



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA

**“ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS NECESARIOS DE PLANIMETRÍA,
ALTIMETRÍA Y VOLUMETRÍAS PARA DETERMINAR UNA POSIBLE
SOLUCIÓN A LA FALLA GEOLÓGICA TRANSVERSAL UBICADA EN EL
KILÓMETRO 19+000 DE LA AUTOPISTA CUACNOPALAN-OAXACA”**

TESIS

Para obtener el Título de:

Ingeniero Topógrafo y Geodesta

Presenta:

Valentín Serrano Ballón

Asesor:

M.I. Juan José Benítez Suárez



BUAP

Oficio D-SA 0933/2020

C. VALENTÍN SERRANO BALLÓN
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA
Presente.

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional en línea, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

"ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS NECESARIOS DE PLANIMETRÍA, ALTIMETRÍA Y VOLUMETRÍAS PARA DETERMINAR UNA POSIBLE SOLUCIÓN A LA FALLA GEOLÓGICA TRANSVERSAL UBICADA EN EL KILÓMETRO 19+000 DE LA AUTOPISTA CUACNOPALAN-OAXACA".

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como director de tema al M.I. Juan José Benítez Suárez, como Co asesor al Ing. Joel Panohaya Analco y como asesor al Mtro. Máximo Ávila Cruz.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

"Pensar bien para vivir mejor"
H. Puebla de Z. a 07 de febrero de 2020

M. en I. Fernando Daniel Lazcano Hernández
Director

M'FDLH/M'JAJT/BARV
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

M. en I. Fernando Daniel Lazcano Hernández
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e.

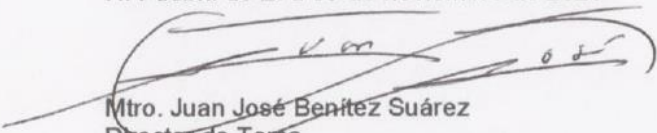
El que suscribe: M.I. Juan José Benítez Suárez, director del tema de tesis:

“ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS NECESARIOS DE PLANIMETRÍA, ALTIMETRÍA Y VOLUMETRÍAS PARA DETERMINAR UNA POSIBLE SOLUCIÓN A LA FALLA GEOLÓGICA TRANSVERSAL UBICADA EN EL KILÓMETRO 19+000 DE LA AUTOPISTA CUACNOPALAN-OAXACA”.

Presentada por el C. Valentín Serrano Ballón, pasante del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica, y en atención al oficio No. D – SA 0933/2020 con fecha de emisión 07 de febrero de 2020, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente
“Pensar bien, para vivir mejor”
H. Puebla de Z. a 09 de noviembre de 2020



Mtro. Juan José Benítez Suárez
Director de Tema

M'JJBS/BARV
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

Dedicatorias:

A mis padres.

A mis hermanos.

A mis amigos.

Agradecimientos:

A mis papás, por haberme apoyado en todo y darme todo cuanto tenían.

A mis hermanos, gracias por brindarme la mano cada que lo necesite.

A mis amigos, por todo el apoyo moral, que fue y sigue siendo motivador.

A Dios, por haberme puesto a personas maravillosas en mi camino.

A los colegas ingenieros, que me han ayudado en completar mi formación académica.

A los maestros, gracias por compartir sus conocimientos conmigo.

INDICE

CAPITULO 1.- PROTOCOLO DEL TRABAJO.....	10
1.1. - DATOS GENERALES DE LA VIA.....	10
2.1.- FALLAS GEOLÓGICAS.	18
2.1.1.-PARTES DE UNA FALLA.	19
2.1.2.- TIPOS DE FALLAS GEOLÓGICAS.....	20
2.1.2.3.-FALLAS NORMALES.....	20
2.1.2.4.-FALLAS INVERSAS.	20
2.1.2.5FALLAS TRANSFORMANTES O TRANSCURRENTES.....	20
2.2.- FALLAS EN TALUDES.....	21
2.2.1.-TIPOS DE FALLAS EN TALUDES.....	22
2.2.1.1.-DESLIZAMIENTO DE BLOQUES.....	22
2.2.1.2.-FALLA POR VOLTEO DE BLOQUES (TOPPLING FAILURE).	23
2.2.1.3.-CAÍDA DE BLOQUES.....	23
2.2.1.4.-REPTACIÓN O FLUENCIA PLÁSTICA (CREEP).....	24
2.2.1.5.-FLUJOS.....	25
2.2.1.6.-FALLA ROTACIONAL (GLOBAL O CIRCULAR).....	25
2.3.- DESCRIPCIÓN DE LA FALLA DE ANÁLISIS.....	26
2.4 -.-DATOS GEOLOGICOS Y GEOTÉCNICOS DE LA FALLA.....	28
CAPITULO 3.- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.	30
3.1 -.- IDENTIFICACIÓN DEL TRAZO A TRAVÉS DE IMÁGENES.....	31
3.2.- INFORMACIÓN POR MEDIO DE CARTAS.....	40
3.3.- ESTACION DE CONTROL ALTIMETRICO.....	42
3.4 -.- LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO.....	42
3.4.1.-PARA EL TALUD DEL LADO IZQUIERDO.....	44
3.4.2.-PARA EL TALUD DEL LADO DERECHO.	44
CAPITULO 4.- TRABAJOS DE GABINETE.....	45
4.1 -.- GEOREFERENCIACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	50

4.2.- SECCIONES TRANSVERSALES, COTAS Y ELEVACIONES.	51
4.3 .- DETERMINACIÓN DE AREAS.	52
4.4.- DETERMINACIÓN DE VOLUMENES.	53
4.5.- DIAGRAMA DE MASAS.	56
4.5.1.-PROCEDIMIENTO	56
CAPITULO 5.- PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.	58
5.1.- MURO GABIÓN.	59
5.2.- CONSTRUCCION DE PEDRAPLENES.	59
5.3.- ABATIMIENTO DEL TALUD.....	61
5.3.1.-PARA EL TALUD DEL LADO IZQUIERDO.....	62
5.3.2.-PARA EL TALUD DEL LADO DERECHO.	63
5.3.3.-CÁLCULO DE CEROS.....	64
5.3.4.-VERIFICACIÓN Y CONTROL DE CORTE.....	67
5.4.- RECONSTRUCCIÓN DE BASE, SUBBASE, SUBRASANTE Y CUERPO DEL PAVIMENTO COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN Y SEGURIDAD DEL USUARIO	70
5.4.1.-SUBRASANTE	71
5.4.2.-SUBBASE HIDRÁULICA	71
5.4.3.-BASE HIDRÁULICA.....	71
5.4.4.-CARPETA ASFALTICA.....	72
5.5.- ANCLAS DE FRICCIÓN Y DE SUJECIÓN.....	73
5.5.6.-UBICACIÓN DE LÍNEAS ANCLAS HORIZONTALES.....	74
5.6.- RECUBRIMIENTO DE TALUD CON MALLA TRIPLE TORCIÓN.....	76
CONCLUSIONES:.....	77
BIBLIOGRAFÍA:.....	78

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Figura 1.- Tramo general de la autopista Cuacnopalan–Oaxaca.	14
Figura 2.- Sección tipo en balcón para terreno montañoso de la autopista Cuacnopalan– Oaxaca.....	15
Figura 3.- Sección tipo en balcón para lomerío suave de la autopista Cuacnopalan–Oaxaca.	15
Figura 4.- Fotografía de una falla geológica.	18
Figura 5.- Esquema que representa las características de una falla geológica	19
Figura 6.- Esquema que representa las partes de una falla	21
Figura 7.-Falla por deslizamiento de bloques	22
Figura 8.- Falla por volteo de bloques.	23
Figura 9.- Falla por caída de bloques.	24
Figura 10.- Falla por reptación I.	24
Figura 11.- Falla por reptación II.	25
Figura 12.- Falla por flujos	25
Figura 13.- Falla rotacional o circular I.	26
Figura 14.- Falla rotacional o circular II.	26
Figura 15.- Falla en talud derecho del km 19 de la autopista Cuacnopalan-Oaxaca.	28
Figura 16.-Distribucion de placas tectónicas en México.	29
Figura 17.- Descripción de la dinámica de fallas geológicas.	29
Figura 18.-Talud derecho km 19 de la autopista Cuacnopalan-Oaxaca	30
Figura 19.- Levantamiento topográfico en el área de estudio.	31

Figura 20.-Planta general.	32
Figura 21.- Perfil de Terreno Natural y perfil de Proyecto.	33
Figura 22.- Proyecto Geométrico con modificaciones de trazo.	34
Figura 23.- Distribución de anclas de fricción en talud izquierdo.	35
Figura 24.- Malla triple torción en talud izquierdo.	35
Figura 25.- Distribución de anclas de fricción considerando pendiente de vialidad.	36
Figura 26.- Representación gráfica del relieve del área de estudio.	36
Figura 27.- Apreciación de la zona más crítica	37
Figura 28.- Vista satelital de las poblaciones cercanas	38
Figura 29.- Vista satelital del área de estudio.	39
Figura 30.- Carta topográfica E14B65 b	40
Figura 31.- Levantamiento topográfico a detalle en vialidad y zona afectada.	43
Figura 32.- Levantamiento a detalle de arroyo de vialidad.	45
Figura 33.- Archivo SDR abierto en bloc de notas	46
Figura 34.- Proceso de información recabada en campo a través de Excel.	47
Figura 35.- Proceso de información a través de AutoCAD, utilizando layers.	47
Figura 36.- Proceso de información a través de AutoCAD, arroyo de vialidad.	48
Figura 37.- Triangulación de puntos con ayuda de CivilCAD.	49
Figura 38.- Curvas de nivel generadas con CivilCAD	50
Figura 39.- Sección tipo.	52
Figura 40.- Generar áreas de corte.	53
Figura 41.- Muro gavión para retención de caídos.	59
Figura 42.- Pedraplén en tramo inestable de arroyo de vialidad.	60

Figura 43.- Abatimiento de talud izquierdo I.	62
Figura 44.- Abatimiento de talud izquierdo II.	63
Figura 45.- Abatimiento de talud derecho.	64
Figura 46.- Trazo de ceros de corte I.	65
Figura 47.-Trazo de ceros de corte II.	65
Figura 48.- Control de corte.	66
Figura 49.- Trazo de ceros de corte en talud derecho I.	67
Figura 50.- Trazo de ceros de corte en talud derecho II.	67
Figura 51.- Control topográfico de corte de talud I.	68
Figura 52.- Control topográfico de corte de talud II.	68
Figura 53.- Abatimiento y perfil terminado a nivel de rasante.	69
Figura 54.- Perfil de corte en talud izquierdo I.	69
Figura 55.- Perfil de corte en talud izquierdo II.	70
Figura 56.-Estructura de terracerías.	73
Figura 57.- Anclas de fricción en cara frontal de talud estabilizado.	74
Figura 58.- Distribución de anclas a tresbolillo.	76
Figura 59.- Recubrimiento de talud con malla triple torción.	76

CAPITULO 1.- PROTOCOLO DEL TRABAJO.

1.1. - DATOS GENERALES DE LA VIA.

La autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca forma parte de uno de los ejes principales de comunicación entre el centro y sur del territorio nacional ya que en conjunto con la vía México - Puebla - Veracruz permiten una comunicación expedita entre las regiones importantes de Puebla y Oaxaca con la capital del país y los estados de Veracruz, Guerrero y Chiapas.

Con un total de 243 Km., el primer tramo de la autopista, el cual abarca del Km. 0+000 al Km. 84 + 000, se localiza al sur del estado de Puebla cruzando en su trayecto 8 municipios de entre los que destaca el municipio de Tehuacán. A partir del Km. 84+ 501 la autopista se emplaza en territorio oaxaqueño atravesando 22 municipios hasta llegar a la capital de dicho estado.

El primer tramo de la autopista es una vía rápida de dos carriles con control total de accesos, presenta una corona de 12 m de ancho de los cuales 7 m pertenecen al ancho de la calzada y los 5 m restantes se dividen en dos franjas de igual tamaño ubicadas a cada extremo de la calzada (acotamientos). El ancho del derecho de vía en este tramo es de 60 m.

El segundo y último tramo modifica su sección para recibir dos carriles más convirtiéndose de este modo en una carretera de cuatro carriles de altas especificaciones con un ancho de corona de 21 m que se distribuyen de la siguiente forma: dos calzadas de 7.50 m cada una con acotamientos de 2.5 m en ambos costados y un derecho de vía 60 m. del km 216+701 al 235+000 y de 40 m del 235+001 al 240+000. Asimismo, cuenta con una barrera central de 1.00 m de ancho que separa a ambas calzadas.

El proceso de diseño y construcción de esta autopista se inició en 1993 con la evaluación y selección de la ruta definitiva entre las ciudades de Tehuacán y Oaxaca. Dicho trazo tiene su origen

en el km 204+203 de la Carretera de Cuota Puebla - Córdoba a 1.5 km del poblado de Cuacnopalan, el cual le da nombre al entronque donde comienza el tramo carretero.

Una vez elegida la ruta definitiva se procedió a la elaboración del proyecto ejecutivo sometiéndose subsecuentemente y en cumplimiento de la legislación vigente a un proceso de evaluación en materia ambiental por parte de las autoridades competentes (Instituto Nacional de Ecología) para su aprobación y posterior construcción. Así en septiembre de 1993 ingresó ante el INE la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) modalidad general de la autopista. En diciembre del mismo año, este instituto solicitó a la SCT la presentación de una MIA modalidad intermedia para poder emitir el dictamen correspondiente.

En noviembre de 1994, la SCT presentó ante la citada dependencia la MIA modalidad intermedia de la autopista como parte de la información complementaria solicitada para la evaluación de dicho proyecto carretero. Así el INE emitió la resolución No. 624 en la cual autorizaba en materia ambiental la construcción de la autopista bajo una serie de condicionantes a cumplir durante las obras. De entre los términos establecidos en la resolución sobresalen los referentes a la elaboración y seguimiento de programas de restauración y/o compensación ecológica de los bancos de material, caminos provisionales de acceso, cortes, taludes de terraplenes, zonas de derrumbe y bancos de tiro. Asimismo, en dicho dictamen el INE solicita un reporte bimestral de avance de las acciones encaminadas al mejoramiento escénico de los derrames de material en taludes naturales de las áreas cerriles y lomeríos, así como de las labores de reforestación y ornamentación de los sitios afectados por la construcción tanto dentro del derecho de vía como fuera de éste.

La SCT, en conjunto con la SEDESOL y Gobiernos estatales de Puebla y Oaxaca determinan los mecanismos necesarios para otorgar las declaratorias de Áreas Naturales Protegidas a aquellas

zonas con sitios excepcionales de gran valor ambiental y que se ubicaran dentro del área de influencia de la obra carretera. Como resultado de esta gestión el gobierno del estado de Puebla declaró como área natural protegida sujetas a conservación ecológica las regiones conocidas como “Filo de Tierra Colorada” con carácter de zona sujeta a conservación ecológica la región denominada “Tehuacán - Zapotitlán”, la cual cuenta con una superficie de 193,913-97-02.7 Has. con lo que se pretende conservar y mantener la riqueza y el patrimonio natural de dicho estado. En el caso de Oaxaca, el ejecutivo del Estado emitió el 13 de agosto de 1996 una declaratoria de igual carácter que la de Puebla en la región conocida como “Valle de Cuicatlán” con una superficie de 296,272-90-50 Has.

Los requerimientos y especificaciones técnicas del proyecto geométrico de la autopista aunados a la evaluación financiera de las distintas alternativas de trazo y las obras que cada uno de éstas implicaba fueron los factores decisivos que definieron la ruta definitiva de la carretera en los territorios poblano y oaxaqueño.

En consecuencia, y aun cuando la autopista atraviesa por varias regiones con distintas características físico-geográficas y ambientales, éstas fueron sorteadas sin tanto rigor como lo fueron las normas técnicas, la seguridad, la rapidez y el costo económico.

Por las características geológica de la zona, varias partes el trayecto se han presentado desde la inauguración de la autopista con una serie de derrumbes y deslizamientos de material en taludes de cortes y terraplenes ocasionando de manera conjunta impactos negativos muy severos en el ambiente y el paisaje circundante y reduciendo considerablemente el índice de seguridad y confort ofrecido por esta carretera al tránsito vehicular. Cabe señalar que las lluvias agravan la situación sobre todo en la estabilización de taludes.

Para dar respuesta a estos acontecimientos y poder garantizar el buen funcionamiento de la

autopista en 1996 Caminos y Puentes Federales (CAPUFE) como parte del Programa de Conservación Preventiva y Correctiva dio prioridad a la elaboración de los estudios geotécnicos correspondientes para la estabilización de cortes, reconstrucción de terraplenes, revisión de obras de drenaje, puentes y pasos inferiores así como para la modificación del trazo de un subtramo de la carretera, dejando en un segundo plano el diseño y ejecución de los programas y labores de restauración y recuperación ecológica de las distintas regiones que se vieron afectadas por el paso y construcción de la autopista.

A mediados de ese mismo año, como respuesta al dictamen emitido por la PROFEPA, se encarga al despacho Espacios Verdes S.A de C.V. la elaboración de un proyecto de restauración ecológica de las áreas afectadas por la construcción de la autopista. En este proyecto se identifican los sitios que requieren una atención prioritaria tales como zonas de cortes y terraplenes de gran altura y con problemas de estabilidad, bancos de material, bancos de tiro principalmente. Se elabora un proyecto de reforestación de dichos sitios, así como del recorrido en su totalidad siguiendo los criterios del Manual de Proyecto Geométrico y de Reforestación de la SCT. Asimismo, se elaboran recomendaciones para la estabilización de taludes.

