



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA

DE LA CARRETERA "RUMBO NUEVO"

T É S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

ESCALONA SEGURA AMADO

DIRECTOR: M. I. REGINALDO HERNÁNDEZ ROMERO

MÉXICO, D. F., 2006

Dedicatoria

A mi Esposa Karla Yolanda que junto a mi hija Danna Paola, por sus sonrisas, alegría, muestras de cariño, amor, sacrificio, aliento y apoyo. Las amo.

A mis padres Petra Segura García y Amancio Escalona y Castillo, por haberme dado la oportunidad de comprender la necesidad de seguir en el camino de la superación, servirme de guía y darme una vida junto a ellos. Donde quiera que vayan, sepan que en mis pensamientos siempre estarán con mucho amor.

A mi compadre Rafael, por creer en mi persona, tenderme su mano, enseñarme los panoramas que puede tener la vida, el aprecio a la estabilidad, experiencias, apoyo, comprensión, tenacidad, alegría y gusto por la vida.

A mis hermanos y cuñados por su empuje, fortaleza, tenacidad, conocimiento, apoyo, aliento y cariño. Los admiro.

A mi familia política por su cariño, apoyo, fortaleza y alegría. Los quiero.

A mis sobrinos Ana, Diana, Elena, Emma, Andrea y Sebastián por llenarme de momentos de felices, cariño y alegría.

A mis compañeros de trabajo en especial a Santiago y Jacinto, por apoyo y muestra de trabajo.

A mis maestros por enseñarme, darme herramientas para trabajar y mostrarme sus fortalezas, aunado a esto mi admiración para cada uno de ellos. En especial a mi Asesor, por su comprensión, apoyo, paciencia y dedicación.

A toda la gente que me ha rodeado por ayudarme a formar la idea de pensar con el corazón en la mano y sentir con la cabeza en su lugar.

Índice

Tema	Página
Introducción.....	1
El origen del proyecto carretero “Rumbo Nuevo” (Juan Capitán - El Chihue).....	1
1. Antecedentes.....	6
1.1 Información General del Estado de Tamaulipas.....	6
1.2 Rasgos socioeconómicos y culturales.....	8
1.3 Sistema carretero del Estado.....	9
2. Características de la carretera Rumbo Nuevo.....	14
2.1 Localización del proyecto.....	14
2.2 Características climatológicas.....	15
2.3 Hidrología.....	18
2.4 Geomorfología y geología, características más importantes.....	20
2.5 Justificación del proyecto.....	23
3. Descripción de la problemática geológica.....	26
3.1 Tramo de carretera en desuso, carretera 101.....	26
3.2 Tramo de carretera en uso, carretera “Rumbo Nuevo”.....	35
3.3 Metodologías para el estudio geológico de taludes y laderas.....	41
3.3.1 Parámetros requeridos para el diseño de taludes.....	41
3.3.2 Nomenclatura de un talud o ladera (Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998).....	42
4. Estudios y diseño de soluciones.....	44
4.1 Metodologías para el estudio geológico de taludes y laderas (Procesos y efectos geológicos en taludes y laderas).....	44
4.2 Nomenclatura de los procesos de movimiento.....	47
Conclusiones.....	49
Apéndice A.....	51
Apéndice B.....	52
Apéndice C.....	58
Apéndice D.....	60
Apéndice E.....	61
Apéndice F.....	62
Apéndice G.....	70
Referencias.....	71

Introducción

El origen del proyecto carretero “Rumbo Nuevo”

(Juan Capitán - El Chihue)

México requiere del desarrollo de infraestructura carretera, ferroviaria, aérea y portuaria para atender las necesidades de desplazamiento de carga y pasajeros en su territorio, para hacerlo más competitivo en el contexto internacional (Referencia 23).

Desde mediados de la década pasada las telecomunicaciones se convirtieron en uno de los sectores más dinámicos de la economía nacional, y al inicio de la presente administración el país contaba con una infraestructura de comunicaciones y transportes que comunicaba a la mayoría de las regiones y comunidades del país, aunque en algunas de ellas había rezagos por el deficiente estado físico de la red de carreteras federales.

Con el propósito de evitar el tramo serrano de la Carretera Federal 101, por su grado de dificultad, en el tramo El Chihue – Ciudad Victoria, el Gobierno del Estado implementó una nueva ruta de conexión entre estos sitios, con una longitud de 47.5 km denominada “Rumbo Nuevo” (Referencia 5).

El costo económico de la carretera “Rumbo Nuevo” es según los medios de información nacional y local, fue de 2, 050 mdp en conjunto con la inversión de gobierno federal (Referencia 3). En el sexenio de Manuel Cavazos Lerma (1993-1998) hubo una inversión inicial de 592 mdp y en el de Tomás Yarrington Ruvalcaba (1999-2004) una 754 mdp (Referencia 32).

Las Principales Actividades Productivas del Estado están comprendidas en cinco categorías: agropecuaria, selvicultura, pesca, industria, petroquímica y maquiladora; consideradas por el comercio exterior como vitales para la economía del noreste de México (Referencia 25).

Con base en la importancia económica del Estado surge en noviembre del 2001 la carretera Juan Capitán – El Chihue, conocida como "Rumbo Nuevo" como respuesta a:

- Lo accidentado de la Carretera Nacional 101.
- La necesidad de disminuir el tiempo requerido para transportar los diferentes productos a la frontera norte del país y viceversa.
- Agilizar el movimiento del turismo nacional e internacional en y a través de Tamaulipas.

Tras la revisión de estos antecedentes se dio origen al proyecto Nuevo Rumbo, el cual ya está en funcionamiento actualmente, y lo hace patente el gobernador del estado en su (Referencia 32):

"... La infraestructura carretera de Tamaulipas nos hace más competitivos, es el soporte físico de nuestras estrategias de inversión y comercialización, su interconexión con nuestros puertos, aeropuertos y cruces internacionales la convierte en la red de mayor flujo comercial en el país. Por nuestra infraestructura carreteras y caminos de 13 mil 457 kilómetros, 4 mil 059 pavimentados, 8 mil 440 revestidos y 958 de terracería, fluyen bienes de capital y de consumo que requieren seguridad y confiabilidad.

Con el Programa Carretero los tamaulipecos hacemos de nuestros recursos la mejor inversión para la prosperidad de las regiones. Cumplimos la metas de construcción trazadas para la consolidación de los ejes San Luís Potosí-Matamoros en sus tramos Juan Capitán a El Chihue, Las Yescas a Matamoros y Tejón-Reynosa y el de Tampico-Monterrey en su tramo Esteros a Estación Zaragoza. Los tamaulipecos contribuimos a que la región noreste se afirme en una de las más dinámicas del país.

Tamaulipas está integrado por un sistema de ciudades comunicadas por modernos ejes, soporte fundamental para la inversión y la comercialización. La interconexión de nuestras carreteras con los ejes nacionales e

internacionales, atrae más inversiones y empleos que robustecen la vocación productiva de México y la capacidad competitiva de los mexicanos.

En seis años invertimos más de 3 mil 427 millones de pesos en la construcción de 747 kilómetros de carreteras, conservación, señalización y dispositivos de seguridad de la red carretera y la conexión de caminos rurales con la red alimentadora. Construimos 442 kilómetros de nuevos tramos y modernizamos 305 kilómetros.

En los dos primeros años en el tramo Juan Capitán-El Chihue en la carretera Victoria-Jaumave, realizamos los estudios técnicos y económicos, evaluamos costos, beneficios y prioridades que determinaron la factibilidad de su terminación. En el periodo de 2001-2003 realizamos los trabajos para la terminación de la ruta, mantuvimos el trazo original 37.4 kilómetros, invertimos más de 754 millones de pesos con recursos estatales.

La ruta tiene especificaciones de autopista, con una corona de rodamiento de 13.20 metros, 56 curvas, velocidad hasta 110 kilómetros por hora, reduce los costos de operación y el tiempo de recorrido de 90 minutos en el antiguo trazo a 30 minutos. El cruce de la Sierra Madre Oriental es rápido y seguro, facilita el traslado hacia San Luís Potosí y al Valle de México. Circulan más de 3 mil vehículos diarios. Los promotores de la ruta I-69 en los Estados Unidos de Norteamérica y los representantes de la Cámara de Comercio del Valle de Texas, comprobaron que es segura y cómoda..."

El presente trabajo proviene del análisis de la construcción de la carretera Rumbo Nuevo desde los puntos de vista geológico, de su situación actual y de sus perspectivas a futuro. No obstante, se citan dos noticias regionales que dejan ver el motivo por el cuál se desarrolla este trabajo:

En el periódico EI NORTE (Referencia 3), en el artículo "Fox y la Rumbo Nuevo", textualmente dice:

"...A unas semanas de inaugurada, la carretera fue cerrada debido a derrumbes, hundimientos y fracturas de la carpeta asfáltica que la inutilizaron poco a poco, hasta que el 60 por ciento de la obra anterior estaba destruido.

En el periódico digital (Referencia 8), en el artículo "Inaugura Vicente Fox carretera Rumbo Nuevo", textualmente dice:

"...Finalmente la carretera Rumbo Nuevo fue reinaugurada el 10 de octubre pasado, por tal motivo Vicente Fox Quesada se dio cita a la multitudinaria no sólo avalando el proyecto que dio vida a la polémica construcción sino que además vino contra viento y marea que provocó al interior de su partido. Juan Miguel García García titular de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, ya puede dormir tranquilo, pero ahora reza porque no se le caiga una sola roca pues los costos de mantenimiento derivados de un proyecto cargado de pifias será casi el mismo que invirtieron en su reconstrucción. Antes de que se echara a andar de nuevo el famoso "derrumbe nuevo" como es conocida la nueva rúa, García García invitó a los representantes de los medios locales para que dieran cuenta de que la obra estaba concluida, ahí en medio de los hermosos escenarios naturales se observan los cortes que se le hicieron a los cerros, algunos evidentemente débiles por el uso indiscriminado de explosivos.

Para evitar que las rocas que se siguen desprendiendo de los cerros, colocaron mallas en casi todo el tramo carretero, con todo y eso, es evidente que la protección no es del todo segura, sin embargo dejemos que el uso y el tiempo proteja no solo a los viajeros sino que la propia naturaleza corrija los daños que los hombres le han provocado.

Un tramo carretero de 37 kilómetros le costo al erario más de 2 mil millones de pesos, el proyecto iniciado en el sexenio de Manuel Cavazos Lerma e inaugurado por el entonces presidente Ernesto Zedillo Ponce de León, ha costado no solo dinero sino también sangre de obreros que laboraron en ella, para muchos será la carretera más cara del mundo, y que ahora Fox inaugura de nuevo cuenta ...".

El análisis de los trabajos realizados en tal obra, por los motivos descritos antes, dan pié al presente trabajo, para lo cual se presentan los siguientes objetivos.

Objetivo General.

- Analizar desde un punto de vista geológico la realización de la carretera "Rumbo Nuevo".
- Determinar la metodología adecuada para mejorar la seguridad y la calidad de la carretera.

Objetivos Específicos.

Determinar:

- Los principales factores de erosión de los taludes expuestos.
- La influencia de los escurrimientos de los taludes no revestidos.
- La importancia del drenaje en los taludes no revestidos
- El método de mejoramiento para la estabilidad de los taludes.
- Generar el trazo de la carretera Rumbo Nuevo mediante un Geoposicionador o Posicionador Global Satelital (GPS).

1. Antecedentes.

1.1 Información General del Estado de Tamaulipas.

El estado de Tamaulipas, colinda hacia el norte con Los Estados Unidos de Norteamérica con una frontera de 370 km., al oeste con Nuevo León, al suroeste con San Luís Potosí y al sureste con Veracruz y al este tiene 420 km de litoral en el Golfo de México. Tiene una superficie territorial de 79,829 km², equivalentes al 4% del territorio nacional, con coordenadas geográficas: en latitud norte, 22°12'31" y 27°40'52"; y en longitud oeste, 97°08'38" y 100°08'51". Cuenta con 8,763 Km², de mar territorial, 420 Km de litoral, 95,242 has. de agua dulce y 231,000 has. de superficie en 8 lagunas costeras (Referencia 26). Tiene una densidad poblacional de 37.88 hab/km² es decir, el estado tiene 3, 024, 238 habitantes, 2.9% de la población nacional (Referencia 11), distribuidos en 43 municipios.

En la porción central del estado de Tamaulipas se localiza el municipio de Victoria, siendo esta la capital política, administrativa y cultural. La capital se localiza entre 23° 59' y 23° 24' de latitud norte, y entre 98° 55' y 99° 26' de longitud oeste, siendo atravesada por el Trópico de Cáncer a los 23° 27'. Cuenta con una superficie de 1,634,08 km², es decir un 2.05% del territorio estatal (Referencia 28).

La temperatura promedio anual en ciudad Victoria durante el periodo comprendido entre 1960 a 1997 fue de 23,9 °C, siendo los extremos 22,3 °C en el año más frío (1976) y 24,8 °C en el más caluroso (1990). El clima que se presenta es el menos seco de los esteparios, muy cálido, con temperaturas que oscilan entre 2 hasta 40° C, con un régimen de lluvias de verano extremoso (Referencia 29).

La principal actividad económica es la industria manufacturera. Otra actividad importante son los servicios y especialmente el comercio. Por los 15 cruces fronterizos entre Estados Unidos de América y Tamaulipas y sus dos puertos marítimos, (Tampico, Altamira), se mueve el 30% del comercio internacional de México que supera los 280 mil millones de dólares anuales en ambos sentidos, la mayor actividad de

importación y exportación ocurre en la frontera entre Nuevo Laredo, Tamaulipas y Laredo, Texas, donde pasa el 28 por ciento del tráfico comercial del Tratado de Libre Comercio para América del Norte. A los servicios sigue la actividad en la planta manufacturera, especialmente en la Industria maquiladora de Exportación en las ciudades fronterizas, y la petroquímica en el Puerto Industrial de Altamira, Ciudad Madero y Tampico. La industria manufacturera en esta entidad reporta 8,143 unidades económicas, entre las que se cuentan: plantas de envasado de refrescos y aguas purificadas, industrias fabricantes del sistema eléctrico automotriz y otras partes del mismo; también aparecen diseminados en barrios y localidades: tortillerías y panaderías.

