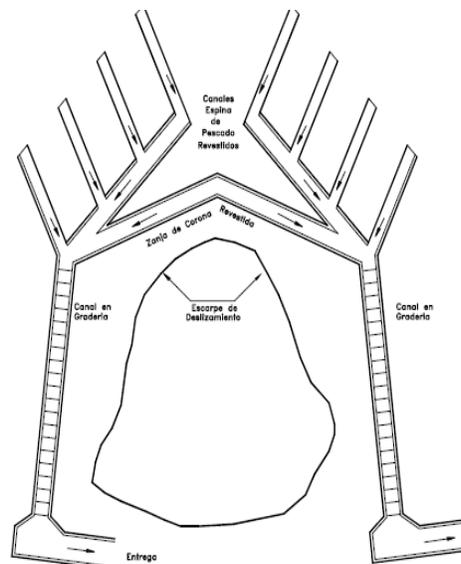


Ilustración 32 Canales colectores en espina de pescado

5.1.1.5. Canales interceptores en talud

Se recomiendan en suelos susceptibles a la erosión.

Se recomienda construir canales interceptores en todas y cada una de las bermas intermedias del talud.

Deben revestirse apropiadamente conduciendo las aguas a graderías de disipación de energía.

Deben tener una pendiente tal que impida la sedimentación de materiales.

Las bermas deben ser lo suficientemente anchas para que exista un sobre ancho de protección para los canales, en el caso de producirse derrumbes de las coronas de los taludes resultantes.



Ilustración 33 Canales interceptores en talud

5.1.1.6. Pozos verticales de drenaje (perforaciones verticales abiertas)

Aliviar las presiones de poros, en acuíferos confinados por materiales impermeables

Diseño:

- Φ externo de 16 a 24", con un tubo perforado en el interior de $\Phi = 4$ a 8", espacio anular se llena con material de filtro.
- Sistema de drenaje por bombeo, o por medio de una galería de drenaje.
- Espaciamiento de los pozos de 3 a 15 metros depende de la geología.

- Mayor diámetro menos efectivo, Mejor más pozos.
- La profundidad depende del espesor de la zona inestable y la estabilidad requerida.

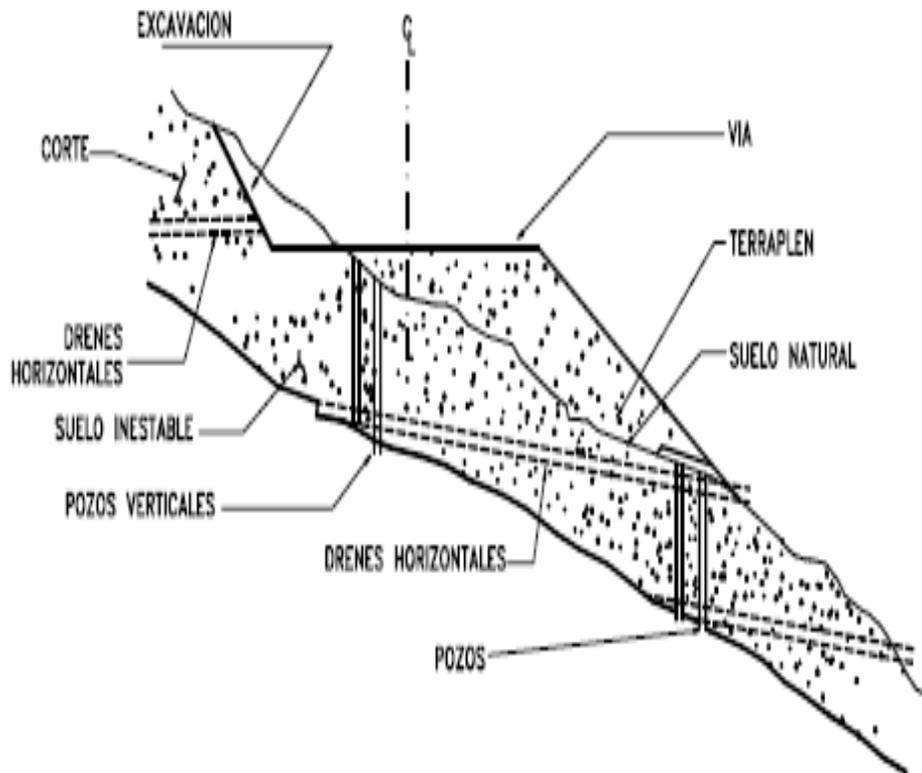


Ilustración 34 Pozos verticales de drenaje

5.1.1.7. Cambiar la línea y grado de pendiente

Reducir la pendiente del talud:

El círculo crítico de falla se hace más largo y más profundo para el caso de un talud estable, aumentándose en esta forma el factor de seguridad.

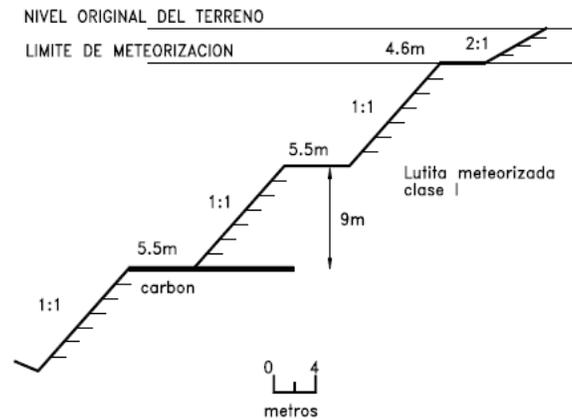


Ilustración 35 Configuración típica de taludes en lutitas meteorizadas con manos de carbon

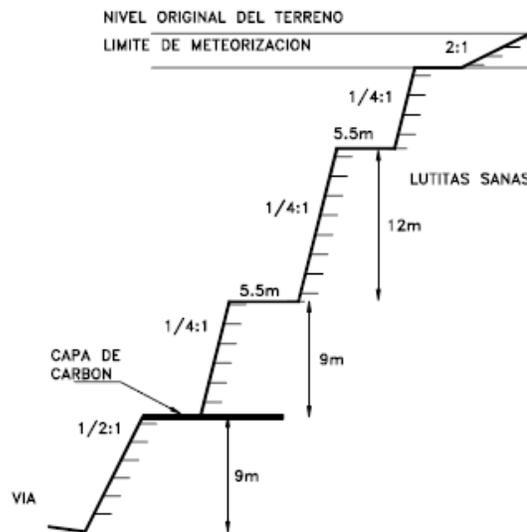


Ilustración 36 Configuración típica de taludes en lutitas sanas

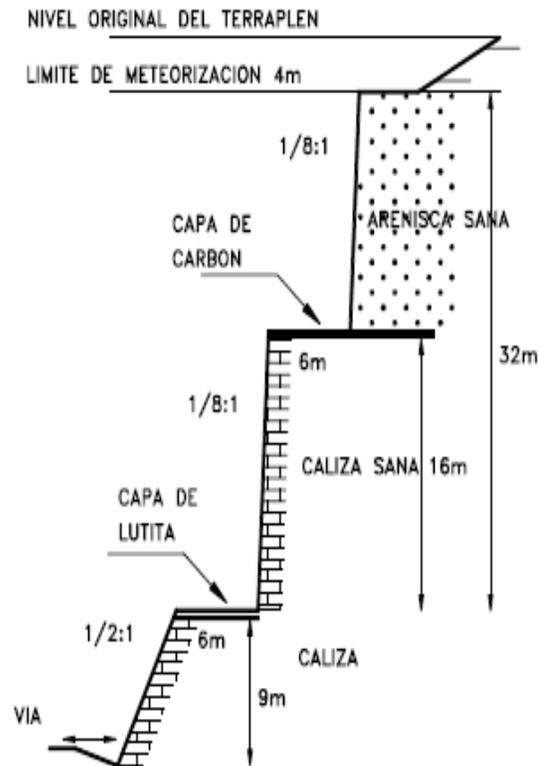


Ilustración 37 Configuración de taludes en calizas y areniscas

B. Incrementar las fuerzas resistentes, aplicando fuerzas externas

5.1.1.8. Terrazas o bermas en la parte alta del talud

En deslizamientos de rotación tiende a reducir el momento actuante y controlar el movimiento. En esta forma el círculo crítico de falla se hace más profundo y más largo aumentándose el factor de seguridad.

En la parte inferior se puede lograr el proceso inverso de disminuir el factor de seguridad.

H de gradas es generalmente, de 5 a 7 metros, Cada grada debe tener una cuneta revestida para el control del agua superficial que conduzca a una estructura de recolección y entrega con sus respectivos elementos de disipación de energía.

En suelos residuales, la grada más alta debe tener una pendiente menor, teniendo en cuenta que el suelo subsuperficial es usualmente el menos resistente.

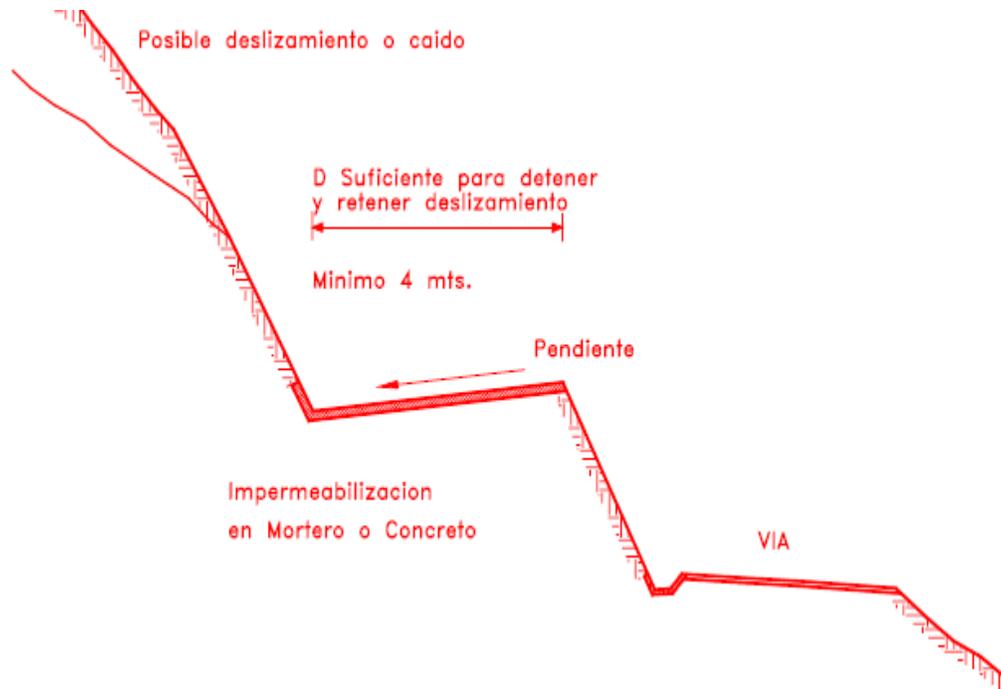


Ilustración 38 Terrazas o bermas en la parte alta del talud

Criterios generales para el diseño de bermas y pendientes:

Formación Geológica

competencia de la roca > pendientes y mayores alturas.

Las areniscas, calizas y rocas ígneas duras y sanas permiten taludes casi verticales y grandes alturas. Los esquistos y lutitas no permiten taludes verticales.

Meteorización

A > meteorización se requieren taludes más tendidos, menores alturas entre bermas y mayor ancho de las gradas.

>Meteorización requiere de taludes inferiores a 1H:1V, en la mayoría de las formaciones geológicas no permiten alturas entre bermas superiores a 7 metros y requieren anchos de berma de mínimo 4 metros.

Para cortes en materiales meteorizados la pendiente en la parte más profunda del corte permite ángulos superiores a la cabeza del talud. Se recomienda para cortes de gran altura establecer ángulos diferentes de pendiente para el pie y la cabeza del corte adaptándolos a la intensidad del proceso de meteorización.

Microestructura y estructura geológica

A menos que las discontinuidades se encuentren bien cementadas las pendientes de los taludes no deben tener ángulos superiores al buzamiento de las diaclasas o planos de estratificación.

A menor espaciamiento en las discontinuidades Menores pendientes de talud.

En materiales muy fracturados se requieren taludes, alturas y bermas similares a los que se recomiendan para materiales meteorizados.

Minerales de arcilla

Suelos con arcillas activas, (Montmorillonita), requieren de pendientes de talud inferiores a 2H:1V.

Los suelos con Kaolinita permiten generalmente, taludes hasta 1H:1V. Las alturas entre bermas en suelos arcillosos no deben ser superiores a 5 metros y las gradas deben tener un ancho mínimo de 4 metros.

Niveles freáticos y comportamiento hidrológico

Los suelos saturados no permiten taludes superiores a 2H:1V a menos que tengan una cohesión alta.

Sismicidad

En zonas de amenaza sísmica alta no se deben construir taludes semiverticales o de pendientes superiores a 1/2H:1V , a menos que se trate de rocas muy sanas.

Factores antrópicos

En zonas urbanas no se recomienda construir taludes con pendientes superiores a 1H:1V y las alturas entre bermas no deben ser superiores a 5 metros.

Elementos en riesgo

Los taludes con riesgo de vidas humanas deben tener factores de seguridad muy altos.

5.1.1.9. *Contrapesos en el pie del deslizamiento*

Carga adicional a la base de un deslizamiento de rotación genera un momento en dirección contraria al movimiento, el cual produce un aumento en el factor de seguridad.

La adecuada cimentación de estos contrapesos debe ser requisito para que el sistema sea exitoso.

El efecto hacer que el círculo crítico en la parte inferior del talud se haga más largo. Los contrapesos pueden ser estructuras con un muro de contención o rellenos de tierra armada, llantas de caucho (Tiresoil), etc.

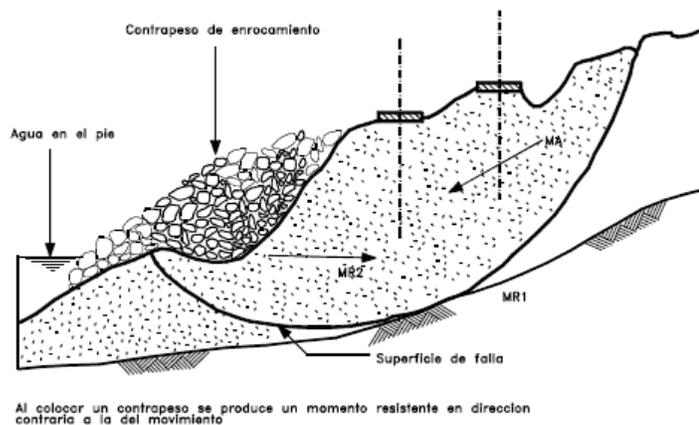


Ilustración 39 Contrapesos en el pie del deslizamiento

5.1.1.10. *Bermas bajas en el pie de terraplenes sobre suelos blandos*

El sistema de contrapesos es muy útil para la estabilización de taludes de terraplenes sobre zonas de suelos blandos, en los cuales las fallas ocurren generalmente, por falta de resistencia en el manto de cimentación del terraplén.

Se construye una berma que es un terraplén de menor altura junto al terraplén principal, el cual sirve de contrapeso aumentando la longitud de la superficie de falla.

Las bermas o contra bermas son usadas para colocar una carga al pie de un terraplén sobre suelo blando y en esta forma aumentar la resistencia abajo del pie. La berma se coloca en el área que de acuerdo al análisis de estabilidad se puede levantar.

La contra berma debe diseñarse en tal forma que sea efectiva para garantizar la estabilidad del terraplén principal y al mismo tiempo sea estable por sí misma.

5.1.1.11. Anclaje

Es un elemento estructural instalado en suelo o roca y que se utiliza para transmitir al terreno una carga de tracción aplicada.

El mecanismo básico de un anclaje consiste en transferir las fuerzas de tracción que se generan en las inclusiones, hacia el suelo o la roca a través de la resistencia generada entre el anclaje y el material que lo rodea (raíz).

En las estructuras ancladas se colocan varillas o tendones generalmente, de acero en perforaciones realizadas con taladro, posteriormente se inyectan con un cemento.