Así, en 1997 CAPUFE dio inicio a las obras de conservación encaminadas a rehabilitar de manera total la capacidad de la Autopista para la que fue proyectada. De ese modo se ejecutan una serie de modificaciones al trazo de la carretera, así como en la pendiente de los cortes más conflictivos de la carretera específicamente del subtramo comprendido entre el km 80 + 000 al km 120 + 000. Es importante mencionar que, para la ejecución de dichas acciones de índole correctivo, el proyecto tuvo que someterse a los procedimientos correspondientes en materia ambiental y así obtener la autorización.

En cuanto a la situación ambiental de las regiones donde se emplaza la carretera, el 18 de

septiembre de 1998 el gobierno federal decretó como Área Natural Protegida con carácter de Reserva de la Biosfera el Valle de Tehuacán - Cuicatlán en los estados de Puebla y Oaxaca incorporando bajo una sola figura jurídica y administrativa las reservas naturales estatales ubicadas en esa zona con un área total de 490,186-87.5-54.7 Has.

A pesar de todos los intentos hechos por el gobierno a través del ente normativo SCT – CAPUFE, para que la carretera tenga las mejores condiciones de circulación desde el punto de vista técnico, de seguridad y ambiental, existen tramos que no se han resuelto de manera definitiva como el que se abordara en este trabajo.

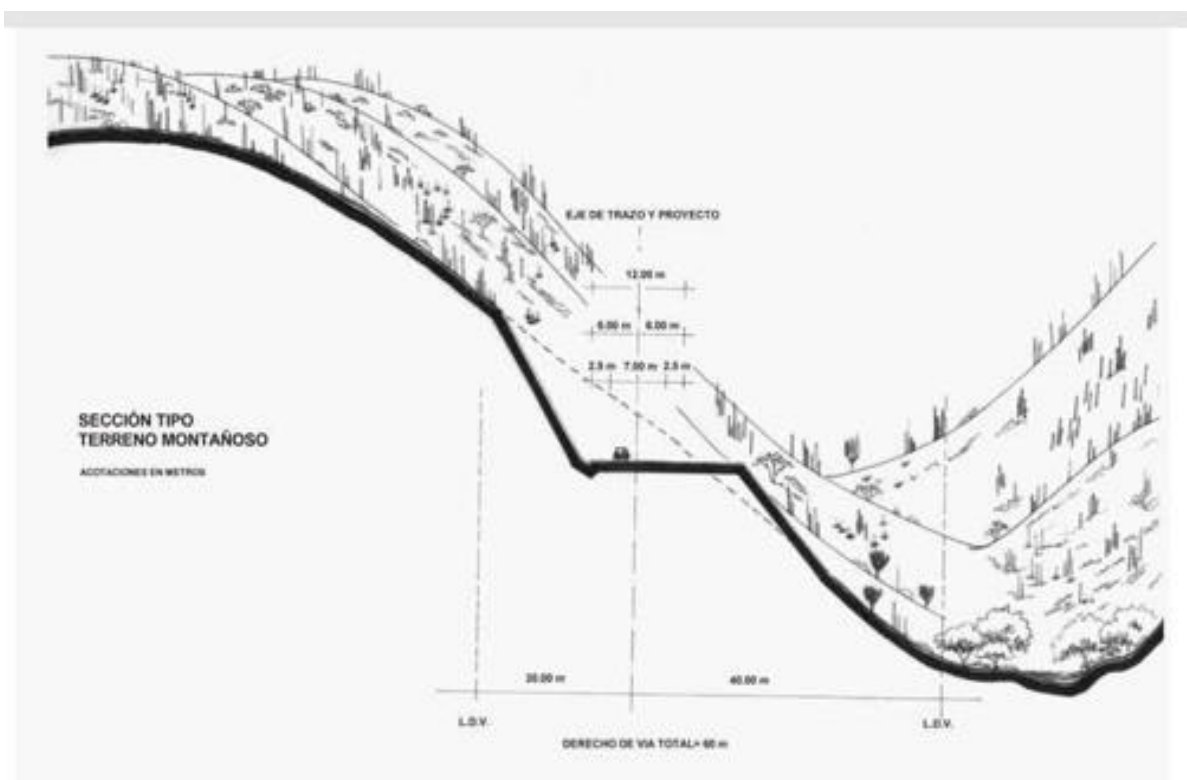


Figura 1.- tramo general de la autopista Cuacnopalan–Oaxaca.

Datos viales del 2018, otorgados por la Dirección general de servicios técnicos.

PUEBLA

22 CARR: Cuacnopalan - Oaxaca (Cuota)

CLAVE: 00109

RUTA: MEX-135D

AÑO: 2017

L U G A R	E S T A C I O N			C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O														C O O R D E N A D A S		
	KM	TE	SC	TOPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
T. Der. Cuacnopalan	1.80	3	0	9220	0.5	70.4	6.5	8.8	2.7	6.2	1.6	2.4	0.9	70.9	6.5	22.6	0.080	0.502	18.810358	-97.490581
Caseta de Cobro Tehuacán	40.00	2	0	10220	0.4	73.5	7.3	4.0	5.1	5.3	1.0	2.8	0.6	73.9	7.3	18.8	0.083	0.500	18.487160	-97.456032
T. C. Puebla - Tehuacán	40.00	3	0	5548	0.7	65.6	7.9	10.4	3.7	5.9	1.9	3.1	0.8	66.3	7.9	25.8	0.069	0.504	18.483618	-97.456554
X. C. Tehuacán - Huajuapán de León	48.00	3	0	5694	1.0	68.7	7.6	8.9	3.4	5.6	1.6	2.7	0.5	69.7	7.6	22.7	0.066	0.517	18.423354	-97.413061
T. Izq. San Gabriel Chilac	61.00	3	0	4777	0.7	65.0	8.6	9.1	5.0	5.7	1.6	3.6	0.7	65.7	8.6	25.7	0.073	0.527	18.332480	-97.368843
Caseta de Cobro Miahuatlán	71.42	2	0	4976	0.6	68.8	8.9	4.4	6.4	5.3	1.2	3.7	0.7	69.4	8.9	21.7	0.083	0.500	18.264654	-97.315567
Lim. Edos. Term. Pue. Ppia. Oax.	83.50																			
Caseta de Cobro Coixtlahuaca	141.30	2	0	4240	0.5	68.4	9.1	4.1	6.4	5.5	1.1	4.2	0.7	68.9	9.1	22.0	0.083	0.500	17.726011	-97.353765
T. Izq. Asunción Nochistlán	174.90	1	0	4874	0.7	62.7	10.1	10.2	3.8	6.4	1.3	3.9	0.9	63.4	10.1	26.5	0.068	0.504	17.466972	-97.249722
T. Izq. Asunción Nochistlán	175.50	3	0	6424	0.8	68.7	6.0	11.4	3.5	5.2	1.5	2.0	0.9	69.5	6.0	24.5	0.067	0.516	17.457214	-97.242674
Caseta de Cobro Huixtla	220.00	2	0	6241	0.6	78.8	5.8	3.5	4.2	3.5	0.6	2.6	0.4	79.4	5.8	14.8	0.083	0.500	17.275036	-96.915258
T. C. Huajuapán de León - Oaxaca	242.70	1	1	3835	2.7	76.7	2.5	8.9	3.3	2.4	1.1	1.9	0.5	79.4	2.5	18.1	0.066	0.504	17.147361	-96.784833
T. C. Huajuapán de León - Oaxaca	242.70	1	2	3891	2.4	70.7	5.5	11.8	2.5	3.7	0.7	2.4	0.3	73.1	5.5	21.4	0.076	0.504	17.147389	-96.784806

Tabla 1.- Autopista MEX135D Cuacnopalan - Oaxaca (cuota).

OBJETIVO GENERAL.

Determinar cuál es el papel y la trascendencia de los “estudios Topográficos, planímetros, altimétricos y de volumetrías, necesarios para determinar una posible solución a la falla geológica transversal ubicada en el kilómetro 19+000 de la autopista CUACNOPALAN-OAXACA”, que contribuyan a determinar la mejor solución desde el punto de vista constructivo de este punto conflictivo.

OBJETIVOS PARTICULARES.

Realizar los levantamientos topográficos a detalle de la zona de estudio tomando en cuenta las características específicas de esta falla de origen geológico, estos levantamientos se realizan sobre la superficie de rodamiento, los taludes afectados y cualquier otro detalle que surja en la zona de estudio, evitando errores que incidan en la toma de decisión para resolver la situación actual del camino.

Procesar la información obtenida en campo, para determinar los desplazamientos, su magnitud e ir contribuyendo en la solución más viable desde el punto de vista constructivo.

Verificar que los datos del proyecto ejecutivo coincidan con los que existe físicamente al momento de realizar los trabajos para estabilizar, detener o implementar alguna alternativa de solución que mitigue el riesgo para los usuarios de esta importante vía de comunicación.

Contribuir con el control topográfico sobre la solución adoptada que logre la Asimilar la estabilización de los taludes, y de los pavimentos.

HIPÓTESIS DEL TRABAJO.

Demostrar la importancia en la aplicación de la topografía con métodos de planimetría y altimetría simultáneas, así como determinación de volúmenes, para resaltar que estos trabajos son indispensables en la determinación de una o más soluciones constructivas viables ante la problemática que representa la falla geológica del km 19+000 de la autopista Cuacnopalan-Oaxaca, a través de la obtención de datos en campo y el procesamiento de la misma en gabinete, además de la elaboración de planos para obtener una mejor representación gráfica de las

características topográficas del relieve ante esta condición geológica que nos dé una mejor comprensión del problema y ayude de manera precisa a identificar de manera multidisciplinaria por todas las áreas de la ingeniería de carreteras la problemática y puedan tomar las mejores soluciones para mitigar este tipo de eventos tan comunes en las carreteras.

CAPITULO 2.- DEFINICIONES GENERALES Y DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

2.1.- FALLAS GEOLÓGICAS.

Es una fractura en la Tierra provocada por el deslizamiento entre dos o más placas tectónicas y se desarrollan principalmente en zonas frágiles. Son provocados por los movimientos de contracción, divergencia y repulsión, y por la fuerza de gravedad que generan la discontinuidad de los bloques en las capas terrestres a través de un plano de falla. Cuando las fallas rebasan la profundidad de deformación frágil se comienzan a formar montañas sobre la superficie terrestre.



Figura 4.- Fotografía de una falla geológica.

Este tipo de falla es común que afecte obras de infraestructura carretera, por ello siempre es importante encontrar los procedimientos y los métodos adecuados para mitigar en la medida de lo posible sus efectos en la red carretera, en este trabajo abordaremos de manera puntual el estudio de caso del kilómetro 19 de la carretera de cuota Cuacnopalan Oaxaca, en dirección hacia Tehuacán.

2.1.1.-PARTES DE UNA FALLA.

Plano de falla: plano sobre el cual se separan los bloques de falla.

Bloques de falla: se les denomina así a las dos partes de roca que son separadas por el plano de falla.

Salto o desplazamiento: es la distancia que se ha movido el plano de falla.

Estrías de falla: las diversas líneas que aparecen a lo largo del plano de falla, pueden tener cualquier dirección.

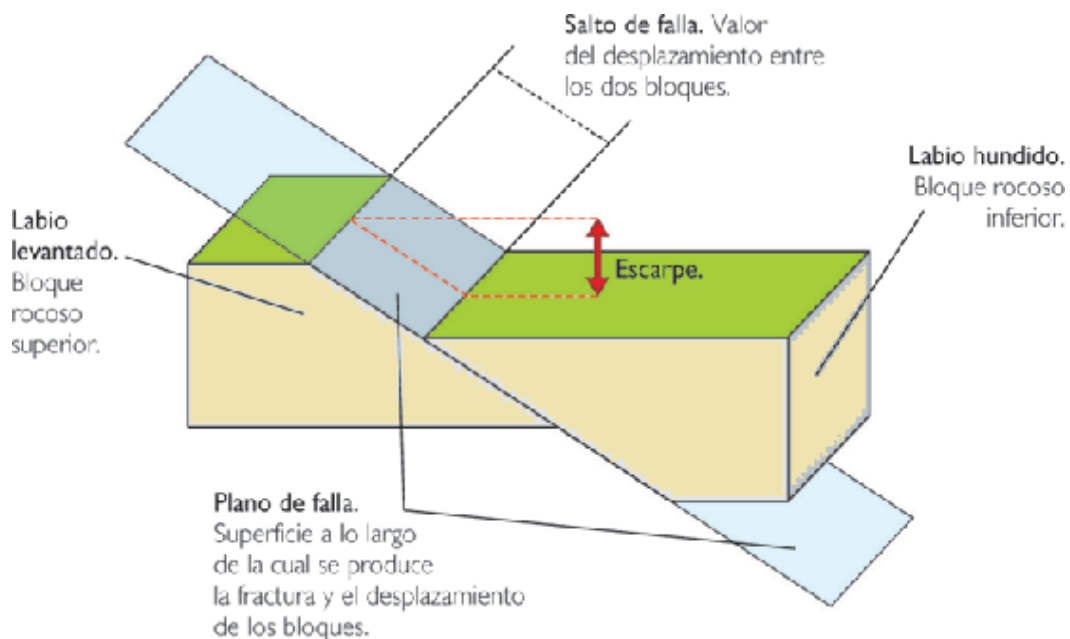


Figura 5.- Esquema que representa las características de una falla geológica.

2.1.2.- TIPOS DE FALLAS GEOLÓGICAS.

Su principal caracterización se basa en la dirección, buzamiento del plano de falla y la cinemática de esta.

Existen tres tipos principales de fallas geológicas los cuales son los siguientes: normales, inversas y transcurrentes o transformantes.

2.1.2.3.-FALLAS NORMALES.

Aquellas que se forman por la acción de fuerzas de tensión, es decir fuerzas extensivas, que fracturan la corteza terrestre y hacen que un bloque de roca se deslice hacia abajo con respecto a otro bloque de roca a través de un plano de falla.

2.1.2.4.-FALLAS INVERSAS.

Son aquellas que se forman por la acción de fuerzas compresivas, que causan el fracturamiento de la corteza terrestre que hacen que un bloque de roca se deslice sobre otro, a través de un plano de falla.

2.1.2.5FALLAS TRANSFORMANTES O TRANSCURRENTES.

Este tipo de fallas son formadas por fuerzas compresivas oblicuas al plano de falla principal, que causan el fracturamiento de la corteza terrestre y logran que los bloques de roca se muevan

paralelos y en dirección opuesta, a través de un plano de falla. Y estas a su vez pueden ser clasificadas como dextrales o siniestrales.

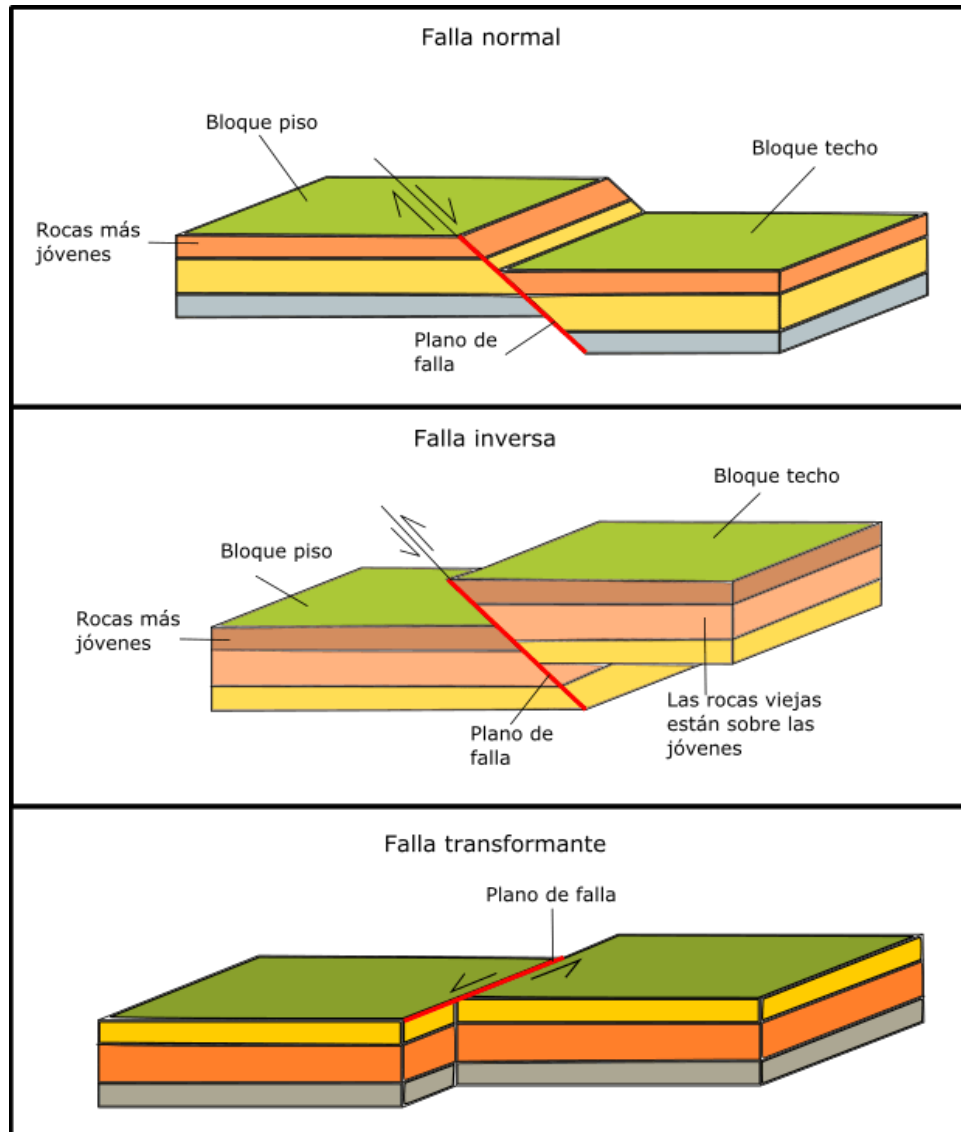


Figura 6.- Esquema que representa las partes de una falla.