En el estado de Tamaulipas operaron 98,610 unidades económicas durante 1998 y sobresalen por su mayor número los establecimientos comerciales con más 47,200, de ellos la mayoría realiza sus actividades en el comercio al por menor. Los dedicados a prestar servicios privados son 34,727 (35.2%) y de éstos destacan los restaurantes, fondas, talleres de reparación especializada automotriz y agencias aduanales. La agricultura. En el norte se siembra sorgo, maíz, algodón y trigo. En el centro, principalmente sorgo, maíz, cítricos y trigo. Y en el sur, que es donde más variedad de cultivos hay, sorgo, maíz, cártamo, cítricos, caña de azúcar y algodón. Pero lo que más se cultiva en todo el estado es sorgo.

La ganadería. El ganado vacuno cumple varias finalidades producir carne y leche y servir como animales de tiro. Una parte importante de la producción de carne de res se envía a otras partes de la República y a los Estados Unidos de América. También se cría cerdos, ovejas, cabras y aves de corral, como pollos, gallinas y guajolotes, además de abejas que producen cera y miel (Referencia 31).

El estado tiene una infraestructura carretera de 13,802 km, conformada con diferentes tipos: 446 km de terracería, 9,034 km revestidas, 3,998 km pavimentadas con 2 carriles, 3,998 km pavimentadas con 4 o más carriles. De la longitud total solo 59 km son cuota, 2,226 km troncales libres, 2,957 km alimentadoras y 8,560 km caminos rurales. Tamaulipas cuenta con 936.7 km de vías férreas, 683.9 km troncales y rama-

les, 167.9 km secundarias y 84.9 particulares, de las cuales hay 683.659 km concesionadas: Noreste (206.791 km) y Pacífico-Norte (476.868 km). Existen 5 aeropuertos, con una longitud de pistas total de 629,000 m²: Reynosa, Tampico, Matamoros, Cd. Victoria, y Nuevo Laredo. Un puerto comercial de altura y cabotaje en Altamira, con una longitud de atraque de 14,922 m. Hay 561,154 líneas telefónicas, 1,035 localidades con telefonía rural, 48 oficinas postales y 50 oficinas telegráficas. Se ha ejercido en el 2004 al sector 763.6 millones de pesos (Referencia 24).

1.2 Rasgos socioeconómicos y culturales

La zona donde se efectuó este proyecto afecta principalmente a Cd. Victoria, la cual de acuerdo a los resultados definitivos del II Censo General de Población y Vivienda, 2005, cuenta con una población de 293, 044 habitantes en 228 comunidades (Referencia 11).

Según la Comisión Nacional de Salarios Mínimos, el salario mínimo vigente a partir del 1 de enero de 2006 es de \$45.81 pesos para la zona C, a la cual pertenece el municipio de Victoria (Referencia 1).

En Tamaulipas hay 1, 245, 572 personas ocupadas 191, 480 con menos de 1 salario mínimo (s.m.), 281, 163 hasta con 2 s.m., 267, 602 hasta con 3 s.m., 212, 965 hasta con 5 s.m., 164, 048 con más de 5 s.m., 71, 979 no recibe sueldo y 56, 335 no lo especifican. Es decir que la población económicamente activa con menos ó 1 salario mínimo es del 15.4%, con entre 1 y 2 s.m. el 21%, el 38.6% ganan entre de 2 y 5 s.m., el .13.2% gana mas de 5 s.m. y 5.8% no percibe sueldo (Referencia 10).

Servicios.

Transporte ferroviario: El Municipio tiene 2 estaciones dentro del mismo: Caballeros y Cd. Victoria, tramo solo utilizado para transporte de carga administrado por F.C. Pacífico Norte. Este tramo une las ciudades de Altamira y Monterrey (Referencia 24).

Transporte aeroportuario: hay uno dentro del municipio "El Petaqueño". Estas instalaciones se encuentran ubicadas sobre la carretera a Soto la Marina, al sureste de la ciudad. Cuenta con una pista de 127.17 miles de m², es administrada por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) con servicio nacional.

Servicios públicos.

Rastro, energía eléctrica, alumbrado público, agua, drenaje, centros de abasto, pan-teones, seguridad pública, limpieza, tránsito, bomberos, protección civil, parques y jardines. Existen servicios educativos en todos los niveles, es decir desde etapa inicial a postgrados. De la misma forma se cuenta con servicios de salud de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), Cruz Roja, DIF, IMSS e ISSSTE; además se cuenta con servicios del Estado (Referencia 6).

Actividades económicas.

Dentro del área existe población que se dedica a la ganadería y a la agricultura.

Tipos de economía.

El tipo de economía al que pertenece el municipio de Victoria es prácticamente de comercio y de servicios.

1.3 Sistema carretero del Estado.

Cd. Victoria es la capital del Estado, esta cuenta con un libramiento que enlaza las rutas: 85 de México a Nuevo Laredo y 101 del Entronque de Tula (Tam.) a Matamoros, y esta interconectada con otras ciudades (Matamoros, Monterrey, Nuevo Laredo, Reynosa, y Tampico, entre otras), a su vez están interconectadas a 3 corredores carreteros: México-Nuevo Laredo, Veracruz-Monterrey, Mazatlán-Monterrey (figura 1).

Las rutas que pasan por Cd. Victoria tienen destinos a: Tula, Llera de Canales – Cd. Mante - Valles, Zaragoza - Tampico, Soto La Marina, Matamoros - Reynosa y Monterrey – Nuevo Laredo. Lo cual forma un enlace de 5 salidas de la ciudad en total (figura 2).



Figura 1. Sistema de corredores carreteros (Referencia 21).

El acceso principal a la capital del Estado proveniente de la México, D. F. es por la ruta 101, misma que de acuerdo a la SCT en el 2003, su anterior trazo (Victoria-Altas Cumbres-Jaumave) se encontraba ubicada en el índice de accidentes en la red federal de carreteras en 1.5 a 2.0 Millones de Vehículos por km, producto de lo sinuoso del camino, eso sin contar el tiempo que se transcurría en la travesía por dicha ruta de 1 hora aproximadamente. Este tramo conecta a dos ejidos con la capital del Estado, Altas Cumbres y El Madroño, mismos que sus ingresos económicos se cimentaban en el comercio de cruce, esta ruta de acceso constituía la única entrada económica para esa región.



Figura 2. Sistema de caminos y carreteras de la zona de proyecto (Referencia 30).

La Carretera de Jaumave a Cd. Victoria, es una vía de comunicación principal al sitio arqueológico el Balcón de Montezuma. En este lugar se pueden apreciar vestigios de tribus que vivían en esa región. El lugar está compuesto por 2 plazoletas ceremoniales en medio de un bosque de piedra y viejos encinos. Estos se encontraban enterrados sobre unos basamentos en donde los nativos del lugar construían sus chozas. Hasta la fecha se siguen descubriendo vasijas, artefactos y mucha parte de la zona queda todavía sin explorar y sin reconstruir. Está enclavado en la Sierra

Madre Oriental. Cerca de Altas Cumbres a 500 metros en una ruta de terracería se llega hasta la entrada al sitio. El recorrido de Cd. Victoria por carretera es de 20 kilómetros y el de terracería de 4 kilómetros (Referencia 5).

El acelerado crecimiento industrial y comercial de la entidad y el incremento continuo del flujo de mercancías, materias primas y productos terminados, requieren de modernos sistemas de comunicación terrestre para acelerar el transporte de productos y servicios, y optimizar el tiempo invertido en transporte. Por lo anterior, en 1996 comenzó a construirse la carretera Rumbo Nuevo, durante la administración de Manuel Cavazos Lerma, quien la presentó en 1998 como obra terminada al entonces Presidente Ernesto Zedillo, sin embargo, debido al manejo topográfico inadecuado dicha carretera es cerrada por sus derrumbes. Pero en el 2001, el gobernador Tomás Yarrington retoma el proyecto concluyéndose en octubre del 2004.

Las Altas Cumbres y El Madroño, mismos que cimentaban sus ingresos económicos en el comercio de cruce con el antiguo tramo, cambiaron sus establecimientos a las zonas de resguardo de la carretera Rumbo Nuevo, continúan percibiendo entradas monetarias con establecimientos de comida, refacciones mecánicas, etc. evitando la disolución de estos núcleos poblacionales. Una referencia de los ingresos económicos de la población en el sitio la observamos en la tabla 1.

Tabla 1. Población activa en la zona del proyecto (Referencia 9).

Localidad	Población total	Población económicamente activa
Ciudad Victoria	249, 029	97, 941
Anacahuita	9	3
La Boca de Juan Capitán	206	73
El Huizachal	43	14
Joya Verde	14	10
Altas Cumbres	56	16

Por otra parte se expuso en un congreso de arqueología, el hallazgo de asentamientos prehispánicos, por MacNeish en la sierra de Tamaulipas (Referencia 18), llegando a la conclusión de que este sitio en conjunción con el Sabinito y el Balcón de Montezuma, constituyen una región cultural que comparte características arquitectónicas y estilísticas en sus materiales, contrastando con la Huasteca, situada al

sur. La realización de la carretera "Rumbo Nuevo" expuso dichos hallazgos arqueológicos, se encuentran sin excepción en la sierra, a una altura que varía entre los 600 y 1100 m.s.n.m., aprovechando las cimas o pequeños valles cercanos a algún río o arroyo intermitente.

Esta vía acerca a los municipios de Victoria y Jaumave a solo 25 minutos y acorta el tiempo de transito entre la frontera de Tamaulipas y la Ciudad de México en mas de 30 minutos (Referencia 3).

La alta inversión económica, los problemas de planeación y el pobre desarrollo de los trabajos de ingeniería llevaron a que se cerrara la carretera a unas semanas de inaugurada. El cierre se debió a derrumbes, hundimientos y fracturas de la carpeta asfáltica que la inutilizaron poco a poco, hasta que el 60 por ciento de la obra anterior estaba destruido. El resumen de ventajas y desventajas del trazo, lo observamos en la tabla 2.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de las carreteras Nacional 101 y Rumbo Nuevo

Rumbo Nuevo		Nacional 101	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
25 minutos del Chihue a la capital	Derrumbes comunes en periodos fuertes de lluvias y de sequía	Derrumbes ligeros y muy poco frecuentes	1 hora del Chihue a la capital
Curvas con radios de curvatura apropiados	No hay riqueza paisajística notable	Belleza paisajística notable	Curvas con radio de curvatura reducido
Barrancos no muy profundos			Barrancos de mas de 30 m de profundidad
Continuas bahías y lugares de descanso			Pocas bahías y lugares de descanso
Seguridad policiaca continua			Seguridad policiaca pobre
Pendientes no pronunciadas			Pendientes pronunciadas
Casi nulas ocasiones de ganado sobre la cinta asfáltica			Recurrentemente existe ganado u otros tipos de especies sobre la cinta asfáltica
Estética de construcción arquitectónica	Coronamiento de carretera con dimensiones incómodas para conducción a 4 carriles (2 para cada sentido), se usan normalmente 4.	Carretera rústica de libre pasaje	Carretera con dos carriles (1 para cada sentido)

2. Características de la carretera Rumbo Nuevo

2.1 Localización del proyecto.

El proyecto se encuentra ubicado en la parte central del estado de Tamaulipas, dentro de los Municipios Victoria y Jaumave; iniciando su trazo al sur de Cd. Victoria (Figura 3). A partir del punto donde se interceptan el Libramiento Naciones Unidas, el arroyo Juan Capitán y la Carretera federal No. 85 en su tramo Victoria – Mante, de coordenadas Latitud Norte 23.66670° y Longitud Este 99.10360°, hasta entroncar con la carretera federal 101 unos kilómetros adelante del poblado de la Anacahuita de coordenadas latitud Norte 23.59106° y Longitud Este 99.33090° (Referencia 6).

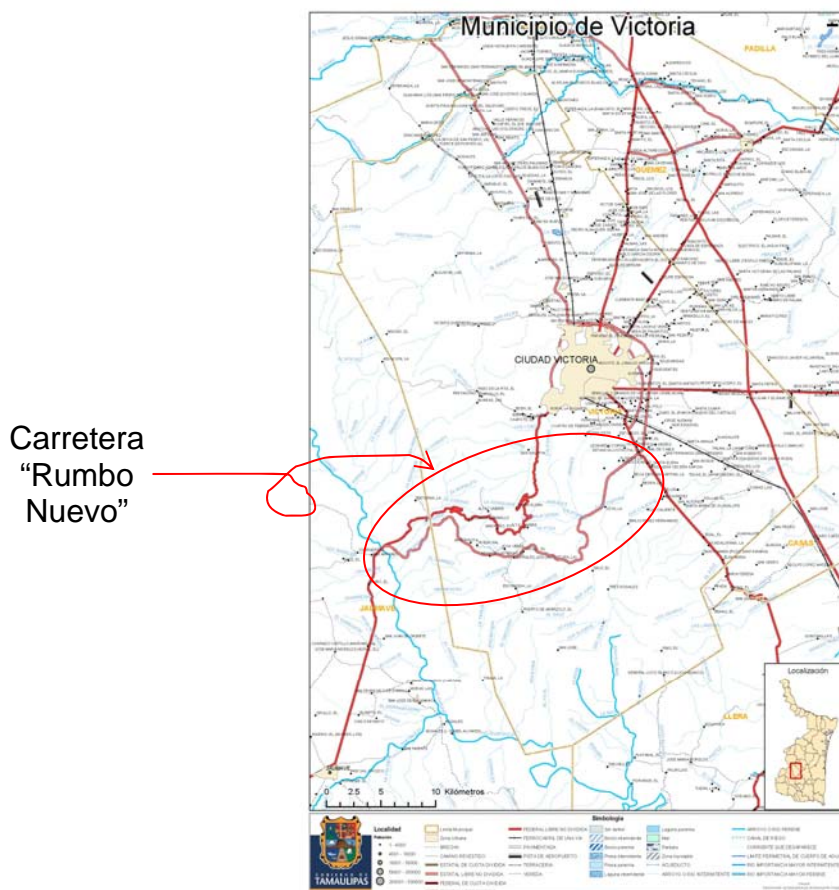


Figura 3. Plano de ubicación del proyecto.

