



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“ESTUDIO Y PROYECTO DE
ESTABILIZACION DEL CORTE EN LOS KM
18+700 AL KM 19+200 LADO DERECHO DEL
CAMINO CUACNOPALAN-OAXACA.”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A:

NATALIA GUADALUPE

ALDAMA PEÑALOZA

ASESOR: ING. GABRIEL RUIZ GONZALEZ



FES Aragón

MÉXICO

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE:

AMALIA PEÑALOZA CHÁVEZ

POR TODO SU AMOR, CARIÑO, COMPRENSIÓN, LA PACIENCIA Y CONFIANZA QUE HAS TENIDO, GRACIAS POR TODO EL ESFUERZO QUE PONES CADA DÍA PARA SACARNOS ADELANTE A COSTA DE DESVELOS, MUCHO TRABAJO Y SACRIFICIOS. ERES MI MAYOR MOTIVACIÓN Y EJEMPLO. TE QUIERO MUCHO.

A MIS HERMANOS:

DIEGO Y ANA

LOS QUIERO Y SIGO APRENDIENDO DE USTEDES. PRONTO SERÁ SU TURNO PERO DESDE HACE MUCHO TIEMPO ESTOY ORGULLOSA DE TODOS SUS LOGROS Y ASÍ SEGUIRÁ SIENDO. SABEN QUE CUENTAN CONMIGO.

A MI ABUELA Y MI TÍA:

NATALIA CHÁVEZ Y FRANCISCA PEÑALOZA

POR CUIDARME, EDUCARME Y QUERERME. DESARROLLARON EN MÍ UN GRAN SENTIDO DE RESPONSABILIDAD Y TRABAJO. ESTA TESIS ES EN SU MEMORIA, SIEMPRE ESTAN EN MI CORAZÓN.



A MIS TÍOS Y PRIMOS:

**EULALIA Y JAVIER, JOSÉ Y CATALINA, GABRIEL Y
TAYDE
RICARDO, EDSON Y EDER**

GRACIAS POR TODO EL CARIÑO, AMOR Y EL APOYO QUE NOS HAN BRINDADO –A MI MAMÁ, HERMANOS Y A MÍ- DURANTE TANTOS AÑOS Y DE MUCHAS FORMAS.

HAN SIDO UNA PARTE MUY IMPORTANTE EN MI VIDA Y CADA UNO DE USTEDES ME HA AYUDADO A SER LA PERSONA QUE SOY AHORA. LOS QUIERO MUCHO A TODOS.

A MI NOVIO:

JOSÉ FRANCISCO SALAZAR VILLAR

GRACIAS POR ESTAR A MI LADO, POR SER MI SOPORTE EN MOMENTOS DIFÍCILES, COMPRENDERME Y TAMBIÉN POR TU INFINITA PACIENCIA.

POR TODOS LOS HERMOSOS MOMENTOS QUE HEMOS PASADO EN ESTOS AÑOS, ESPERO QUE SEAN MUCHOS MÁS.

TE AMO Y AGRADEZCO A LA VIDA POR UNIR NUESTROS CAMINOS.



A MIS AMIGOS:

**GERMÁN, JONATHAN, MEMO, QUIQUE, CHAVA Y
BETO.**

GRACIAS A USTEDES ESTA ETAPA DE MI VIDA FUE MUY DIVERTIDA, LOS TRABAJOS Y PROYECTOS MENOS PESADOS.

COMPARTIMOS MUCHOS MOMENTOS BUENOS Y MALOS PERO SOBRE TODAS LAS COSAS AGRADEZCO CONOCERLOS.

ESPERO QUE SIGAMOS EN CONTACTO A PESAR DE LA DISTANCIA, EL TIEMPO Y TODAS LAS COSAS QUE NOS ESPERAN A FUTURO.

A MI ASESOR:

ING. GABRIEL RUIZ GONZALEZ

POR SU APOYO EN EL DESARROLLO DE ESTA TESIS, POR SU DEDICACIÓN Y PACIENCIA EN LAS HORAS EN CLASE, CON ELLO ME DI CUENTA QUE ESTA RAMA DE LA INGENIERIA ES MUCHO MÁS INTERESANTE DE LO QUE YO CREÍA.