2.2.- FALLAS EN TALUDES.

Es el deslizamiento en masa del componente de un talud, debido a la pérdida de estabilidad, provocado por diversos factores como pueden ser, lluvia, fracturas, peso. Estos deslizamientos

pueden ser de forma lenta o rápida y brusca, y varían con cada uno de ellos.

2.2.1.-TIPOS DE FALLAS EN TALUDES.

Se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.2.1.1.-DESLIZAMIENTO DE BLOQUES.

Se presenta comúnmente en rocas estratificadas (sedimentarias), pseudoestratificadas (ígneas) o foliadas (metamórficas). Aunado a la geometría del talud y a la disposición espacial (estereografía) de los pseudoestratos, estratos y foliaciones de los materiales del talud.



Figura 7.-Falla por deslizamiento de bloques.

2.2.1.2.-FALLA POR VOLTEO DE BLOQUES (TOPPLING FAILURE).

Se presenta igual en rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas, que forman bloques sensiblemente prismáticos con tendencia a volcar y/o fallar en su base y la naturaleza geométrica de los prismas o cubos de las rocas. También se usan las técnicas estereográficas y levantamientos de campo.

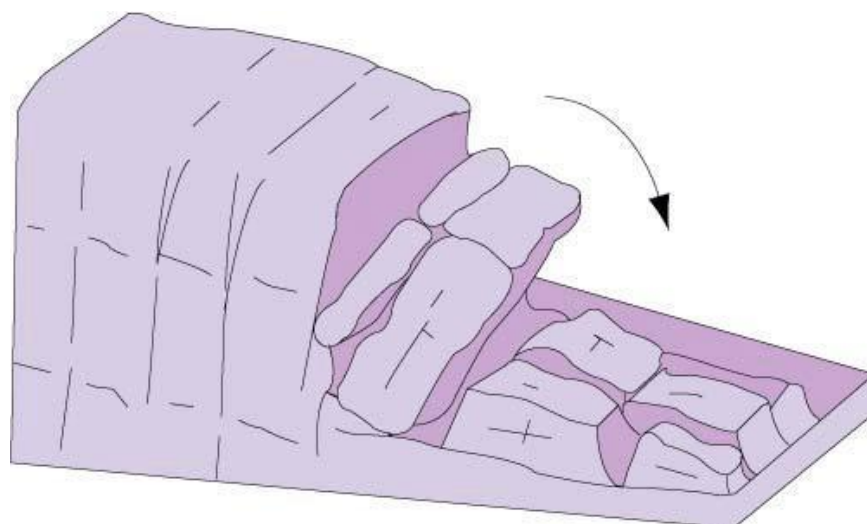


Figura 8.- Falla por volteo de bloques.

2.2.1.3.-CAÍDA DE BLOQUES.

Se presenta igual en rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas, e incluso suelos consolidados con fragmentos de roca mediano o grandes; que son susceptibles de desprenderse y afectar la superficie de rodamiento de la carretera y por ende a los usuarios de transitan en ellas.

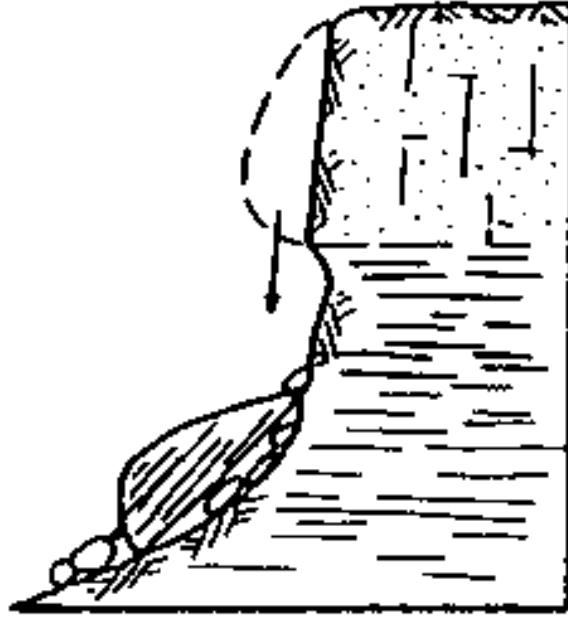


Figura 9.- Falla por caída de bloques.

2.2.1.4.-REPTACIÓN O FLUENCIA PLÁSTICA (CREEP).

Se presenta en suelos residuales arcillosos y/o limosos; que se apoyan en otros más resistentes o sobre capas de roca dura. En terrenos accidentados provoca inestabilidades que se complican por factores como la lluvia, sismos y la actividad humana.



Figura 10.- Falla por reptación I.



Figura 11.- Falla por reptación II.

2.2.1.5.-FLUJOS.

Se presenta en suelos residuales arcillosos y/o limosos; que son sensibles a cambiar su estado físico en función de la cantidad de agua, el suelo se somete a un proceso geomorfológico denominado solifluxión. Por su origen, hay varios tipos de flujos.

Es importante que el Ingeniero tome en cuenta el LL y LP de la fracción fina, así como el % de los mismos en el terreno.

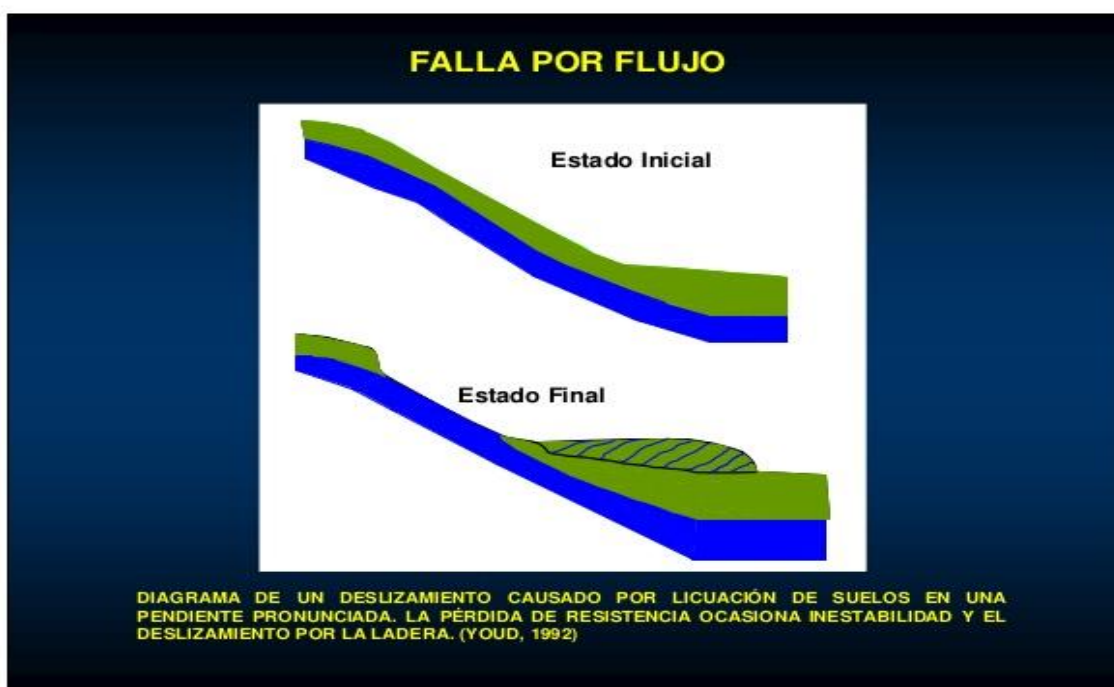


Figura 12.- Falla por flujos.

2.2.1.6.-FALLA ROTACIONAL (GLOBAL O CIRCULAR)

Se presenta en suelos residuales arcillosos y/o limosos; principalmente por la pérdida de resistencia al esfuerzo cortante del terreno, o a una serie de combinaciones externas como mal procedimiento constructivo, lluvias, etc. Son difíciles de predecir y a la vez los más comunes.

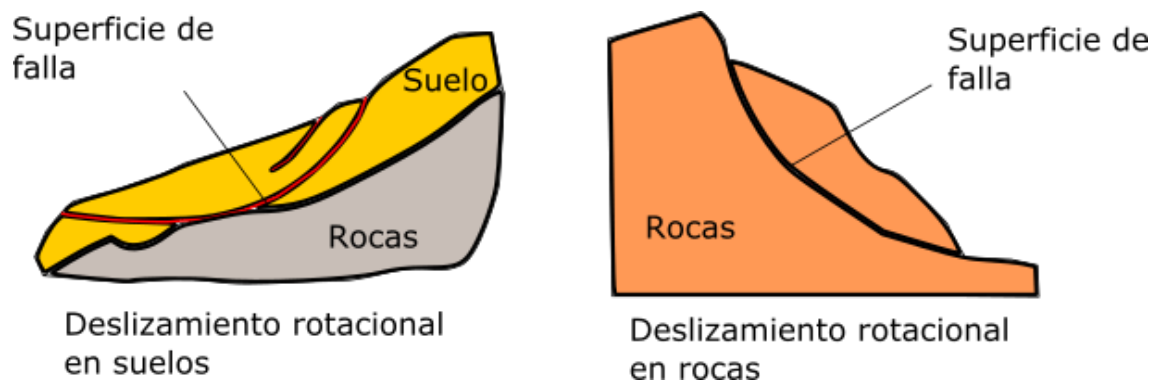
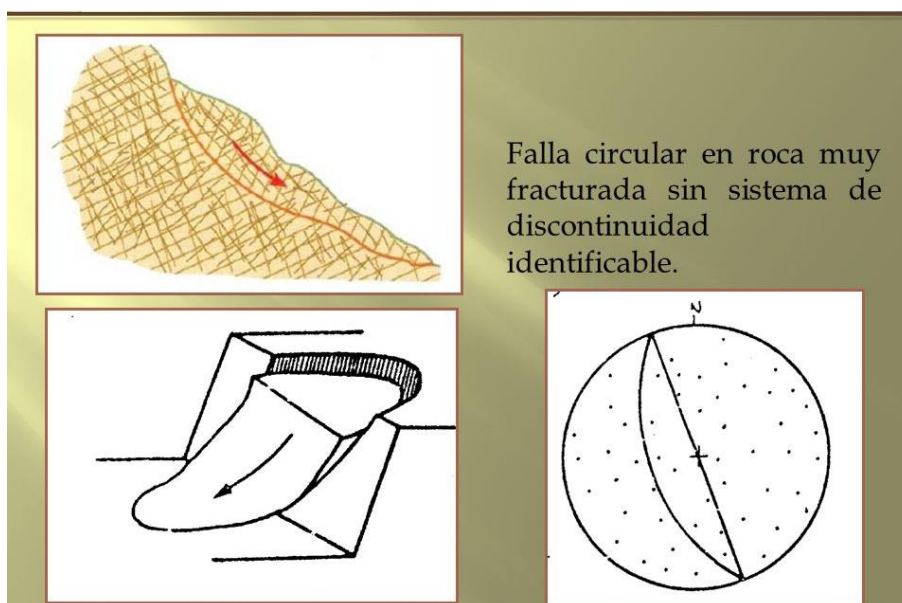


Figura 13.- Falla rotacional o circular I.



Falla circular en roca muy fracturada sin sistema de discontinuidad identificable.

Figura 14.- Falla rotacional o circular II.

2.3.- DESCRIPCIÓN DE LA FALLA DE ANÁLISIS.

La falla que se presenta en el talud derecho de la zona en estudio es del tipo circular. Este tipo de fallas suele darse en suelos rocosos demasiado fracturados, donde las líneas de fractura tienen muchas direcciones y estas a su vez solo siguen el terreno más débil.

Normalmente los hilos de rotura suelen estar muy cercanos a la pata del talud (pateo), aunque

también hay ocasiones en que pueden estar por arriba o por debajo de esta. Dichas condiciones varían según las características particulares de cada falla, como es el caso que nos ocupa.

Tiene una longitud de 300 metros lineales, aproximadamente. Está conformada en su mayoría por roca fracturada por cuestiones naturales como son el sol, la lluvia, el intemperismo, la carga del peso del mismo cerro.

Cuenta con un deslizamiento en masa hacia la superficie de rodamiento, desde la parte más alta del talud hasta la mitad del ancho de corona, lo cual nos hace referencia que necesita ser tratado con urgencia. Otra de las cuestiones más difíciles e inquietantes que la conforman son las fracturas de bloques de rocas que pueden desprenderse en cualquier momento y dañar algún vehículo y/o quedar varado a mitad de carretera bloqueándola con todas las consecuencias que eso origine.

Su composición litográfica es compleja, en la parte del pateo es en su mayoría roca maciza, y la parte superior la mayor cantidad es arcilla. Además de roca basáltica entre ambos extremos ya descritos.

La profundidad y la dirección de las grietas es muy variada y la forma de obtener una respuesta más acertada fue a través de un estudio de mecánica de suelos, a través del monitoreo constante con inclinómetros, que son tubos verticales colocados al interior de una perforación que normalmente oscila entre 30 a 50 m y varía según la afectación, el tipo de material, y el tipo de trabajo que se piense realizar. Posterior a este estudio se obtienen la dirección de las grietas, profundidad, tipo de material que lo componen, entre otras características como son el estar juntas o el haberse creado por efectos de la falla geológica lo que las vuelve todavía más complicadas en su diagnóstico y muy difícil de estabilizar.



Figura 15.- Falla en talud derecho del km 19 de la autopista Cuacnopalan-Oaxaca.

2.4 .-DATOS GEOLOGICOS Y GEOTÉCNICOS DE LA FALLA.

La corteza continental del sur de México tiene como caracterización y composición de rocas graníticas, de densidad y peso menor a las rocas basálticas de las que se compone la corteza oceánica, es decir la placa oceánica es más densa y más pesada que la placa continental. dentro de la placa tectónica continental “Norteamérica” se encuentra en constante interacción con la placa oceánica conocida como “Placa de Cocos”.



Figura 16.-Distribucion de placas tectónicas en México.

La placa de Cocos tiene un movimiento con dirección hacia el este, en un desplazamiento promedio de 7 centímetros por año, que genera una colisión de placas, de manera que la corteza oceánica es destruida en la **zona de decreción** de la fosa mesoamericana y una parte más pequeña de ella se suma a la corteza continental en la **zona de acreción** en el talud continental. Estos movimientos dinámicos de placas continentales presentan una gran influencia sobre la falla de estudio, que en la perteneciente a Cuicatlán.

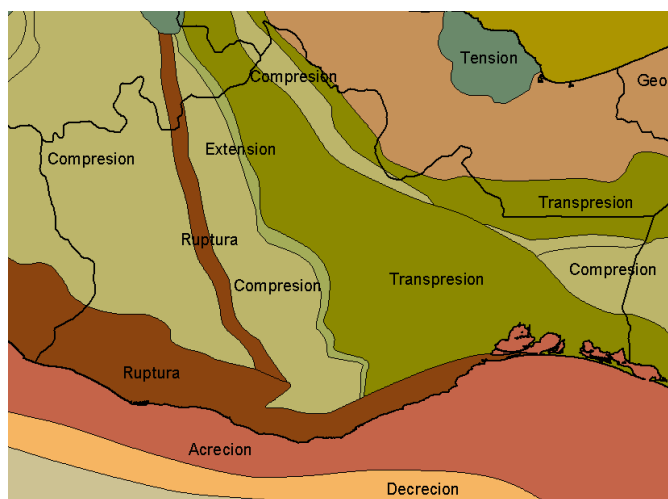


Figura 17.- Descripción de la dinámica de fallas geológicas.

Por su posición geográfica, se trata de la falla Cuicatlán, que se localiza al norte de Oaxaca y sur de Puebla tiene un desarrollo de casi 28 Km, con rumbo NW 30° SE y echados desde 68° buzando hacia el NE hasta verticales, afectando algunas formaciones como Tilantongo, Tehuacán y conglomerados terciarios de los valles de Cuicatlán.



Figura 18.-Talud derecho km 19 de la autopista Cuacnopalan-Oaxaca.

CAPITULO 3.- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.

En general estos estudios que tienen como objetivo el recabar información en los ejes X,Y, Z, para el análisis y diagnóstico de las fallas geológicas en tramos carreteros como en este caso, deben ser realizados por parte de un Ingeniero topógrafo con la finalidad de tener un alto grado de certeza en la información base necesaria para la determinación del área afectada, el relieve, volúmenes de abatimiento, deslizamiento, profundidad, comparativos de comportamiento, además del control topográfico de la obra adoptada como solución, e incluso una evaluación ex post implantación, para corroborar que la alternativa seleccionada corrige o mitiga el impacto de la falla estudiada.

El levantamiento topográfico en general y descrito de manera simple es la obtención de puntos del terreno, a través de equipo electrónico de alta precisión (Estación Total). Por medio de alguno de los métodos de levantamiento y con ayuda de puntos de control propagados a través de una poligonal de apoyo con la precisión angular y lineal suficientes para garantizar la calidad de la información recabada.

A lo largo de este trabajo desarrollamos diversos levantamientos tomando puntos clave como la ubicación de los deslizamientos, puntos de detalle, cambios de pendiente, puntos altos y bajos del talud, cambios de nivel, zonas afectadas, derecho de vía, terreno natural, banquetas, bordillos, defensa metálica, cunetas e información adicional, puntos de referencia, entre otros.



Figura 19.- Levantamiento topográfico en el área de estudio.

3.1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRAZO A TRAVÉS DE IMÁGENES.

La interpretación de planos y de imágenes satelitales proporciona información complementaria o de anteproyecto indispensable para saber qué zonas son las más importantes a

tratar y en las cuales es necesario abordar con mayor cuidado y evitar errores que propicien información sesgada en la interpretación de los resultados. La ubicación geográfica, zonas vulnerables, detalles y dirección al norte, son algunas de las cosas que podemos observar en este tipo imágenes.