En el área donde se localiza el proyecto no se distingue en el plano Topográfico del INEGI (Apéndice A), algunas áreas se distinguen por ser una zona de uso agrícola en baja magnitud, mientras que otras predomina las áreas de vegetación de Matorral y Bosque de encino, este último en menor proporción, de tal forma que únicamente se registra la presencia de pequeños asentamientos rurales en los siguientes puntos en la tabla 3:

Tabla 3. Ubicación de los poblados intermedios (Referencia 6).

Poblado	Cadenamiento (km)
La Joya	07+700
El Vergel	20+100
Joya Verde	22+200
El Huizachal	25+000
La Anacahuita	25+650

2.2 Características climatológicas

De acuerdo a la clasificación climática de W. Köpen, modificada para la República Mexicana por Enriqueta García Amaro en 1982 (Referencia 4) (Apéndice C), la zona del presente proyecto forma parte de los climas cálidos del estado de Tamaulipas y es de tipo (A)C(W₀) que corresponde a un clima de tipo semicálido subhúmedo con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia invernal entre el 5 y el 10.2. La temperatura media anual es de 22.2°C. La temperatura media mensual mas alta se registra en los meses de junio y julio con un valor de 28.0 °C. La temperatura mas baja se presenta en el mes de enero con valores de 14.3°C; la precipitación anual es del orden de los 894.8 mm. Otros parámetros climáticos los observamos en la tabla 4.

Tabla 4. Parámetros climáticos de la región (Referencia 6).

Promedio anual de días con nublado cerrado Periodo 1950 – 1980	48 – 74
Promedio anual de días medio nublados Periodo 1950 – 1980	51 – 90
Promedio anual de días despejados Periodo 1950 – 1980	208 – 256
Promedio anual de lluvias torrenciales en mm Periodo 1960 – 1999	249 – 319
Promedio anual de días con granizo Periodo 1960-1999	0.0 - 0.7
Promedio anual de heladas Periodo 1960 -1999	1.7 - 3.6
Promedio anual de oscilación térmica (°c) Periodo 1960-1999	13 – 15
Promedio anual de evaporación (mm) Periodo 1960 – 1999	1668 – 1898
Promedio anual de temperatura mínima (°c) Extrema, periodo 1960 – 1999	-7 a -5
Promedio anual de temperatura máxima (°c) Extrema, periodo 1960 – 1999	45 – 47

Intemperismos severos en la zona de estudio.

Los principales intemperismos severos que se presentan en la porción occidental del municipio de Victoria son de origen hidrometeorológico, tales como: Huracanes, sequías, inundaciones, heladas y granizadas.

Huracanes.

El estado de Tamaulipas forma parte de la zona de bajas presiones ecuatoriales, además su vecindad con el Golfo de México lo coloca dentro de la zona de influencia donde con mayor frecuencia se presentan huracanes. Generalmente los huracanes que afectan el territorio tamaulipeco se presentan a partir del 1 de junio hasta el 30 de noviembre; en la cuenca del Atlántico (la parte norte del atlántico, el Golfo de México y el Mar Caribe), la temporada de huracanes llega a su punto más alto en los mediados de agosto y hasta octubre. La mayoría de huracanes toca tierra

en el mes de septiembre aunque esto no significa que no puedan ocurrir poderosas tormentas durante otros meses de la temporada.

Sequía.

La sequía se caracteriza en función de la extensión, duración, frecuencia e intensidad y se define como una situación climatológica anormal que se da por la falta de precipitación en una zona durante un periodo de tiempo prolongado. La zona ubicada al suroeste de la ciudad de Victoria, que comprende la zona de estudio se caracteriza por presentar un índice de severidad de la sequía normal, considerando un periodo de observación del año 1966 a 1999.

Inundaciones.

La ubicación geográfica de la zona de estudio que se localiza en la porción central del anticlinorio Huizachal, favorece que durante la época de tormentas intensas el agua escurra a los diferentes arroyos tributarios del arroyo Juan Capitán, que constituye la principal corriente de tipo intermitente de la zona, por lo que no se presentan problemas de inundación.

Heladas.

Las heladas están en relación directa con el clima, a la cercanía con el Golfo de México y a la altura sobre el nivel del mar de los terrenos. En esta región se tiene un promedio de 1.7 a 3.6 heladas al año, obtenido del periodo de observación comprendido de 1960 a 1999.

Granizadas.

Las granizadas no guardan un patrón de comportamiento definido, pero generalmente suceden en la época en que las precipitaciones son de tipo tempestuoso (verano). El análisis del periodo 1960-1999 para esta zona arroja un promedio de granizadas de menos de un día al año.

2.3 Hidrología

En la figura 4 se muestra las cuatro regiones hidrológicas de Tamaulipas: "Bravo-Los Conchos" (en verde), "San Fernando Soto La Marina" (en azul), "Bajo río Pánuco" (en anaranjado) y "El Salado" (en rojo); con 14 acuíferos importantes por su extracción, para: uso doméstico, riego, industrial, recreativo, de generación de energía eléctrica, etc.

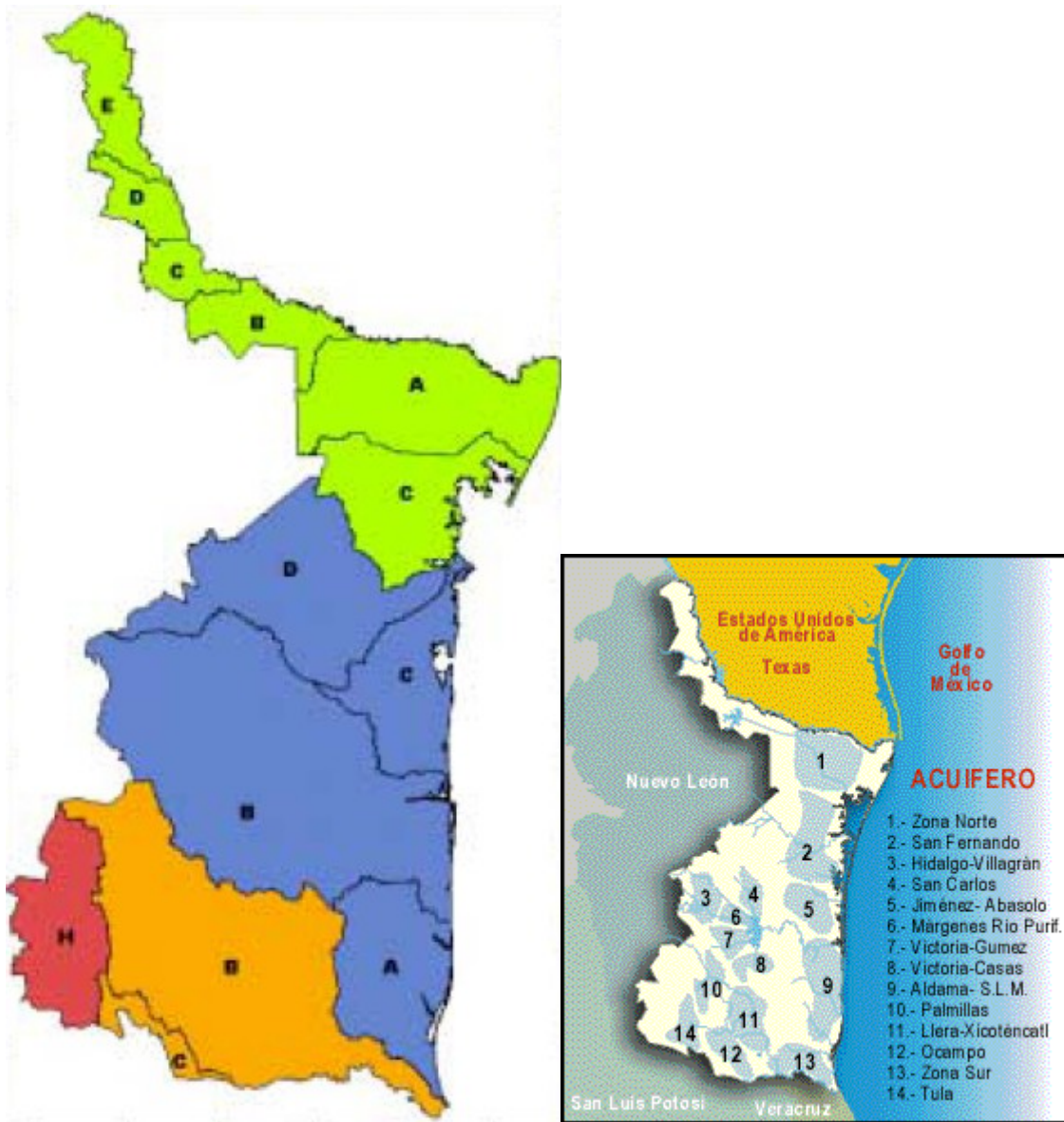


Figura 4. Representación de las regiones hidrológicas en Tamaulipas.

En este estado se tienen diversos climas y por tal diversos volúmenes de precipitación, lo que provoca una distribución irregular de las aguas superficiales, en cantidad y calidad.

Hidrología Superficial (Referencia 6).

La zona del presente proyecto se localiza en la subcuenca J, que a su vez forma parte de la cuenca B que pertenece a la Región Hidrológica "San Fernando-Soto La Marina" que vierte sus excedentes de agua al Golfo de México. La corriente principal en la región que comprende al proyecto la constituye el arroyo Juan Capitán, de tipo intermitente, que cambia de nombre a El Sarnoso y se une al Arroyo Grande antes de verter sus aguas a la presa Vicente Guerrero.

En uno de los punto muestra de la zona (km 31+600) del proyecto se reconocen tres unidades de escurrimiento superficial, en función de la permeabilidad de las rocas, cubierta vegetal y precipitación media. La interrelación de estos factores da como resultado un coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua de lluvia que escurre superficialmente.

- Coeficiente de escurrimiento de 0 a 5 %. En el punto de muestra del estudio existen rocas calizas con fracturamiento intenso y huellas de disolución, así como una cubierta vegetal densa, lo que permite un alto porcentaje de infiltración del agua superficial.
- Coeficiente de escurrimiento de 5 a 10 %. Esta unidad corresponde a las partes altas de la sierra La Melera y sierras circundantes, así como a sus flancos donde la pendiente es fuerte.
- Coeficiente de escurrimiento de 10 a 20 %. Corresponde a terrenos con rocas de permeabilidad baja y cubierta vegetal escasa. Se distribuye al oriente y poniente de la zona de estudio en los valles de Victoria y Jaumave, respectivamente.

Hidrología Subterránea

La zona del presente proyecto esta incluida en la unidad de "Material Consolidado con Posibilidades Bajas" (para aprovechamiento de agua subterránea), de acuerdo a la Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas escala 1:250,000 del INEGI.

En esta unidad los aprovechamientos de agua subterránea se presentan en forma de manantiales. Los más cercanos al punto de muestra se localizan 7 km al oeste, sobre el lado norte del arroyo Juan Capitán, en la localidad conocida como Los Chorros. Cinco km al noreste y sobre el lado sur del arroyo Ojo Caliente, se localiza otro manantial de gasto reducido.

Las rocas que predominan en la región son calizas de edad cretácica, plegadas, fracturadas y con cavernas de disolución con diámetros que varían desde unos centímetros hasta varios metros de diámetro. Por lo anterior la principal característica geohidrológica de la zona es que la misma funciona como zona de recarga de los diversos manantiales que afloran en la región.

2.4 Geomorfología y geología, características más importantes.

Según la clasificación de Edwin Raisz (Referencia 20), el área del proyecto esta comprendida en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental en la subprovincia de La Gran Sierra Plegada; en esta zona dicha provincia esta constituida por pequeñas sierras plegadas, orientadas norte sur con alturas máximas de 700 metros sobre el nivel del mar; en los alrededores las alturas alcanzan mas de 1000 metros sobre el nivel del mar. El área forma parte de la vertiente del Golfo de México y esta surcada por una red hidrográfica bien integrada, de tipo intermitente, de gran densidad y con patrones de drenaje arborescente y subparalelo.

El rasgo geomorfológico mas sobresaliente es la Sierra Madre Oriental generada desde finales del Cretácico hasta principios del Terciario; esta sierra constituye una franja montañosa orogénica que presenta en esta zona, una orientación general norte- sur y esta compuesta por una serie de pliegues que presentan la misma orien-

tación. Estos pliegues forman estructuras anticlinales y sinclinales recumbentes y buzantes; el conjunto de estructuras que conforman la sierra da lugar a una estructura regional conocida como Anticlinorio Huizachal-Peregrina.

Las rocas que afloran en la zona del proyecto son: alternancias de calizas arcillosas y lutitas calcáreas que forman parte de las formaciones San Felipe y Agua Nueva de edad Cretácica, estas formaciones sobreyacen a un paquete de calizas que presentan capas entre 10 y 30 cm de espesor, con intercalaciones de bandas y lentes de pedernal negro, y corresponden a la Formación Cuesta del Cura del Cretácico Inferior. Estas rocas son de tipo sedimentario, marinas, depositadas en mares profundos, y se presentan con un plegamiento intenso.

Descripción de los tipos de rocas.