EL HECHO DE QUE SEA TAN EXIGENTE Y ESTRICTO, LA MAYORÍA DE LAS VECES, DEJA SÓLO COSAS BUENAS EN SUS ALUMNOS.



PERO SOBRE TODO POR IMPARTIR SUS CONOCIMIENTOS EN LAS DIFERENTES MATERIAS QUE TUVE A BIEN, ESCOGERLO COMO PROFESOR Y MÁS AÚN POR BRINDARME SU CONFIANZA.

A MIS PROFESORES Y SINODALES:

INGENIEROS PASCUAL, BAUTISTA, SOSA Y CHORA.

PORQUE HAN COMPARTIDO SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS, POR REALIZAR UNA GRAN LABOR Y ENSEÑARNOS LECCIONES DE VIDA.

MUCHAS GRACIAS A TODOS, CADA UNO DE USTEDES HA CONTRIBUIDO DE DIFERENTES FORMAS EN MI VIDA.





INDICE

INTRODUCCION

I.- GENERALIDADES

- I.1.- ANTECEDENTES.
 - I.1.1.- LOCALIZACION.
 - I.1.2.- FISIOGRAFIA.
 - I.1.3.- CLIMA.
- I.2.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.
- I.3.- OBJETIVO DEL PROYECTO DE ESTABILIZACION.
- I.4.- CARACTERISTICAS FISICAS.
- I.5.- MEDIOS SOCIOECONOMICOS.
- I.6.- SITUACION DEL DERECHO DE VIA.
- I.7.- DATOS VIALES.

II.- ESTUDIO TOPOGRAFICO.

- II.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.
- II.2.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

III.- ESTUDIO GEOLOGICO.

- III.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.
- III.2.- DESCRIPCION DEL SITIO.
- III.3.- MARCO GEOLOGICO REGIONAL.
 - III.3.1.-LITOLOGÍA DEL CORTE.
- III.4.-GEOLOGIA DE DETALLE.
 - III.4.1.- ESTRATIGRAFIA.
 - III.4.2.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL.
- III.5.- SISMICIDAD.

IV.- ESTUDIO GEOFISICO.

- IV.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.
- IV.2.- METODOS EMPLEADOS.
 - IV.2.1.- CONCEPTOS BASICOS DE REFRACCION SISMICA.
 - IV.2.2.- CONCEPTOS BASICOS DE PROSPECCION GEOELECTRICA.
 - IV.2.3.- ADQUISICION DE DATOS SISMICOS.



- IV.2.4.- ADQUISICION DE DATOS ELECTRICOS.
- IV.3.- EQUIPO UTILIZADO.
- IV.4.- TRABAJOS DE GABINETE.
 - IV.4.1.- PROCESAMIENTO DE DATOS SISMICOS.
 - IV.4.2.- PROCESAMIENTO DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES.
- IV.5.- ANALISIS DE RESULTADOS.

V.- PERFORACION DE SONDEOS.

- V.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.
- V.2.- ELABORACION DE SONDEOS.
- V.3.- RELACION DE EQUIPO EMPLEADO EN LOS TRABAJOS.
 - a) EQUIPO.
 - b) HERRAMIENTAS Y MATERIALES.
- V.4.- TRABAJOS DE LABORATORIO.
 - V.4.1.- EXPLORACION Y MUESTREO REALIZADOS EN EL CORTE.
 - a) NUMERO, TIPO Y PROFUNDIDAD DE SONDEOS.
 - b) PRUEBAS DE LABORATORIO EFECTUADAS.

VI.- POZOS A CIELO ABIERTO.

- VI.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.
- VI.2.- ELABORACION DE POZOS A CIELO ABIERTO.
- VI.3.- RELACION DE EQUIPO EMPLEADO EN LOS TRABAJOS.
 - a) EQUIPO.
 - b) HERRAMIENTAS Y MATERIALES.
- VI.4.- TRABAJOS DE LABORATORIO.
 - V.4.1.- EXPLORACION Y MUESTREO REALIZADOS EN EL CORTE.
 - a) NUMERO, TIPO Y PROFUNDIDAD DE POZOS.
 - b) PRUEBAS DE LABORATORIO EFECTUADAS.