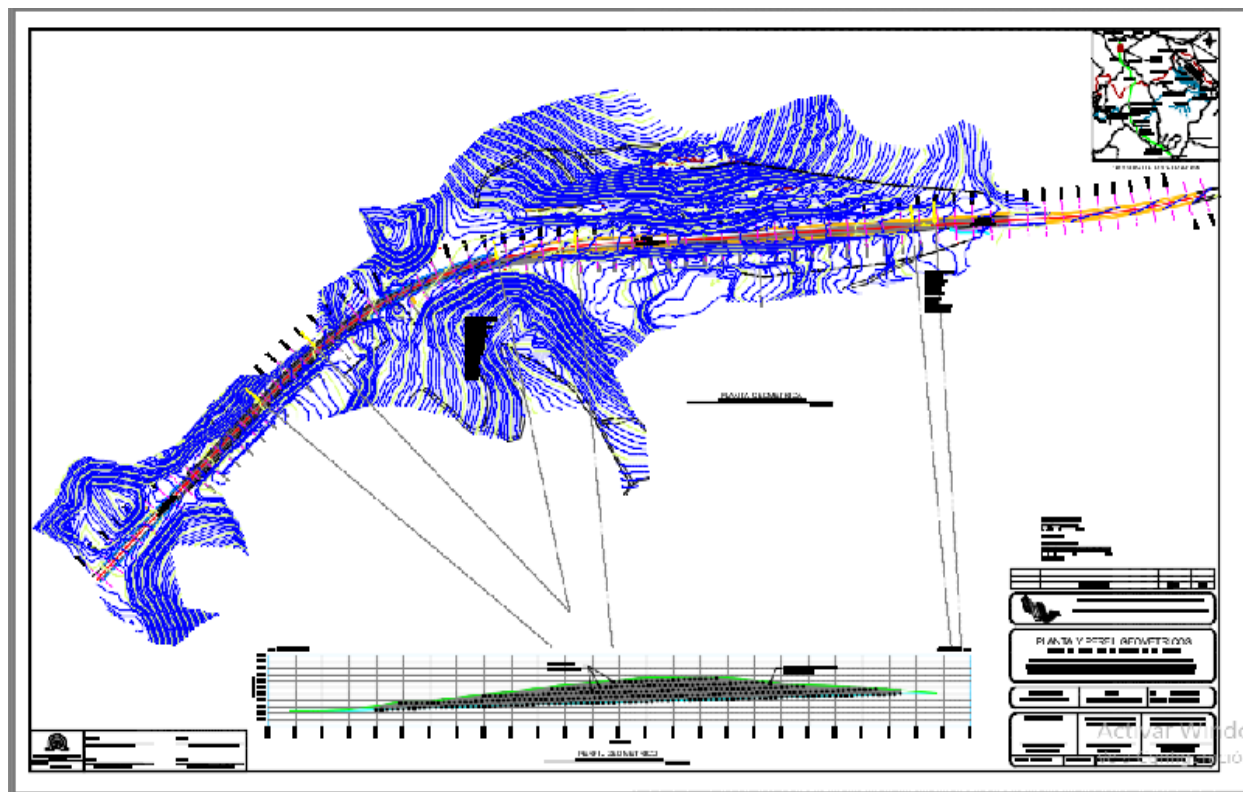


Figura 20.-Planta general.

En la imagen podemos apreciar el plano general, el cual muestra específicamente la gran mayoría de los componentes del área de estudio. Las curvas de nivel están identificadas con las líneas azules, y representan el relieve topográfico, donde se observa de manera detallada la configuración del terreno donde está alojada la falla geológica del kilómetro 19.

El proyecto geométrico, el eje de vialidad, las estaciones, y otras características como cunetas, muro gavión, escala gráfica y numérica, los taludes, lugar, vista frontal del corte, entre otras,

también los levantamientos topográficos se realizaron de manera minuciosa, como se observa en la figura 21.

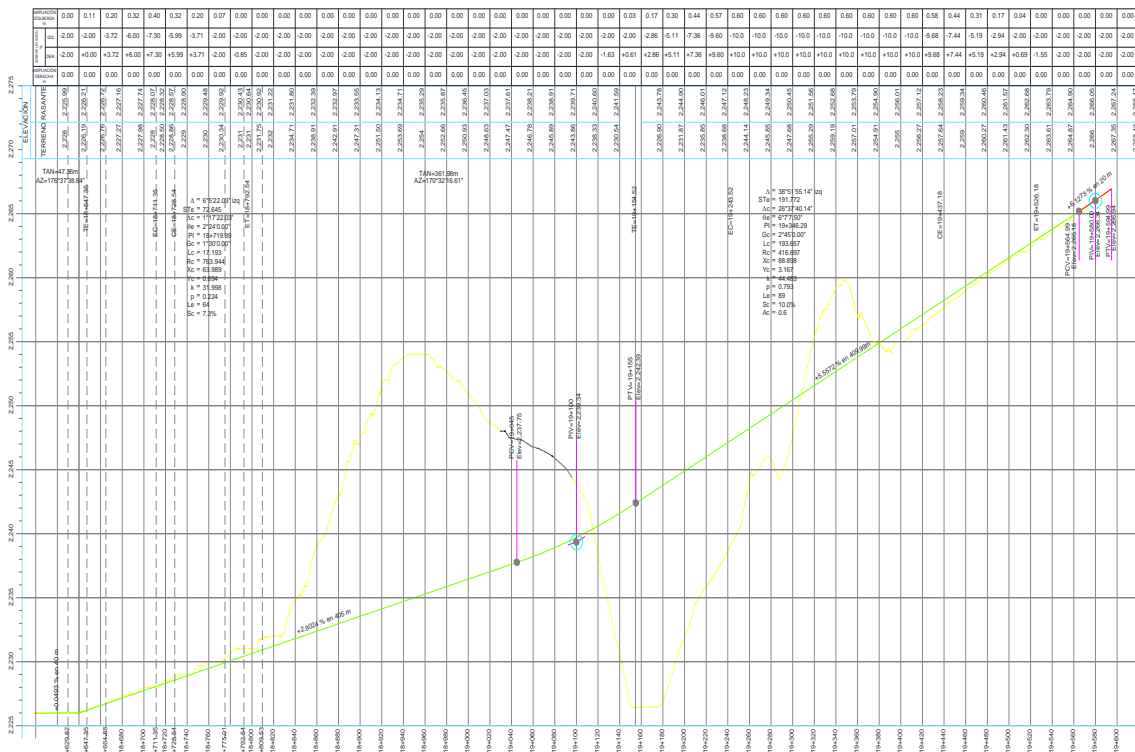


Figura 21.- Perfil de Terreno Natural y perfil de Proyecto.

Aquí se aprecian los perfiles de la vialidad, el del terreno natural (TN). Cada uno representado con una capa y color distinto, y haciendo énfasis en tener una pendiente más uniforme respecto a lo irregular que se encuentra, misma que es una posible solución constructiva, así como los puntos de inflexión vertical, determinantes para lograr contrarrestar los efectos de empuje del talud por el deslizamiento de la falla. Asimismo, están marcadas las estaciones geométricas, empezando desde la primera que coincide con el km 18+600 hasta la estación 19+600, identificadas a cada 20 metros de distancia horizontal e indicando también sus componentes en curvas verticales y horizontales, principio de curva (P.C) y principio de tangente (P.T).

Otra de las cosas que se obtuvieron gracias a la topografía, son las pendientes, las cuales gráficamente se están comparando las distancias horizontales con las distancias verticales, dando como resultado las pendientes, representadas el porcentaje. También se representa en las cantidades de material que se pretende ejecutar en cuanto a corte y terraplén tomando características como el costo/beneficio más conveniente para el movimiento de tierras, con la maquinaria específica para cada actividad., para una mejor proyección y evitar costos demasiado elevados.

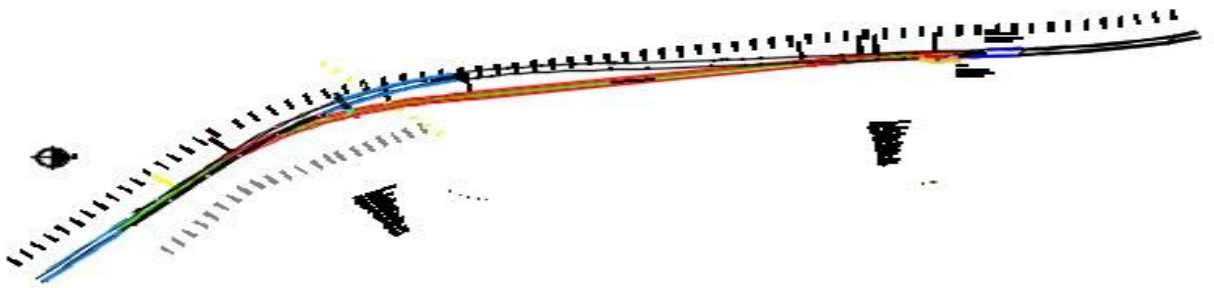


Figura 22.- Proyecto Geométrico con modificaciones de trazo.

Aquí se aprecia el proyecto geométrico de la vialidad, con cada uno de sus componentes como el eje de vialidad existente, que pasa por el centro geométrico de la vialidad; algo muy importante y que se dejó ver como solución desde el punto de vista constructivo, pero obtenido por la función primordial que representan los levantamientos topográficos, es el eje de vialidad nuevo que se desplaza en la zona más crítica hasta 8 metros horizontales con respecto al eje existente, alejándose del talud derecho, para ganar un poco más de distancia de la zona con mayor afectación y mejorar la seguridad de los usuarios.

Las estaciones geométricas de la vialidad siguiendo el sentido de la vialidad, que parten del

18+600 hasta el 19+600.

Las componentes de las curvas como el principio de curva (P.C) y principio de tangente (P.T), por lo pequeño de la distancia horizontal que hay entre tangentes, determinaron dos curvas horizontales, indicando ahí la deflexión, grado de curvatura, subtangentes y demás elementos que la conforman.

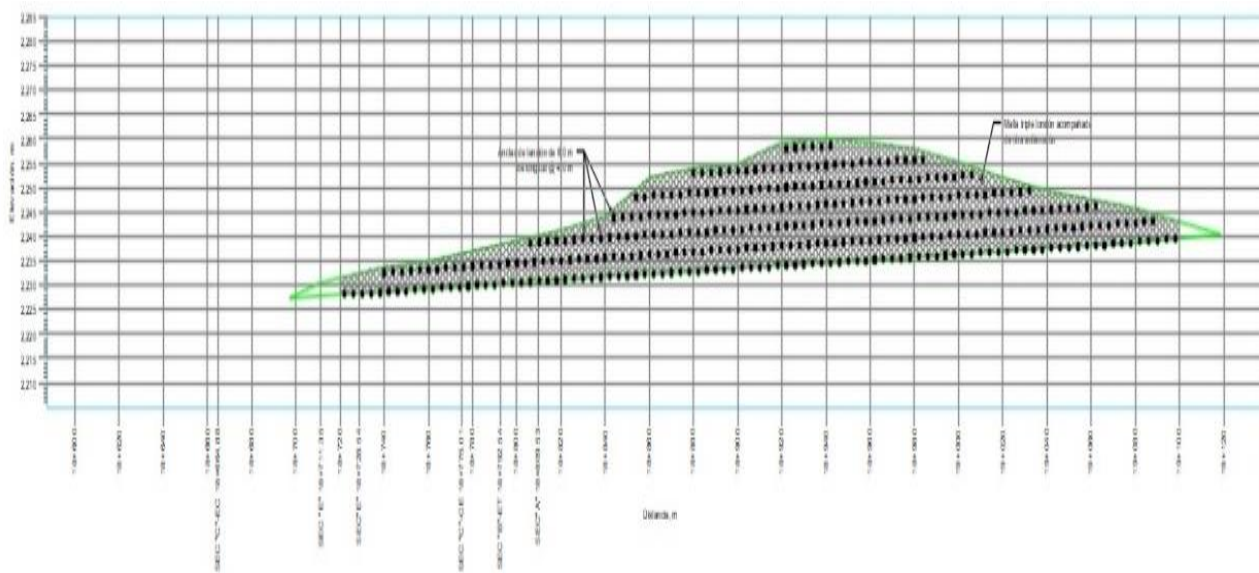


Figura 23.- Distribución de anclas de fricción en talud izquierdo.

Lo que podemos apreciar en la imagen, es la distribución de anclas de fricción que se pretende llevar a la cara frontal del talud izquierdo. Colocadas a una distancia de 4 metros horizontal y vertical a tresbolillo, conservando la inclinación de la vialidad.

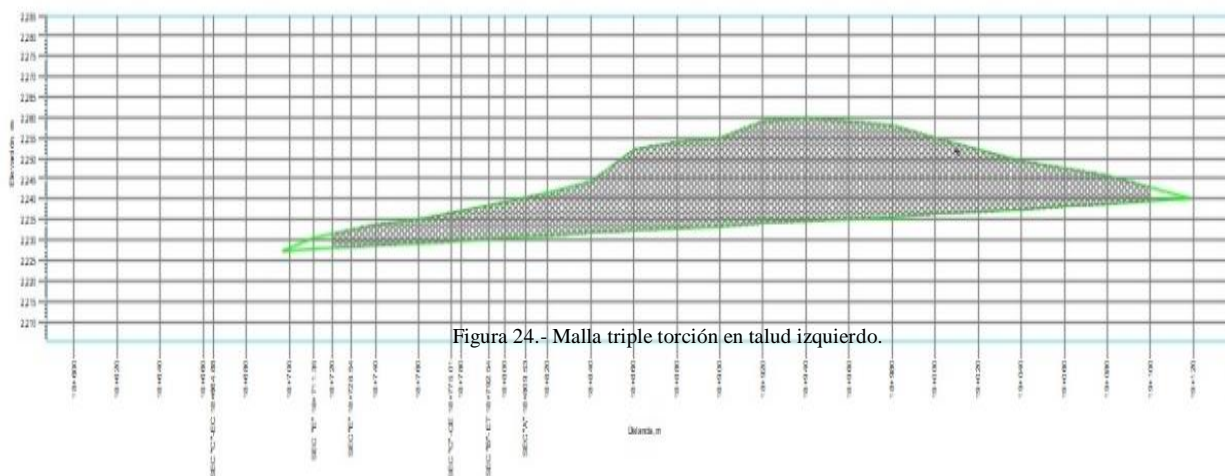


Figura 24.- Malla triple torsión en talud izquierdo.

En la imagen 24 podemos apreciar de manera gráfica cómo podría quedar la cara del talud del lado izquierdo después de haber sido abatido y colocado las anclas de fricción. Cubierto con malla triple torsión por completo en la cara frontal del corte del talud izquierdo.

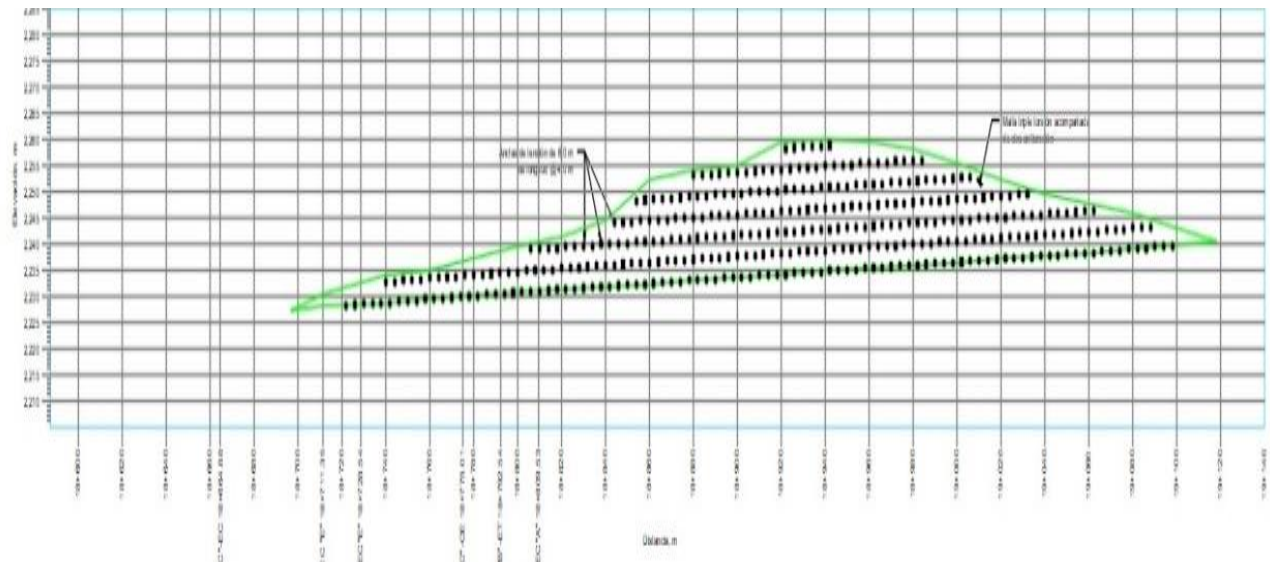


Figura 25.- Distribución de anclas de fricción considerando pendiente de vialidad.