Estructura	Ventajas	Desventajas
Anclajes y pilotes individuales	Permiten la estabilización de bloques individuales o puntos específicos dentro de un macizo de roca.	Pueden sufrir corrosión.
Muros Anclados	Se pueden construir en forma progresiva de arriba hacia abajo, a medida que se avanza con el proceso de excavación. Permiten excavar junto a edificios o estructuras. Permiten alturas considerables.	Los elementos de refuerzo pueden sufrir corrosión en ambientes ácidos. Se puede requerir un mantenimiento permanente (tensionamiento). Con frecuencia se roban las tuercas y elementos de anclaje. Para su construcción se puede requerir el permiso del vecino. Su construcción es muy costosa.
Nailing o pilotillos tipo raíz (rootpiles)	Muy eficientes como elemento de refuerzo en materiales fracturados o sueltos.	Generalmente se requiere una cantidad grande de pilotillos para estabilizar un talud específico lo cual los hace costosos.

Tabla 32 Ventajas y desventajas de los diversos tipos de estructura anclada

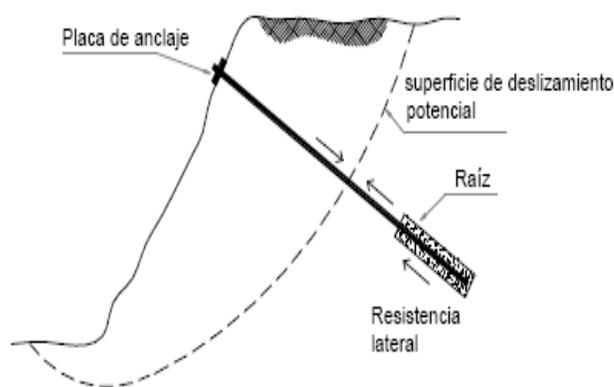


Fig. 1: Mecanismo básico de un anclaje

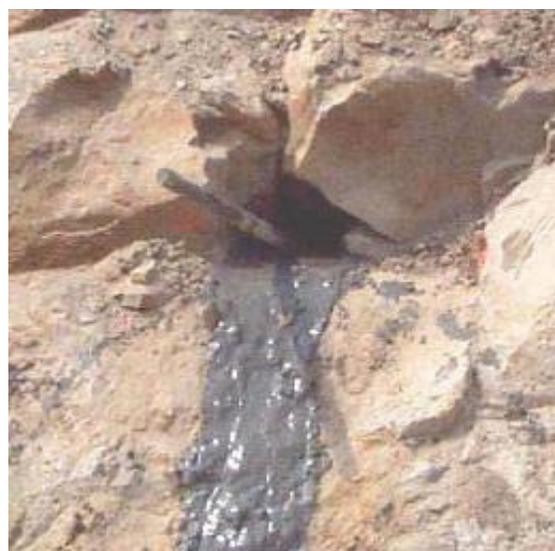




Ilustración 40 Mecanismo básico de Anclajes

5.1.1.12. Estructuras de Contención / Retención

Resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento.

En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse. Las deformaciones excesivas o movimientos de la estructura de contención o del suelo a su alrededor deben evitarse para garantizar su estabilidad.

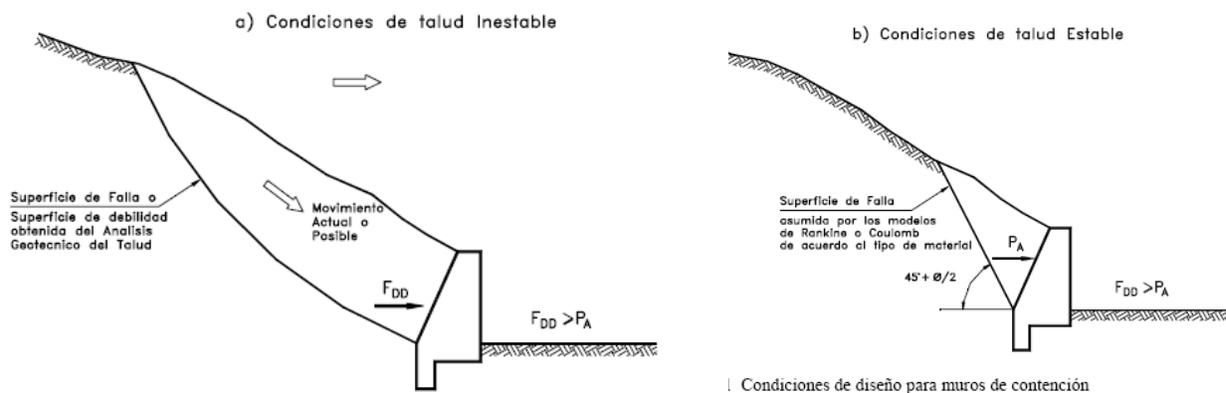


Ilustración 41 Condiciones de diseño para muros de contención

Tipos de Estructura

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

- **Muros masivos rígidos**

Son generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse.

Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

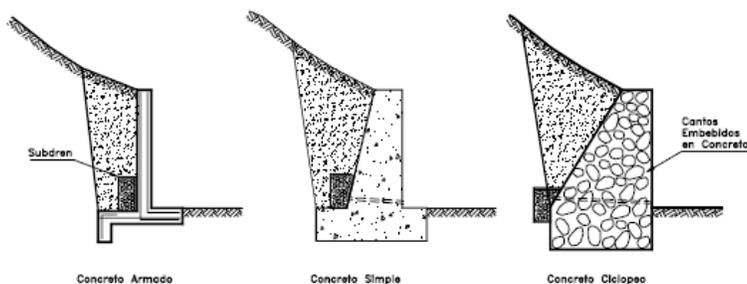


Ilustración 42 Muros masivos rígidos

- **Muros masivos Flexibles**

Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura.

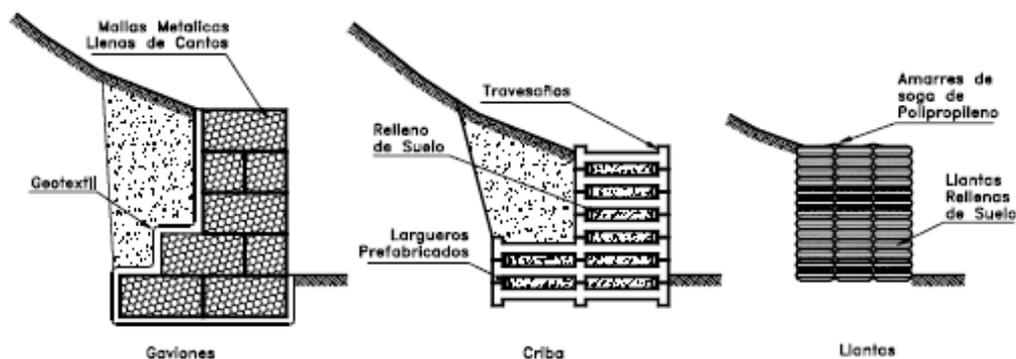


Ilustración 43 Muros masivos Flexibles

C. Incrementar el esfuerzo interno

5.1.1.13. *Recubrimiento de la superficie*

Evitar la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o reforzar el suelo más subsuperficial.

El recubrimiento puede consistir en elementos impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuercen la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal.

Incremento escorrentía superficial, necesidad de obras disipación de energía.



Ilustración 44 Recubrimiento de la superficie

5.1.1.14. *Mampostería*

La mampostería puede consistir en bloques de concreto o en piedra pegada con concreto o mortero. Las juntas entre bloques adyacentes generalmente, se rellenan con un mortero 3 a 1 o se utiliza vegetación.

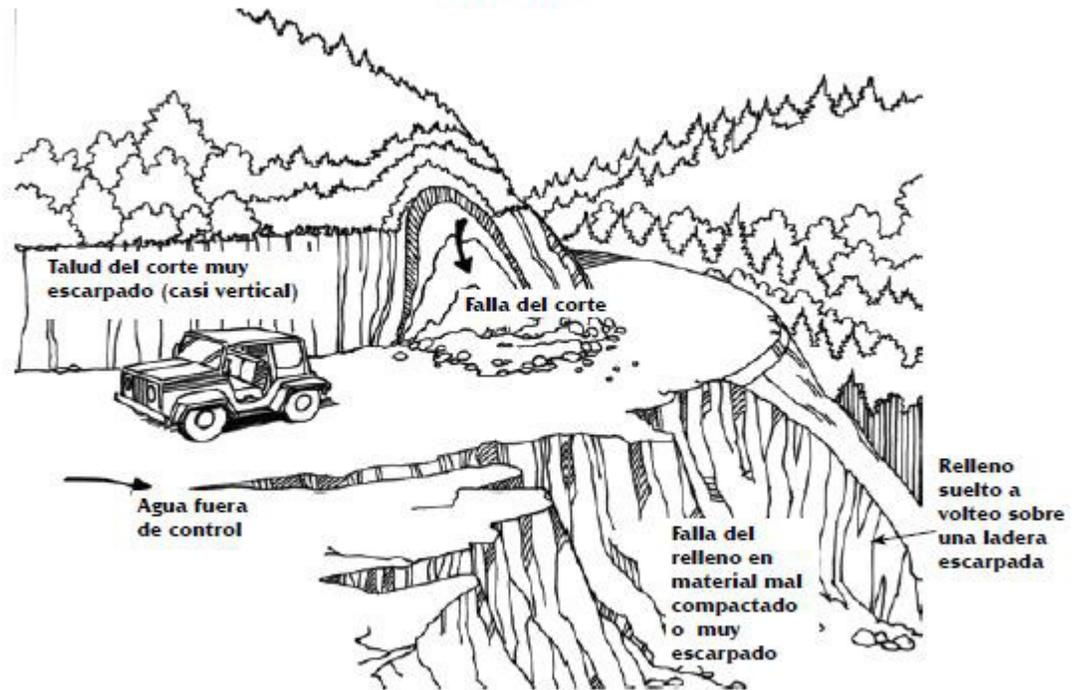
5.1.1.15. *Rip-Rap*

La solución consiste en colocar sobre la superficie del talud piedra suelta acumulada la una sobre la otra con el objeto específico de proteger contra la erosión.

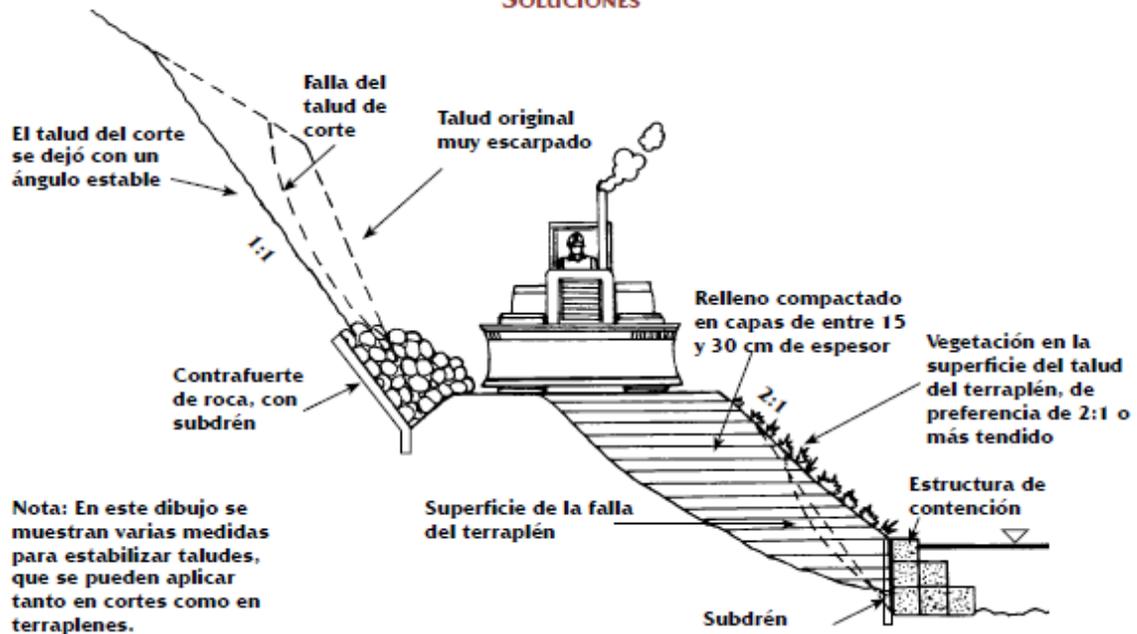
Usualmente por debajo del Rip-Rap se coloca un geotextil no tejido como elemento de protección adicional. El Rip-Rap puede colocarse a mano o al volteo.

Generalmente, al colocarse al volteo el espesor de la capa es menor, pero en cualquier caso no debe ser inferior a 12 pulgadas. El tamaño de las piedras depende de la pendiente del talud, pudiéndose colocar piedras de mayor tamaño en pendientes menores.

EL PROBLEMA



SOLUCIONES



Tratamiento Químico

5.1.1.16. Inyecciones de diversos productos químicos

Objetivo: mejorar la resistencia o reducir la permeabilidad de macizos rocosos y en ocasiones de suelos permeables.

Las inyecciones pueden consistir de materiales cementantes, tales como el cemento y la cal o de productos químicos tales como silicatos, ligninos, resinas, acrylamidas y uretanos.

Las inyecciones de cemento o de cal se utilizan en suelos gruesos o en fisuras abiertas, penetrabilidad depende de permeabilidad.

Los suelos con materiales de más de 20% de finos generalmente, no son inyectables incluso por productos químicos

Los productos químicos en materiales menos permeables.

5.1.1.17. Estabilización con cemento

Objetivo: Aumentar la resistencia del material y controlar los flujos internos de agua a través de un proceso de cementación y relleno de los vacíos del suelo o roca y las discontinuidades de mayor abertura.

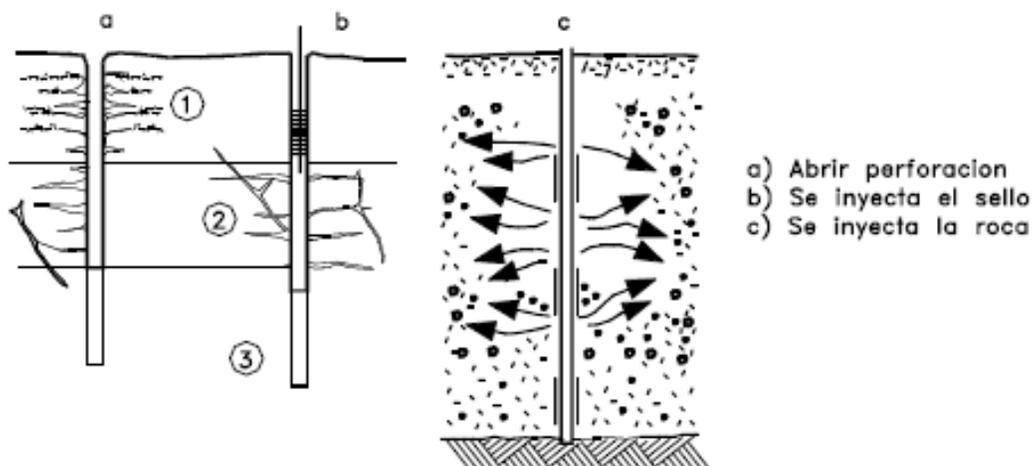


Ilustración 45 Estabilización con cemento

5.1.1.18. Estabilización con cal

Se usa para estabilizar terraplenes de arcilla con capas de cal viva (CaO). Una desventaja de este método es que al menos 80 días deben dejarse antes de que se consideren estabilizadas las columnas de cal.

También se puede utilizar técnicas de inyección de lechada de cal dentro del suelo, utilizando tubos de 4 centímetros de diámetro con puntas perforadas.

La inyección es colocada al a intervalos entre 30 y 45 centímetros, con presiones típicas entre 350 y 1300 Kpa.

Con inyección se pueden tratar profundidades de más de 40 metros.

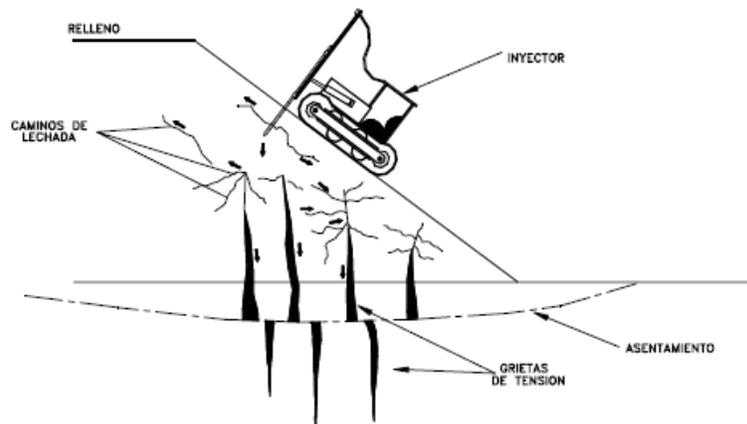


Ilustración 46 Estabilización con cal

Tratamiento Físico

5.1.1.19. Pilotes de compactación

La compactación se logra por desplazamiento del suelo al hincar un pilote, retirarlo y al mismo tiempo rellenar el espacio desplazado con material de suelo.