VII.- ESTUDIO GEOTECNICO.

- VII.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.
- VII.2.- MARCO GEOLOGICO.
 - VII.2.1.- GENERALIDADES.
 - VII.2.2.- LITOLOGIA.
 - VII.2.3.- ESTRATIGRAFIA.
- VII.3.- EXPLORACION GEOTECNICA.
 - VII.3.1.- TRABAJOS DE CAMPO.
 - VII.3.1.1.- RECONOCIMIENTO PRELIMINAR.
 - VII.3.1.2.- TRABAJOS DE EXPLORACION Y MUESTREO.



- a) SONDEOS SUPERFICIALES.
- b) SONDEOS PROFUNDOS.
- VII.3.2.- TRABAJOS DE LABORATORIO.
- VII.3.3.- EXPLORACION Y MUESTREO REALIZADOS.
 - a) NUMERO, TIPO Y PROFUNDIDAD DE POZOS.
 - b) PRUEBAS DE LABORATORIO EFECTUADAS.
 - c) ESTRATIGRAFIA.
- VII.4.- MODELO GEOTECNICO.
 - VII.4.1.- CARACTERIZACION GENERAL.
 - a) COEFICIENTE SISMICO.
 - b) PARAMETROS GEOTÉCNICOS.
 - VII.4.2.- ACCIONES ACTUANTES.
- VII.5.- ANALISIS DE ESTABILIDAD.
 - VII.5.1.- SITUACION ACTUAL DE ESTABILIDAD DEL CORTE.
 - VII.5.2.- ANALISIS DE LA INFORMACION, INCLUYENDO CALCULOS DE ESTABILIDAD.
 - VII.5.2.1.- CRITERIOS DE ANALISIS (ZONA DE ABANICO ALUVIAL Y CONGLOMERADO).
 - a) ROTURA PLANA SIN INFLUENCIA DE PRESIÓN DE AGUA SOBRE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO.
 - b) ROTURA PLANA CON INFLUENCIA DE PRESIÓN DE AGUA SOBRE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO.
 - c) ROTURA PLANA CON INFLUENCIA DE PRESIÓN DE AGUA SOBRE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO Y GRIETA DE TRACCIÓN RELLENA DE AGUA.
 - VII.5.2.2.- CRITERIOS DE ANALISIS (ZONA DE LUTITA-CALIZA).
 - a) ANALISIS REALIZADOS.

VIII.- ALTERNATIVAS DE PROYECTO.

- VIII.1.- ALTERNATIVA 1.
- VIII.2.- ALTERNATIVA 2.
- VIII.3.- ALTERNATIVA 3.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA



INTRODUCCIÓN



El presente trabajo se ha desarrollado con la finalidad de obtener un diagnóstico certero de la situación actual del corte ubicado entre los km. 18+700.00 al Km 19+200.00 del Camino Directo Cuacnopalan – Oaxaca, que permita solucionar de una forma eficaz el problema de estabilidad que presenta dicho corte, realizando los estudios y proyectos de detalle para la reconstrucción integral del corte, las obras de drenaje, subdrenaje y complementarias.

Contiene los resultados de los estudios realizados en el área, que nos permite el reconocimiento y la evaluación de las características del corte para tener una mejor visión de la zona en donde se realizará el proyecto de estabilización.

Para la elaboración de este diagnóstico se ubicó geográficamente el área en estudio y se analizaron los aspectos climatológicos, geológicos y topográficos de la zona y su área de influencia y realizando una concatenación a la forma cómo afecta cada uno de estos aspectos al proyecto por realizar, así como las medidas pertinentes que se deberán tomar en cuenta en las etapas sucesivas, tanto para el diseño de la estabilización del corte, como para los procedimientos constructivos que se adopten entre otros.