Ki(cz). Con esta clave están cartografiadas rocas de edad cretácica que incluyen las formaciones Taraises, Tamaulipas inferior, Otates, Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura; salvo la formación Otates que esta constituida por una alternancia de calizas arcillosas y lutitas carbonosas, el resto de formaciones están constituidas por calizas con diferentes características. Las capas o estratos de caliza presentan espesores que varían desde los 30 cm en la formación Cuesta del Cura, hasta capas de 10 m de espesor en la Formación Tamaulipas Inferior. Las calizas son de grano fino y de color azul cuando se presentan sin alterar; las fracturas varían de intenso a moderado (de la formación Cuesta del Cura al resto de las formaciones), lo que permite la infiltración y circulación del agua superficial y la formación de grietas de disolución que varían de tamaño desde pequeñas hasta grandes cavernas. El principal aprovechamiento económico de estas rocas es como materiales para la construcción en forma de triturados (arenas, gravas, sello, confitillo o polvo para block).

Ks(cz-lu). Alternancia de calizas arcillosas y lutitas calcáreas que incluyen las formaciones Agua Nueva y San Felipe; estas formaciones presentan estratos delgados lo que favorece el intenso plegamiento que presentan en la zona de estudio; sobreyacen a las rocas calizas del cretácico inferior.

Aproximadamente 8 km al oeste en línea recta del sitio muestra del proyecto, afloran rocas de edad Triásico y Jurásico representadas por areniscas de la formación Huizachal y La Joya; estos sedimentos son depósitos de ambientes de tipo continental y de mares someros. Sobreyaciendo a las areniscas de las formaciones Huizachal y La Joya se observan rocas del Jurásico Superior representadas por calizas de la Formación Zuloaga, yesos de la Formación Olvido y una secuencia de calizas y lutitas carbonosas de la Formación la Casita. En el cañón El Novillo, localizado al noroeste de la zona de estudio afloran rocas ígneas intrusivas y metamórficas de edad Paleozoico y Precámbrico, que constituyen el basamento regional en esta región.

Tipos de suelo, composición del suelo y capacidad de saturación.

El suelo predominante en el sitio del proyecto es de tipo I/2, que se define como un Litosol, con textura media, discontinuo, con espesores máximos de 10 cm. Este tipo de suelo aflora en la mayoría de los cerros circundantes que conforman un sinclinal ubicado entre los anticlinales de la sierra La Melera al oriente y anticlinal Sierra Grande al oeste. Al este y oeste del sitio del proyecto en las partes altas de las sierras se presenta un suelo de tipo I+E/2 que se define como una combinación de Litosol predominante con Rendzina y clase de textura media. Hacia el norte del proyecto se localizan pequeñas unidades de suelos tipo Rendzinas con textura fina (E/3), estos suelos presentan una fase lítica somera donde la profundidad del lecho rocoso se detecta entre los 10 y 50 cm. En el sitio del proyecto se observan delgadas costras de caliche (fotografía 1). La capacidad de saturación de los suelos que se presentan en la zona varía de acuerdo con la clase de textura que presentan, a su composición y espesor. Los suelos con textura media son más permeables que los de textura fina y por lo mismo presentan menor capacidad de saturación.



Fotografía 1. Representación de los suelos típicos en el trayecto.

2.5 Justificación del proyecto.

La carretera "Rumbo Nuevo" inició su construcción en 1996 dándose por concluida en 1998; sin embargo, debido a los múltiples derrumbes, hundimientos y fracturas no es abierta al tránsito sino hasta octubre del 2003, denotándose cortes orográficos débiles, desprendimientos de rocas y el uso indiscriminado de mallas protectoras con el fin de tratar de disminuir el efecto creado por el uso no apropiado de explosivos.

La importancia de la estabilidad de un talud en una carretera que es transitada es de suma importancia, pero cuando esta carretera está siendo usada para transporte de carga y pasajeros se incrementa la necesidad en su control; pero aún más cuando se está usando por vehículos en alta velocidad y es zona de curvas esto se vuelve imprescindible.

En este caso se pretende mostrar el estado actual de algunos cortes hechos en la carretera Rumbo Nuevo o también llamada Juan Capitán – El Chihue, donde se tienen estructuras de drenaje para el flujo de agua en los taludes, malla ciclónica y/o pantallas de concreto lanzado como medio de retención de los fragmentos rocosos o

deslave de los taludes de tierra; pero esto sólo en algunos de sus tramos. Existen otras secciones que no han sido recubiertas y están expuestas a los cambios climáticos de la zona, vibraciones y el flujo natural del agua convirtiéndose en secciones peligrosas a mediano y largo plazo; las cuales también se pretenden mostrar a fin de determina los requerimientos de las mismas para el funcionamiento seguro de la carretera.

El estado actual de las secciones que no han sido recubiertas esta teniendo actualmente incidentes de derrumbe poco sonados, pero existentes, a medida que pasa el tiempo esto podría cambiar, visualizando esto a futuro esto se dio origen a este trabajo de tesis.

La carretera de Rumbo Nuevo ya ha presentado algunos problemas que se tiene que tomar en consideración como lo que se muestra la siguiente noticia (Referencia 16):

"...Caen 7 toneladas de piedra en la carretera "El Chihue"

Un nuevo derrumbe se registró en la carretera Juan Capitán-El Chihue, el número tres en lo que va de la inauguración de esta ruta. En el kilómetro 9.5 se desgajaron de un cerro por lo menos 7 toneladas de piedra, las cuales quedaron encima de la cinta asfáltica.

El derrumbe se produjo a raíz de las precipitaciones que se registraron el pasado fin de semana al registrarse el asentamiento de los cerros que fueron cortados al trazar esta rúa y uno más de los que fueron dinamitados.

Según la información obtenida, con éste son tres los derrumbes y en uno dos de ellos solo la piedra ha cubierto parte de la cinta asfáltica, pero en el restante una familia estuvo a punto de perder la vida.

En esa ocasión una enorme piedra de más de un metro cúbico estuvo a punto de caer encima de una camioneta Explorer en donde una persona

circulaba junto con su familia que prácticamente resultó ilesa, más no así la unidad que sufrió serias consecuencias en su sistema mecánico.

La ruptura de uno de sus brazos de la dirección y un neumático reventado, fue lo que ocasionó este percance, en donde se pidió al conductor no decir nada a fin de que se le pagara el daño a su unidad.

El derrumbe que se produjo el fin de semana fue a horas de la madrugada debido a que la carretera había resentido las fuertes corrientes de agua que por naturaleza se dejan sentir en este tramo carretero.

La ruta Juan Capitán-El Chihue a pesar de las curvas y la ampliación de carriles, representa un serio peligro para quien transita por ese lugar, quien ahora omite el peligro de caer a un precipicio, pero no así el que una enorme roca pueda caer sobre ellos...".

La presente tesis analiza el tipo de trabajo que se realizó en la carretera Rumbo Nuevo, así como las medidas tomadas en su recuperación y propone una serie de factores que pudieran mejorar la calidad de la misma. En este trabajo se hace una revisión a los taludes del nuevo proyecto, a fin de encontrar las posibles soluciones a los problemas antes presentados.

3. Descripción de la problemática geológica.

En base a los recorridos que se realizaron en la carretera vieja y en la nueva se observó, una serie de condiciones que propician al movimiento de los taludes. En la carretera 101 en desuso, se encontraron varios tipos de combinaciones poco seguras para la estabilidad de los taludes.

3.1 Tramo de carretera en desuso, carretera 101.

En este tramo carretero se observa una cantidad importante de problemas relacionado con la falta de control de los efectos naturales, en particular algunos que erosionan las rocas. Uno de estos procesos es el generado por el crecimiento de vegetación en las inmediaciones de los taludes y más aún sobre los propios taludes (fotografía 2), ya que el crecimiento de las raíces de árboles así como arbustos, los cuales ejercen una fuerza importante similar a la del agua, como cuñas que se clavan y ensanchan alternadamente disgregando el material.



Fotografía 2. Asentamiento de material vegetal en juntas de las rocas con echado poco propicio para la estabilidad.

Los efectos son más fuertes en estratos donde el suelo ya se presenta en una forma explicita, se tiene por entendido que algunos de los mantos rocosos son formados por roca cementada con yeso de manera natural, cuando este es lavado pierde su cohesión y por tanto el suelo suele disgregarse de una forma sencilla, creado estratos suelo poco cohesivo y fragmentos de roca erosionada (fotografía 3).



Fotografía 3. Composición de los taludes por estratos de suelo poco cohesivo y fragmentos de roca erosionada.

En algunos de los casos al realizar los trabajos de corte de taludes se fragmentó los estratos que contaban con una cierta solidez, cementación, aunado con el efecto de lavado de minerales por flujo de agua estos taludes adquieren estratos cohesivo y muy fragmentado, perdiendo así su capacidad de carga (fotografía 4).



Fotografía 4. Composición de los taludes por estratos de suelo poco cohesivo y muy fragmentado.

La forma que quedan expuestas algunos cortes dejan ver juntas o echados que están expuestos en forma poco propicia para la estabilidad de las rocas estratificadas, ya que estas se presenta con la inclinación perpendicular a la cinta asfáltica o en otros casos con una pendiente mayor a 90° , quedando parte de la roca con una componente vertical fuera de su base (fotografías 5 a 7).



Fotografía 5. Dirección de las juntas propicia para el deslizamiento de fragmentos rocosos.



Fotografía 6. Dirección de las juntas propicia para la caída de piedra.



Fotografía 7. Caída de piedra por mala inapropiada exposición de dirección de las juntas.

Este tipo de corte se vuelve inestable, toda vez que agregando una pequeña carga extra esta tiende a rodar rápidamente sobre la carpeta asfáltica. Este caso se agrava cuando al paso del tiempo las juntas se ven separada, permiten el ingreso mayor de agua, por lo tanto lavado, exposición al fenómeno de expansión por helada, así como la intrusión de suelo y con este la penetración de raíces de arbustos quienes agregan sustancias que pueden disgregar más fácilmente la roca. Los esfuerzos por vegetación no controlada son condiciones que aumentan el riesgo de generar

derrumbes de las paredes de los taludes, ya que realizan la separación de juntas (fotografía 8).



Fotografía 8. Sobreesfuerzos por vegetación sin control.

Cuando el proceso de erosión ya ha tenido efectos en la roca, comienza a verse la formación de suelo de la misma (fotografía 9), también se observa la roca fragmentada en fragmentos cada vez más pequeños (fotografía 10).



Fotografía 9. Estratos rocosos erosionados.



Fotografía 10. Fragmentación de roca.

Como en el caso anterior el suelo suele ser la base del crecimiento de la vegetación. Sabemos que por las propiedades de las rocas estas permiten esfuerzos mayores que el suelo proveniente de la misma roca intemperizada (fotografías 11 y 12).



Fotografía 11. Fragmentos de roca sujeta con juntas poco cohesivas y en condiciones apropiadas para el deslizamiento por gravedad.



Fotografía 12. Remoción de estratos de suelo por efectos de tubificación y remoción de suelo poco cohesivo.

Al haber estado en corrientes de agua (flujo de agua), los suelos suelen perder algunos de los minerales o compuestos constituyentes, cuando esto sucede puede ser que estos pierdan algunas de sus propiedades químicas y/o físicas. Esto anterior sucede en algunas rocas de las rocas expuestas ya que sabemos han sido expuestas a la erosión fuerte fluvial y eólica, y uno de los minerales cementantes localizados es el yeso quien es fácilmente erosionable por estos mecanismos.

3.2 Tramo de carretera en uso, carretera “Rumbo Nuevo”.

Antes de comenzar esta sección se debe recordar que el nuevo trazo de la carretera pertenece a la misma formación montañosa, y en algunos tramos a la misma montaña; por lo cual todo lo que ha pasado en la antigua carretera es posible retomarlo para la nueva. Dicho de otra forma, los problemas que se han presentado en el anterior proyecto es posible revivirlos o evitarlos en el nuevo (Apéndice F).

Combinación de suelos poco cohesivos con arenas (fotografía 13).



Fotografía 13. Formación de suelos por lavado, quedando arenas con poco cementante.

Combinación de suelos con alto contenido de arenas y suelos poco cohesivos (fotografía 14).



Fotografía 14. Muestra estratigráfica de los cortes.

Durante la construcción de la obra en general, se han vertido millones de toneladas de roca al cause del arroyo, obstruyéndolo completamente en varios puntos. Esto será la causa de asolvamientos de dos cuencas importantes para el Estado de Tamaulipas: hacia el este la cuenca baja del arroyo de Juan Capitán, que constituye un tributario que desemboca en la Presa Vicente Guerrero, y hacia la cuenca del río Chihue, afluente del río Guayalejo. Existen obras hidráulicas en el cause del arroyo que no tienen la capacidad para permitir el libre flujo del agua durante las avenidas máximas. Esto representa un enorme riesgo para la integridad de la carretera, ya que en cuanto se presenten eventos extraordinarios generados por algún ciclón en la próxima época de lluvias, el agua socavará el talud instalado en el arroyo, al grado tal que la carretera se podría colapsar en ese tramo (Referencia 7).

Un estudio técnico establece que la mayoría de los drenajes no se hicieron y los terraplenes presentan severas fallas (Referencia 15). Esto es una composición geológica poco cohesiva y expuesta a flujo natural de agua (fotografía 15).



Fotografía 15. Material intemperizado, con pérdida de material cohesivo y con mucha porosidad.

“...De acuerdo con estimaciones de las 12 empresas integrantes del Consorcio Carretero Tamaulipeco, encargadas de los trabajos, habrán de sustraerse más de tres millones de metros cúbicos de roca en las operaciones de rectificación de taludes...” (Referencia 7).

Los grandes pesos soportados y/o sujetos con poca capacidad son un peligro latente, que solo espera tener las condiciones finales para que exista un deslizamiento o desprendimiento (falla); es el caso de fragmentos rocosos inmersos en suelos poco cohesivos, como se muestra en la fotografía 16.