La separación entre pilotes depende de las condiciones de granulometría y densidad del suelo.

Para el hincado se pueden utilizar procedimientos de percusión o de vibración.

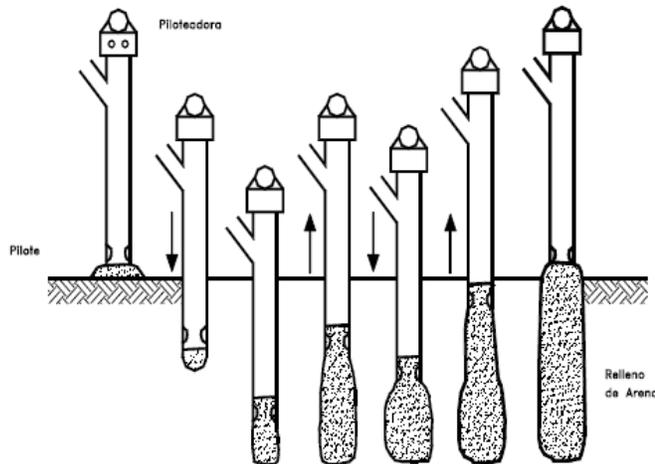


Ilustración 47 Pilotes de Compactacion

5.1.1.20. Columnas de piedra o grava

Las columnas de piedra o de grava es una técnica que mejora la resistencia al cortante del suelo a lo largo de una superficie potencial de falla, reemplazando o desplazando el suelo del sitio con una serie de columnas de piedra compactada de gran diámetro espaciadas en forma cercana.

Aumentan la resistencia del suelo.

Mejoran el drenaje de aguas subterráneas

Funcionan como drenes de grava para aliviar las presiones de poro.

No funcionan en suelos sensitivos u orgánicos puede producir una desestabilización de los mantos del suelo.

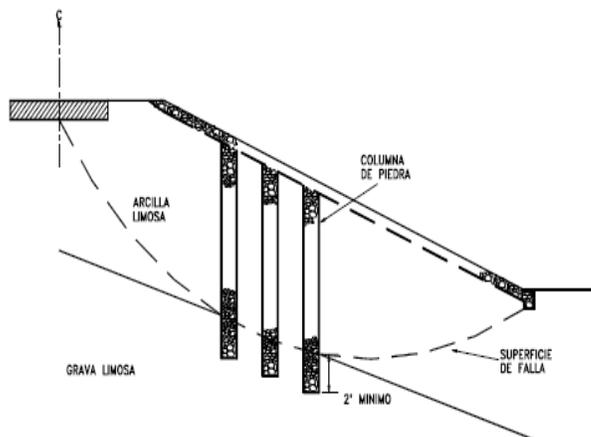


Ilustración 48 Diagrama esquemático de la utilización de columnas de piedra para estabilizar un deslizamiento

5.1.2. Reducir la vulnerabilidad reduciendo los efectos destructivos en la zona de impacto.

Actuar tanto sobre el fenómeno (obras de tratamiento parcial) o sobre los objetos vulnerables (obras de reforzamiento o de defensa,).

5.1.2.1. Protección contra caídos de roca

Un método efectivo de minimizar la amenaza de caídos de roca es permitir que ellas ocurran, pero controlarlas adecuadamente, utilizando sistemas de control en el pie del talud, tales como trincheras, barreras y mallas.

Un detalle común a todas estas estructuras es el de sus características de absorción de energía, bien sea parando el caído de roca en una determinada distancia o desviándola de la estructura que está siendo protegida.

Es posible utilizando técnicas apropiadas, controlar el riesgo de los caídos de roca de tamaño de hasta 2 o 3 metros de diámetro. La selección y el diseño de un sistema apropiado de control de caídos de roca requiere de un conocimiento muy completo del comportamiento del caído.

De acuerdo a las características de los caídos, se pueden diseñar varios tipos de obra, así:

5.1.2.2. Bermas en el talud

La excavación de bermas intermedias puede aumentar la amenaza de caídos. Los caídos tienden a saltar en las bermas; sin embargo, el diseño de bermas anchas puede ser muy útil para ciertos casos de caída, especialmente de residuos de roca.

Los factores más importantes a tener en cuenta en el diseño de estas estructuras son los siguientes:

- Trayectoria de las piedras.
- Velocidad.
- Energía de impacto.
- Volumen total de acumulación.

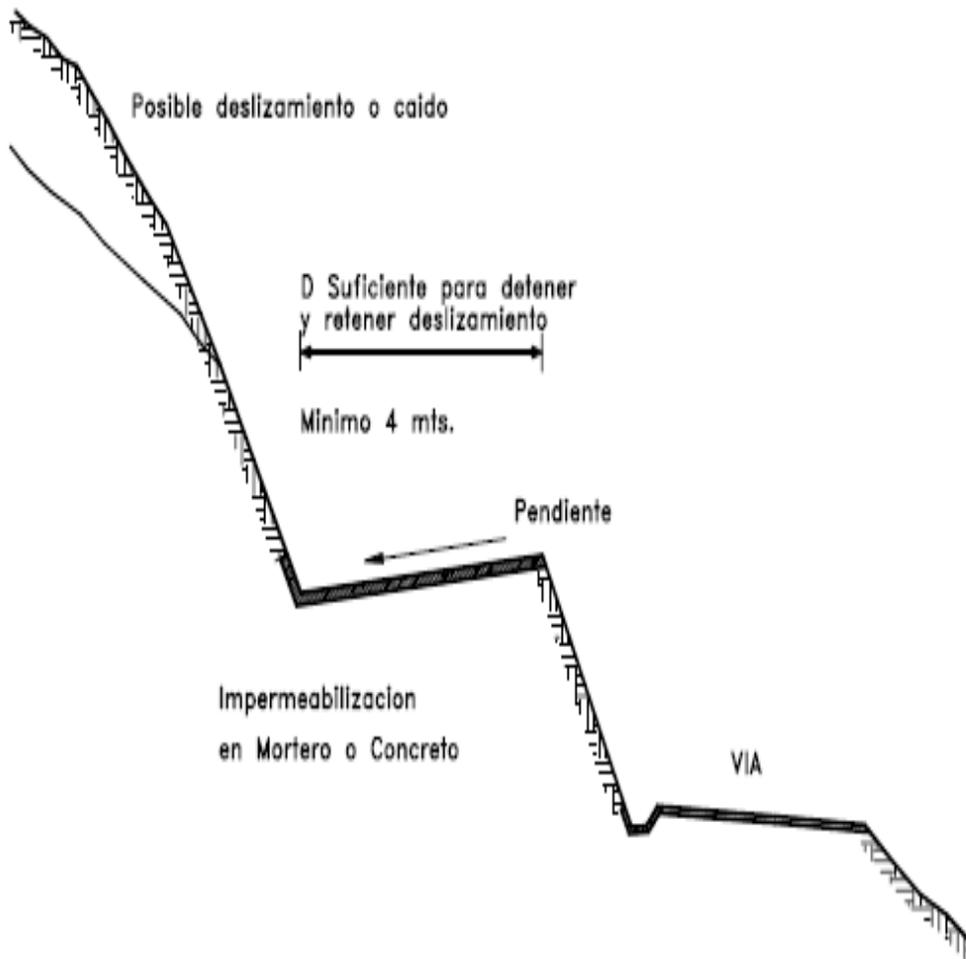


Ilustración 49 Bermas para detener caídos o derrumbes de rocas o suelo

5.1.2.3. Trincheras

Una trinchera o excavación en el pie del talud puede impedir que la roca afecte la calzada de una vía y representa una solución muy efectiva cuando existe espacio adecuado para su construcción.

El ancho y profundidad de las trincheras está relacionado con la altura y la pendiente del talud (Ritchie, 1963).

En los taludes de pendiente superior a 75 grados, los bloques de roca tienden a permanecer muy cerca de la superficie del talud y para pendientes de 55 a 75 grados tienden a saltar y rotar, requiriéndose una mayor dimensión de la trinchera.

Para pendientes de 40 a 55 grados los bloques tienden a rodar y se requiere de una pared vertical junto a la trinchera para que los bloques no traten de salirse.

Cuando hay discontinuidades en la superficie del talud se debe analizar a detalle la dinámica de los caídos para un correcto diseño de las trincheras.

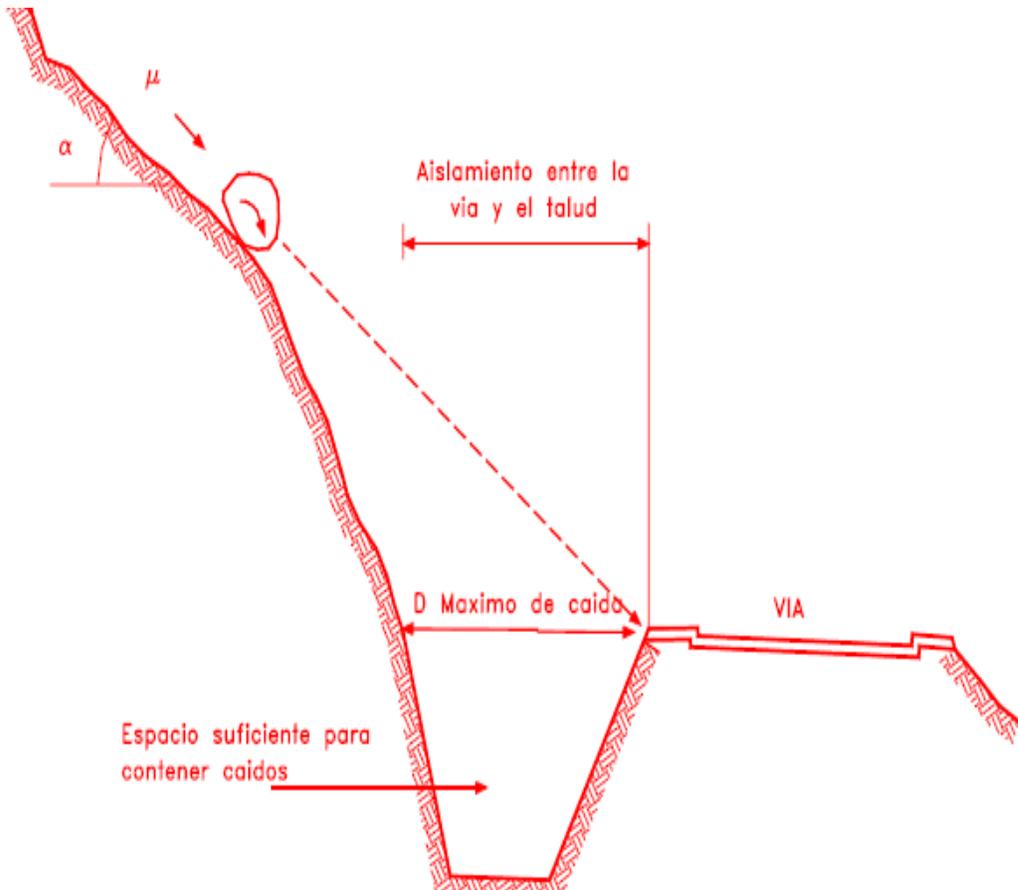


Ilustración 50 Trincheras

5.1.2.4. Barreras

Existe una gran variedad de barreras de protección y sus características y dimensiones dependen de la energía de los caídos.

Las barreras pueden ser de roca, suelo, tierra armada, muros de concreto, pilotes, gaviones, bloques de concreto o cercas.

La barrera generalmente, produce un espacio o trinchera en el pie del talud que impide el paso del caído.

Existen programas de Software para determinar el punto de caída de los bloques

Actualmente en el mercado se consiguen geofabricas y mallas especiales para la atenuación del impacto de los bloques de roca. La idea general es absorber la energía de los bloques.