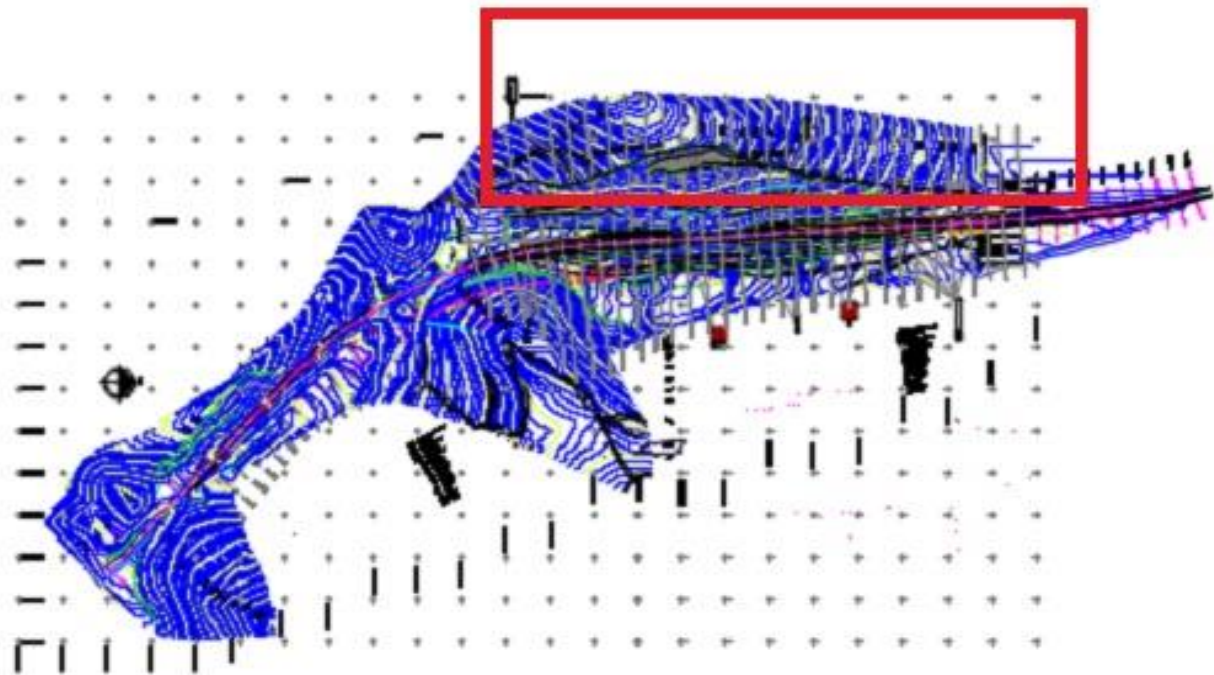


Figura 26.- Representación gráfica del relieve del área de estudio.

En esta parte se resalta la zona más afectada por parte de la falla geológica del km 19 de la autopista Cuacnopalan-Oaxaca, identificada con un rectángulo rojo. Es la zona más vulnerable e inestable, además la altura rebasa los 65 metros con respecto al nivel de la rasante existente en la zona más crítica.

La distribución de las anclas de fricción que se colocaran cubriendo la cara frontal del talud del corte izquierdo. A una distancia de 4 metros horizontal y 4 metros vertical, colocadas y distribuidas a tres bolillo. (figura 25).

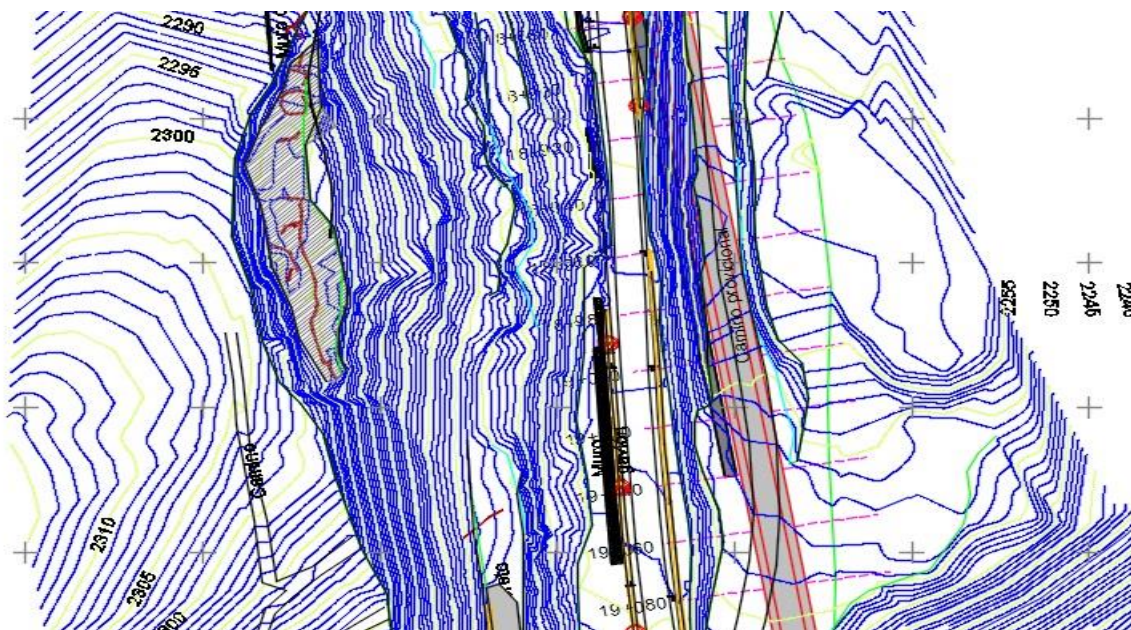


Figura 27.- Apreciación de la zona mas critica.

En la imagen 27 se identifica la misma zona de estudio con mayor inestabilidad, haciendo un acercamiento de tal manera que se aprecian mejor las características fisiográficas a través de las curvas de nivel, de este que tiene la mayor vulnerabilidad.

También se observa el muro gavión, que esta con la finalidad de retener caídos y el cual ya se encuentra en mal estado. Así como también el desgajamiento en masa del talud derecho. Y muestra

la cercanía a donde se encuentra la pata del talud del arroyo de vialidad, aumentando su peligrosidad. Las curvas de nivel están a cada 1 m y las curvas maestras a cada 5 m.

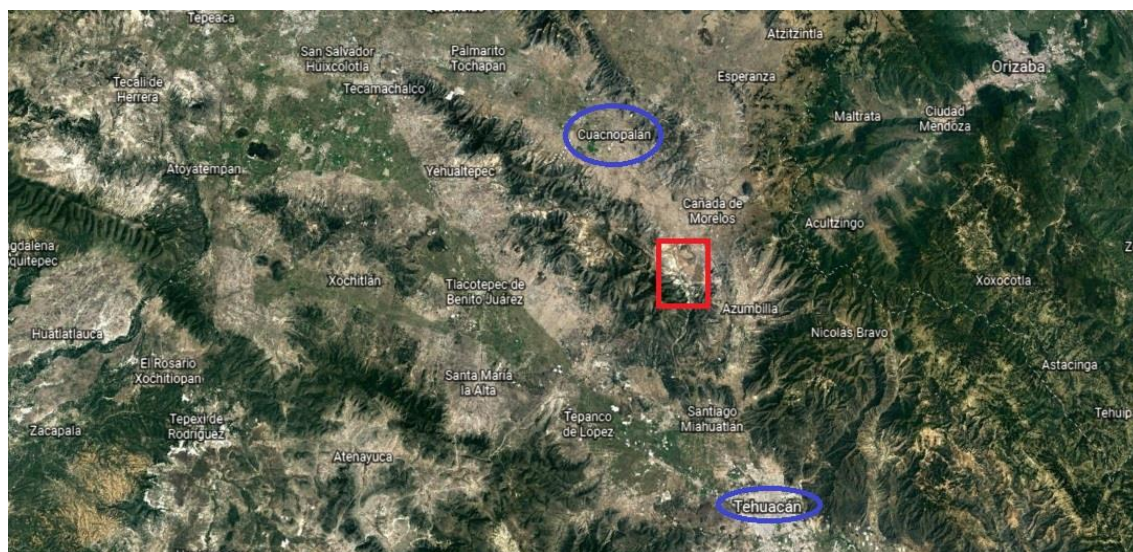


Figura 28.- Vista satelital de las poblaciones cercanas. Tomada de Google Earth.

Otra imagen del área en estudio tomada del Google Earth, muestran las localidades más cercanas a la falla, San José Ixtapa y Tehuacán. También se observa que el tipo de vegetación que hay en la región no es alta, constituida en su mayoría por arboles pequeños, matorrales desérticos, cactus, biznagas y magueyes.



Figura 29.- Vista satelital del área de estudio.

Otra imagen más tomada en satélite, con un zoom más cercano al área de estudio para apreciar más a detalle el área en estudio, el kilómetro completo incluyendo los 300 metros longitudinales de falla.

En esta imagen se tiene una mejor apreciación de la afectación que se tiene en la biosfera Cuicatlán.

Del lado izquierdo de la vialidad, la zona con mayor vegetación y que lamentablemente tendrá que ser invadida por los trabajos de estabilización del talud.

El área afectada varía según lo largo de la falla, en los extremos de principio y fin, son los menos afectados debido a que la altura del talud es mayor en el centro de este.

En la parte central del talud derecho es la zona con mayor afectación debido al desprendimiento del cerro el cual alcanza los 15 metros más 20 metros debido a la proyección de cerros de corte, unos 35 metros aproximadamente.

Son la representación gráfica del relieve terrestre. Tomando en cuenta posición planimétrica y altimétricas a través de sistemas de coordenadas y de curvas de nivel. Así como la representación gráfica de la escala. En su representación podemos encontrar información como hidrografía, relieve, poblaciones y la vegetación. Se rige por diversos niveles de aproximación que van desde el primer nivel, segundo nivel y tercer nivel.

Para este caso, se buscó la carta topográfica que fuera más cercana al área de trabajo, y la que se encontró es la carta topográfica E14B65 b, de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el área de Topografía.

Con una escala de 1:20 000 se aprecia la zona de manera muy cercana, permitiendo apreciar todo a mayor detalle.

Las curvas de nivel ayudan a tener una mejor interpretación del relieve del terreno, podemos apreciar que el área de estudio se encuentra ubicada en una región levemente montañosa

Se observa el trayecto de la autopista Cuacnopalan-Oaxaca desde varios kilometro atrás y posteriores.

En cuanto a la hidrografía podemos apreciar algunos cuerpos de agua cercanos al área de estudio, existe uno en especial que pasa a un costado de la zona afectada.

Las poblaciones aledañas son lugares que pueden ser de utilidad para conseguir mano de obra, hospedaje, comida, servicios como talachería, gasolina, etc.

Se aprecia la carretera federal Puebla-Tehuacán, que se podría ser de ayuda en caso de que haya algún colapso en el transcurso de los trabajos de estabilización que obliguen a cerrar la autopista y se tenga que tomar alguna vía alterna.

3.3.- ESTACION DE CONTROL ALTIMETRICO.

El proceso de nivelación de terracerías se lleva a cabo de manera ordenada y muy precisa. Las volumetrías son un proceso muy delicado debido a que depende de muchos factores para dar con el espesor requerido.

Será necesario correr bien una nivelación diferencial por algunos de sus métodos, dejando sobre la vialidad, a una distancia considerable y no tan lejos de la zona en estudio, puntos de liga (PL's) con sus respectivas elevaciones.

Dichos PL's serán utilizados para la nivelación de las diversas capas que componen la estructura de terracerías.

Comprobando la nivelación por alguno de los métodos, y una vez que se establecen las elevaciones correctas de cada uno de estos. Se considera que están acertados y que pueden utilizarse sin ningún problema.

3.4.- LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO.

Antes de la realización de cualquier trabajo que tenga que ver con el proceso constructivo es necesario tener toda la información correspondiente en cada una de las áreas de interés para la posible solución más apropiada.

En cuanto a la topografía, lo que se tiene que hacer o la información requerida para esto. Recordemos que la topografía es muy importante en este y tipo de trabajos. Es necesario realizar un levantamiento de la vialidad a lo largo del tramo en cuestión rebasando un poco más de lo necesario. Levantando cada uno de los detalles que componen la vialidad como lo son carpeta, cuneta, banquetta, bordillo, TN. Levantando secciones a cada 20 metros de longitud una con otra,

las secciones se corren a través del eje de trazo.

En cuanto a la falla geológica, se tiene que considerar el área afectada, más detalle en menos distancia. Es necesario seccionar mínimo a cada 10 metros, e inclusive ir tomando detalles en puntos intermedios.

El número de puntos tomados en cada una de las secciones levantadas en el área afectada por parte de la falla geológica, varía en algunas secciones con respecto a la sección anterior. Esto es debido a lo que ya se comentó anteriormente. Hay cambios en cuanto a largo, ancho, altura, y en algunas se aprecia lo que tal vez pudo ser una e inclusive hasta dos bermas. Esto con el fin de darle más estabilidad al terreno en los puntos más altos e inestables.



Figura 31.- Levantamiento topográfico a detalle en vialidad y zona afectada.

3.4.1.-PARA EL TALUD DEL LADO IZQUIERDO.

Como posición estratégica a la hora de realizar el levantamiento se puede realizar desde el talud del lado opuesto, es decir en la parte superior del lado derecho. Haciendo una resección desde un punto alto para poder tener una mayor visibilidad. Tomando como mínimo dos puntos de control de la poligonal de apoyo que han sido establecidos previamente y validados por parte de la topografía de supervisión externa. Se tiene un área de visión bastante amplia para poder realizar el levantamiento.

3.4.2.-PARA EL TALUD DEL LADO DERECHO.

El mismo procedimiento utilizado del lado izquierdo se utiliza del lado derecho, solo que se tiene algún inconveniente, que es una mayor puesta de estaciones, ya que el corte del lado derecho es más alto y más largo que el del lado izquierdo. Y se cubre menos área en cada puesta de aparato.



Figura 32.- Levantamiento a detalle de arroyo de vialidad.

Otro de los inconvenientes es que aun tomando como punto estratégico para realizar el levantamiento las zonas más altas del talud izquierdo, al momento de levantar, no se aprecian bien, es necesario levantar la altura del bastón al máximo y la obstrucción de la vegetación, que el ayudante corte ramas y/o árboles que llegaran a estorbar al realizar la toma de lectura en el bastón, e incluso hay momentos en los que se llega a perder de visión el prisma debido a que la distancia aumenta lo cual aparentemente disminuye el tamaño del prisma.

CAPITULO 4.- TRABAJOS DE GABINETE.

La información obtenida en campo es solo una parte de todo lo que se tiene que realizar para darle una solución al problema. Se tiene que procesar dicha información.

El formato utilizado para el almacenamiento de puntos varía según la marca y el modelo de cada Estación Total. En este caso el equipo utilizado es una Estación Total Sokkia IM-55, la cual permite descargar los puntos a través de puerto USB. Pero en el formato de Sokkia, SDR 33. Por lo cual este no es un formato que pueda ser leído por el AutoCAD.

Para lograr esto puede abrirse directamente desde el Excel, hacer una serie de pasos, como es un archivo con extensión distinta a la que usa Excel, da unas opciones a elegir antes de poder abrirlo, que se muestran a continuación:

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda	
00NMSDR33	V04-04.02		30-Jun-19	20:05	113121
10NMXICOTEPEC			121111		
06NM1.00000000					
01NM:iM-55	V01-01	002218iM-55	V01-01	00221831	0.000
03NM1.570					
08TP	V1608130.808	2240012.927	1165.769	V	
08TP	1608149.671	2240112.641	1162.585	TN	
08TP	2608150.754	2240112.329	1162.659	CARP	
08TP	3608152.401	2240112.446	1162.683	CARP	
08TP	4608154.042	2240112.366	1162.647	CARP	
08TP	5608155.623	2240111.805	1162.598	CARP	
08TP	6608157.314	2240110.978	1162.512	CARP	
08TP	7608159.872	2240110.437	1162.390	TN	
08TP	8608162.999	2240130.229	1162.051	TN	
08TP	9608161.271	2240130.575	1162.114	CARP	
08TP	10608159.573	2240130.977	1162.236	CARP	
08TP	11608157.874	2240131.273	1162.265	CARP	
08TP	12608156.312	2240131.560	1162.289	CARP	
08TP	13608154.590	2240131.705	1162.272	CARP	
08TP	14608152.542	2240132.241	1162.236	TN	
08TP	15608156.499	2240152.079	1162.066	TN	
08TP	16608158.511	2240151.680	1162.053	CARP	
08TP	17608160.279	2240151.561	1162.096	CARP	
08TP	18608161.739	2240151.098	1162.094	CARP	
08TP	19608163.372	2240150.680	1162.068	CARP	
08TP	20608165.086	2240150.191	1161.981	CARP	
08TP	21608166.794	2240149.893	1161.821	TN	
08TP	22608170.808	2240169.468	1161.881	TN	
08TP	23608168.933	2240169.812	1161.963	CARP	
08TP	24608167.225	2240170.160	1162.045	CARP	
08TP	25608165.765	2240170.355	1162.069	CARP	
08TP	26608164.089	2240170.848	1162.079	CARP	
08TP	27608162.286	2240171.203	1162.088	CARP	
08TP	28608161.063	2240171.236	1162.070	CARP	
08TP	29608159.015	2240171.877	1162.395	TN	
03NM2.000					
08TP	30608163.848	2240191.430	1162.583	TN	

Figura 33.- Archivo SDR abierto en bloc de notas.

Abrir archivo nuevo en Excel, elegir todos los archivos, aparece entonces todos los archivos que contiene la carpeta de origen.

Elegir la carpeta que contiene la información y el archivo.

Aparece una serie de ventanas de asistente para importar texto.

Elegir de ancho fijo, y siguiente.

En la ventana siguiente del asiste, aparece el archivo con una vista previa, con líneas verticales que separan cada uno de los componentes.

Ajustar estas flechas, agregando y eliminado las que sean necesarias, o desplazando las existentes. Una vez ajustado lo anterior, seleccionar siguiente.

El paso 3 de la ventana de asistente de Excel, seleccionar general en las opciones que proporciona y seleccionar finalizar. Ahora el archivo es compatible con Excel, y se abre sin ningún

problema, eliminar filas y columnas que no sean necesarias.