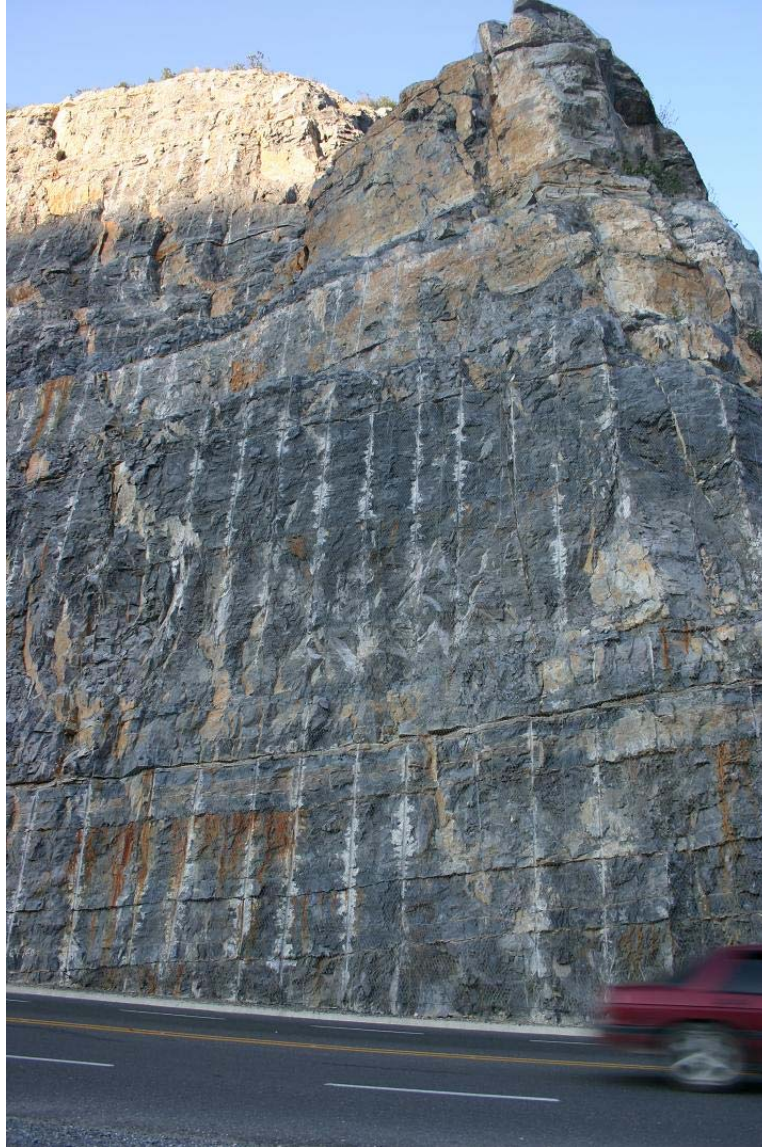
Fotografía 16. Fragmentos de roca completamente suelta o con poco cementante.

Los cortes registran un mal acabado (90 grados), se dañó la estructura de tierra natural, lo que provoca riesgo de derrumbes. Esto anterior se muestra en varias de las fotografías anteriores y en las fotografías 17 y 18.

En tramos muy largos de la obra existen cortes que generaron taludes inestables que presentaron deslizamientos de masas anteriores. La remoción de grandes cantidades de roca y ampliación de cortes que se realiza actualmente no garantiza que dichos taludes vayan a permanecer en su sitio durante la época de lluvias, ya que varios casos se puede observar que existen planos de estratificación o facturación que siguen favoreciendo el deslizamiento de masas. Algunos de ellos se encuentran protegidos con mallas de acero que podrán detener el desprendimiento de rocas pequeñas, pero que definitivamente no podrán detener el deslizamiento de masas mayores.



Fotografía 17. Corte con pendiente pronunciada y roca suelta.



Fotografía 18. Rocas inestables en la parte superior y muestra de corte realizado con voladura a base de dinamita.

3.3 Metodologías para el estudio geológico de taludes y laderas.

En este presente trabajo se revisa principalmente las secciones expuestas en la carretera como cortes a la orografía natural, lo que constituye taludes artificiales. Una definición de esta sería:

"...Una superficie de terreno expuesta situada a un ángulo con la horizontal se llama talud o pendiente no restringida, puede ser natural o construido. Si la superficie del terreno no es horizontal, una componente de gravedad ocasionará que el suelo se mueva hacia abajo... Si la componente de la gravedad es suficiente grande ocurrirá la falla del talud..."

(Referencia 2).

3.3.1 Parámetros requeridos para el diseño de taludes.

Para los derrumbes producidos por flujo de agua (drenaje) es necesario tener en consideración los procesos del ciclo hidrológico: Infiltración, Evapo-transpiración, Escurrimiento y Almacenamiento. Sin embargo la infiltración y escurrimiento son la causa más importante y parámetros considerados en el diseño de taludes. Otra de las consideraciones que se tienen que tomar en cuenta es el grado de desecación del suelo, los sismos o vibraciones, tala, deforestación y sedimentación, a lo que habría que adicionar las características geológicas del talud y longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud (Referencia 17).

Analizando noticias e inclusive el mismo impacto ambiental del proyecto, se prevé cambios en los parámetros antes mencionados, pero en varias de las secciones del proyecto es algo parcialmente contemplado.

En los recorridos de reconocimiento y recolección de información fotográfica se observó que existen diferentes tipos de corte. Así como secciones protegidas (recubiertas) y otras que no, también se ven diferentes pendientes de corte.

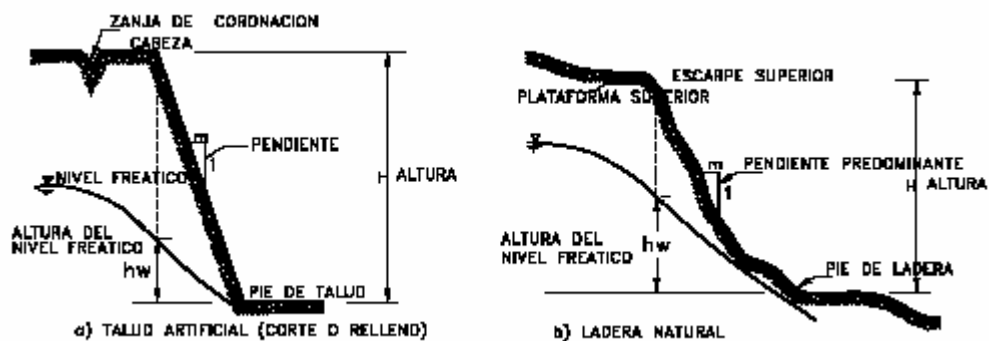
3.3.2 Nomenclatura de un talud o ladera (Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998).

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente (Referencia 27).

Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad.

Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: Los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Además, se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas. El esquema general o partes constitutivas de los taludes se presentan en la siguiente figura (figura 5).

Figura 5. Elementos constitutivos de un talud o ladera.



- **Altura:** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.
- **Pie:** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

- **Cabeza o escarpe:** Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.
- **Altura de nivel freático:** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.
- **Pendiente:** Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

4. Estudios y diseño de soluciones.

4.1 Metodologías para el estudio geológico de taludes y laderas

(Procesos y efectos geológicos en taludes y laderas)

En general, metodologías actualizadas para el estudio de inestabilidades en taludes y laderas se encuentran desarrolladas y/o recogidas, entre otros, por Jaime Suárez (Referencia 27).

Bases generales de la metodología.

- Organización del estudio
- Procedimiento de análisis de la información existente
- Visita de reconocimiento
- Estudio topográfico
- Investigación geotécnica detallada
- Sondeos geotécnicos
- Ensayos de campo
- Ensayos geofísicos
- Ensayos de laboratorio
- Instrumentación

En la caracterización de la zona de estudio, se deberían completar las fichas de los siguientes apartados:

Tabla 5. Parámetros para un estudio de deslizamiento.

Tema	Parámetro	Características
Topografía	Localización con coordenadas	Planta de localización de ríos, cañadas, depresiones, humedades, vegetación, vías, escarpes, áreas de deslizamiento, etc.
	Líneas de nivel	Levantamiento con líneas de nivel que permitan determinar las áreas deslizadas o en proceso de movimiento. Identificar los escarpes, levantamientos y otras anomalías.
	Cambios topográficos	Localizarlos y correlacionarlos con la geología, aguas lluvias o subterráneas, posibles deslizamientos anteriores, procesos antrópicos, etc.. Localizar focos de erosión, evidencia de movimientos, hundimientos o levantamientos del terreno. Ratos de cambio de la topografía con el tiempo.
	Perfiles	Curvatura, convexidad. Correlacionarlos con la geología y con el plano de líneas de nivel. Calcular pendientes y alturas. Localizar los perfiles en el plano en planta.
	Drenaje superficial	Si es continuo. Si es intermitente. Parámetros del sistema.
Geología	Formación Geológica	Litología y características de cada formación. Secuencia de las formaciones. Profundidad a la cual aparece roca sana. Presencia de coluviones. Caracterización del suelo residual. Presencia de minerales susceptibles a alteración.
	Estructura en tres dimensiones	Estratificación. Espesor y características de cada manto. Plegamiento. Rumbo y buzamiento de los planos o foliaciones. Cambios de Rumbo o Buzamiento. Relación entre Rumbos y Buzamientos con la pendiente del talud. Fallas, brechas y zonas de corte.
	Discontinuidades	Rumbo. Buzamiento. Separación entre discontinuidades. Aspereza. Abertura. Material de relleno. Continuidad. Fricción y Cohesión.
	Meteorización	Profundidad. Características (químicas y mecánicas). Elaboración de perfiles de meteorización.
	Fracturación	Tamaño de los bloques. Forma de los bloques. Posibilidades de deslizamiento o volteo.
Agua superficial	Precipitación	Precipitaciones máximas mínimas y promedio, anuales mensuales y diarias. Lluvia máxima en una hora. Forma (lluvia granizo o nieve). Horario y duración de las lluvias.
	Cuenca tributaria	Área. Pendiente. Cobertura vegetal.
	Escorrentía	Tiempo de concentración y calculo del caudal máximo para diseño.
	Infiltración	Infiltración en % relacionada con la precipitación.

Continuación.

Tema	Parámetro	Características
Agua subterránea	Altura del nivel de agua	Niveles normales, aislados y suspendidos. Planos de líneas de nivel freático y líneas de flujo.
	Fluctuaciones	Fluctuaciones del nivel de agua con el tiempo y su relación con las lluvias. Variación de los niveles en el momento exacto de una lluvia. Fluctuaciones a lo largo del año. Fluctuaciones de año en año.
	Caracterización.	Altura capilar. Presión de poros y presiones artesianas. Velocidad y dirección del movimiento del agua. Indicaciones superficiales de afloramientos de agua, zonas húmedas y diferencias en la vegetación. Química de las aguas subterráneas. Sales disueltas, contaminación, presencia de aceites. Efecto de las actividades humanas sobre el nivel freático. Posibilidad de fugas de ductos de servicios públicos. Características del drenaje interno.
Movimiento de falla	Tipo de falla	Caído, flujo, deslizamiento de rotación o traslación, etc. y caracterización.
	Caracterización	Profundidad y forma de la superficie de falla. Dirección del movimiento. Superficie de falla, áreas y volúmenes.
Factores Externos	Sísmica	Aceleración de diseño – Intensidad y Magnitud, Profundidad de epicentros. Distancia de los epicentros. Relaciones con fallas geológicas cercanas, cambios sísmicos con el tiempo, presencia de suelos susceptibles a sufrir cambios por vibraciones. Presencia de volcanes.
	Vegetación	Especies presentes, Cobertura, características del follaje y las raíces. Comportamiento de evapotranspiración.
	Clima general	Clima. Lluvias. Vientos. Temperatura (media y extremos horaria y diaria) – Cambios barométricos.
	Intervención antrópica	Modificaciones causada por el hombre, áreas de deforestación, localización de piscinas, tuberías de acueducto y alcantarillado, irrigación, minería, cortes y rellenos, etc. Utilización del agua Subterránea y restricciones. Empozamientos y adición de agua. Cambios en la dirección del agua superficial. Cambios en la cobertura del suelo que afectan la infiltración. Deforestación. Movimiento de vehículos, detonación de explosivos, Maquinaria Vibratoria. Cortes, rellenos, pavimentos, etc.
Mecánica de Suelos	Propiedades mecánicas	Erosionabilidad, granulometría, plasticidad, clasificación y resistencia al corte (ángulo de fricción y Cohesión). Permeabilidad. Sensitividad. Expansibilidad.

4.2 Nomenclatura de los procesos de movimiento.

Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente, a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos.

Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo.

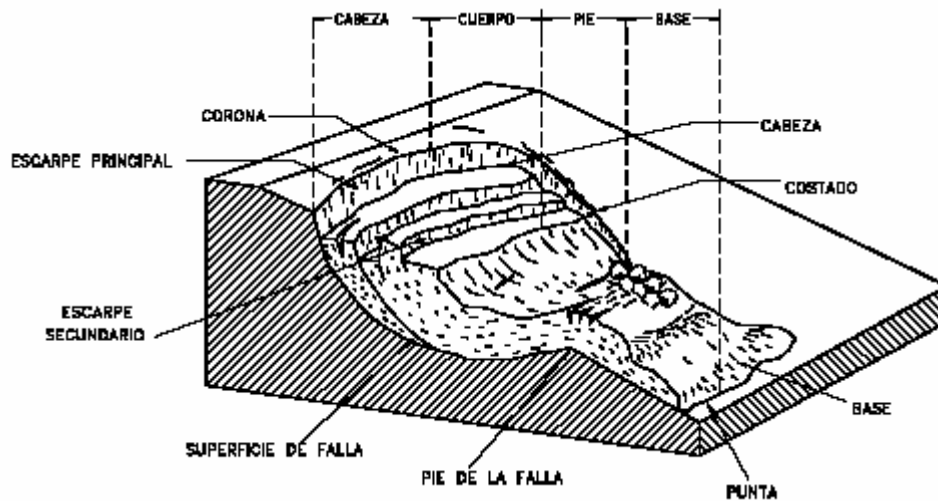


Figura 6. Nomenclatura de un deslizamiento.