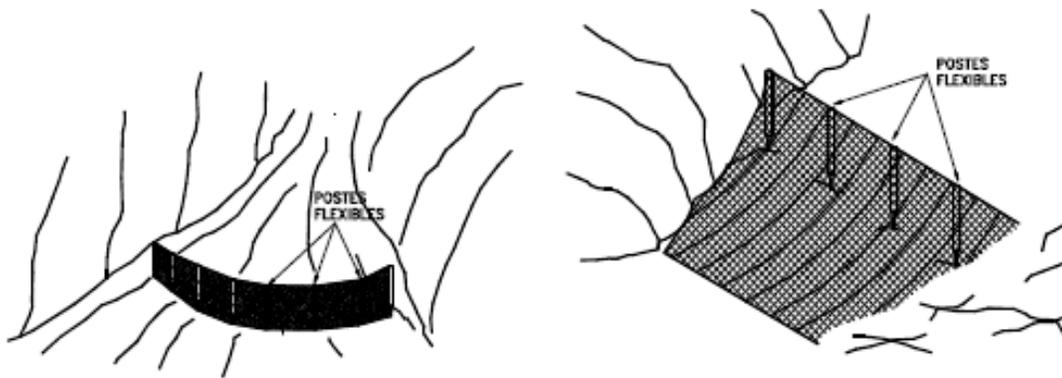


Ilustración 51 Mallas para detener rocas

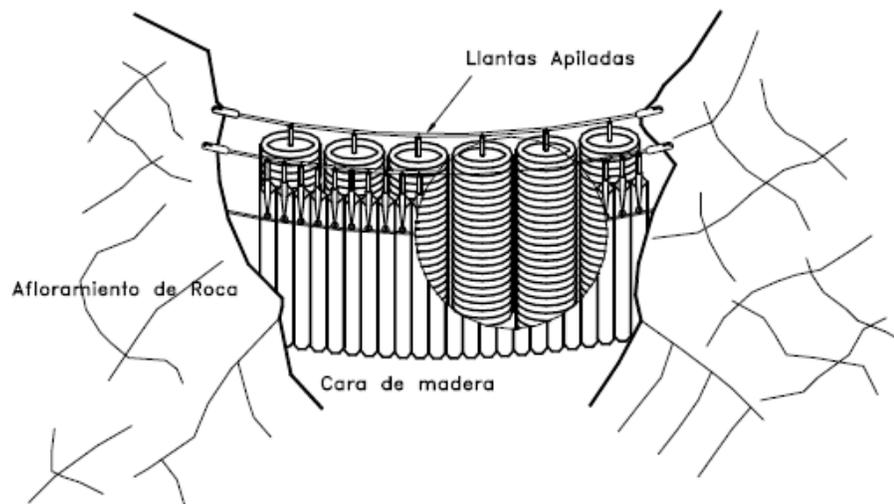
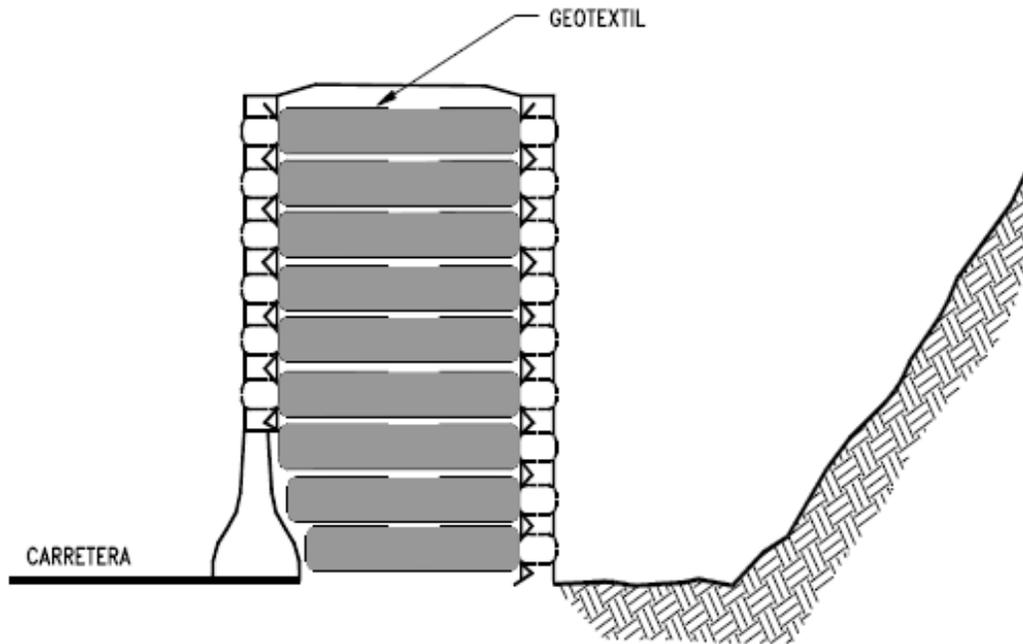
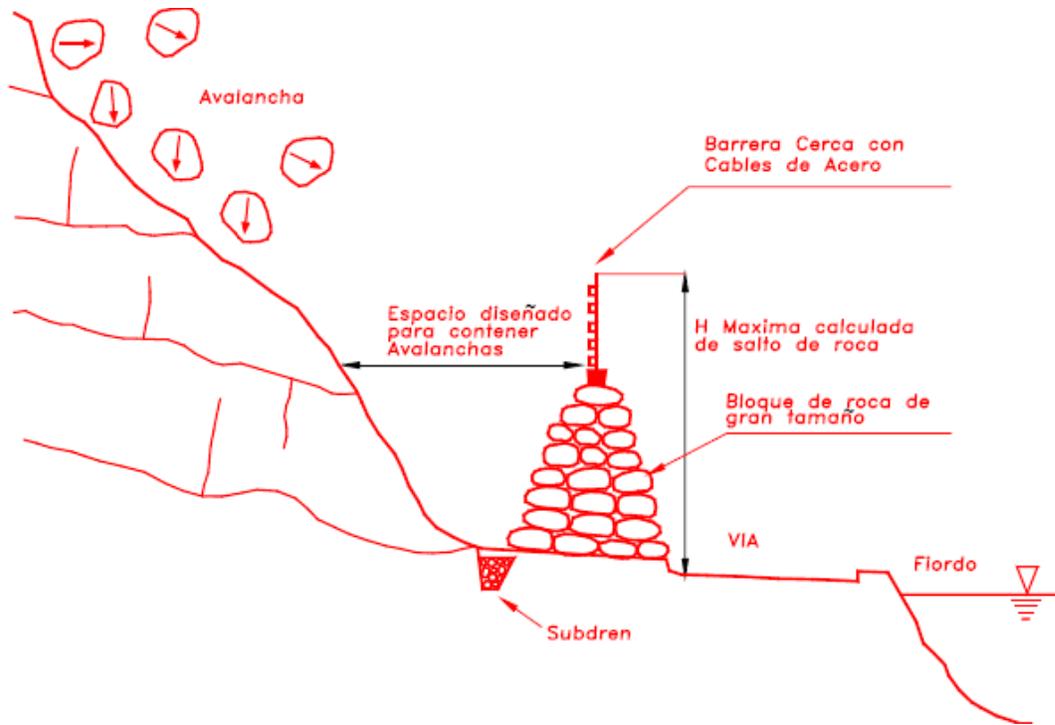


Ilustración 52 Esquema de un atenuador de caídas de roca utilizando llantas usadas



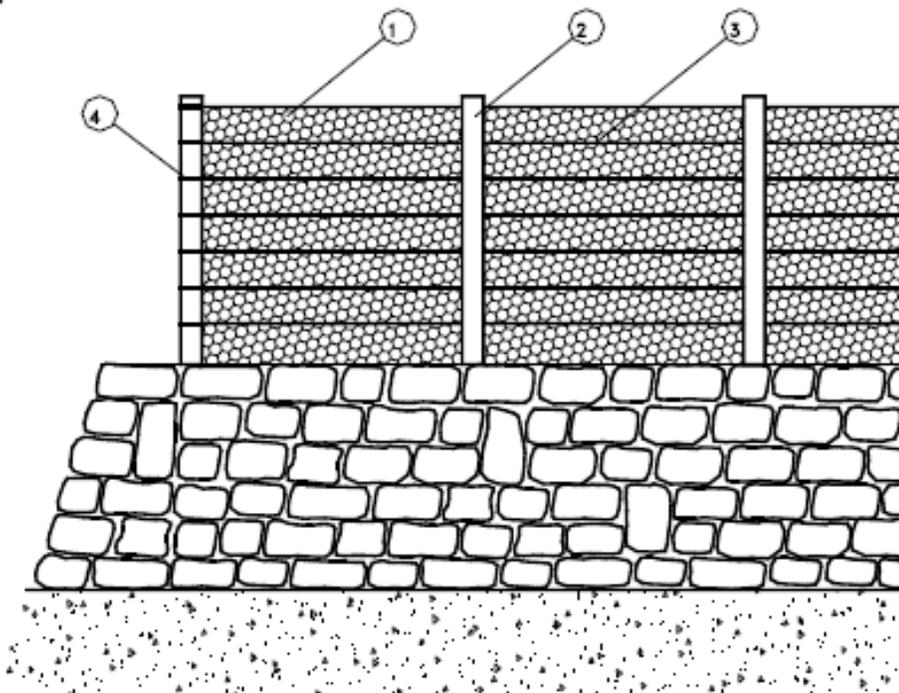
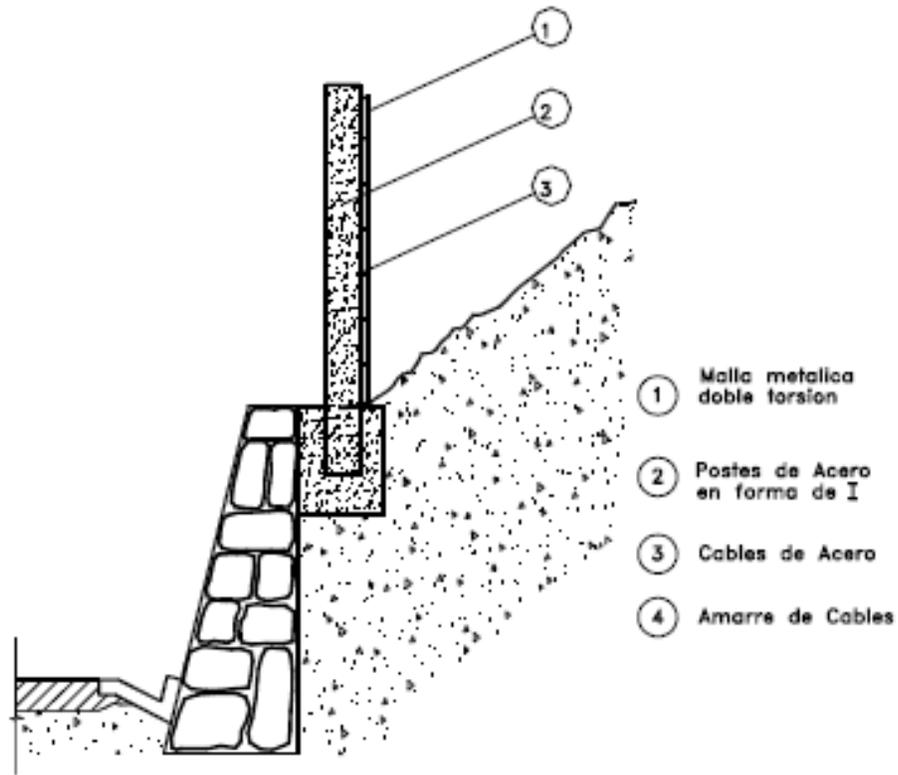


Ilustración 53 Barreras de tierra armada con geotextil para protección contra caídos y avalanchas

5.1.3. Alejar / Evitar la fuente de amenaza.

mediante reubicaciones, desviaciones de cauces, etc.

5.1.4. Adaptarse a los factores cambiantes del riesgo.

mejorar los criterios de diseños, incrementar Factores de seguridad, considerar niveles de máxima crecida en la altura de puentes

5.2. Recomendaciones Generales para la Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático de la Infraestructura durante la Fase de Mantenimiento Vial en el caso de la Carretera de Circunvalación de Masaya según el MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial.

5.2.1. Medidas de Adaptación para Pavimento de Concreto Hidráulico

La principal estructura a adaptar ante los efectos del cambio climático es la estructura de rodamiento, a continuación, se detalla una serie de medidas de adaptación ante los impactos del cambio climático en la zona.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO		
Elemento de la Infraestructura	Impacto	Medida a implementar
Pavimento de Concreto Hidráulico	Deterioro por incremento de temperatura: <ul style="list-style-type: none"> - Aparición de fisuras por retracción o contracción térmica - Daño de las juntas y las losas por dilaciones superiores a las previstas - Infiltración de agua a capas inferiores - Reducción de la capacidad portante del pavimento. - Reducción de la vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial 	<ul style="list-style-type: none"> -Inspección rutinaria para la detección de fisuras, daños en las juntas o roturas. -Sellado temprano de juntas. Mantenimiento periódico del sellado. Empleo de materiales de sellado flexibles que se adapten a los movimientos de las juntas. -Empleo de aditivos químicos en la fabricación del concreto que permitan reducir la relación agua/cemento, y por tanto la retracción (plastificantes, fluidificantes). -Empleo sistemático de sistemas de curado. -Empleo de fibras de polipropileno para disminuir la fisuración por retracción. -Revisión de la distancia entre juntas de contracción y dilatación, así como anchura de las mismas y disposición de conectores. -Control de temperatura ambiente y de la masa del concreto. No colado de concreto con temperaturas superiores a 30°C, tanto ambiente como de la masa, o con fuertes vientos. Adaptación de horarios de trabajo.
	Deterioro por presencia de agua: <ul style="list-style-type: none"> - Infiltración de agua a capas inferiores, con reducción de la capacidad resistente del conjunto del pavimento - Rotura de pavimento - Corrosión de armadura y conectores - Reducción de la vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial 	<ul style="list-style-type: none"> -Inspección rutinaria para la detección de fisuras, daños en las juntas o roturas. -Sellado temprano de juntas. Mantenimiento periódico del sellado. Empleo de materiales de sellado flexibles que se adapten a los movimientos de las juntas. -Adecuado mantenimiento del drenaje de la plataforma (cunetas y subdrenes) para asegurar evacuación de agua. -Ejecución de subdrenes si existe afluencia permanente de agua. -No colado de concreto en caso de base con exceso de humedad, lluvia o amenaza de lluvia, salvo instalación de sistemas de protección.
	Deterioro por ataque químico: <ul style="list-style-type: none"> - deterioro del concreto - corrosión de armadura 	<ul style="list-style-type: none"> -Empleo de concreto hidráulico resistente a ataque químico. -Reducción de anchura máxima de fisura permitida.

5.2.2. Medidas de Adaptación para los Cortes en los Taludes de la Vía de Carretera

Es muy importante la protección de los taludes de corte en la vía de carretera, ya que estas son parte integral del diseño de la vía, que garantiza la seguridad de los usuarios de la vía, por tal manera es de especial atención garantizar el funcionamiento correcto de estos taludes. A continuación, se detalla una serie de medidas para la corrección y adaptación antes los efectos del cambio climático en la zona del proyecto.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
Cortes en los Taludes de la Vía de Carretera	<p>Deterioro por incremento de temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fractura térmica por desecación - Desprendimientos 	<p>Empleo de medidas de estabilización en caso de desprendimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tendido de taludes. Adaptación de la pendiente del talud a las características del material. - Instalación de malla de retención - Aplicación de gunita (concreto proyectado). - Revegetación (siembra y/o engramado) <p>Ejecución y posición adecuada de cunetas que permitan la recogida de materiales desprendidos sin invadir la calzada.</p>
	<p>Erosión por avenidas fluviales, pluviales o incremento de escorrentía.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colapso, interrupción del servicio, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial. 	<p>Mejora de la capacidad de los elementos de drenaje transversal y longitudinal.</p> <p>Aplicación de medidas protectoras frente a la erosión:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revegetación (siembra y/o engramado) - Enrocado - Gaviones - Muros de concreto, pantallas
	<p>Deslizamientos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colapso, interrupción del servicio, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial. 	<p>Adecuado mantenimiento del drenaje transversal y de la plataforma.</p> <p>Abatimiento nivel freático. Ejecución de mechinales (llorones), ejecución de zanjas drenantes.</p> <p>Retirada de material en corona de talud que propicie el deslizamiento.</p> <p>Tendido o perfilado de taludes.</p> <p>Ejecución y posición adecuada de cunetas que permitan la recogida de materiales desprendidos sin invadir la calzada.</p> <p>Empleo de medidas de estabilización:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enrocado - Gaviones - Muros de concreto, pantallas - Anclajes y claveteado del suelo (soil-nailing) - Mallas de contención - Redes de cable

5.2.3. Medidas de Adaptación para las Estructuras de Drenaje.

Las Estructuras de Drenaje juegan un papel muy importante en la Infraestructura Vial, son las primeras estructuras que sufren los embates de los eventos hidrometeorológicos extremos propios del cambio climático. De su correcto funcionamiento depende la seguridad de los usuarios de la vía. Así que se dará especial énfasis en adaptar estas estructuras de drenaje para lograr alcanzar estructuras de carreteras resilientes. A continuación, se detalla una serie de medidas a considerar en el mantenimiento y adaptación de esta Estructura:

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
	Daño por incremento de viento Colapso, interrupción del servicio, accidente	Revisión de movimientos del tablero tras episodios de fuertes vientos. Posible necesidad de refuerzo (análisis de diseño previo)
Estructuras de Drenaje Menor (Alcantarillas y Cajas)	Incremento de precipitación. Inundaciones fluviales o pluviales - Capacidad insuficiente - Procesos de erosión - Procesos de rotura de drenaje por asiento de rellenos - Colapso, interrupción del servicio, accidente	Control de niveles alcanzados por el agua tras episodios de elevada pluviometría. Revisión de caudal de diseño. Rediseño de obra de drenaje. Ejecución de cuna de concreto o de mampostería Instalación de tubos con junta de goma Ejecución de elementos disipadores y bajantes
	Incremento de precipitación y temperatura. Incremento de arrastres	Mantenimiento y limpieza frecuentes Reforestación de cuencas.
Estructura Metálica	Deterioro por corrosión	Correcto tratamiento de pintura Empleo de acero resistente a la corrosión atmosférica Empleo de protección catódica

5.3. Inspección de campo

La verificación de los puntos críticos en la inspección de campo se basó en los siguientes criterios:

- El punto en donde se observa claramente el factor potencial de desastre.
- El punto donde históricamente ha habido desastre en el pasado.
- El punto en que se observa el cambio de estado por obras realizadas y/o por intervención humana.

Para corroborar cada uno de los puntos de posibles desastres que se identificaron en los mapas, se realizaron cinco visitas de campo tres de ellas de carácter detallado, en las cuales se levantó un inventario del estado y funcionamiento de la totalidad de las obras de arte de drenaje menor y mayor que deben garantizar el drenaje de la vía; así como la ubicación y estado de las escaras erosionables (Cárcavas, Surcos y Zanjas) que se están produciendo en los taludes de corte.

De la inspección de campo se levantó el inventario de todas las estructuras ubicadas en el tramo en estudio el cual se muestra en la tabla:

INVENTARIO DEL SISTEMA DE DRENAJE TRANSVERSAL

No.	Estación	Tipo de Alcantarilla	Diámetro (m)	# Tubos	Caudal de diseño (m ³ /s)	Estado	Funcionamiento
1	0+080	Estribos y Aletones de Concreto	0.91	1.00	0.28	Bueno	El gasto es pequeño. Necesita limpieza y vegetación en la entrada.
2	0+200	Estribos y Aletones de Concreto	1.22	1.00	1.75	Bueno.	Se necesita limpieza de vegetación en la salida.
3	0+420	Estribos y Aletones de Concreto	1.22	2.00	3.20	Bueno.	Arrastra maleza y sedimento. Es necesario limpieza de vegetación en la entrada constantemente.
4	0+628	Estribos y Aletones de Concreto	0.91	2.00	1.71	Bueno.	El agua arrastra abundante sedimento. El nivel de salida está más bajo que el nivel del cauce del río.
5	0+800	Estribos y Aletones de Concreto	1.22	2.00	3.66	Bueno.	Limpia y trabaja en perfecto estado.
6	1+058	Estribos y Aletones de Concreto	1.07	1.00	1.32	Bueno.	Limpia y trabaja en perfecto estado.
7	1+158	Estribos y Aletones de Concreto	1.07	2.00	3.16	Bueno.	Esta sedimentada en la entrada. Se necesita limpieza de vegetación en la entrada.
8	1+627	Estribos y Aletones de Concreto	0.91	2.00	1.74	Bueno.	Limpia y trabaja en perfecto estado.
9	1+800	Estribos y Aletones de Concreto	1.52	1.00	2.88	Bueno.	Arrastra maleza y sedimento. Es necesario limpieza de vegetación en la entrada constantemente.