Guardar como archivo CSV delimitado por comas, para que sea compatible con el CivilCAD

	A	B	C	D	E
1	1104-15	662840.81	2063815.03	2240.059	PATIO
2	1104-15	662838.872	2063814.95	2227.047	PATIO
3	1104-17	662830.339	2063814.59	2230.719	PATIO
4	1104-18	662820.372	2063820.10	2230.597	PATIO
5	1104-19	662824.303	2063820.24	2230.343	PATIO
6	1104-20	662832.27	2063819.85	2238.785	PATIO
7	1104-21	662841	2063820.51	2240.714	PATIO
8	1104-22	662840.523	2063825.55	2241.251	PATIO
9	1104-23	662838.081	2063830.4	2230.017	PATIO
10	1104-24	662830.543	2063830.75	2235.452	PATIO
11	1104-25	662838.115	2063841.51	2241.547	PATIO
12	1104-25	662830.242	2063841.45	2242.00	PATIO
13	1104-27	662837.022	2063841.24	2242.002	PATIO
14	1104-28	662841.370	2063840.30	2244.129	PATIO
15	1104-28	662835.793	2063830.54	2242.851	PATIO
16	1104-30	662842.137	2063835.5	2244.033	PATIO
17	1104-31	662801.250	2063856.15	2242.117	PATIO
18	1104-32	662830.222	2063850.45	2242.189	PATIO
19	1104-33	662830.151	2063801.79	2244.957	PATIO
20	1104-34	662842.358	2063851.0	2245.273	PATIO
21	1104-35	662843.150	2063874.45	2240.059	PATIO
22	1104-36	662836.777	2063874.08	2245.015	PATIO
23	1104-37	662824.275	2063874.12	2242.057	PATIO
24	1104-38	662830.222	2063850.45	2242.189	PATIO

Figura 34.- Proceso de información recabada en campo a través de Excel.

Se recomienda trabajar en el AutoCAD con capas y colores diferentes para cada uno de las partes que conforman la vialidad. Esto facilitará el proceso de manera visual para evitar confusiones entre layers y objetos que tengamos en la planta.

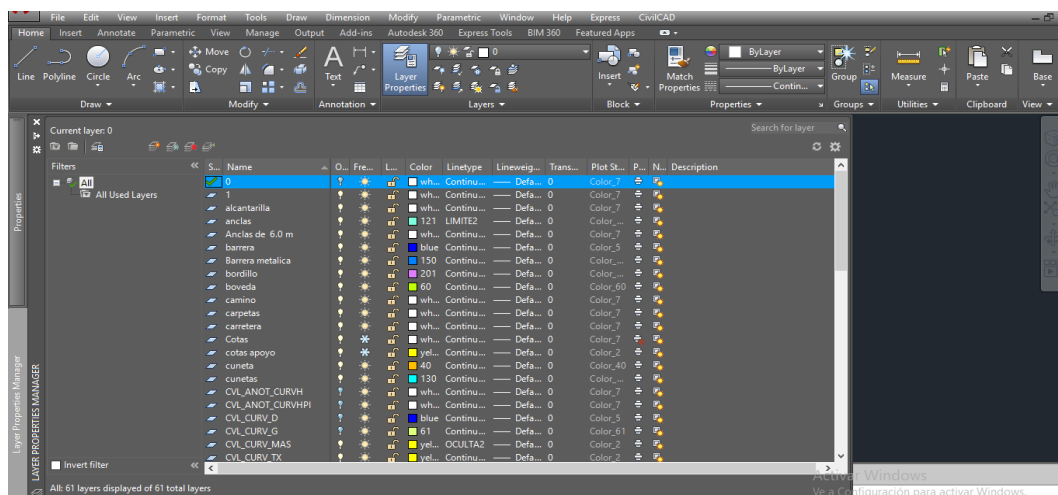


Figura 35.- Proceso de información a través de AutoCAD, utilizando layers.

Uniendo puntos a través de polilíneas con códigos iguales, nos generara un modelo planimétrico real de lo existente en campo. Podremos sacar medidas de banquetas, anchos de vialidad, distancia de muro gavión, longitud de defensa metálica, longitud de bordillo, etc.

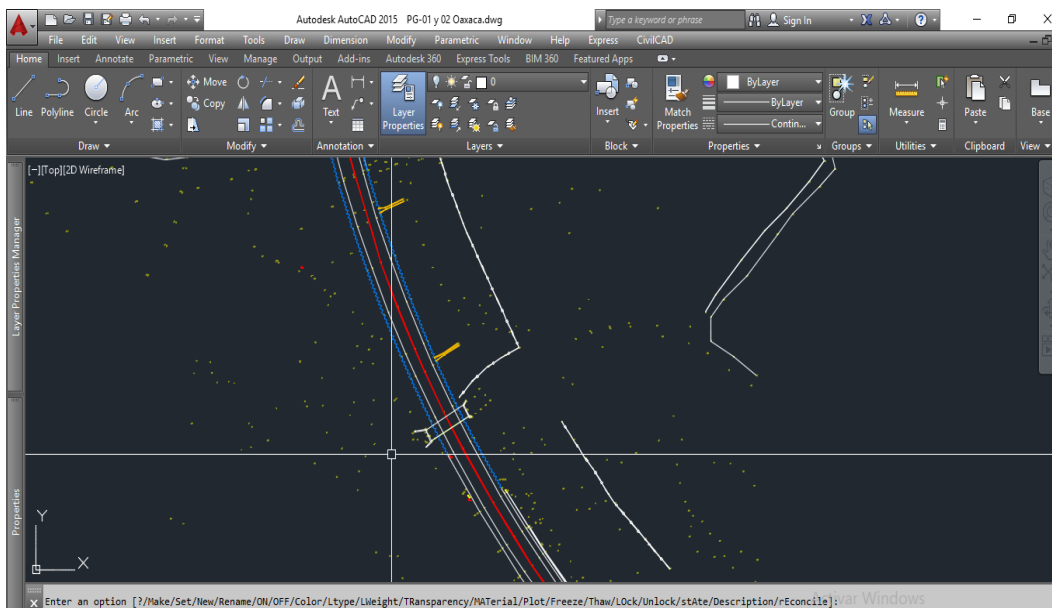


Figura 36.- Proceso de información a través de AutoCAD, arroyo de vialidad.

Utilizando del comando de triangulación que viene en la ventana de CivilCAD se crean triangulaciones en 3D de los puntos. Sin embargo, esto es un proceso un tanto delicado, ya que el programa no reconoce detalles que físicamente hemos visto, para lo cual será necesario ir haciendo correcciones de la triangulación. Uniendo puntos entre si e invirtiendo triangulaciones que están de manera inversa para así acercarnos más a lo que se tiene realmente. Una manera de hacer esto más fácil es rotando el dibujo en las 3 dimensiones para poder asimilar la imagen de una forma más convencional, acercándonos o alejándonos de ella, girando y desplazando. Este proceso varía según la interpretación de cada persona. Al igual que también podemos utilizar la opción de cambiar el modo de vista, que hará que le dé una forma más real al modelo, generando una especie

de sombras y colores distintos si es que así lo deseamos.

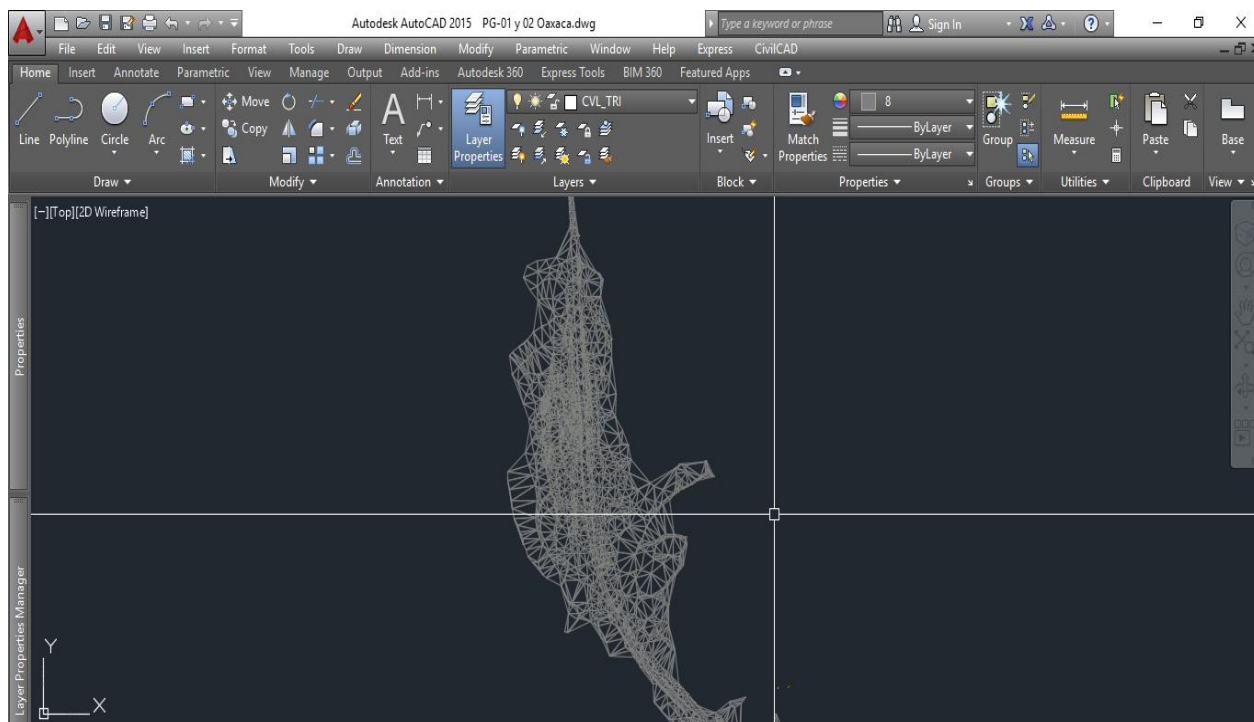


Figura 37.- Triangulación de puntos con ayuda de CivilCAD.

Una vez termina la triangulación y que se está seguro de que no han quedado espacios abiertos, o triangulaciones invertidas. Se procede con la creación de las curvas de nivel. Esto resulta muy fácil si ya se tiene lo que se menciona anteriormente, configurando a cada cuanto de distancia vertical queremos una curva de nivel con otra. Se hace en programa.

El resultado que arroja nos ayuda a una mejor interpretación de la topografía del terreno. Ya que como ya sabemos las curvas de nivel nos indican lo accidentado que puede estar el terreno, sus pendientes, y zonas relativamente planas.

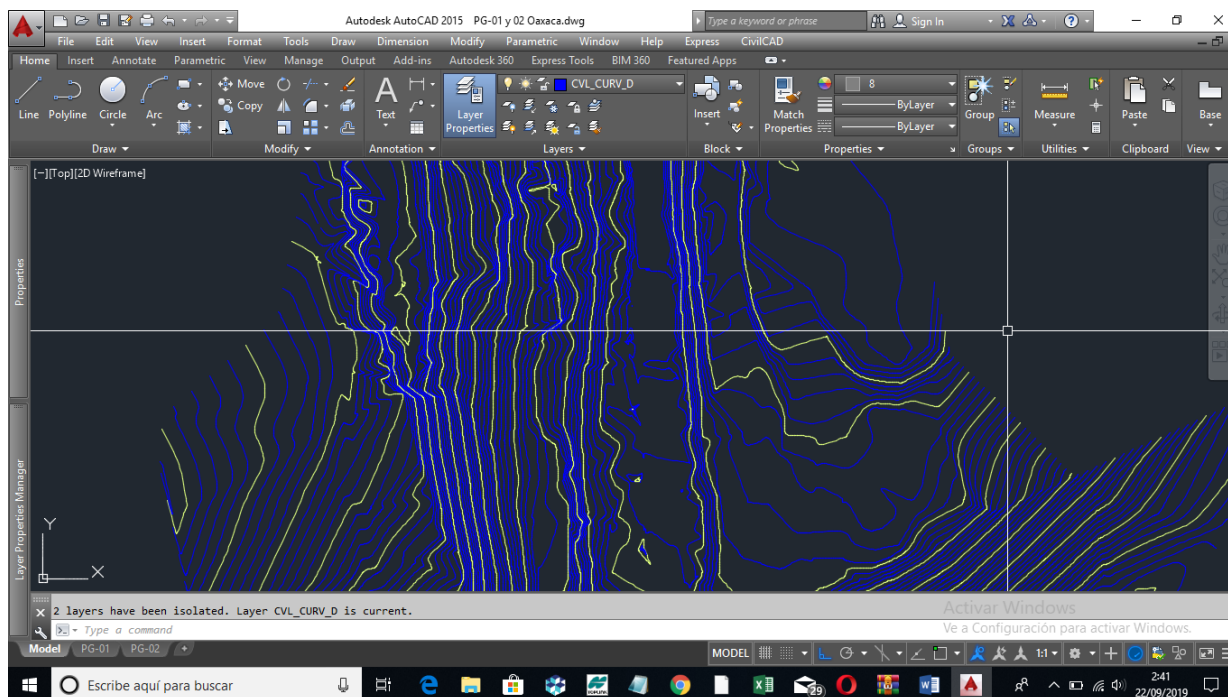


Figura 38.- Curvas de nivel generadas con CivilCAD.

4.1.- GEOREFERENCIACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El sistema de coordenadas utilizadas para el estudio topográfico es coordenadas UTM. Del sistema WGS 84 (World Geodetic System), Sistema Geodésico Mundial de 1984, que tiene como tipo de proyección la cilíndrica. Por sus siglas en ingles Universal Transverse Mercator (UTM), sistema de coordenadas Transversal Universal de Mercator.

El elipsoide es: wgs84.

Radio mayor: 6,378,137.0 m.

Radio menor: 6,356,752.31424 m.

Achatamiento f: 1/298.257223563.

Producto de la Constante Gravitacional (G) y la Masa de la Tierra (M): $GM = 3.986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$

Velocidad Angular de la Tierra ω : $7.292115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$.

Los bancos de arranque proporcionados por la supervisión son los bancos de nivel BN1 y BN2 y están georreferenciados a este sistema y cuyas coordenadas son las siguientes:

BN1.

N= 2064156.527 m.

E= 662823.741 m.

Elev= 2226.710 m.

BN2.

N= 2064178.344 m.

E= 662768.311 m.

Elev= 2228.220 m.

Estos Bancos de Nivel se encuentran al inicio del tramo, del lado derecho. Son dos mojoneras con una varilla en el centro.

4.2.- SECCIONES TRANSVERSALES, COTAS Y ELEVACIONES.

Como una de las finalidades de todos estos trabajos es la reubicación de eje a manera de desplazar la vialidad a una zona de menor riesgo. Se tiene como resultado la existencia de dos ejes, el primero es el eje real, físico, lo cual podría denominarse como la línea central de los dos carriles. Y el segundo que es el nuevo el cual es donde pasara ahora el centro de la nueva vialidad.

Pueden utilizarse cualquiera de los dos como referencia para generar secciones transversales, más sin embargo lo mejor sería tomar el nuevo.

Una sección transversal es un corte a manera perpendicular del eje de estudio, y varía en cuanto a altura ancho, esto puede ser modificado según nos favorezca más para poder trabajar. En ella se especifican las formas geométricas que componen al terreno.

Lo que podría ser considerado como una de los usos más comunes que se les dan a estas es para la determinación de volúmenes de terracerías y movimientos de tierras.

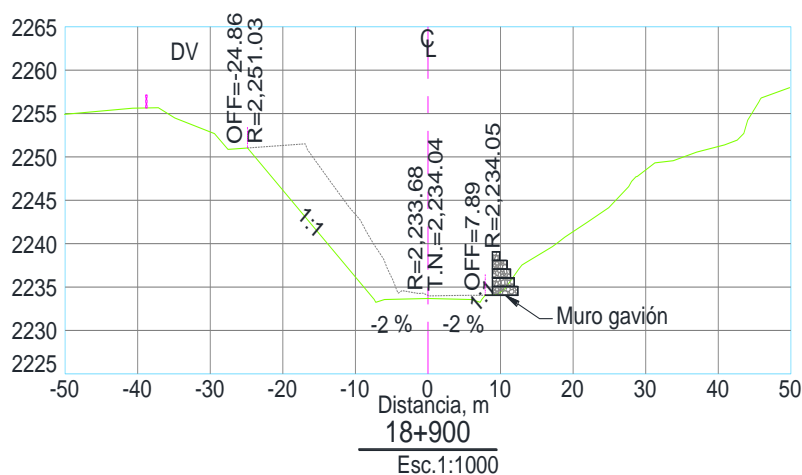


Figura 39.- Sección tipo.

4.3.- DETERMINACIÓN DE AREAS.

Con las secciones transversales que han sido generadas en proceso de la información obtenida en campo. Y tomando en cuenta el eje del nuevo trazo se procede a la determinación de áreas de cada sección

Se toma la sección de terreno natural, y se compara con la sección de proyecto. Esto generara un área entre ellas, que puede ser obtenida a través del CivilCAD y representa la proporción de terreno que debe ser abatida.