En la muestra un deslizamiento o movimiento en masa típico, con sus diversas partes (figura 6) cuya nomenclatura es la siguiente:

- **Escarpe principal:** Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.
- **Escarpe secundario:** Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.

- **Cabeza:** Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Cima:** El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Corona:** El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
- **Superficie de falla:** Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.
- **Pie de la superficie de falla:** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- **Base:** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- **Punta o uña:** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- **Costado o flanco:** Un lado (perfil lateral) del movimiento.
- **Superficie original del terreno:** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- **Derecha e izquierda:** Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie.

Conclusiones

En la historia de construcción de caminos y carreteras, se tiene visto el tipo de problemas que se tiene por los cortes al terreno al hacerlos de tal forma. El análisis geológico de la carrera se tiene que extender para poder obtener las características de cada uno de los cortes que representan problema actual o futuro. Teniendo en cuenta todas las características de una investigación suficiente y necesaria para la estabilidad de los taludes.

La necesidad como individuos que utilizamos las vías terrestres como medio de transporte y comunicación, nos hace ver estas como un medio que tiene que ser seguro, aún sobre el tiempo de recorrido. Desde un otro ángulo es importante construir este tipo de estructuras con el suficiente periodo de vida, con esto las necesarias medidas de control y estructuras auxiliares. En otras palabras se debe contemplar no solo la construcción de lo que soporta a la carpeta asfáltica y la carpeta, sino también lo necesario para que esta se conserve lo necesario, dando servicio de calidad y seguridad suficiente para poder realizar su objetivo en forma y tiempo.

En este presente trabajo se ha pretendido mostrar el estado del tramo carretero en uso. Tras la revisión del estado cualitativo de la carretera y obras auxiliares, se encontró que la carpeta, la señalización, puentes y otra adicionales se encuentran en buen estado, con el detalle correspondiente a algunos taludes, que ya presentan o presentarán a corto o mediano plazo derrumbes o deslizamientos.

En algunos de los taludes donde ya se han presentado derrumbes se han colocado mallas ciclónicas ancladas, esto sirve para disminuir el impacto, retener segmentos rocosos ligeros o pequeños, pero no es una medida definitiva para evitar los derrumbes, por los que se sigue hacer un cambio de control, mantenimiento y conservación de los taludes. Por límites del presente trabajo no se realizaron pruebas o muestreos, los cuales es importante realizar en un proyecto de mantenimiento y conservación. Es importante hacer una revisión a todos los taludes, determinar las características estratigráficas, clasificación, resistencia mecánica, así como las ca-

racterísticas geométricas y en su caso las fracturas de las rocas; esto anterior con el fin de determinar la forma de conservar los taludes estables.

Ahora se tiene que procurar resolver la problemática de dicha carretera, usando algunos de los métodos existentes para: prevenir, estabilizar y rediseñar los taludes en caso de que lo requieran; dentro de los cuales se puede incluir los siguientes:

Métodos de prevención de riesgo.

Métodos para disminuir o eliminar el riesgo.

Métodos para eludir la amenaza.

Métodos de estructuras de control de movimientos.

Métodos de mejora de la resistencia del suelo.

Métodos de protección del talud.

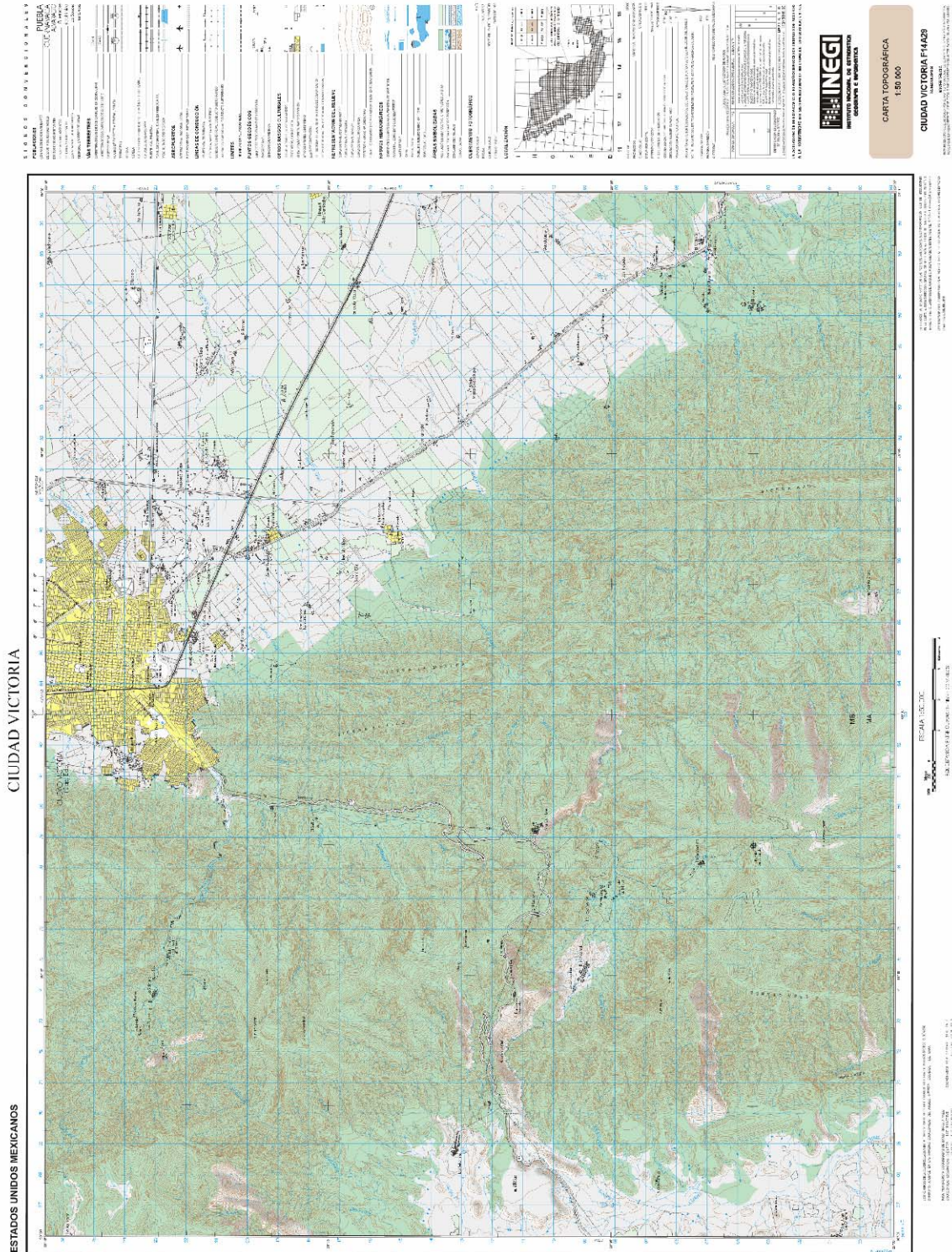
Modificación de la topografía del talud.

En las posibilidades para el mejoramiento de los taludes más sencillas, se presentan las siguientes:

- uso de geomallas o geosintéticos
- uso de muros vegetados usando vegetación apropiada para ese tipo de suelo y climatología expuesta.
- ajustar el ángulo de corte al ángulo de reposo natural de estos materiales.
- construir mas estructuras para el control del flujo de agua.
- inyecciones de cementantes.
- remoción de material de la cabeza del talud.

Apéndice A

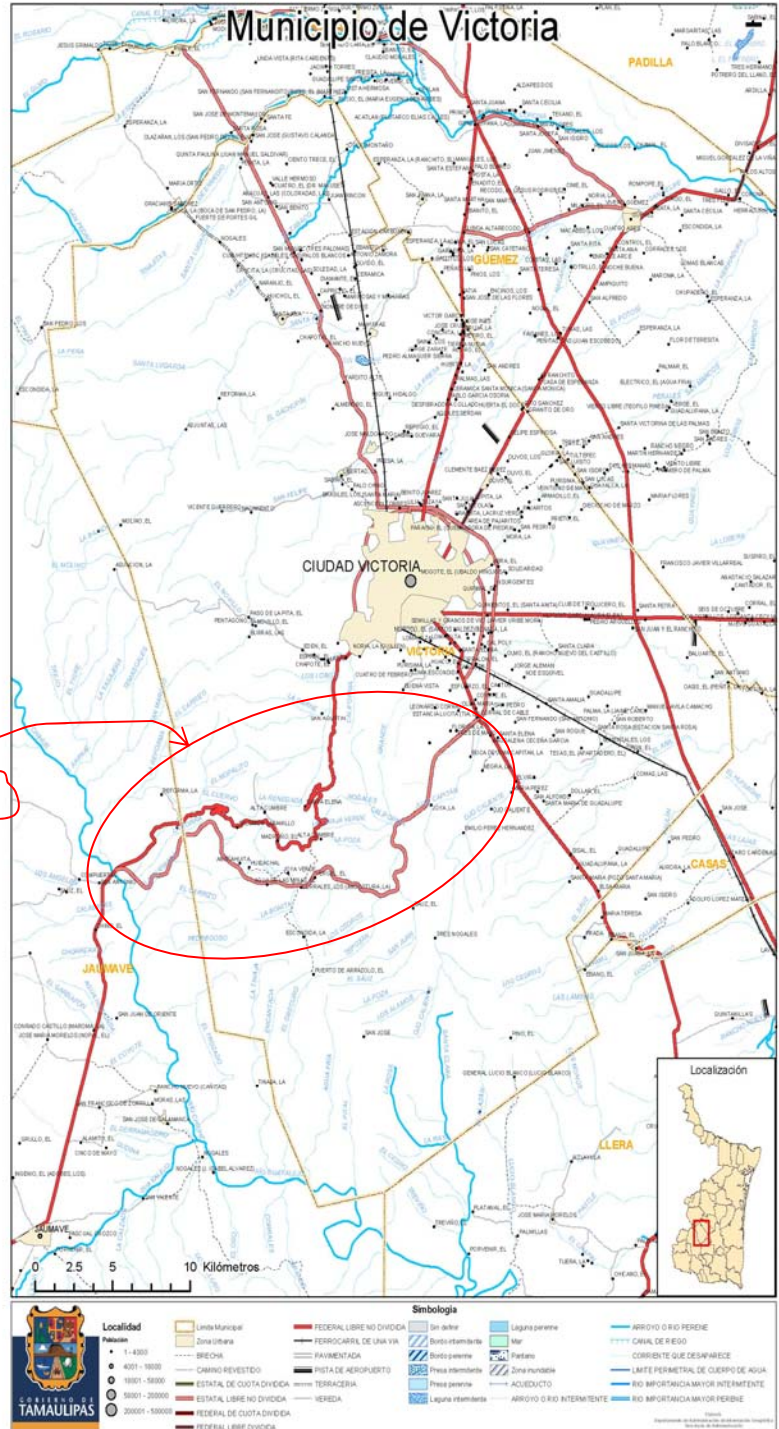
Carta Topográfica de Ciudad Victoria



Apéndice B

Trazo generado con GPS

Carretera
“Rumbo Nuevo”



Carretera Rumbo Nuevo					
UTM (14Q)					
No	wetpoint	Cadena km	Altitud msnm	Long m	Latitud m
1	185	0.00	339	489436	2617330
2	186	3.20	400	486794	2615322
3	187	4.00	422	486474	2614575
4		5.65	450	486202	2612916
5	188			486148	2612703
6	189			486074	2612547
7	190			485620	2612205
8	191			485369	2612056
9	192	6.93	422	485341	2612026
10	193			485204	2611953
11	194			484876	2611759
12	195			484680	2611719
13	196			484441	2611578
14	197			484224	2611500
15	198			484085	2611319
16	199			484071	2611252
17	200			483995	2610874
18	201			483886	2610681
19	202			483852	2610601
20	203			483863	2610501
21	204			483889	2610454
22	205			483934	2610363
23	206			483997	2610263
24	207			484087	2610142
25	208			484357	2610233
26	209			484469	2610157
27	210			484532	2610092
28	211			484642	2609979
29	212			484703	2609889
30	213			484744	2609795
31	214			484768	2609691
32	215			484779	2609556
33	216			484779	2609451
34	217			484760	2609339
35	218			484741	2609223
36	219			484697	2609107
37	220			484630	2609009
38	221			484559	2608948
39	222			484473	2608898
40	223			484404	2608870
41	224			484296	2608841
42	225			484164	2608811
43	226			484090	2608763
44	227			484021	2608630
45	228			484062	2608445

Carretera Rumbo Nuevo					
UTM (14Q)					
No	wetpoint	Cadena km	Altitud msnm	Long m	Latitud m
46	229			484171	2608290
47	230			484215	2608173
48	231			484247	2608089
49	232			484255	2607970
50	233			484210	2607857
51	234			484138	2607794
52	235			484093	2607767
53	236			483979	2607729
54	237			483869	2607714
55	238			483773	2607698
56	239			483698	2607683
57	240			483617	2607651
58	241			483359	2607522
59	242			483182	2607480
60	243			483096	2607487
61	244			483053	2607502
62	245			483001	2607527
63	246			482949	2607554
64	247			482854	2607618
65	248			482791	2607659
66	249			482665	2607710
67	250			482558	2607736
68	251			482441	2607763
69	252			482330	2607786
70	253			482268	2607795
71	254			482183	2607793
72	255			482085	2607780
73	256			482013	2607772
74	257			481933	2607798
75	258			481857	2607843
76	259			481819	2607868
77	260			481748	2607952
78	261			481707	2608015
79	262			481658	2608080
80	263			481600	2608120
81	264			481549	2608133
82	265			481504	2608134
83	266			481391	2608128
84	267			481306	2608123
85	268			481232	2608130
86	269			481151	2608160
87	270			481074	2608200
88	271			480986	2608244
89	272			480945	2608259
90	273			480901	2608267