10	1+900	Estribos y Aletones de Concreto	0.91	2.00	2.26	Bueno.	Limpia y trabaja en perfecto estado.
11	1+980	Estribos y Aletones de Concreto	1.07	2.00	2.26	Bueno.	Esta sucia la entrada, sin embargo, evacua el agua es necesario limpieza.
12	2+100	Estribos y Aletones de Concreto	1.07	2.00	2.26	Bueno.	Aunque está trabajando bien necesita limpieza periódica.
13	2+170	Estribos y Aletones de Concreto	1.07	2.00	2.26	Bueno.	Limpia y trabaja en perfecto estado.
14	2+300	Estribos y Aletones de Concreto	0.91	2.00	1.54	Bueno.	Aunque está trabajando bien necesita limpieza periódica.
15	3+110	Estribos y Aletones de Concreto	0.76	2.00	1.02	Bueno.	Limpia y trabaja en perfecto estado.
16	3+350	Estribos y Aletones de Concreto	0.91	1.00	0.72	Bueno.	Es Necesario limpieza y vegetación en la entrada constantemente.
17	3+400	Estribos y Aletones de Concreto	0.91	1.00	0.72	Bueno.	El gasto es pequeño. Se necesita limpieza de vegetación en la entrada.
18	3+820	Estribos y Aletones de Concreto	1.07	2.00	2.58	Bueno.	Esta sedimentada en la entrada. Se necesita limpieza de vegetación en la entrada.
21	5+220	Estribos y Aletones de Concreto	1.07	1.00	1.37	Bueno.	Arrastra maleza y sedimento. Es necesario limpieza de vegetación en la entrada constantemente.
22	5+450	Estribos y Aletones de Concreto	0.91	1.00	0.94	Bueno.	Limpia y trabaja en perfecto estado.

Tabla 33 INVENTARIO DEL SISTEMA DE DRENAJE TRANSVERSAL

5.4. Medidas de Mitigación y Adaptación en los puntos críticos de la carretera de Circunvalación de Masaya.

A continuación, se analizan los principales sitios de estudio en riesgo del proyecto de Carretera de Circunvalación de Masaya:

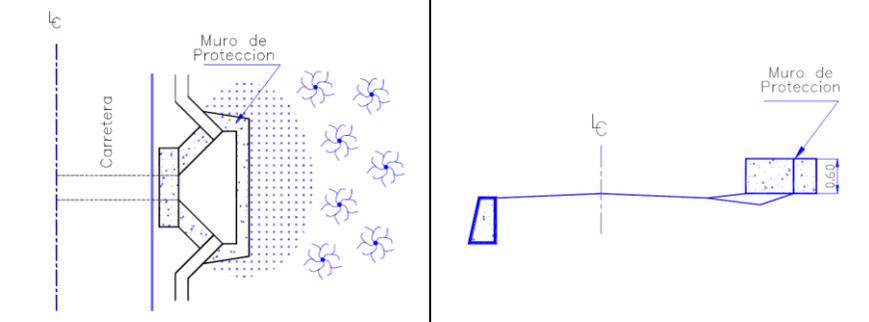
Cuadro No 1: Sistema drenaje transversal.	
Ubicación:	ESTACION: 1+627,
Problema de Vulnerabilidad:	Alcantarilla sedimentada en 40% en el cabezal de entrada.
Situación del Punto Crítico:	
Medida: Construcción de muro de piedra cantera y reforestación	
Aspecto Técnico:	Para evitar que se sedimente en la entrada se tendrá que construir un muro con piedra cantera hasta una altura de 60cms. sobre el nivel del terreno natural, esto es con la finalidad que el suelo proveniente de los cerros colindantes y que es arrastrado por las aguas superficiales se deposite antes del muro y no obstruya la entrada.
Aspecto Ambiental:	Se deberá reforestar las pendientes de los terrenos colindantes, para reducir la escorrentía y recuperar el aspecto paisajístico.

Tabla 34 – Sistema de drenaje transversal, estación 1+627.

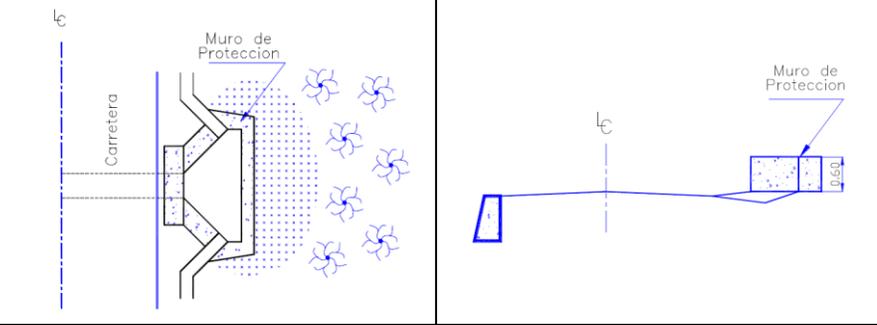
Cuadro No 2: Sistema drenaje transversal.	
Ubicación:	ESTACION: 3+820
Problema de Vulnerabilidad:	Alcantarilla sedimentada en 20%
Situación del Punto Crítico:	
Medida: Construcción de muro de piedra cantera y reforestación	
Aspecto Técnico:	Para evitar que se sedimente en la entrada se tendrá que construir un muro con piedra cantera hasta una altura de 60cms. sobre el nivel del terreno natural, esto es con la finalidad que el suelo proveniente de los cerros colindantes y que es arrastrado por las aguas superficiales se deposite antes del muro y no obstruya la entrada.
Aspecto Ambiental:	Se deberá reforestar las pendientes de los terrenos colindantes, para reducir la escorrentía y recuperar el aspecto paisajístico.

Tabla 35 Sistema de drenaje transversal, estacion 3+820.

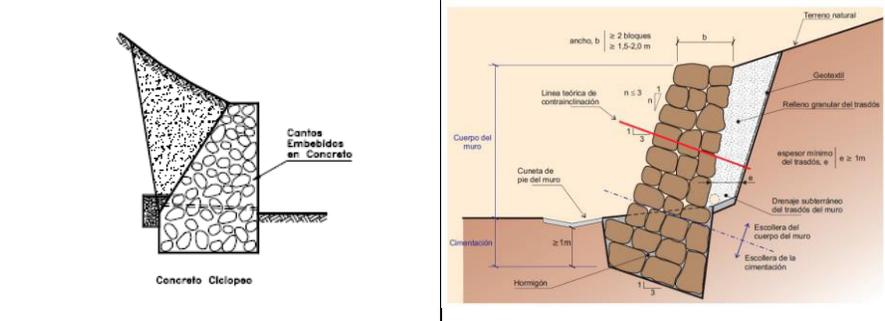
Cuadro No 3: Sistema drenaje transversal.	
Ubicación:	ESTACION: 1+800
Problema de Vulnerabilidad:	Alcantarilla socavada en el estribo de salida, (posible colapso)
Situación del Punto Crítico:	
Medida: Construcción de muro de mampostería Construcción de cuneta	
Aspecto Técnico:	Para evitar que colapse la alcantarilla (cabezal de salida), se deberá de construir un muro de mampostería de 15 metros lineales, hacer relleno y compactación con material selecto, incluir drenes de 1 pulgada en el muro de contención mas la construcción de una cuneta al pie de talud que intercepte las aguas y las conduzca al cabezal de salida para un correcto funcionamiento.
Aspecto Ambiental:	Se deberá sembrar vetiver en las paredes del talud alrededor del cabezal de salida para reducir la escorrentía y recuperar el aspecto paisajístico.

Tabla 36 sistema de drenaje transversal, estacion 1+800.

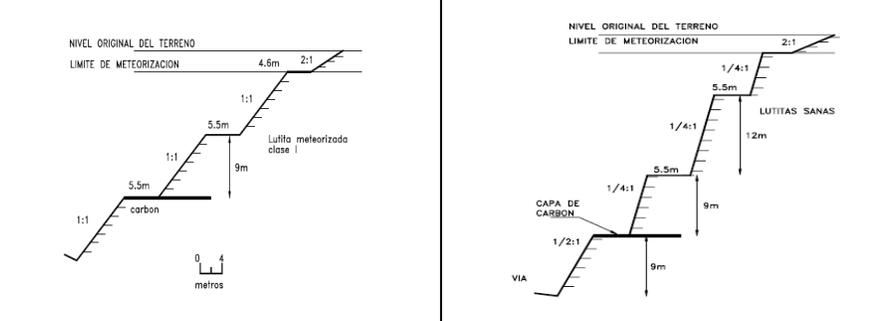
Cuadro No 4: Sistema drenaje longitudinal.	
Ubicación:	ESTACION: 5+200 - 5+400 (Banda Derecha)
Problema de Vulnerabilidad:	Erosión de los taludes, posible colapso de la masa rocosa que conforma el talud.
Situación del Punto Crítico:	
Medida: Reducción de la pendiente del talud Construcción de bermas, siembra de vetiver.	
Aspecto Técnico:	Para evitar derrumbes en el drenaje transversal (canal) se deberá hacer cortes en los taludes a manera de bermas para la reducción de la pendiente y la disminución de peso en la masa del talud, además se debe incluir la siembra de vetiver.
Aspecto Ambiental:	Se deberá sembrar vetiver en las paredes del talud para reducir la escorrentía superficial y recuperar el aspecto paisajístico.

Tabla 37 Sistema de Drenaje longitudinal, estacion 5+200-5+400 (banda derecha).

Recomendaciones Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad, ante los Efectos del Cambio Climático. Caso de Estudio: El Área de Influencia del Proyecto Vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.

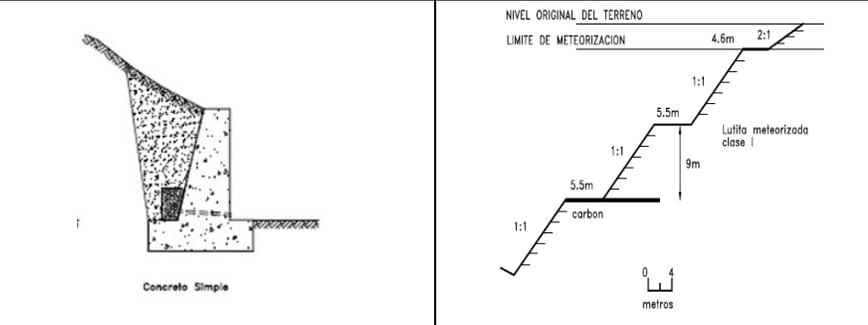
Cuadro No 5: Erosión de Talud	
Ubicación:	Estación: 5+300
Problema de Vulnerabilidad:	Talud de corte, presenta erosión por causa de las lluvias y el viento, representa un alto riesgo su colapso al estar en la cima del talud una torre de tendido eléctrico de alta tensión.
Situación del Punto Crítico:	
Medida: Continuación de Muro de Contención, Reducción de la Pendiente del Talud, Construcción de Contra cunetas.	
Aspecto Técnico:	Con esta medida se pretende evitar que se siga erosionando el talud, además de proteger la base de la torre eléctrica, además de la reducción de la pendiente del talud para aumentar el factor de seguridad, se recubrirá el talud con zampeados para protegerlo de la escorrentía superficial y la construcción de contra cunetas la desviar el agua de lluvia
Aspecto Ambiental:	Se espera la estabilidad del talud y recuperación de la vegetación

Tabla 38 Erosion de Talud, estacion 5+300.

Recomendaciones Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad, ante los Efectos del Cambio Climático. Caso de Estudio: El Área de Influencia del Proyecto Vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.

Cuadro No 6: Erosion de Talud	
Ubicación:	Estacion: 3+100 -3+400
Problema de Vulnerabilidad:	Erosion de taludes de la estructura de pavimento.
Situación del Punto Critico:	
Medida: Recubrimiento de Taludes con mamposteria o con vitiver.	
Aspecto Técnico:	Con esta medida se pretende evitar que se siga erosionando el talud de relleno de la carretera de pavimento de concreto hidraulico, y la reduccion de la escorrentia superficial que genera los daños.
Aspecto Ambiental:	Se espera la estabilidad del talud de la carretera, la reduccion de la escorrentia superficial. recuperación de la vegetación y la calidad paisajistica

Tabla 39 Erosion de Talud, - Estacion 3+100 – 3+400 (Ambas bandas)

5.5. Síntesis del Capítulo

En este capítulo se presentó que trata sobre las medidas u obras, destinadas a la prevención, mitigación, corrección y/o compensación de los impactos generados por el cambio climático, la primera herramienta presentada se trata de los principios para la selección y diseño de las medidas adaptación al cambio climático.

Dentro de estos principios se presentaron las medidas para dar respuesta a los puntos de riesgo en nuestro proyecto vial. Tanto para la estructura de pavimento, las estructuras de drenaje y la estabilidad de taludes.

También dentro de este capítulo se recopila una serie de Recomendaciones Generales para la Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático de la Infraestructura durante la Fase de Mantenimiento Vial en el caso de la Carretera de Circunvalación de Masaya según el MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial en el cual se proponen medidas para adaptar los sistemas de pavimentos de concreto hidráulico que corresponde al tipo de diseño de nuestra carretera en estudio.

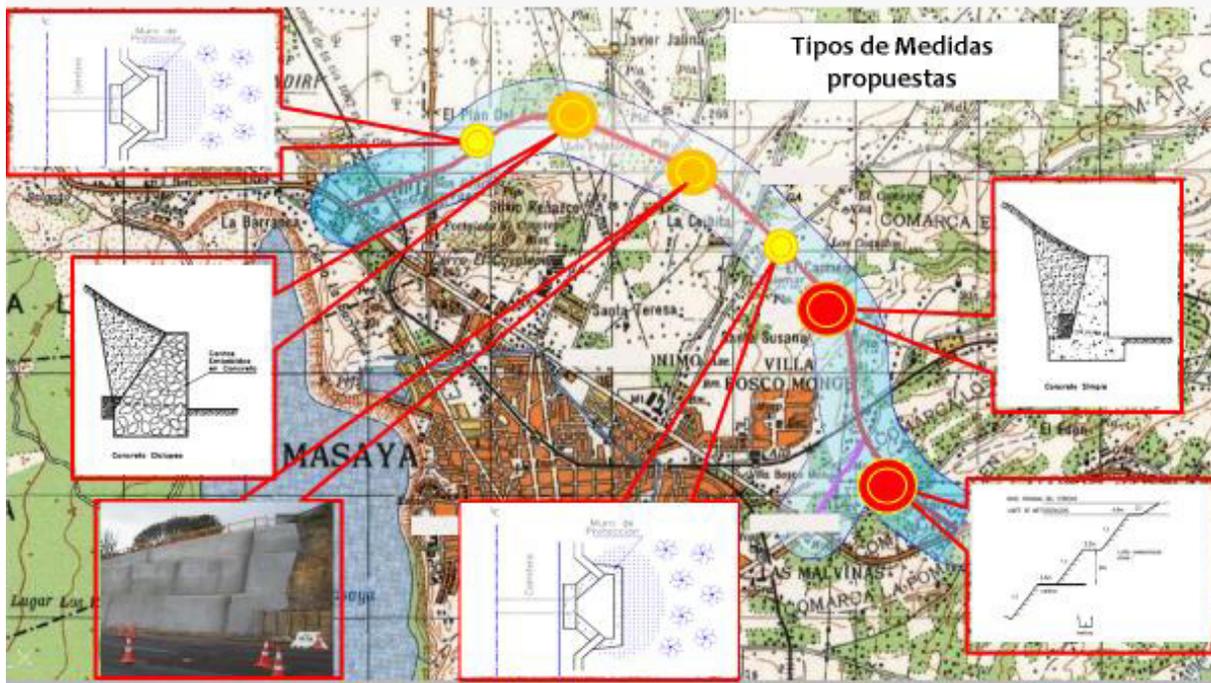
Además, se incluye una serie de recomendaciones para la adaptación para los Cortes en los Taludes de la Vía de Carretera y también medidas recomendadas para las Estructuras de Drenaje (alcantarillas, Puentes y Estructuras Metálicas).