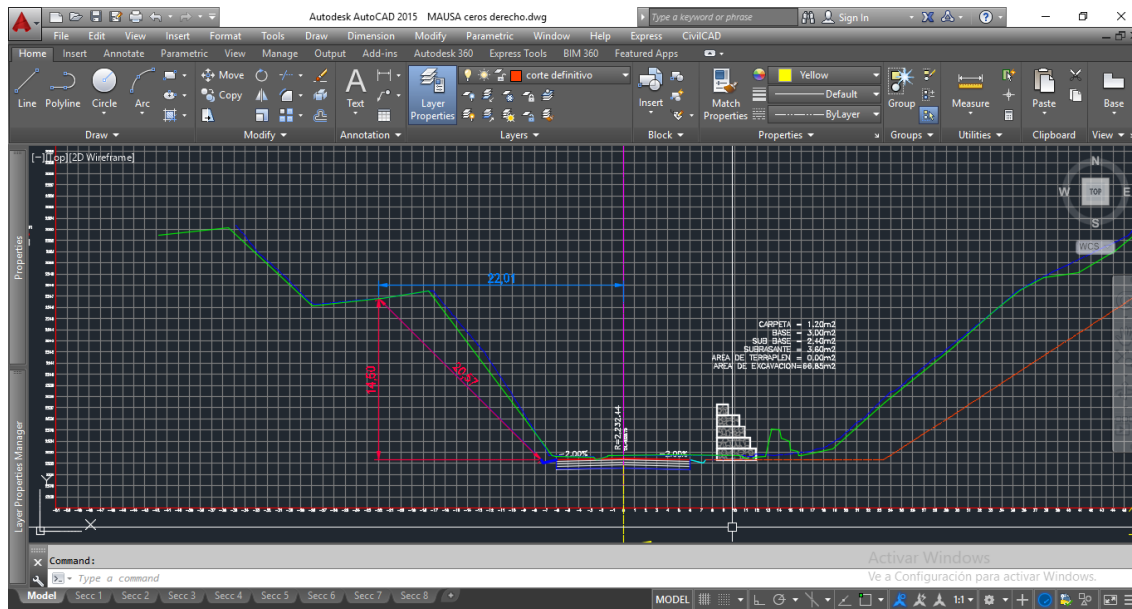


Figura 40.- Generar áreas de corte.

4.4.- DETERMINACIÓN DE VOLUMENES.

Para el cálculo de los volúmenes de corte y terraplenes (si es que los hubiera) será necesario crear otra sección. Ahora serán dos, una de terreno natural, y otra más de proyecto.

Al empatar las secciones de TN con las secciones de proyecto, que por lo regular en este tipo de trabajos siempre quedan abajo de la sección de TN, Se crea un espacio intermedio que no es nada más que el área de corte.

Para poder generar esta área, hay que considerar el espesor de cada una de las capas de terracerías, su pateo y cuneta.

Ahora lo mismo pasa con las áreas de corte en talud. Comparando las secciones de T.N con las secciones de proyecto, nos da como resultado un área de corte en cada una de las secciones transversales.

En Excel se crea un generador de volúmenes considerando estaciones, áreas, longitud entre estaciones, volúmenes parciales y volúmenes acumulados.

BASE ESTABILIZADA.							
No. Concepto	ESTACION	AREA	(A1+A2) /2	LONG.	VOLUMEN (M3)		OBSERVACIONES
					PAR CIAL	ACUMALAD O	
	18+600.00	3.00					
CONSTRUCCIÓN	18+620.00	3.00	3.00	20.00	60.00	60.00	
DE BASE	18+640.00	3.00	3.00	20.00	60.00	120.00	
ESTABILIZADA	18+660.00	3.07	3.04	20.00	60.80	180.80	
CON CEMENTO	18+680.00	3.10	3.09	20.00	61.80	242.60	
PORTLAND DE	18+700.00	3.10	3.10	20.00	62.00	304.60	
25.0 cm DE	18+720.00	3.08	3.09	20.00	61.80	366.40	
ESPESOR, CON	18+740.00	3.02	3.05	20.00	61.00	427.40	
UNA	18+760.00	3.00	3.01	20.00	60.20	487.60	
RESISTENCIA A	18+780.00	3.00	3.00	20.00	60.00	547.60	
LA	18+800.00	3.00	3.00	20.00	60.00	607.60	
COMPRESIÓN	18+820.00	3.00	3.00	20.00	60.00	667.60	
SIMPLE DE 40	18+840.00	3.00	3.00	20.00	60.00	727.60	
kg/cm2,	18+860.00	3.00	3.00	20.00	60.00	787.60	
INCLUYE	18+880.00	3.00	3.00	20.00	60.00	847.60	
SUMINISTRO DE	18+900.00	3.00	3.00	20.00	60.00	907.60	
MATERIAL	18+920.00	3.00	3.00	20.00	60.00	967.60	
PETREO DE	18+940.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,027.60	
BANCO Y	18+960.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,087.60	
APLICACIÓN DE	18+980.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,147.60	
CEMENTO	19+000.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,207.60	
PORTLAND,	19+020.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,267.60	
P.U.O.T.	19+040.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,327.60	
	19+060.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,387.60	
	19+080.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,447.60	

19+100.00	3.00	3.00	20.00	60.00	1,507.60	
19+120.00	3.06	3.03	20.00	60.60	1,568.20	
19+140.00	3.13	3.10	20.00	62.00	1,630.20	
19+160.00	3.23	3.18	20.00	63.60	1,693.80	
19+180.00	3.25	3.24	20.00	64.80	1,758.60	
19+200.00	3.25	3.25	20.00	65.00	1,823.60	
19+220.00	3.25	3.25	20.00	65.00	1,888.60	
19+240.00	3.25	3.25	20.00	65.00	1,953.60	
19+260.00	3.25	3.25	20.00	65.00	2,018.60	
19+280.00	3.15	3.20	20.00	64.00	2,082.60	
19+300.00	3.15	3.15	20.00	63.00	2,145.60	
19+320.00	3.15	3.15	20.00	63.00	2,208.60	
19+340.00	3.15	3.15	20.00	63.00	2,271.60	
19+360.00	3.15	3.15	20.00	63.00	2,334.60	
19+380.00	3.15	3.15	20.00	63.00	2,397.60	
19+400.00	3.15	3.15	20.00	63.00	2,460.60	
19+420.00	3.11	3.13	20.00	62.60	2,523.20	
19+440.00	3.07	3.09	20.00	61.80	2,585.00	
19+460.00	3.02	3.05	20.00	61.00	2,646.00	
19+480.00	3.00	3.01	20.00	60.20	2,706.20	
19+500.00	3.00	3.00	20.00	60.00	2,766.20	
19+520.00	3.00	3.00	20.00	60.00	2,826.20	
19+540.00	3.00	3.00	20.00	60.00	2,886.20	
19+560.00	3.00	3.00	20.00	60.00	2,946.20	
19+580.00	3.00	3.00	20.00	60.00	3,006.20	
19+600.00	3.00	3.00	20.00	60.00	3,066.20	
19+620.00	3.00	3.00	20.00	60.00	3,126.20	
19+640.00	3.00	3.00	20.00	60.00	3,186.20	

Tabla 1.- Cálculo de volúmenes

4.5.- DIAGRAMA DE MASAS.

También conocido como curva de masas o curva masa, es un proceso por medio del cual se realiza un estudio para el movimiento de tierras. Con la finalidad principal de economizar los gastos que conlleve una obra.

El diseño de un camino no es solamente basarse a las especificaciones de curvas, pendientes y drenajes. Sino que también el ahorro de capital.

Se trata de hacer una compensación de volúmenes en cuanto a relleno y excavación. Es decir, rellenar con el mismo material producto de excavación para evitar costos extras en su traslado.

Es un diagrama en el cual las ordenadas nos indican los volúmenes acumulativos y las abscisas nos indican las estaciones correspondientes.

Para el cálculo de volúmenes los cortes son considerados como positivos y los rellenos como negativos. Y para obtener el resultado solo basta con hacer una suma algebraica.

4.5.1.-PROCEDIMIENTO

Hacer una proyección de subrasante sobre el dibujo de la pendiente de la vialidad existente.

Darles sentido y valor a los cadenamientos.

Dibujar una sección tipo que será utilizada como referencia para cada una de las estaciones correspondientes a la vialidad en ejecución.

Generar las áreas de las secciones.

El programa en automático nos genera un volumen final de cortes y terraplenes. Y también la curva masa. Pero todo esto de forma general.

Sin embargo, para cuestiones de mejor interpretación de los volúmenes y áreas generadas, lo mejor es hacer un generador en Excel con cada una de las características a destacar.

En este caso como se está haciendo un ajuste a los buzamientos que se presentan debido a los cambios por parte de la falla geológica, los cuales han provocado que el nivel de carpeta existente se eleve, generando una especie de olas o topes, a manera que pasa el tiempo. Los nuevos niveles de carpeta terminada quedaran por debajo de los niveles de carpeta existente.

Con respecto a los cortes de talud forzosamente se tiene que cortar y el material producto de excavación tiene que ser retirado del área afectado o invadida.

GENERADOR DE DEMOLICIÓN DE CORTE IZQUIERDO						
EST.	ÁREA	A1+A2	D/2	VOL.	VOL ACUMULADO	VOL ABUNDADO
18+600.000						
18+620.000	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0
18+640.000	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0
18+660.000	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0
18+680.000	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0
18+700.000	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0
18+720.000	2.38	2.38	10.00	23.80	23.80	33.32
18+740.000	11.87	14.25	10.00	142.50	166.30	232.82
18+760.000	16.10	27.97	10.00	279.70	446.00	624.4
18+780.000	22.84	38.94	10.00	389.40	835.40	1169.56
18+800.000	40.25	63.09	10.00	630.90	1,466.30	2052.82
18+820.000	25.06	65.31	10.00	653.10	2,119.40	2967.16
18+840.000	40.38	65.44	10.00	654.40	2,773.80	3883.32
18+860.000	54.51	94.89	10.00	948.90	3,722.70	5211.78

18+880.000	87.89	142.40	10.00	1,424.00	5,146.70	7205.38
18+900.000	128.26	216.15	10.00	2,161.50	7,308.20	10231.48
18+920.000	161.02	289.28	10.00	2,892.80	10,201.00	14281.4
18+940.000	186.40	347.42	10.00	3,474.20	13,675.20	19145.28
18+960.000	176.79	363.19	10.00	3,631.90	17,307.10	24229.94
18+980.000	148.06	324.85	10.00	3,248.50	20,555.60	28777.84
19+000.000	126.03	274.09	10.00	2,740.90	23,296.50	32615.1
19+020.000	93.29	219.32	10.00	2,193.20	25,489.70	35685.58
19+040.000	57.10	150.39	10.00	1,503.90	26,993.60	37791.04
19+060.000	35.32	92.42	10.00	924.20	27,917.80	39084.92
19+080.000	41.72	77.04	10.00	770.40	28,688.20	40163.48
19+100.000	35.77	77.49	10.00	774.90	29,463.10	41248.34
19+120.000	15.78	51.55	10.00	515.50	29,978.60	41970.04
19+140.000		15.78	10.00	157.80	30,136.40	42190.96

Tabla 2.- Volúmenes de abatimiento de talud.

CAPITULO 5.- PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.

Siguiendo todo el proceso descrito en los cuatro capítulos anteriores e interpretando la información de forma correcta, y considerando los factores de seguridad y los factores económicos, se plantea una o más posibles soluciones de estabilización. Cabe mencionar que el proceso de inestabilidad que se presenta por parte de la falla geológica, es algo natural y que la solución que se le dé, independientemente del tipo que sea, solo será algo temporal y la problemática no quedará resuelta de forma permanente.

El tiempo en que tarde nuevamente en el que sea necesario es indeterminado.

5.1.- MURO GABIÓN.

Es una sobreposición de cajas prismáticas hechas de malla de acero y rellenas de roca, que sirven como figuras de contención y sostenimiento de obras de carretera y defensa, de gran resistencia y flexibilidad.



Figura 41.- Muro gabi3n para retenci3n de ca3dos.

Debido a lo inestable y fracturado que est3 el terreno, la altura y el tipo de roca que lo conforma (circular, de rio). Se recomienda la formaci3n de un muro gabi3n de 4 m x 4 m y una longitud de 50 m de largo hecho de malla triple torsi3n.

Para la colocaci3n del muro gabi3n no se requiera mucho de la presencia de la topograf3a, solo para la determinaci3n de las longitudes, dar los pa3os de inicio y fin y las dimensiones de la base, el resto se encargar3n la mano de obra, en el armado y llenado de material rocoso.

5.2.- CONSTRUCCION DE PEDRAPLENES.

Son rellenos de material rocoso que son utilizados para estabilización de zonas con bastante humedad o fangosas para crear una plataforma firme de una carretera.



Figura 42.- Pedraplén en tramo inestable de arroyo de vialidad.

El movimiento de tierras y la carga excesiva de peso en la pata del talud más inestable da como resultado la aparición de buzamientos en la carpeta asfáltica, sobre todo en el área que se encuentra sobre la falla geológica.

Otra de las posibles soluciones y la cual el generaría una mayor estabilidad a la estructura de terracerías es la aplicación de pedraplenes, mínimo una longitud de 300 metros lineales.

Para la mejora del arroyo de vialidad en su zona más afectada. Se tendrá que hacer la nivelación de la estructura de la vialidad, empezando con el cajeo, más debajo que el resto de la vialidad, debido a que esta es la zona con más afectaciones que se tiene y se propone utilizar un pedraplén de 70 cm de profundidad por debajo de todas las demás copas de terracería.

Pasando niveles de excavación en cada kilometraje hasta llegar al nivel considerado, después de eso, se llenará con pedraplén específico, y se tendrá que volver a pasar niveles nuevamente, cuidando que sean los 85 cm requeridos. Aunque una cosa que se tiene que mencionar es que cuando se paran niveles para pedraplén, debido a su irregularidad de la roca, es difícil llegar a la cota específica, así que se puede manejar una tolerancia un poco mayor.

5.3.- ABATIMIENTO DEL TALUD.

Son los trabajos realizados para la estabilización de cortes que dan como resultado una mejora en el factor de seguridad y mayor estabilidad en un talud con problemas de estabilización.

Se utiliza maquinaria pesada para realizar los cortes en el talud de manera coordinada. El tipo de maquinaria y cantidad a utilizar será diferente en cada caso, y depende del talud a estabilizar. Ya que cada uno es diferente a todos los demás, así como el tipo de material del cual está conformado el talud, el espacio con el que se cuenta para realizar los trabajos, la cantidad de personal, el tiempo en que se tenga contemplado para la realización de los trabajos, el clima, entre otros factores.



Figura 43.- Abatimiento de talud izquierdo I.

De los maquinas más utilizadas en los trabajos de estabilización de taludes se encuentran las excavadoras (con o sin martillo), retroexcavadoras, tractores, camiones de acarreo, cargadores frontales.

La roca fracturada y las muchas grietas que existen a lo largo del talud podrían tener una profundidad desconocida. El desgajamiento que se tiene en la parte superior de este y la carga excesiva de peso son un riesgo inminente, y una de las posibles soluciones que se le pueden dar a este sería el abatimiento de talud.

5.3.1.-PARA EL TALUD DEL LADO IZQUIERDO.

Se recomienda un corte de 45° con respecto al plano horizontal, para mayor factor de seguridad, ya que la inclinación 1:1 nos brinda el mayor factor de seguridad posible.



Figura 44.- Abatimiento de talud izquierdo II.

5.3.2.-PARA EL TALUD DEL LADO DERECHO.

Se recomienda un abatimiento de talud con una inclinación de 33° con respecto al plano horizontal, aumentando la distancia del eje central a la pata del talud a manera que aumenta el kilometraje. Es decir, en la primera estación, la distancia será más pequeña que en la segunda, y esta a su vez será más pequeña que la tercera, y así sucesivamente a manera que vamos avanzando hacia adelante.

Esta inclinación nos da como resultado un mayor abatimiento de volumen y aumenta el área invadida en la reserva de la biosfera, ya que, al ser el ángulo menor, a la hora de calcular los cerros de corte en campo, estos botan más hacia adentro del derecho de vía rebasándolo por unos 30 metros aproximadamente.



Figura 45.- Abatimiento de talud derecho.

5.3.3.-CÁLCULO DE CEROS.

En cuanto a la aplicación de la topografía para el control de corte para la estabilización de los taludes, se puede considerar para las tangentes dos puntos del eje de trazo, uno en cada extremo de la tangente, con sus respectivas coordenadas Este, Norte y Elevación.

Se cargan estos datos a la Estación Total en la función línea de referencia (en la mayoría de los equipos), que nos sirve para calcular desplazamientos horizontales y/o pendientes que existen entre un punto con respecto a una línea imaginaria.

Para el cálculo de ceros de corte se toman dos puntos como se explicó anteriormente, se consideran factores como la estructura de terracerías, el bombeo, la cuneta y la banqueteta. Y se le suman al ancho de vialidad entre el eje y el hombro, para este caso se maneja un ancho de 6 m (3.5 m de un carril, más 2.5 m de acotamiento).



Figura 46.- Trazo de ceros de corte I



Figura 47.-Trazo de ceros de corte II

Entonces se tiene 6 m del eje al hombro, 1.4 m de cuneta y 0.12 m del bombeo (6 m de ancho x 2% de pendiente = 0.12 m). la suma geométrica da como resultado 7.52 m que hay que restar a cada observación.

Si queremos calcular los ceros de corte para un ángulo de inclinación de 45° se hace una observación en línea de referencia con los dos puntos sobre el eje, se le restan los 7.52 m de manera horizontal y dicho resultado tiene que ser igual la distancia horizontal (eje a prisma), a la distancia vertical (rasante a prisma). Ya que la relación de talud H: V que existe en un ángulo de 45° se puede expresar de la siguiente manera 1:1.

Si la distancia horizontal es mayor a la distancia vertical, se mueve el prisma hacia el eje los metros que dé como resultado la diferencia entre las dos distancias (H y V) para una mayor aproximación. Lo anterior se repite, pero de manera inversa si la distancia horizontal es menor que la vertical.



Figura 48.- Control de corte

Este paso se tiene que repetir las veces que sea necesario hasta disminuir la diferencia lo mayormente posible, y dependiendo de la tolerancia que se maneje. Como el trabajo de abatimiento y perfil del corte se realiza con excavadoras, estas no son exactamente precisas, ya que depende en especial del operador que la maneje, y por muy bueno que este sea no podrá manejar precisiones más pequeñas que los 5 cm. Así que es recomendable manejar una tolerancia de ± 0.05 m.