Carretera Rumbo Nuevo

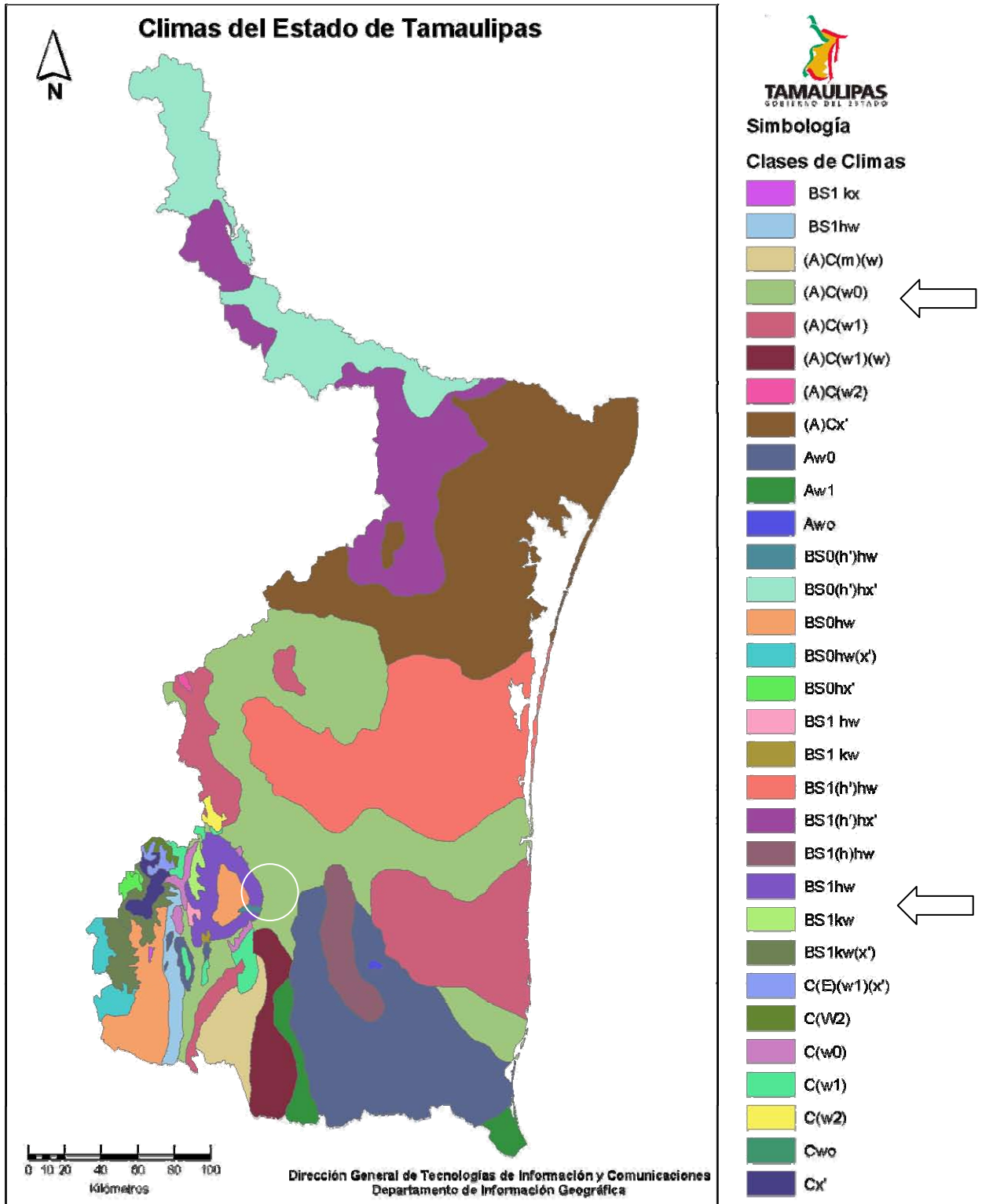
No	wetpoint	UTM (14Q)		Long m	Latitud m
		Cadena km	Altitud msnm		
91	274			480831	2608270
92	275			480704	2608293
93	276			480610	2608328
94	277			480496	2608377
95	278			480420	2608401
96	279			480320	2608418
97	280			480199	2608436
98	281			480091	2608510
99	282	68.00		480041	2608632
100	283			480037	2608724
101	284			480037	2608792
102	285			480035	2608857
103	286			480020	2608920
104	287			479999	2608959
105	288			479936	2609024
106	289			479901	2609046
107	290			479858	2609068
108	291			479796	2609086
109	292			479687	2609081
110	293			479642	2609067
111	294			479579	2609039
112	295			479564	2609030
113	296			479426	2608932
114	297			479350	2608879
115	298			479265	2608835
116	299			479165	2608809
117	300			479079	2608792
118	301			478984	2608771
119	302			478920	2608738
120	303			478876	2608702
121	304			478836	2608649
122	305			478764	2608513
123	306			478716	2608430
124	307			478660	2608343
125	308			478600	2608265
126	309	19.35	823	478580	2608247
127	310			478415	2608084
128	311			478372	2608045
129	312			478068	2608010
130	313			477961	2608060
131	314			477787	2608081
132	315			477712	2608072
133	316			477507	2608040
134	317			477389	2608022
135	318			477350	2608017
136	319			477163	2608013
137	320			477034	2608051

No	Carretera Rumbo Nuevo				
	wetpoint	Cadena km	Altitud msnm	Long m	Latitud m
138	321			476937	2608087
139	322			476867	2608116
140	323			476846	2608124
141	324			476648	2608198
142	325			476556	2608225
143	326			476431	2608248
144	327			476287	2608256
145	328			476193	2608251
146	329			476065	2608234
147	330			475950	2608218
148	331			475850	2608204
149	332			475781	2608198
150	333			475721	2608194
151	334			475702	2608193
152	335			475362	2608204
153	336			475316	2608210
154	337	22.80	937	475224	2608225
155	338			475139	2608238
156	339			475037	2608261
157	340			474935	2608284
158	341			474805	2608330
159	342			474416	2608493
160	343			474270	2608597
161	344			474217	2608667
162	345			474181	2608735
163	346			474156	2608786
164	347			474122	2608859
165		24.25	973	474099	2608868
166	348			474029	2608991
167	349			473965	2609047
168	350	24.45	1008	473871	2609112
169		24.60	1015	473813	2609112
170	351			473618	2609233
171	352			473447	2609334
172	353			473272	2609467
173	354			472885	2609811
174		26.05	1067	472853	2610094
175		26.70	1045	472812	2610762
176		27.00	1031	472633	2611007
177		27.25	1016	472511	2611209
178		27.70	987	472302	2611539
179		28.55	975	471426	2611194
180		28.90	957	471188	2610952
181		29.40	945	470699	2610921
182		30.10	892	470147	2610539
183		30.90	919	469927	2609788

Carretera Rumbo Nuevo

No	UTM (14Q)				
	wetpoint	Cadena km	Altitud msnm	Long m	Latitud m
184		31.90	789	469430	2608943
185		31.90	781	469407	2608924
186		33.10	713	468346	2608421
187		34.20	695	467652	2608160
188		35.20	671	466891	2608827
189		35.90	657	466243	2608968

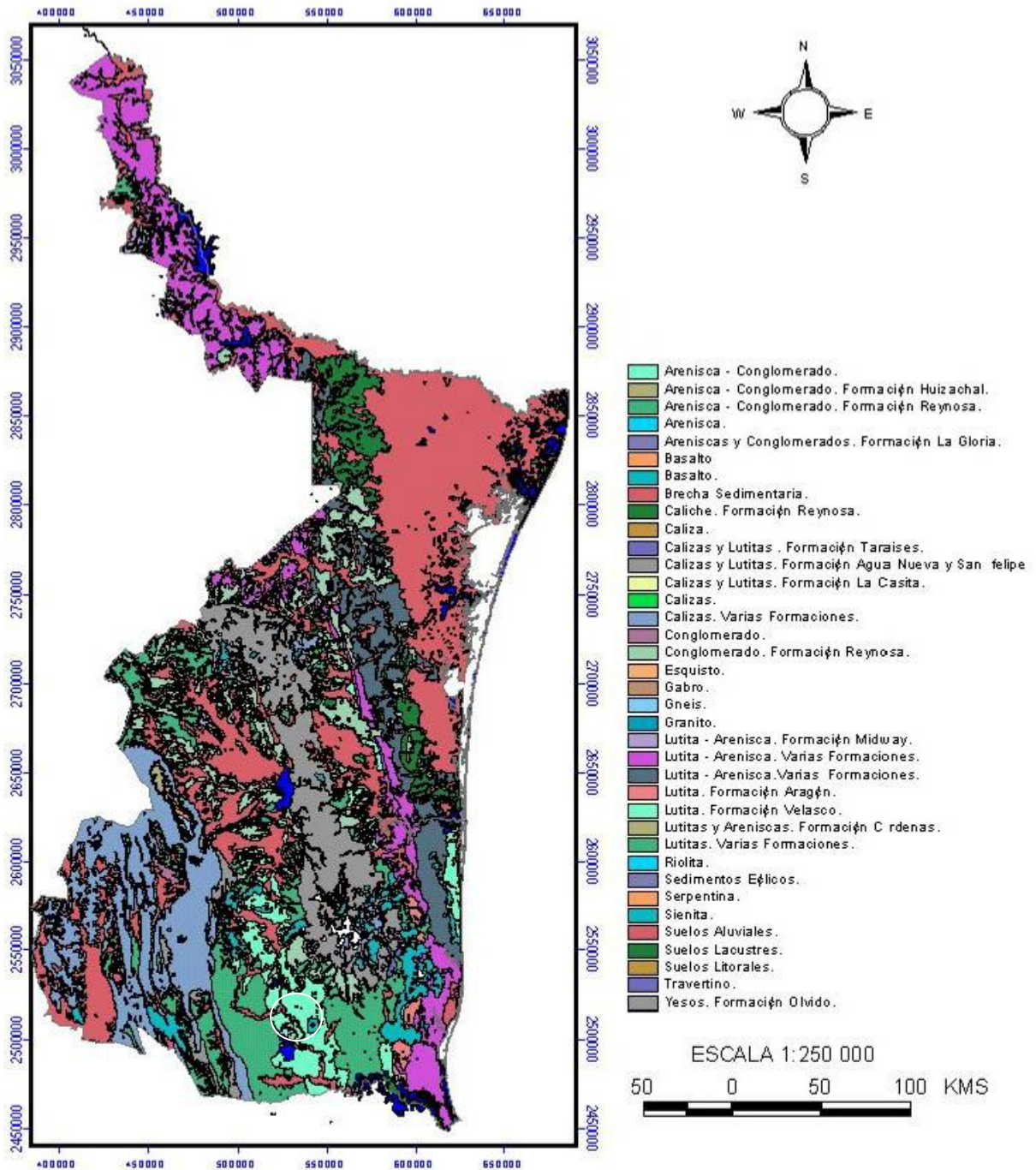
Apéndice C



CLIMAS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS	
Clase	Descripción
BS1 kx	()
BS1nw	()
(A)C(m)(w)	TIPOS SEMICÁLIDO HÚMEDO CON ABUNDANTES LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal menor de 5)
(A)C(w0)	TIPOS SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2)
(A)C(w1)	TIPOS SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2)
(A)C(w1)(w)	TIPOS SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal menor de 5)
(A)C(w2)	TIPOS SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2)
(A)Cx'	TIPOS SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS ESCASAS TODO EL AÑO (% de lluvia invernal mayor de 5)
Aw0	TIPOS CÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2)
Aw1	TIPOS CÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2)
Aw0	TIPOS CÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2)
BS0(h)hw	SUBTIPOS SECOS MUY CÁLIDOS Y CÁLIDOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2 verano cálido)
BS0(h)hx'	SUBTIPOS SECOS MUY CÁLIDOS Y CÁLIDOS (Lluvias escasas todo el año, % de precipitación invernal mayor de 18 verano cálido)
BS0hw	SUBTIPOS SECOS SEMICÁLIDOS ()
BS0hw(x)	SUBTIPOS SECOS SEMICÁLIDOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2 invierno fresco)
BS0hx'	SUBTIPOS SECOS SEMICÁLIDOS (Lluvias escasas todo el año, % de precipitación invernal mayor de 18 cálido)
BS1nw	SUBTIPOS SEMISECO SEMICÁLIDOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2 invierno fresco)
BS1kw	SUBTIPOS SEMISECOS TEMPLADOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2 verano cálido)
BS1(h)hw	SUBTIPOS SEMISECOS MUY CÁLIDOS Y CÁLIDOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2 cálido)
BS1(h)hx'	SUBTIPOS SEMISECOS MUY CÁLIDOS Y CÁLIDOS (Lluvias escasas todo el año, % de precipitación invernal mayor de 18 cálido)
BS1(h)nw	SUBTIPOS SEMISECOS MUY CÁLIDOS Y CÁLIDOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2 cálido)
BS1hw	SUBTIPOS SEMISECO SEMICÁLIDOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2 invierno fresco)
BS1kw	SUBTIPOS SEMISECOS TEMPLADOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2 verano cálido)
BS1kw(x)	SUBTIPOS SEMISECOS TEMPLADOS (Lluvias de verano, % de precipitación invernal mayor de 10.2 verano cálido)
C(E)(w1)(x')	TIPOS SEMIFRIO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de precipitación invernal mayor de 10.2)
C(W2)	TIPOS TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2)
C(w0)	TIPOS TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de precipitación invernal entre 5 y 10.2)
C(w1)	TIPOS TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de precipitación invernal entre 5 y 10.2)
C(w2)	TIPOS TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de lluvia invernal entre 5 y 10.2)
Cwo	TIPOS TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (% de precipitación invernal entre 5 y 10.2)
Cx'	TIPOS TEMPLADOS SUBHÚMEDOS CON LLUVIAS ESCASAS TODO EL AÑO (% de lluvia invernal menor de 18)