Se realizaron visitas de campo en la cual se realizó un inventario del sistema de drenaje transversal de nuestra carretera en estudio, comprobándose el buen funcionamiento de estas estructuras o el daño que se presente.

Como punto final de este capítulo, se presentaron los puntos críticos específicos en nuestro proyecto, que presentan alto riesgo ante los desastres naturales, y en la cual se recomiendan las medidas seleccionadas para la corrección de la vulnerabilidad de estos sitios.

Mapa Síntesis de Medidas

Proyecto Vial Carretera de Circunvalación de Masaya



CAPÍTULO 6: ASPECTOS FINALES

6.1. Conclusiones

El Proyecto de Construcción de la Carretera de Circunvalación de Masaya, es ambientalmente factible para su ejecución, los posibles impactos identificados no representan mayores efectos sobre el medio circundante a la obra, se considera que los beneficios esperados son de apoyo a un mayor desarrollo de la región sobre todo en lo que concierne a producción agrícola y en menor escala a la ganadería, como un rubro menos desarrollado.

Se definió claramente el objetivo principal del tramo vial propuesto que es mejorar la eficiencia del sistema de transporte vial nacional, se realizó una buena presentación de la localización del emplazamiento vial de este tramo carretero, además de definir las características del proyecto, como las proyecciones del tráfico esperado que circule por esta vía y el tipo de estructura considerada en el diseño, así como las ventajas y beneficios de un diseño de carretera con pavimento de concreto hidráulico.

Se definió correctamente la Línea Base Ambiental correctamente para este proyecto en la etapa de factibilidad, viéndose involucrado todos los componentes tales como el Medio Abiótico, Medio Biótico, el Medio Socioeconómico, los cuales nos ayudaron a la comprensión de la situación ambiental real en la zona de influencia del proyecto. Una vez analizados los riesgos ambientales producidos al medio ambiente por la construcción de la carretera, se implementarán las medidas necesarias para la mitigación de estos efectos.

Con respecto a la Evaluación del Emplazamiento y la Evaluación de la Vulnerabilidad de la Carretera de Circunvalación de Masaya, sugiere que el área de influencia considerada para la construcción de la carretera de Circunvalación de Masaya, es poco vulnerable e incide con un bajo deterioro de la calidad ambiental. La verificación ha mostrado que se cumplen condiciones preestablecidas para el emplazamiento y para la construcción o la ejecución del proyecto, por lo que la planificación de su ejecución puede aprobarse.

Con respecto al último capítulo considerado en este estudio, se estableció una serie de medidas u obras, destinadas a la prevención, mitigación, corrección y/o compensación de los impactos generados por el cambio climático, se cuenta con una lista completa de estas medidas y sus criterios de selección en dependencia del riesgo que se pretende mitigar y adaptar en las áreas susceptibles al riesgo de este proyecto de carretera, con este estudio se espera que estas medidas lleguen a ser consideradas en futuros proyectos de mantenimiento vial.

6.2. Recomendaciones

Los diferentes fenómenos climáticos y sus consecuencias afectan el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura y los sistemas de transporte. Por lo tanto, se hace necesario que de hoy en adelante se incluyan en los diseños los factores ambientales y sus variaciones ante el cambio climático regional con el fin de aumentar el nivel de seguridad de los proyectos viales.

Se hace necesario que en los estudios de caracterización de la línea base ambiental del área de influencia de los proyectos, se adopten los estudios siempre con el enfoque del ciclo de vida de los proyectos viales, ya que hasta el día de hoy se analizan estos emplazamientos en la factibilidad del proyectos, durante su ejecución se crean planes para mitigar los efectos de la construcción y de esta manera no exista grandes perjuicios al medio ambiente, sin embargo es necesario incluir en los análisis la evaluación del emplazamiento una vez puesto en operación el proyecto vial, y de esta manera analizar las modificaciones que los componentes ambientales (Medio Biótico, Abiótico y Socioambiental) sufrieron producto de la ejecución del proyecto y el emplazamiento mismo.

La metodología utilizada para el análisis del emplazamiento y el análisis de vulnerabilidad se deberán ajustar para los diferentes ciclos de vida de los proyectos viales, a nuestro parecer la metodología actual se ajusta únicamente en la etapa de factibilidad de los proyectos viales, ahora bien, muchas de las carreteras actuales de nuestro País, sus diseños son un bastante antiguos. Por la tanto se deben incluir metodologías que incluyan parámetros para evaluar los componentes de estos sistemas viales de carreteras ya emplazados.

Con respecto a las medidas de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático, se recomienda a las autoridades del MTI y el Fomav, que son las autoridades encargadas de los Programas de Mantenimiento, que en los puntos críticos de estudio se le de atención inmediata ya que, de suceder un evento hidrometeorológico extremo en la zona, todos estos puntos críticos del proyecto estarán en alto riesgo de colapsar.

Dar atención inmediata en el punto crítico ubicado en la estación 5+300 en el cual el talud presenta un alto deterioro debido a la erosión eólica y la ocasionada por la escorrentía superficial. Y que representa un alto riesgo su deterioro ya que encuentra ubicada en la cima de este talud una torre eléctrica de alta tensión de nivel nacional. Y de continuar este deterioro ocasionaría graves daños en sistema eléctrico nacional.

Es necesario que las autoridades del MTI, FOMAV y Alcaldía Municipal realicen un estudio detallado de la amenaza ambiental del territorio colindante con la carretera,

para identificar los puntos de conflictos y que afectan indirectamente a esta. Y así dar soluciones definitivas a los problemas de vulnerabilidad de la carretera de Circunvalación de la Ciudad de Masaya.

6.3. Bibliografía

AMUDEMAS (Asociación de Municipios del Departamento de Masaya), (2009), Caracterización del Departamento de Masaya, Masaya.

CENTRO DE COORDINACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES EN AMÉRICA CENTRAL. (CEPRENAC), (2010) Guía Actualizada de Evaluación Económica de la Inclusión de la Variable Riesgo de Desastres en la Inversión Pública y su Aplicación en Proyectos de Desarrollo en Panamá, Honduras y Nicaragua”, Panamá.

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO, (2014), Cambio climático Impactos, adaptación y vulnerabilidad, Impreso por IPCC, Suiza.

Mendoza Sánchez, J. Instituto Mexicano de Transporte. (2017) Panorama Internacional de la Adaptación de la Infraestructura carretera ante el cambio climático. Publicación Técnica No. 488

MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO, Dirección General de Inversiones Públicas, (2016), Guía para Incorporación de RRD y ACC en Proyectos de infraestructura vial, Nicaragua.

SECRETARÍA GENERAL PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO, (2004), Guía para la elaboración de estudios del medio físico, España, Centro de Publicaciones Secretaria General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.

SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES (SINAPRED), (2005), Plan de Ordenamiento Territorial Municipal en Función de las Amenazas Naturales, Masaya.

SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES (SINAPRED), (2008), Plan Municipal de Respuesta, Masaya.

6.4. Anexos

Metodología para la Identificación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, y definición de alternativas de solución a la problemática

Como metodología general, el diagnóstico participativo permite un espacio de encuentro y reflexión de la comunidad o grupo, sobre sus potencialidades, restricciones y riesgos, análisis que tiene una importancia fundamental en la selección de sus proyectos.

El diagnóstico del sitio es una actividad de enorme importancia que permite la identificación de los peligros y la determinación de las medidas de prevención, mitigación o de reducción de riesgos, en la cual el técnico cumple una función de análisis que contribuirá a reducir efectivamente la propensión al desastre, y al mismo tiempo, estimar de manera cuantitativa los daños que se pueden evitar.

La identificación del riesgo implica la realización de dos tipos de análisis: i) la evaluación del emplazamiento y, ii) la evaluación de la vulnerabilidad del proyecto.

Evaluación del emplazamiento

La evaluación del emplazamiento se lleva a cabo en el contexto del proyecto de inversión que se pretende realizar o que ya existe. Para poder evaluar el contexto de emplazamiento del proyecto se precisa contar con información de las zonas de amenaza que existen en la zona de estudio o información de áreas con susceptibilidad de afectación a fenómenos, tales como inundaciones, deslizamientos y otras amenazas de orden natural. Es importante contar con la cartografía básica, con información de la cuenca donde se va a realizar la inversión, información de zonas ambientalmente frágiles existentes (zonas protegidas, cuerpos de agua, humedales, etc.) y también si es posible tener a disposición el mapa geológico de la zona.

La identificación y descripción de los componentes y sus variables se presenta en el cuatro a continuación.

COMPONENTE	VARIABLES
BIOCLIMÁTICO	CONFORT HGROTERMICO
	VIENTO
	PRECIPITACIÓN
	RUIDOS
	CALIDAD DEL AIRE
GEOLOGÍA	SISMICIDAD
	EROSIÓN
	DESLIZAMIENTOS
	VULCANISMO
	RANGOS DE PENDIENTE
	CALIDAD DEL SUELO
ECOSISTEMA	SUELOS AGRÍCOLAS
	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL
	HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA
	LAGOS
	ÁREAS AMBIENTALMENTE FRÁGILES
	SEDIMENTACIÓN
MEDIO CONSTRUIDO	USO DEL SUELO
	ACCESIBILIDAD
	ACCESO A LOS SERVICIOS
	AREAS COMUNALES
INTERACCIÓN (CONTAMINACIÓN)	DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS
	INDUSTRIAS CONTAMINANTES
	LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN
	PELIGRO DE EXPLOSIÓN E INCENDIOS
	DESECHOS SÓLIDOS
INSTITUCIONAL Y SOCIAL	CONFLICTOS TERRITORIALES
	SEGURIDAD CIUDADANA
	MARCO JURÍDICO

La evaluación de cada componente se hará calificando todas las variables que lo integran para ello contando con la información de las características físicas naturales del territorio donde se emplazará el proyecto. Los valores a otorgar en la escala (E) de 1 a 3 podrán ser seleccionados en las tablas de

Evaluación que se adjuntan (Anexo 1). Las tablas han sido elaboradas considerando tres rangos de situaciones que se pueden presentar en cada variable y su significado es el siguiente

COMPONENTE BIOCLIMÁTICO									
E	Confort Hidrotérmico	Viento	Precipitación	Ruido	Calidad de aire	P	F	ExPx _f	Px _F
1									
2									
3									
Valor Total= (ExPx _f)/(Px _F)=									

COMPONENTE GEOLOGIA										
E	Sismicidad	Erosión	Deslizamiento	Vulcanismo	Rangos de pendiente	Calidad del suelo	P	F	ExPx _f	Px _F
1										
2										
3										
Valor Total= (ExPx _f)/(Px _F)=										

COMPONENTE ECOSISTEMAS										
E	Suelo agrícola	Hidrología superficial	Hidrología subterránea	Lagos	Áreas ambientalmente frágiles	Sedimentación	P	F	ExPx _f	Px _F
1										
2										
3										
Valor Total= (ExPx _f)/(Px _F)=										

COMPONENTE MEDIO CONSTRUIDO									
E	Uso de suelo	Accesibilidad	Acceso a los servicios	Áreas comunales	P	F	ExPx _f	Px _F	
1									
2									
3									
Valor Total= (ExPx _f)/(Px _F)=									

COMPONENTE INTERACION (CONTAMINACION)									
E	Desechos solidos y líquidos	Industrias contaminantes	Líneas eléctricas de alta tensión	Peligro de explosión de incendios	Servicio de Recoleccion de Desechos	P	F	ExPx _f	Px _F
1									
2									
3									
Valor Total= (ExPx _f)/(Px _F)=									

COMPONENTE INSTITUCIONAL Y SOCIAL							
E	Conflictos territoriales	Seguridad ciudadana	Marco jurídico	P	F	ExPx _f	Px _F
1							
2							
3							
Valor Total= (ExPx _f)/(Px _F)=							

Tabla para la evaluación del sitio para proyecto (Obs.: Asentamientos)

COMPONENTE BIOCLIMÁTICO					
EVALUACIÓN	CONFORT HIGROTÉRMICO	VIENTO	PRECIPITACIÓN	RUIDOS	CALIDAD DEL AIRE
1	El terreno donde se ubicará el proyecto presenta condiciones muy desfavorables sobre el confort térmico humano con temperaturas medias anuales superior a los 35 grados con altas humedades relativas, presentando periodos estacionales de calor sofocante dado por la topografía y las condiciones del sitio	En el territorio objeto de estudio prevalecen durante el año vientos con velocidades superiores a 10.8 m/seg, ocasionando dificultad al caminar. Se presentan ocasionalmente tornados. O prevalecen calmas en un 70 % del año	En el territorio se presenta un régimen severo de precipitaciones que llega a superar frecuentemente la media del territorio presentando periodos poco diferenciados durante el año. El régimen de precipitaciones puede causar importantes afectaciones a otros factores ambientales del hábitat	Se registraN en el sitio altos niveles de ruido, superiores a los 65 dBA o se sitúa a distancias menores de 60 metros de vías con alta intensidad del tránsito (>40000 veh/24h) u otras fuentes productoras de ruidos (industrias, aeropuertos, iglesias y mercados)	El sitio se ubica dentro de un territorio muy afectado por la contaminación del aire debido a la presencia de numerosas fuentes, alta persistencia en el año de malos olores y polvo en suspensión, baja capacidad de dispersión de la atmósfera a distancias menores de 20 metros de vías con circulaciones de vehículos superiores a los 4000 vehículos en 24 horas
2	El terreno donde se ubicará el proyecto presenta ocasionalmente condiciones desfavorables de confort térmico humano, aunque no se pueden considerar como extremas para el hábitat humano	En el territorio objeto de estudio prevalecen durante el año vientos con velocidades entre 5.5 y 7.9 m/seg, ocasionando que se levante polvo y papeles. No se presentan tornados. O prevalecen calmas entre un 40 y 70 % del año	En el territorio se presenta un régimen riguroso de precipitaciones o sequías, pero no supera la media del territorio con periodos diferenciados y las afectaciones que se pudiera presentar no son significativas	Se registraN en el sitio niveles de ruido aceptables, entre los 40 y 60 dBA o pueden existir fuentes de ruidos aisladas que no perjudican el hábitat y la salud humana	El sitio se ubica dentro de un territorio medianamente afectado por la contaminación del aire debido a la presencia de algunas fuentes, estacionalmente se pueden presentar malos olores y polvo en suspensión, pero se observa buena capacidad dispersante de la atmósfera o a distancias entre 20 y 60 metros de vías con circulaciones de vehículos 2000 y 4000 vehículos en 24 horas
3	El terreno donde se ubica el proyecto presenta buenas condiciones térmicas humanas lo que propicia un microclima local de buen confort para el hábitat humano	En el territorio objeto de estudio prevalecen durante el año vientos con velocidades medias inferiores a 5.5 m/seg, Se pueden presentar calmas hasta en un 20 % del año	En el territorio se presenta un régimen seco o de precipitaciones normales y las afectaciones que se pudieran originar debido a las precipitaciones son ocasionales	Se registran en el sitio niveles de ruido insignificantes con niveles inferiores a los 40 dBA . Se corresponde con un medio urbano tranquilo	El sitio se ubica dentro de un territorio poco o no afectado por la contaminación del aire, buena capacidad dispersante de la atmósfera, escasa circulación vehicular a distancias mayores de 60 metros, pueden presentarse emanaciones de polvo u otras sustancias ocasionalmente