Si se quiere calcular los ceros de corte para un ángulo de 33° primero se tiene que obtener la relación de talud H: V, y para esto se tiene que aplicar las funciones trigonométricas. Ya que esto nos facilitara el cálculo, debido a que la función **línea de referencia** expresa los resultados en forma de distancia y no en ángulos, y depende del Ingeniero Topógrafo el saber interpretar dicha información que arroja y saber cómo pedirle al equipo que trabaje para obtener algún dato en específico.



Figura 49.- Trazo de ceros de corte en talud derecho I



Figura 50.- Trazo de ceros de corte en talud derecho II

Esto parece un poco complicado al principio, pero una vez aplicadas las funciones trigonométricas se facilita. Y se obtiene la relación 1:1.534.

5.3.4.-VERIFICACIÓN Y CONTROL DE CORTE.

Se aplica el mismo procedimiento que el del cálculo de ceros y se va realizando conforme se va bajando el corte verticalmente, puede variar dependiendo del operador de la excavadora, pero para una mayor estética del corte lo podemos realizar cada 2.5 m verticales.

Se hacen observaciones con línea de referencia colocando el prisma en la pata del corte nuevo y se colocan estacas con información de dicho corte, la nomenclatura que maneje el ingeniero topógrafo debe ser explicada a los operadores y residente de obra. TLD 1=1 AF=0.5 en caso de que a la pata del talud le haga falta corte de 0.5 m.



Figura 51.- Control topográfico de corte de talud I.

Si la pata del talud del corte nuevo se ha pasado, se recomienda colocar una estaca con la siguiente información TLD 1=1, dejando como un tipo de escalón que posteriormente y a criterio del operador tendrá que ser desvanecido.



Figura 52.- Control topográfico de corte de talud II.

Se repite este procedimiento las veces que sea necesario y a manera que se vaya bajando

verticalmente hasta llegar al nivel de pateo definitivo. Es necesario consultar con el operador de la excavadora a cada cuanto necesita que se le vaya verificando el corte, ya que algunos son más buenos que otros y solo necesitan que se les revise el corte cada tres metros verticales, a diferencia de algunos otros que lo piden antes de los dos metros.



Figura 53.- Abatimiento y perfil terminado a nivel de rasante.

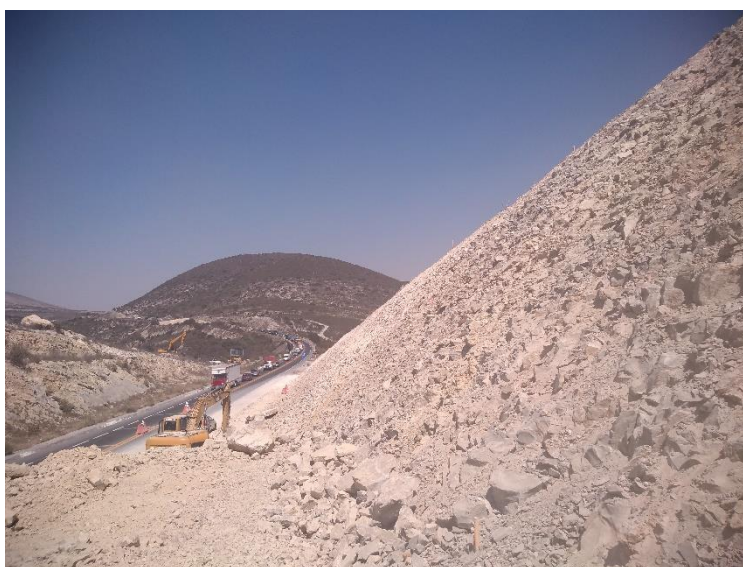


Figura 54.- Perfil de corte en talud izquierdo I.

Es posible que al ir bajando el corte del talud la visibilidad de los puntos de control se vaya haciendo más complicada a manera que se va avanzando, para esto se puede correr unos puntos auxiliares o en su defecto colocar unas tarjetas reflectoras y asignarles coordenadas.

Utilizando la función de trisección o resección (varía según la marca del equipo), facilita las cosas de manera muy eficaz, ya que se evita el estar haciendo cambios de aparato a cada rato. Evitar estacionar el equipo cerca de la maquinaria en operación puesto que el exceso de vibración puede causar que se desajuste el equipo y arroje datos erróneos.

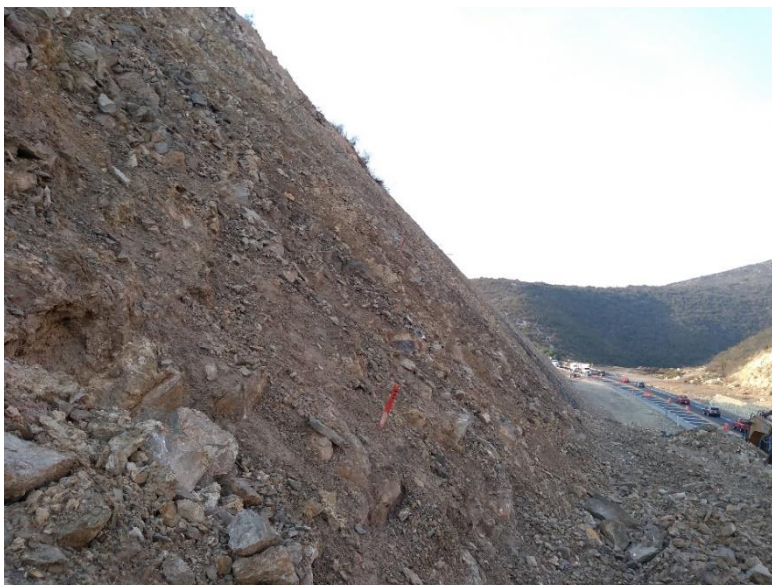


Figura 55.- Perfil de corte en talud izquierdo II.

5.4.- RECONSTRUCCIÓN DE BASE, SUBBASE, SUBRASANTE Y CUERPO DEL PAVIMENTO COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN Y SEGURIDAD DEL USUARIO

La fuerza ejercida en el arroyo de vialidad por el movimiento de la falla geológica ha generado que este se deforme generando diversos buzamientos a lo largo de la zona afectada, impidiendo que los vehículos circulen de manera adecuada. Hay que modificar las terracerías

Las terracerías son caminos que han sido producidos por la intervención del hombre en la

naturaleza mediante el uso de maquinaria pesada, a manera de que puedan circular vehículos de algún lugar a otro.

En este caso se considera una estructura de terracerías completa, es decir, carpeta asfáltica, base, subbase, y subrasante

5.4.1.-SUBRASANTE

Los materiales para la capa subrasante son los suelos naturales, seleccionados o cribados, productos de los cortes o la extracción en bancos, que se utilizan para formar dicha capa inmediatamente encima de la cama de los cortes, de la capa suvyasante o el cuerpo de un terraplén cuando esta última no se construya, para servir de desplante a un pavimento.

5.4.2.-SUBBASE HIDRÁULICA

Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la base de un pavimento asfáltico, soportar las cargas que éste le transmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

5.4.3.-BASE HIDRÁULICA

Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la subbase o la subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica,

la capa de rodadura asfáltica o la carpeta de concreto hidráulico; soportar las cargas que éstas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y proporcionar a la estructura del pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

5.4.4.-CARPETA ASFALTICA

Son aquellas que se construyen mediante el tendido y la compactación de una mezcla de materiales pétreos de una granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Estas carpetas debido a que normalmente tienen espesores mayores de cuatro (4) centímetros, tienen la función estructural de soportar y distribuir la carga de vehículos hacia las capas inferiores del pavimento.

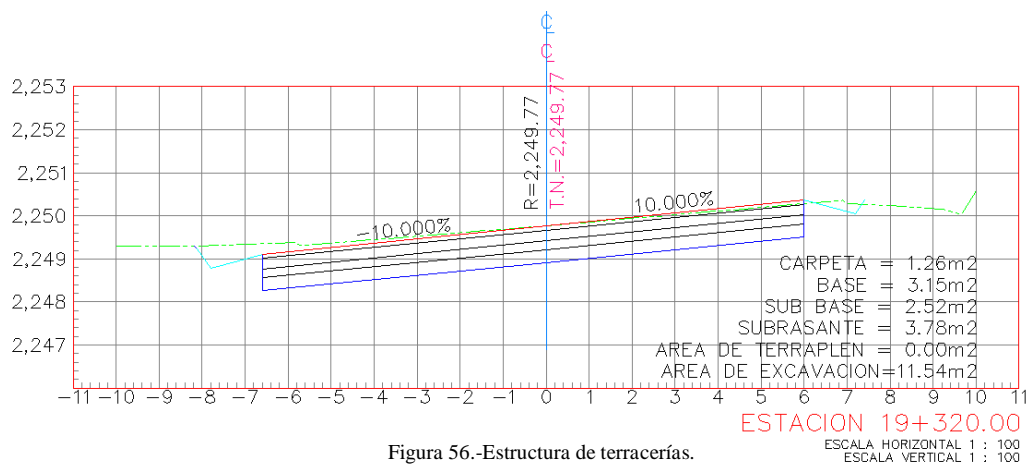
Se propone una estructura de 0.85 m de espesor total, cuyas capas son las siguientes:

Carpeta asfáltica: 10 cm de espesor.

Base hidráulica: 25 cm de espesor.

Subbase: 20 cm de espesor.

Subrasante: 30 cm de espesor



5.5.- ANCLAS DE FRICCION Y DE SUJECION.

Las anclas de fricción y sujeción son comúnmente utilizadas en reforzamiento de terrenos naturales o artificiales cuya finalidad principal es brindar mayor estabilidad a dicho terreno y están diseñadas para transmitir un esfuerzo de tensión circundante.

En este caso en particular se recomienda una colocación de anclas de fricción que estarán distribuidas en la parte frontal del talud. Distribuidas en tresbolillo que es una especie de formación de triángulos equiláteros unidos entre sí para una mejor un mejor aprovechamiento del área. Y con un ángulo de inclinación de 45° con respecto a la cara frontal del talud. Con una distancia de 4 metros horizontales una con otra y 4 metro verticales entre cada línea de anclas.

Las anclas serán de 6 metros de longitud y con un espesor de 1 pulgada. Dados de acero de 20 cm por 20 cm x 2 cm.



Figura 57.- Anclas de fricción en cara frontal de talud estabilizado.

Ubicar las anclas de fricción utilizando la Estación Total mediante el programa de "línea de referencia", se deben tomar dos estaciones del eje de vialidad, evitar que sean cercanas para conservar mejor la inclinación de la pendiente.

Al hacer una observación sobre un punto en la cara frontal del talud perfilado, el equipo calculará los desplazamientos horizontal, vertical, pendiente, etc. En este caso como la distancia entre cada ancla es de 4 metros horizontales y 4 metros verticales, se van haciendo sumas a las distancias a manera que se ve avanza horizontal y verticalmente.

5.5.6.-UBICACIÓN DE LÍNEAS ANCLAS HORIZONTALES.

Para garantizar un mejor resultado en la ubicación de anclas es recomendable usar tarjeta reflectora en lugar de utilizar solamente el láser, ya que este puede verse obstruido por el polvo o

no rebotar en un punto específico debido a que las rocas perfiladas en la cara frontal del talud no están perpendiculares a la ubicación de la Estación Total.

Con el programa "línea de referencia" y tomando una observación en punto específico en la cara del talud se ubica la primera ancla, hay que hacer coincidir la distancia horizontal a 4 metros, y que la distancia vertical sea cero, ya que es la primera línea.

Para la colocación de la segunda ancla el procedimiento es el mismo, pero se le aumentan 4 metro más horizontalmente, y para la tercera se aumentan 4 metros más, y así sucesivamente hasta colocar la última ancla perteneciente a esa misma fila.

Una vez ubicadas todas las anclas de la primera fila, se puede proceder a colocar las de la segunda fila, utilizando el mismo procedimiento para todas, solo que en esta ocasión hay al colocar la primera ancla de fricción, de la segunda línea el desplazamiento horizontal debe ser de 2 metros, debido a la distribución a tres bolillo. Al igual que el desplazamiento vertical debe ser de 4 metros. Ya colocada la primera ancla de la segunda línea, se ubica la siguiente sumándole 4 metro más de manera horizontal, y conservando la misma distancia vertical, ya que todas las anclas de esa línea tienen la misma altura.

Para la ubicación de las líneas de anclas posteriores hay que ir sumando 4 metros verticales más que la línea anterior. Y en el desplazamiento horizontal se le suman dos metros a la primer ancla y en la línea siguiente se le vuelven a restar, esto nos dará como resultado la distribución a tres bolillo.

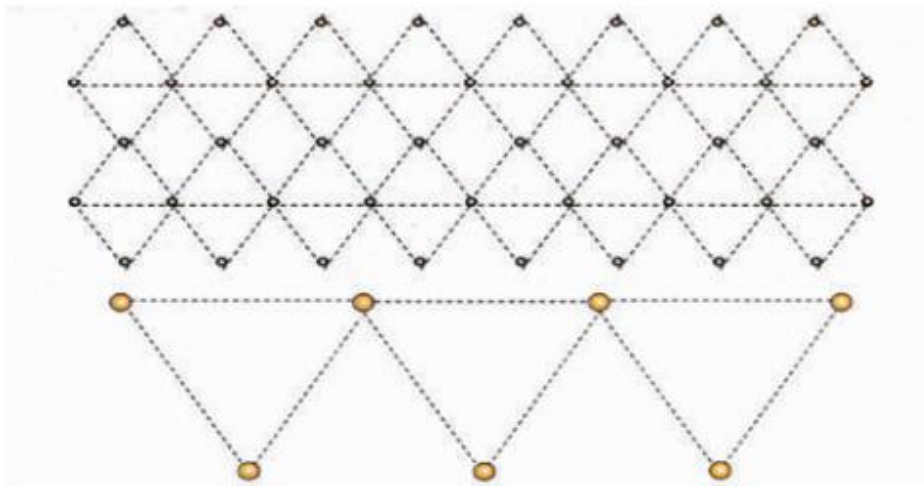


Figura 58.- Distribución de anclas a tresbolillo.

5.6.- RECUBRIMIENTO DE TALUD CON MALLA TRIPLE TORCIÓN.

Factores como la lluvia, el viento, la vegetación y el intemperismo, provocan el desprendimiento de pequeñas rocas que se separan de las rocas más grandes y al estar a alturas considerables y ser atraídas por la fuerza de gravedad, pueden llegar a caer sobre el arroyo de vialidad o golpear a algún coche y provocar un accidente.

Pretende que las rocas queden en la malla para evitar algún tipo de percance.



Figura 59.- Recubrimiento de talud con malla triple torción.

Se recomienda el recubrimiento de la zona frontal del talud con una malla de acero triple torsión, desde la pata del talud cubriéndolo por completo, y rebasando la parte superior a una distancia no menor a 3 metros y tensada con alambre inoxidable.

CONCLUSIONES:

La aplicación de la topografía en los trabajos de estabilización de talud de manera correcta ayuda a tener una mejor perspectiva de la problemática existente, proporcionando una mejor apreciación de los detalles que de verdad importan.

Procesar de manera adecuada la información digital resulta demasiado útil a la hora de realizar algún trabajo relacionado con la topografía.

Analizar la información con la que se tiene que trabajar en campo, pensar antes de actuar e interpretar la situación según lo pida el caso.

Utilizar el ingenio a la hora de llevar lo que dictan los planos a campo ayuda realizar un trabajo más eficaz y eficiente.

En síntesis, a lo largo del trabajo, se pudo demostrar la importancia de los estudios topográficos necesarios de Planimetría, Altimetría y Volumetrías al determinar una posible solución para falla geológica transversal, en el estudio de caso que nos ocupó, misma que está ubicada en el kilómetro 19+000 de la autopista Cuacnopalan- Oaxaca; En esta tesis fue posible desarrollar de manera detallada las actividades de campo y gabinete para el control en las dimensiones X, Y,Z, de acuerdo a las necesidades de las demás áreas de la Ingeniería cuya herramienta de trabajo para realizar sus técnicas y procedimientos fue a partir de los datos que el Ingeniero Topógrafo obtiene, misma actividad que yo realice. Toda vez que la solución a la problemática fue de carácter multidisciplinario, pero considero que aquí se destaca la relevancia de la Topografía para encontrar

soluciones Ingenieriles a cualquier dificultad de infraestructura carretera a pesar de la complejidad como lo es una falla geológica.

BIBLIOGRAFÍA:

Maldonado, Y.. (2018). *Fallas Geológicas*. Noviembre 10, 2019, de Geología web Sitio web: <https://geologiaweb.com>

Ruiz, G., Callejo, O. & Verdugo, J. . (Julio 2018). *MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018*. MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018, Segunda edición, 584.2019, Noviembre 13, De Secretaría de Comunicaciones y Transportes Base de datos.

García, Fernando. . (2005). *el topógrafo descalzo*. México: Pax.

Estudio de Caso: *Vulnerabilidad de los Sistemas de Agua Potable Frente a Deslizamientos*. (1997). Estudio de Caso: Vulnerabilidad de los Sistemas de Agua Potable Frente a Deslizamientos. 2019, Noviembre 30, de Venezuela Sitio web: <http://helid.digicollection.org/es/d/Jh0206s/4.1.html>

López, J.. (Noviembre 2017). PEDRAPLENES EN LAS VÍAS TERRESTRES. PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL, 1, 45. 2019, Noviembre 30, De Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería Base de datos.

Rico, A., & Del castillo, H.. (2005). *La Ingeniería de los suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. México: Limusa.

Peligros de origen geológico y localización de zonas vulnerables. (2003). *Peligros de origen*

geológico y localización de zonas vulnerables. Noviembre 30, 2019, de Protección Civil del estado de Oaxaca Sitio web: https://www.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/sites/26/2016/05/tomo1_cpeligros-de-origen-geol%C3%B3gico-y-localizacion-de-zonas-vulnerables.pdf

INEGI. (2016). Carta topográfica. E14B65b. Noviembre 30, 2019, de INEGI Sitio web: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463142874>