Se establecen las características topográficas, estructurales, geológicas, geotécnicas del corte de estudio que permita su correcta estabilización mediante la alternativa más adecuada.

Se realizaron 3 anteproyectos conceptuales con la finalidad de solucionar satisfactoriamente la estabilización y/o protección del corte, de acuerdo con las condiciones geológicas y geotécnicas del corte.

Para la realización de las alternativas se tomaron en cuenta los estudios geológico, geofísico y geotécnico que serán determinantes para definir de manera conceptual las características geométricas y estructurales de la estabilización.



I.- GENERALIDADES.



I.1.- ANTECEDENTES.

La carretera México - Oaxaca entró en operación a finales de 1994, con una longitud de 243 km, la cual constituyó un orgullo al haberse construido en sólo 14 meses en una región donde las condiciones geológicas y topográficas representaban grandes obstáculos a vencer.

Las especificaciones del proyecto del tramo carretero contemplaron 12 m de ancho de corona para alojar dos carriles de circulación en el subtramo Cuacnopalan – Tehuacán – Huitzo de 220 km y de 21 m de ancho de corona para alojar cuatro carriles de circulación en el tramo Huitzo – Oaxaca de 23 km, más el ramal a Telixtlahuaca (3 km). La pendiente longitudinal máxima se fijó de 6% con grados de curvatura tales que permitieran conducir con seguridad y confort a una velocidad de proyecto de 90/110 km/h. Los ahorros esperados de esta nueva ruta fueron de 53 km en distancia y de 3.5 h en tiempo de recorrido desde Cuacnopalan hasta Oaxaca.

Con apego a la planeación establecida, la obra se dividió en tres subtramos:

- 1.-Cuacnopalan – Entronque con la carretera de Tehuacán a Huajuapán de León, con una longitud de 49 km.
- 2.-Entronque con la carretera de Tehuacán a Huajuapán de León – Nochixtlán. Este subtramo intermedio, con una longitud de 124 km, fue considerado como el de mayor dificultad constructiva, dado el gran volumen de excavación de cortes.
- 3.-Nochixtlán – Telixtlahuaca – Oaxaca. Tiene una longitud de 70 km más 3 km del ramal a Telixtlahuaca y requirió de la construcción de 3 entronques, 22 puentes con una longitud aproximada de 1,320 m, 3 viaductos especiales con 1,050 m de longitud total y 42 pasos a desnivel.

La otra cara de la moneda se presentó al entrar en servicio; si bien durante la rápida construcción se manifestó la inestabilidad de algunos taludes en cortes y terraplenes, éstos se corrigieron en su momento, pero el breve tiempo transcurrido no fue suficiente para restablecer el equilibrio en los macizos montañosos, alterados por la excavación de



grandes masas que se realizaron en los cortes o su colocación en las hondonadas para formar los terraplenes del camino; además, la naturaleza de los materiales en algunos cortes ocasionó que la superficie descubierta se erosionara aceleradamente.

La primera temporada de lluvias acrecentó aún más estos fenómenos, adicionándose los problemas relativos a las obras de drenaje, que se vieron azolvadas por los “caídos” y el arrastre de materiales térreos de los diversos cortes y terraplenes recién construidos. Los sismos que se presentaron posteriormente aceleraron el proceso de inestabilidad en los cortes que ya manifestaban esta situación.

El corte de estudio se ubica entre el km 18+700 al 19+200, durante el año 1995 se tuvieron varios derrumbes en la pared derecha, sobre todo durante y después de la temporada de lluvias, presentándose una falla entre el km. 18+960 y el km. 19+080.

El corte en estudio esta formado por tres unidades litológicas.

En la base del talud existe una formación de rocas calizas arcillosas alteradas con rocas lutitas con dirección de sus pliegues hacia el noreste. Su buzamiento corre hacia el sureste con inclinación promedio de 10° - 20° .

Posteriormente le sigue un conglomerado calcáreo de espesor promedio de 6 – 10 m. con presencia de carbonato de calcio muy cementado. Existen zonas donde este conglomerado aparece en forma de boleos de gran tamaño y muy duros.