COMPONENTE GEOLOGÍA						
EVALUACIÓN	SISMICIDAD	EROSIÓN	DESLIZAMIENTOS	VULCANISMO	RANGOS DE PENDIENTE	CALIDAD DEL SUELO
1	El sitio se ubica sobre una (o más) falla sísmica comprobada, dudosa o dentro de la longitud probable de ésta o existen fallas sísmicas comprobadas o dudosas a distancias menores de 20 m del sitio y/o la presencia de suelos arenosos potencialmente licuables o a distancias de edificaciones, bancos de transformadores o tanques elevados menores 1/3 de su altura o diferencias altitudinales de terrenos arenosos mayores de 2.00 metros	En el territorio donde se ubica el sitio se observan síntomas de un acusado proceso de erosión con ausencia de la capa vegetal en la mayor parte del área. Se observan raíces expuestas. Cárcavas de 7.5 a 15 cm de profundidad a intervalos de 1.50 m. Numerosas líneas de drenaje. El proceso de recuperación del suelo puede ser muy costoso	El sitio se ubica en zona de alto peligro por deslizamientos parciales o en masa debido a la constitución de suelos poco compactos, la presencia de pendientes mayores del 15%, presencia de erosión acusada y/o terrenos inestables	El sitio donde se emplazará el proyecto se encuentra muy próximo a volcanes activos o con actividad volcánica muy frecuente y se tiene la certeza por la proximidad del proyecto que éste puede sufrir daños debido a la emanación de gases, cenizas, piroclastos, lavas o las consecuencias de los movimientos o sacudidas del suelo	Los rangos de pendientes que se observan en el sitio son superiores al 15% o terreno totalmente plano	Si el proyecto requiere estudio de suelo y el sitio se ubica en suelos con Resistencia igual o menor a 1 kg/cm ² y/o presencia del manto freático al mismo nivel o inferior de la profundidad de fundación y/o presencia de arcillas con alto índice de plasticidad o expansivas. Si el proyecto no requiere estudios de suelos y el sitio se ubica en terrenos con presencia del manto freático al mismo nivel o inferior de la profundidad de fundación y/o presencia de arcillas con alto índice de plasticidad o expansivas.
2	El sitio no se ubica próximo a fallas sísmicas de ningún tipo. El peligro sísmico es medio con intensidades esperadas de 3 a 4.8 en la escala de Richter. Puede recibir ocasionalmente sacudidas originadas por actividad volcánica. Pueden existir edificaciones altas, bancos de transformadores o tanques elevados a distancias mayores de 20 y menores de 30 metros y/o diferencias altitudinales (taludes) menores de 2.00 de altura	En el territorio donde se ubica el sitio se observan síntomas de un moderado proceso de erosión con predominio de la cubierta vegetal en la mayor parte del área. Pueden presentarse pequeñas cárcavas a intervalos de 3 m. Escasas líneas de drenaje. El proceso de recuperación del suelo no es muy costoso	Aunque en el territorio donde se ubica el proyecto existe el riesgo de deslizamientos no se prevén afectaciones al sitio debido a la posición respecto a la pendiente o altitud	Aunque existen volcanes activos en el territorio donde se emplaza el proyecto, debido a la distancia entre éstos, se considera que los efectos de la actividad volcánica podrían dañar el proyecto de forma excepcional	Los rangos de pendientes son costosos para la construcción, pero construibles entre el 6 y el 12%	Si el proyecto requiere estudio de suelo y el sitio se ubica en suelos con Resistencia entre 1 y 1.5 kg/cm ² y/o presencia del manto freático por debajo del nivel de fundación, pero a menos de 5.00. No hay presencia de arcillas plásticas o expansivas Si el proyecto no requiere estudio de suelo se observan buenas cualidades para la construcción
3	El sitio se ubica en un territorio de baja peligrosidad sísmica (no existen fallas) y/o terrenos rocosos. No se ubican edificaciones en un radio de 30.00 y/o no existen diferencias altitudinales del terreno (taludes). Las intensidades esperadas pueden alcanzar hasta 3 en la escala de Richter	En el territorio donde se ubica el sitio No hay evidencias visuales de erosión en el suelo	En el territorio donde se ubica el proyecto no existe riesgo de deslizamiento	No existen volcanes activos donde se emplaza el proyecto o la distancia entre los volcanes con actividad y el proyecto es tal que no existe posibilidad de que el proyecto sufra las consecuencias de la actividad volcánica	Los rangos de pendiente son óptimos entre el 1 y el 6 %	Si el proyecto requiere estudio de suelo y el sitio se ubica en suelos con Resistencia igual o mayor a 1.5 kg/cm ² y/o la presencia del manto freático es mayor de 6.00

COMPONENTE ECOSISTEMA						
EVALUACIÓN	SUELOS AGRÍCOLAS	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA	LAGOS	ÁREAS FRÁGILES	SEDIMENTACIÓN
1	El sitio donde se ubica el proyecto se encuentra a menos de 20 metros de suelos cultivables con caña de azúcar u otros tipos de suelos agrícolas donde la técnica de cultivo conlleve al uso de la quema o aerosoles en forma de plaguicidas de forma frecuente, pudiendo con estas acciones afectar la salud de las personas y/o el grosor de la capa vegetal del suelo es superior a 1.80 metros	Existen ríos, arroyos, cauces de forma temporal o permanente a distancias próximas al sitio combinada con una cota altimétrica que hacen evidente el peligro de inundación. O el proyecto invade el derecho natural de la forma de agua. O no existen fuentes de agua superficiales próximas al sitio, pero las pendientes son inferiores al 1% y hacen latente el peligro de inundación por falta de drenaje y/o el sitio se ubica en laderas de cerros o elevaciones donde la escorrentía superficial es alta	En el sitio o a distancias menores de 20 m se ubican importantes flujos de agua subterráneos a profundidades menores de 10 m con terrenos que poseen una alta tasa de infiltración y/o se tiene la certeza técnica para considerar que la ubicación del proyecto, el relieve y la posición en el lugar afectará de forma irreversible las fuentes de agua subterráneas que abastecen a comunidades situadas en un radio de 300 metros aguas abajo. O en zonas declaradas como de alta vulnerabilidad al acuífero	El sitio se ubica dentro de la cota de los derechos naturales de lagos, embalses y presas, creando el riesgo inminente de ser afectado por grandes precipitaciones	El sitio se ubica dentro o muy próximo (200 metros) a zonas ambientalmente frágiles como pantanos, humedales, zona de reserva natural o espacios protegidos para especies en peligro de extinción, zonas de nidificación u otras y se tiene la certeza técnica de que el proyecto pudiera causar daños ambientales o las características del medio perjudiquen el desarrollo del hábitat. También se consideran en esta categoría las áreas de alto valor arqueológico	El sitio donde se ubica el proyecto se encuentra en una zona receptora de depósitos de sedimentos o tierra debido a la presencia de erosión acusada, o tipos de suelos pocos cohesivos que pueden ocasionar la modificación de la topografía del sitio ante intensas lluvias o con el de cursar de 5 años
2	Aunque en el territorio donde se ubica el sitio se utilizan prácticas agrícolas basada en la quema o la fumigación de aerosoles de plaguicidas, sin embargo las afectaciones al sitio se pueden considerar aisladas o pocos significativas	Aunque existen formas de agua superficiales, debido a la cota altimétrica del sitio pudieran ocasionar de forma excepcional alcanzar el sitio, pero sin peligros de inundación y daños a las estructuras. O con rangos de pendientes entre el 1 y el 2% que ante grandes lluvias pudiera tener dificultad de drenaje y excepcionalmente alcanzar el sitio sin causar daños	En el sitio o a distancias menores de 20 metros se localizan fuentes de agua subterráneas a profundidades entre 10 y 40 metros con terrenos que alcanzan una baja tasa de infiltración y pudiendo la constitución del relieve causar daños eventuales a las aguas subterráneas y/o no existen fuentes de agua subterráneas que abastezcan a comunidades en un radio de 300 metros aguas abajo o en zonas medianamente vulnerables de los acuíferos	El sitio se ubica próximo a lagos, embalses y presas pero la diferencia de altitud es superior al menos en 1.50 metros	El sitio se ubica a distancias próximas (entre 250 y 500 metros) de zonas ambientalmente frágiles pero no se tiene la certeza de que el emplazamiento pueda causar importantes daños al medio ambiente o viceversa	En el sitio donde se ubica el proyecto puede ocasionalmente existir acumulación de depósitos en cuantías insignificantes debido a la ausencia de erosión y/o buena estabilidad del suelo y la acumulación no llegaría a modificar la topografía
3	Existen terrenos agrícolas próximos al sitio pero las técnicas de cultivo no son dañinas. O no existen terrenos agrícolas en un radio de 400 metros	El sitio donde se ubica el proyecto debido a su altitud y posición frente a las formas de agua que pudieran existir no tiene ninguna posibilidad de inundarse	No existen flujos de agua subterráneos en el sitio o si existen se sitúan a profundidades mayores de 50 metros y con terrenos muy permeables	El sitio se ubica a alturas mayores de 3.00 con respecto a la cota de rebalse de lagos y embalses en general	El sitio se ubica a distancias mayores de 1 km de zonas ambientalmente frágiles	En el territorio donde se ubica el proyecto no existe riesgo de acumulación de depósitos

COMPONENTE MEDIO CONSTRUIDO				
EVALUACIÓN	USOS DEL SUELO	ACCESIBILIDAD	ACCESO A LOS SERVICIOS (ESTE COMPONENTE NO APLICA EN ZONAS RURALES)	ÁREAS COMUNALES
1	El sitio donde se pretende ubicar el proyecto tiene un uso de suelo no compatible con el especificado en el Plan Regulador	No existe infraestructura y medios de transporte terrestre y fluvial que lleguen al sitio donde se ubicará el proyecto, haciendo la accesibilidad muy dificultosa durante cierta época del año e imposible durante la época de lluvias debido a cualquiera de las siguientes causas: <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de vías de comunicación • Barreras naturales • Población dispersa 	En el sitio no existen los servicios de agua potable alcantarillado sanitario, electricidad y comunicaciones. O existen los servicios, pero no es posible que el proyecto pueda conectarse a ellos por insuficiencia o incapacidad del sistema.	No existen áreas comunales, o de equipamiento básico en el radio del sitio donde se ubica el proyecto, lo que puede acarrear conflictos en el medio construido
2	En el sitio donde se ubica el proyecto, el uso de suelo es compatible aunque no está declarado como en el Plan Regulador como uso Residencial	En el territorio donde se ubica el sitio existen caminos utilizables sólo en ciertas épocas del año, o se hace necesaria la construcción de Accesos. Puede crear algunas afectaciones al sistema de organización del tránsito	De los 4 tipos de servicios básicos anteriormente mencionados al menos existen dos o al menos es posible conectarse a dos	No existen áreas comunales, o de equipamiento básico en el radio del sitio donde se ubica el proyecto, pero serán asumidas por el nuevo proyecto
3	En el sitio donde se ubica el proyecto, el uso de suelo es compatible según el Plan regulador, declarado para el Uso Residencial de acuerdo al tipo de Densidad especificado	No existe dificultad para acceder al sitio del proyecto en cualquier época del año, aunque conlleve la construcción de algún tipo de acceso. No existen afectaciones al tránsito	Existen al menos tres de los 4 servicios básicos anteriormente citados y es posible conectarse a ellos	En el sitio donde se ubica el proyecto existe cobertura de servicios básicos y áreas comunales que se pueden integrar

COMPONENTE DE INTERACCIÓN (CONTAMINACIÓN)					
EVALUACIÓN	DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	INDUSTRIAS CONTAMINANTES <small>LAS DISTANCIAS ESTAN DADAS EN LA MISMA DIRECCIÓN DEL VIENTO</small>	LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN	PELIGRO EXPL. E INCENDIOS	SERVICIOS DE RE-COLECCION DESECHOS
1	El sitio se ubica barlovento (en la dirección del viento) a distancias menores de 800 m sin franja de protección con árboles y arbustos) de vertederos de desechos sólidos a cielo abierto Plantas de tratamiento de desechos líquidos a cielo abierto (lagunas de oxidación) menos de 500 m de Rellenos sanitarios O se localizan cementerios a distancias menores de 100 metros sin franja de protección en la dirección de barlovento	El sitio se ubica a distancias menores de 1000 metros de industrias muy contaminantes: <ul style="list-style-type: none"> • Fábricas de pinturas • Ácidos nitrogenados • Procesamiento de cuero • Producción de cueros O a distancia menores de 500 m de industrias contaminantes: <ul style="list-style-type: none"> • Banco de materiales de construcción • Plantas de asfalto O a distancias menores de 300 metros de: <ul style="list-style-type: none"> • Rastros • Plantas de procesamiento de fibras vegetales O a distancias menores de 100 metros de: <ul style="list-style-type: none"> • Fábricas de fósforos • Vidrios • Queseras • Pescado en conserva • Yeso y arcillas Así como a distancias menores de las establecidas para cualquier fuente de contaminación según normas nacionales e internacionales	El sitio se ubica a distancias menores de 70 metros de líneas transmisión de electricidad de Alta Tensión y no existe espacio para dejar los corredores de protección electromagnética	El sitio donde se emplazará el proyecto se ubica a distancias menores de 25 metros de edificios o construcciones combustibles en 1 hora (viviendas o edificios de madera o minifalda). O a distancias menores de 180 metros de edificios con peligro de explosión (gasolineras o bodegas de materiales y gases explosivos) O a distancias menores de 60 metros de depósitos de combustibles soterrados o aéreos y plantas de gas O el sitio se ubica a distancias menores de 1500 m de Unidades militares o terrenos minados	Dada la posición del sitio, la municipalidad no puede garantizar el servicio de recolección de desechos y no existen zonas apropiadas para la recolección y tratamiento de los desechos
2	El sitio se ubica barlovento (en la misma dirección del viento) a distancias entre 800 y 1000 m y/o con franja de protección de árboles y arbustos) de vertederos de desechos sólidos a cielo abierto. O Plantas de tratamiento de desechos líquidos a cielo abierto (lagunas de oxidación). O entre 500 y 800 m de rellenos sanitarios o se localizan cementerios a 1200 metros en la dirección de barlovento	El sitio se ubica por debajo de alguna de las normas anteriores, pero muy próximo a la norma o existen atenuantes como son las pantallas artificiales de protección (edificios). O pantallas naturales como son masas de árboles y arbustos de al menos 50 metros de ancho. En este caso puede suceder que se cumpla con algunas normas y se incumpla una	El sitio se ubica entre 70 y 80 metros de líneas eléctricas de alta tensión eléctrica	El sitio se ubica ligeramente por debajo de las normas anteriores o en el límite, pero existen atenuantes como son pantallas de protección, barreras de árboles, taludes u otros elementos de defensa natural. En este caso puede suceder que se cumpla con varias normas y se incumpla una	El sitio se ubica en el entorno donde se proyecta brindar servicio de recolección de desechos según las capacidades municipales
3	El sitio se ubica a distancias mayores de 1000 metros en la dirección de barlovento o sotavento, pero existen masas de árboles que filtran el aire de vertederos de desechos sólidos a cielo abierto o desechos líquidos a cielo abierto	El sitio se ubica a las distancias indicadas en el caso 1 o a distancias superiores	El sitio se ubica a distancias mayores de 80 metros de líneas de transmisión de electricidad de alta tensión	El sitio se ubica por encima de todas las normas anteriores	El sitio se ubica dentro de zonas que tienen cobertura de recolección de desechos y existe capacidad para asimilarlos

COMPONENTE INSTITUCIONAL Y SOCIAL			
EVALUACIÓN	CONFLICTOS TERRITORIALES	SEGURIDAD CIUDADANA	MARCO LEGAL
1	<p>En el territorio donde se ubica el sitio existen conflictos o litigios de carácter territorial (municipal).</p> <p>O el emplazamiento del proyecto en el sitio puede desencadenar o agudizar conflictos de disputas territoriales</p>	<p>El sitio se ubica dentro de zonas con altos índices de delincuencia común y/o zonas de enfrentamientos armados, secuestros, vandalismo, de forma que tal que estos hechos puedan afectar la Calidad de Vida de la Población.</p>	<p>El proyecto incumple normativas legales ambientales o de propiedad</p>
2	<p>Aunque en el territorio donde se ubica el sitio existen conflictos de reclamos territoriales, pero existe consenso de la población sobre la legitimidad del emplazamiento en el territorio</p>	<p>Aunque en el entorno donde se desarrolla el proyecto han existido conductas delictivas comunes, éstas son aisladas y poco frecuentes. El sitio no es escenario de enfrentamientos bélicos</p>	<p>El proyecto se encuentra en trámites de legalización de normativas ambientales o de propiedad</p>
3	<p>No existen conflictos ni litigios territoriales en la zona donde se ubica el proyecto</p>	<p>Existen buenas alternativas de seguridad próximas al sitio dado por la calidad social del entorno y por la posición del sitio</p>	<p>El proyecto cumple con lo estipulado en el marco legal ambiental y de la propiedad</p>

Evaluación de vulnerabilidad del proyecto

La evaluación de vulnerabilidad³⁰ implica la utilización de un histograma que contiene tres componentes principales y diecisiete variables. Los componentes son: i) materiales de construcción, ii) diseño y, iii) tecnología de construcción. Cada uno está compuesto por variables que a su vez disponen de criterios generales para su consideración y valoración. La Tabla 8 muestra el contenido de los componentes y variables.