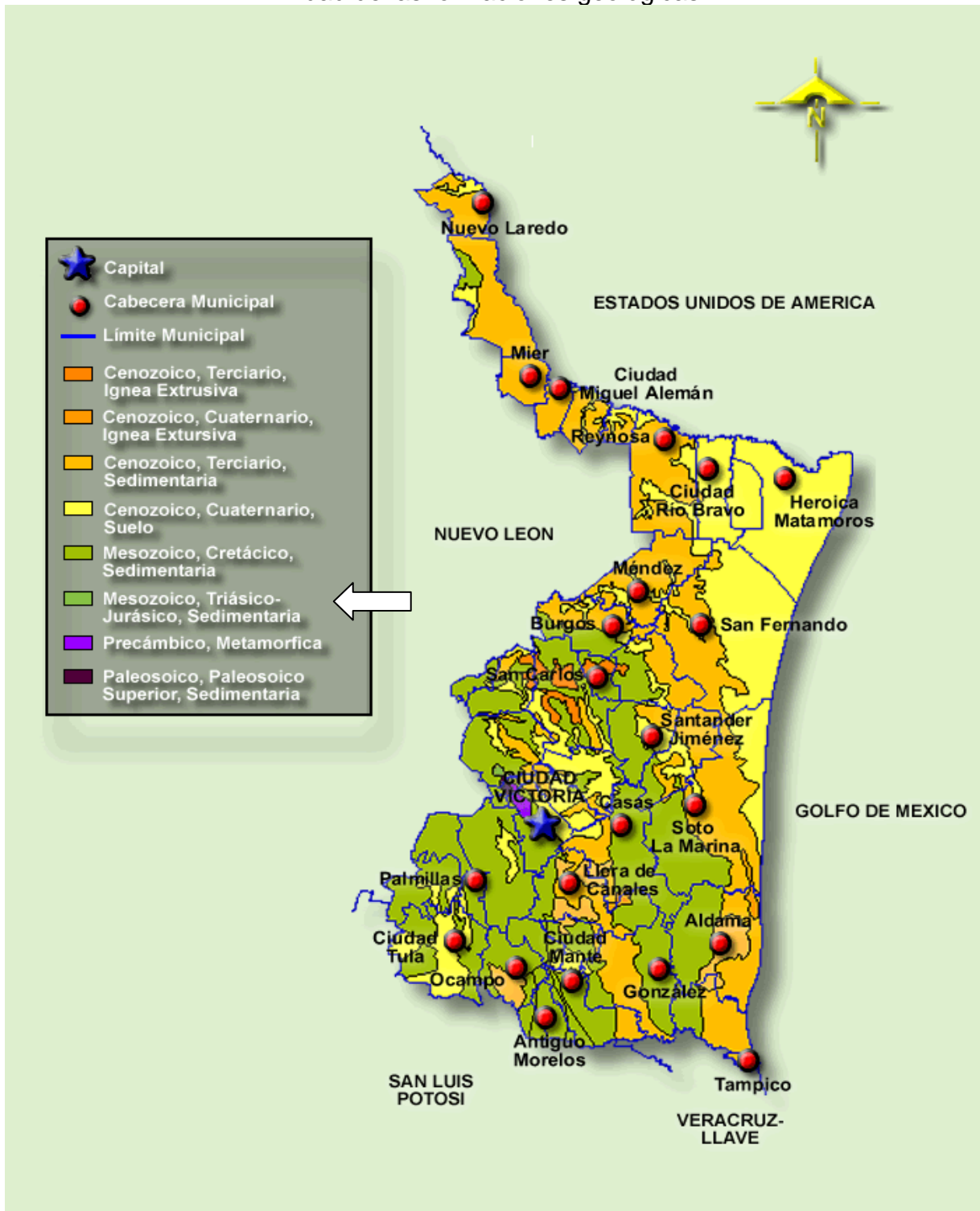
Apéndice D

Geología de Tamaulipas



Apéndice E

Edad de las formaciones geológicas



Apéndice F

Fotografías de la carretera Rumbo Nuevo











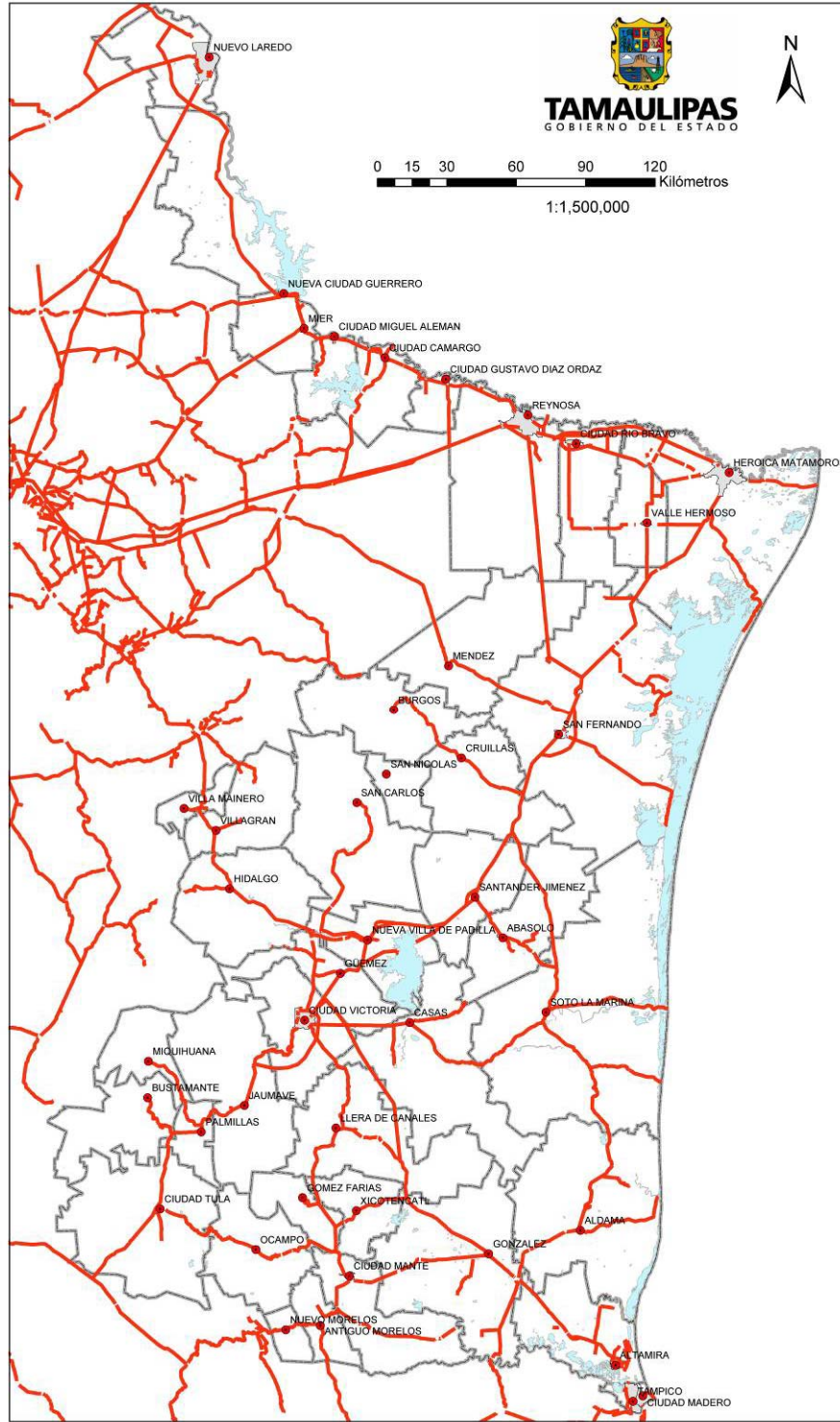






Apéndice G

Otros planos utilizados



Referencias

No.	REFERENCIA	CITA
1	CNSM, 2006	Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CNSM). 2006. Salarios Mínimos vigentes a partir del 1o. de enero de 2006. México. 1-08-2006. < http://www.conasami.gob.mx/Archivos/TABLA%20DE%20SALARIOS%20MÍNIMOS%20PROFESIONALES/2006.pdf >
2	Das, 2001	Das, Braja M. 2001. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Thomson Editores, S.A. de C.V., D.F., México., 594 pp.
3	El Norte, 2003	El Norte. 2003. Fox y la Rumbo Nuevo, El Norte, Tamaulipas, México.
4	García, 1973	García, Enriqueta, 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de köppen, para adaptarlo a las condiciones de la republica mexicana. Intituto de Geofísica UNAM, México, 1973, 246 pp.
5	Tamaulipas, 2005	Gobierno de Tamaulipas, Infraestructura de Tamaulipas, México, 16-05-2005. 26-07-2006. < http://www.tamaulipas.gob.mx/tamaulipas/infraestructura >
6	Tamaulipas-UAT, 2003	Gobierno de Tamaulipas-Universidad Autónoma de Tamaulipas. 2003. Manifestación de Impacto Ambiental - Proyecto: "Regulación Ambiental del Banco de Material de Desperdicio No. 19 Ubicado en el km 31+360 d/d utilizado en el proyecto continuación de la carretera Juan Capitán – El Chihue, Victoria-Jaumave, Tamaulipas". Tamaulipas, México, 62 pp.
7	Hoy Tamaulipas, 2003	Hoy Tamaulipas, 2003. El Chihue... Carretera que no se terminará, Hoy de Tamaulipas, Tamaulipas, México.
8	Hoy Tamaulipas, 2004	Hoy Tamaulipas, 2004. Inaugura Vicente Fox carretera Rumbo Nuevo, Hoy de Tamaulipas, Tamaulipas, México.
9	INEGI, 2000	Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 2000. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. México.
10	INEGI, 2006a	Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 2006. Anuario Estadístico por Entidad Federativa. México.
11	INEGI, 2006	Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 2006. Resultados Definitivos del II Censo de Población y Vivienda 2005. México.
12	Juárez-Rico, 1990	Juárez Badillo, Eulalio, Rico Rodríguez, Alfonso. 1990. Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de Mecánica de Suelos, Noriega-Limusa, D.F., México, 642 pp.
13	Juárez-Rico, 1991-1	Juárez Badillo, Eulalio, Rico Rodríguez, Alfonso. 1990. Mecánica de Suelos Tomo 2 Teoría y Aplicaciones de Mecánica de Suelos, Noriega-Limusa, D.F., México, 704 pp.
14	Juárez-Rico, 1991-2	Juárez Badillo, Eulalio, Rico Rodríguez, Alfonso. 1990. Mecánica de Suelos Tomo 3 Flujo de Agua en Suelos, Noriega-Limusa, D. F., México, 414 pp.
15	La Jornada, 2000	La Jornada. 2000. La autopista Juan Capitán-El Chihue acorta la distancia a EU-El fraude cavacista sería de mil millones de pesos. La Jornada, D.F. México.
16	La Verdad, 2005	La Verdad. 2005. Caen 7 toneladas de piedra en la carretera "El Chihue", La Verdad, Tamaulipas, México.
17	Macari, 2001	Macari, Emir Jose. 2001. Evaluación de riesgos de derrumbes causados por lluvias torrenciales, Revista Internacional de Desastres Naturales, Vol. 1, No. 2, pp. 117-126.
18	MacNeish, 1958	MacNeish, Richard S., 1958 Preliminary Archaeological Investigations in the Sierra de Tamaulipas, México. Transactions of the American Philosophical Society.48(6).
19	Olivera, 1991	Olivera Bustamante, Fernando. 1991. Estructuración de vías terrestres. CECSA, D. F. México, 268 pp.

No.	REFERENCIA	CITA
20	Raisz, 1964	RAISZ, E. 1964. Landforms of Mexico. Cambridge 1964 Mass., mapa, escala aprox. 1:3 000 000.
21	SCT, 2001	SCT. 2001. Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001 – 2006. D.F., México, 337 pp.
22	SCT, 2002-1	SCT. 2002. Atlas de comunicaciones y transportes por entidad federativa -Tamaulipas, D.F., México.
23	SCT, 2002	SCT. 2002. Segundo Informe de Labores 2001 – 2002, Talleres Gráficos de México, D. F., México, 181 pp.
24	SCT, 2004	SCT. 2004. Anuario Estadístico 2004, D. F., México, 226 pp.
25	SE, 2003	Secretaría de Economía, Información Económica Básica de Tamaulipas, economía, México, 04-08-2003. 26-07-2006. < http://www.economia.gob.mx/work/sneci/invierte/fichas/tamaulipas.pdf >
26	SOPDUE-Tam., 2005	SOPDUE-Tamaulipas. 2005. Información General del Estado de Tamaulipas, Gobierno de Tamaulipas, México, 02-09-2005. 26-07-2006. < http://www.tamaulipas.gob.mx/gobierno/secretarias/sec_obras/dir_med_amb/dir_recursos_naturales/diagnostico/informacion.htm >
27	Suárez, 1998	Suárez Díaz, Jaime. 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas Tropicales, Universidad Industrial de Santander, UIS, Santander, España. 540 pp.
28	Victoria-a, 2005	Cd. Victoria. 2005. Localización Geográfica, Gobierno Municipal de Victoria 2005-2007, México, 01-01-2005. 26-07-2006. < http://www.ciudadvictoria.gob.mx/ciudad.asp?ver=localizacion >
29	Victoria-b, 2005	Cd. Victoria. 2005. Clima Predominante, Gobierno Municipal de Victoria 2005-2007, México, 01-01-2005. 26-07-2006. < http://www.ciudadvictoria.gob.mx/ciudad.asp?ver=clima >
30	Victoria-c, 2005	Cd. Victoria. 2005. Mapa Interactivo, Gobierno Municipal de Victoria 2005-2007, México, 01-01-2005. 26-07-2006. < http://www.ciudadvictoria.gob.mx/mapa.asp >
31	Wikipedia, 2006	Wikipedia. 2006. Economía de Tamaulipas, Tamaulipas, México, 28-07-2006. 28-07-2006. < http://es.wikipedia.org/wiki/Tamaulipas >
32	Yarrington, 2004	Yarrington Ruvalcava, Tomas, 2004, Sexto Informe de Gobierno 1999 – 2004, México, 246 pp.