Cuadro de Componentes y Variables de Vulnerabilidad

No.	Componentes de vulnerabilidad	Variables	Criterios
1	Materiales de Construcción	Disponibilidad de materiales	Se valora la disponibilidad (cantidad y cercanía) de la materia prima necesaria para el proyecto de edificación de viviendas.
		Renovabilidad de fuentes	Se considera el aspecto de renovabilidad de las materias primas que se utilizan en el proyecto que no son renovables.
		Agresividad del proceso	Se valora si los principales materiales de construcción del proyecto son agresivos al medio, debido a que en su fabricación se utilizan tóxicos, emisiones de agua contaminadas, polvo, ruidos, o cualquier otra sustancia que sea nociva a la salud humana.
		Calidad y durabilidad el material	Se examina la calidad de los materiales principales utilizados en el proyecto, relacionándola con la durabilidad de la vida útil del proyecto.
		Protección/prevenición	Se analiza la correspondencia entre los materiales propuestos en el proyecto y su adecuación al tipo de clima de la región, a partir de variables como la temperatura, pluviosidad, humedad o el ruido.
		Facilidad de sustitución o reparación	Se consideran las facilidades o dificultades de sustitución de los materiales originales propuestos, con recursos locales, de manera que se propicien o no las reparaciones y/o mantenimientos.
2	Diseño	Cultura local	Se estudia la correspondencia entre las tipologías constructivas y la cultura local.
		Estabilidad	Se valora si el diseño cumple con los parámetros de resistencia y estabilidad, según las características del suelo y el historial sísmico.
		Funcionalidad	Se consideran los aspectos funcionales del diseño de la vivienda (adecuada definición de los espacios).
		Confort ambiental	Se considera si las viviendas contemplan un adecuado régimen de ventilación e iluminación natural en zonas de clima cálido, facilitando la habitabilidad de los espacios, o una adecuada protección contra la intemperie en clima más frío.
		Eliminación de desechos	Se estudia si la solución del proyecto contempla un sistema de tratamiento de los desechos líquidos y sólidos, y, en el caso de proponerse, se evalúa si la opción es idónea.
		Adaptación al medio	Se analiza si la solución del proyecto se adapta a las condiciones geomorfológicas del suelo - previniendo los grandes movimientos de tierras, dificultades de acceso al sitio o con los corredores de redes - o si origina ruptura con el paisaje local.
3	Tecnología de Construcción	Fuerza de trabajo	Se valora el tipo de fuerza de trabajo involucrada en el proyecto: especializada o no especializada proveniente de localidades aledañas.
		Equipamiento	Se considera la disponibilidad (cantidad y distancia) de equipos de construcción que se requieren en el sitio de construcción.
		Generación y disposición de desechos	Se estudia la cantidad de desechos sólidos generados por la tecnología constructiva, o si ésta requiere el uso y manipulación de sustancias contaminantes.
		Control de la ejecución	Se aprecia si la tecnología constructiva requiere supervisión y control permanente, según sus niveles de complejidad o si se requiere capacitación especial de la fuerza de trabajo.
		Externalidades	Se analizan los aspectos no asociados directamente al proyecto, pero que lo benefician o afectan.

Recomendaciones Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad, ante los Efectos del Cambio Climático. Caso de Estudio: El Área de Influencia del Proyecto Vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.

Histograma Evaluación de la Vulnerabilidad														
No	Componente	Variable	Relación Escala / Peso						Σ	Rangos				
			E	P	E	P	E	P		1.0 - 1.5	1.6 - 2.0	2.1 - 2.5	2.6 - 3.0	
			3	1	2	2	1	3		R	N	A	V	
1	Materiales de Construcción	Disponibilidad de materiales												
		Renovabilidad de fuentes												
		Agresividad del proceso												
		Calidad y durabilidad del material												
		Protección ambiental												
		Facilidad de sustitución o reparación												
		Frecuencia (F)												
		ExPxF												
		PxF												
		Valor Total	ExPxF/PxF=											
2	Diseño	Cultura local												
		Estabilidad												
		Funcionabilidad												
		Confort Ambiental												
		Eliminación Desechos												
		Adaptación al Medio												
		Frecuencia (F)												
		ExPxF												
		PxF												
		Valor Total	ExPxF/PxF=											
3	Tecnología de Construcción	Fuerza de trabajo												
		Equipamiento												
		Generación/disposición desechos												
		Control Ejecución												
		Externalidades												
		Frecuencia (F)												
		ExPxF												
		PxF												
				Valor Total	ExPxF/PxF=									

Recomendaciones Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad, ante los Efectos del Cambio Climático. Caso de Estudio: El Área de Influencia del Proyecto Vial “Carretera de Circunvalación de Masaya”.

COMPONENTE DE VULNERABILIDAD: MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
SUBCOMPONENTE	FACTOR DE PONDERACIÓN	EVALUACIÓN		
		1	2	3
DISPONIBILIDAD DE LOS MATERIALES	Menos del 29% de la materia prima del proyecto es abundante o suficiente en un radio de 10 km del sitio del proyecto. O más del 70% de las materias primas del proyecto son escasas en un radio de 100 km o más de distancia del proyecto.			
	Entre el 30% y el 59% de las materias primas son abundantes o suficientes en un radio de hasta 10 km del sitio del proyecto. O más del 60% de las materias primas del proyecto son escasas hasta 10 km, pero abundantes o suficientes en un radio de 100 km del sitio del proyecto.			
	Más del 60% de las materias primas requeridas para el proyecto son abundantes o suficiente en un radio de hasta 10 km con relación al sitio del proyecto.			
RENOVABILIDAD DE LAS FUENTES	Más del 80% de las materias primas que se utilizan en el proyecto no son renovables. O no se protegen las fuentes de extracción pudiendo agotarse O se producen sobre consumo de recursos.			
	Entre el 30% y el 49% de las materias primas utilizadas en el proyecto son renovables O existen planes de usos alternativos de las materias primas. Se protegen las fuentes.			
	Más del 50% de las materias primas utilizadas en el proyecto son renovables O se protegen adecuadamente las fuentes de extracción de los recursos.			
AGRESIVIDAD DEL PROCESO	Los principales materiales de construcción del proyecto son agresivos al medio debido a que en su fabricación se utilizan tóxicos, emisiones de agua contaminadas, polvo, ruidos, o dañan la salud humana. Se pueden considerar algunos materiales utilizados en el proyecto como muy tóxicos (asbesto, plomo, mercurio u otras sustancias similares).			
	Los principales materiales de construcción que se utilizan en el proyecto son ligeramente agresivos, debido a emisiones de polvo o algún daño ambiental leve.			
	Muy poco agresivos o no agresivos los principales materiales que se utilizan en el proyecto.			
CALIDAD Y DURABILIDAD EL MATERIAL	Los materiales principales utilizados en el proyecto tienen muy baja calidad, lo que afecta la durabilidad de la vida útil del proyecto a menos de 10 años.			
	Los materiales principales utilizados en el proyecto pueden tener baja calidad, pero al menos tienen una vida útil de 10 años.			
	Los materiales principales utilizados en el proyecto tienen buena calidad y se prevé una durabilidad mayor de 10 a años.			
PROTECCIÓN/ PREVENCIÓN	Los materiales principales utilizados en el proyecto no son apropiados para el tipo de clima de la región, en variables tales como temperatura, pluviosidad, humedad o ruido.			
	Algunos materiales utilizados en el proyecto pudieran no ser compatibles con algunas variables climáticas, pero en general la alternativa de materiales a utilizar son viables.			
	Los materiales se adaptan a las condiciones climáticas locales.			
FACILIDAD DE SUSTITUCIÓN O REPARACIÓN	Los materiales son muy complejos y no admiten sustitución con recursos locales lo que hace complejas las reparaciones y mantenimientos. O el grado de compactación de la tecnología no permite la sustitución de partes, lo que más complejo el mantenimiento. Se necesita alto grado de especialización del trabajo.			
	Los materiales son de relativa complejidad, pero la tecnología admite la sustitución o reparación de partes componentes. No se requiere mucha especialización.			
	Los materiales se conforman a través de tecnologías abiertas que permiten la sustitución y o reparación de partes con materiales no complejos. No se necesita alta especialización de la fuerza.			

COMPONENTE DE VULNERABILIDAD: DISEÑO				
SUBCOMPONENTE	FACTOR DE PONDERACIÓN	EVALUACIÓN		
		1	2	3
CULTURA LOCAL	La tipología constructiva rompe con la cultura local, ya sea por patrones de diseño o por la tecnología constructiva y las tradiciones locales.			
	Aunque se proponen elementos nuevos éstos se insertan armónicamente con la cultura local y las tradiciones locales.			
	La tipología constructiva armoniza plenamente con la cultura y las tradiciones locales.			
ESTABILIDAD	Según las características del suelo y el historial sísmico el diseño no cumple con los parámetros de resistencia y estabilidad.			
	Aunque la zona no es sismogeneradora, el diseño cumple con los estándares de rigidez y estabilidad.			
	La solución de proyecto es monolítica, estable y se encuentra debidamente rigidizada.			
FUNCIONABILIDAD	La solución de proyecto tiene deficiencias funcionales, no se encuentran definidos los espacios de preparación de alimentos y aseo por separado o existe hacinamiento.			
	Aunque la solución de proyecto tiene algunas deficiencias funcionales, no existe hacinamiento y se encuentran definidos los espacios de preparación de alimentos y aseo por separado.			
	La solución es funcional, no existe hacinamiento y se encuentran definidos los espacios de preparación de alimentos y aseo por separado.			
CONFORT AMBIENTAL	La solución de proyecto no contempla un adecuado régimen de ventilación e iluminación natural, lo que hace muy difícil la habitabilidad de los espacios. O la solución de proyecto no contempla una adecuada protección contra la intemperie.			
	La solución de proyecto tiene algunas deficiencias de ventilación e iluminación natural, pero no son limitantes para el hábitat.			
	La solución de proyecto presenta una adecuada ventilación e iluminación natural.			
ELIMINACIÓN DE DESECHOS	La solución de proyecto no contempla un sistema de tratamiento de los desechos líquidos y sólidos, originando vertidos a los predios públicos.			
	El tratamiento de los desechos es parcial a través de letrina con el vertido de las aguas grises a los predios públicos.			
	La solución de proyecto contempla un sistema de tratamiento de los desechos líquidos con sistema primario y secundario.			
ADAPTACIÓN AL MEDIO	La solución de proyecto no se adapta a las condiciones geomorfológicas del suelo lo que ocasiona grandes movimientos de tierras o dificultades de acceso al sitio o con los corredores de redes técnicas. O la solución origina ruptura con el paisaje local.			
	La solución se adapta parcialmente al medio, aunque se requieren movimiento sde tierra, no son significativos. No hay grandes modificaciones al paisaje.			
	La solución de proyecto se adapta al terreno. No se originan grandes movimientos de tierra. El proyecto se integra armónicamente al paisaje.			

COMPONENTE DE VULNERABILIDAD: TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN				
SUBCOMPONENTE	FACTOR DE PONDERACIÓN	EVALUACIÓN		
		1	2	3
FUERZA DE TRABAJO	<49 % de la fuerza de trabajo para la construcción es de localidades aledañas. O se requiere mucha fuerza de trabajo especializada.			
	Entre el 50% y el 80 % de la fuerza de trabajo para la construcción es de localidades aledañas. O no se requiere mucha fuerza de trabajo especializada.			
	Mas 80% de la fuerza de trabajo para la construcción es de localidades aledañas. O se requiere muy poca fuerza de trabajo especializada.			
EQUIPAMIENTO	Mas del 60% de los equipos de construcción que se requieren no se encuentran disponibles en un radio de 10 km del sitio. O se requiere mucho equipamiento para la construcción del proyecto.			
	Entre un 30% y el 59% de los equipos de construcción que se requieren no se encuentran disponibles en un radio de 10 km del sitio.			
	Menos del 30% de los equipos de construcción que se requieren no se encuentran disponibles en un radio de 10 km del sitio. O se requiere muy poco equipamiento para la construcción del proyecto			
GENERACIÓN Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS	La tecnología constructiva genera gran cantidad de desechos sólidos o requiere el uso y manipulación de sustancias contaminantes.			
	La tecnología constructiva genera desechos sólidos de los cuales algunos se pueden recuperar o tratar vertederos municipales previa autorización.			
	La tecnología genera muy pocos desechos sólidos y la mayoría son reutilizables en el proceso constructivo.			
CONTROL DE LA EJECUCION	La tecnología constructiva requiere supervisión y control permanente debido a su complejidad. O se requiere capacitación especial de la fuerza de trabajo.			
	La tecnología constructiva requiere controles sistemáticos y/ alguna capacitación de la fuerza de trabajo.			
	La tecnología constructiva no requiere mayores exigencias de control y supervisión, puede ser ejecutada con la fuerza de trabajo disponible.			
EXTERNALIDADES	Las características del diseño, procedimientos, empleo de materias primas, etc., requeridos por la tecnología que se haya importado, puede provocar alta dependencia (paquetes tecnológicos cerrados), generar prácticas medioambientales impactantes, causar trastornos ambientales negativos críticos y que no se acompañen de suficientes estudios de soporte desde sus lugares de procedencia, que garanticen la responsabilidad ambiental de dicha tecnología.			
	Las características del diseño, procedimientos, empleo de materias primas, etc., requeridos por la tecnología que se haya importado, puede provocar alguna dependencia, generar prácticas medioambientales medianamente impactantes y/o causar trastornos ambientales negativos de moderada intensidad, aunque existan estudios de soporte en sus lugares de procedencia que indiquen lo contrario.			
	Las características del diseño, procedimientos, empleo de materias primas, etc., requeridos por la tecnología que se haya importado, no provocan dependencia, ni generan prácticas medioambientales impactantes, ni causan trastornos ambientales negativos o los impactos son irrelevantes y existen suficientes estudios de soporte desde sus lugares de procedencia que garanticen la responsabilidad ambiental de dicha tecnología..			

Balance del Riesgo Promedio

No.	EVALUACIONES	ANALISIS				RESULTADOS			
		1.0 - 1.5	1.6 - 2.0	2.1 - 2.5	2.6 - 3.0	R	N	A	V
1	EVALUACION DE EMPLAZAMIENTO								
2	ANALISIS DE VULNERABILIDAD								
BALANCE DE RIESGO/PROMEDIO									
VALORES	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN							
Entre 1 y 1.5	Significa que el proyecto está en estado alto de riesgo, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de las personas.	Se define como no elegible el proyecto en las condiciones en que se presenta.							
Entre 1.6 y 2.0	Significa que el proyecto está en estado de riesgo crítico, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de los usuarios.	Se sugiere la búsqueda de una mejor alternativa tecnológica, de diseño o en la selección de materiales de construcción para la realización del proyecto.							
Entre 2.1 y 2.5	Significa que el proyecto presenta un estado de riesgo moderado.	Se considera esta alternativa del proyecto elegible siempre y cuando no se obtengan calificaciones de 1 (Escala) en algunos de los siguientes aspectos: Adaptación al medio, confort y renovabilidad de las fuentes (materiales de construcción)							
Superiores a 2.6	Significa que el proyecto presenta bajos niveles de riesgo.	Se considera este proyecto totalmente elegible e idóneo para su desarrollo							
<p>OBSERVACIONES: Dada la puntuación de 2.20, significa que el proyecto presenta un estado de riesgo moderado. Se considera esta alternativa del proyecto elegible. Se recomienda un buen manejo en los materiales de construcción (cemento) ya que por el tipo de tecnología de Construcción genera afectaciones a la salud del personal y las poblaciones aledañas,</p>									
<p>Nuestros los Ingenieros: Cesar Gutierrez, Lubianka Jiron y Meliza Peña, en mi calidad de Evaluadores del Proyecto, damos fe que la evaluación anteriormente descrita coincide con la información presentada por la propuesta.</p>									

Nombres y apellidos del funcionario que realiza la evaluación

Firma

Nombres y apellidos del funcionario que aprueba la evaluación

Firma