Sobre las formaciones anteriores, sobreyace un abanico aluvial compuesto por bloques de varios tamaños de calizas puras, calizas arcillosas y boleos con presencia de carbonato de calcio.

Cuenta con una altura máxima de 68.0 m, inicialmente contaba con 2 bermas de 6m de ancho. Con base en los recorridos e inspecciones realizados a finales de 1995, se realizó un proyecto de estabilización de la pared inestable que consistió básicamente en el abatimiento de los taludes a $\frac{3}{4}:1$, la construcción de cuatro bermas de 6 m de ancho protegidas con concreto hidráulico, la colocación sobre el hombro de la primera berma de una barrera de retención contra posibles desprendimientos de material, la protección



con concreto lanzado del talud ubicado entre la rasante y la primera berma, así como la repavimentación de la zona afectada y la construcción de obras complementarias de drenaje como cunetas, contracunetas y subdrenes longitudinales.

Entre los meses de septiembre y noviembre de 1996, la inestabilidad de la pared derecha del corte se había incrementado, presentando daños severos en el concreto lanzado existente y derrumbes con mayor frecuencia y de gran magnitud.

A mediados de diciembre de ese mismo año se iniciaron los trabajos de estabilización, para lo cual previamente se desvió el tránsito por un camino provisional construido sobre la parte superior de la pared izquierda.

En marzo de 1997, durante los trabajos de excavación, se detectó una serie de grietas profundas en una zona de la tercera berma, llegándose a formar una caverna. Después de realizar estudios geológicos y de exploración complementarios en esta zona y en otras que mostraron problemas locales, se rellenaron las grietas con fragmentos de roca y concreto ciclópeo; posteriormente se colocaron capas de suelo-cemento para rellenar parcialmente dicha zona.

A finales de octubre concluyeron los trabajos de estabilización del corte, con un total de 213,000 m³ de material excavado y 3900 m² de concreto lanzado, así como los de repavimentación del tramo afectado.

En agosto de 1998, se realizó un seguimiento de las recomendaciones efectuadas en el año de 1997, observándose que las obras quedaron inconclusas manifestando que persisten los riesgos de falla a lo largo del corte de estudio.

Debido a los problemas de inestabilidad del corte entre el período de 1998 y 2002, en el año de 2003 se solicitó la realización de un nuevo proyecto de estabilización, las solventaciones efectuadas no fueron consensuadas, por lo que quedó inconcluso este proyecto de estabilización.

En diciembre de 2007 se realizaron trabajos en el corte para corregir la deformación existente debido a la falla que se presentó en ese tramo y que actualmente continua



presentando bufamiento de la carpeta asfáltica y estructura de pavimento. Durante este mismo período se abrió una caja de 70 cm retirando el material húmedo rellenándose con material de base estabilizado con cemento, el cual se compactó y se colocó mezcla asfáltica elaborada en frío.

Actualmente el corte se observan elevadas tensiones las cuales han generado al pie del talud condiciones de desequilibrio llegando incluso a producirse deformaciones y/o bufamientos plásticos.

El corte en estudio está sometido a tensiones de tipo tectónico contribuyendo a la pérdida de resistencia del material. Las discontinuidades y las zonas con estructuras compresivas se han convertido en zonas de debilidad por la aparición de tensiones distensivas o traccionales, dando lugar a grietas o aperturas de los planos de discontinuidad.

Las diferentes litologías que presenta el corte de estudio ha sido un factor importante de su inestabilidad ya que aspectos como la alternancia de materiales, competencia y grado de alteración, así como la presencia de capas de material blando y de estratos duros han controlado los tipos y la disposición de las superficies de rotura.

Finalmente, la inestabilidad del corte en estudio, está influenciada por las condiciones hidrogeológicas, reduciendo su estabilidad al disminuir la resistencia intrínseca y aumentando las fuerzas tendentes a la inestabilidad.

1.1.1.- LOCALIZACION.

El corte de Estudio se ubica entre el km: 18+700.00 al km: 19+200.00 del Camino Directo Cuacnopalan – Oaxaca. En esta zona la autopista se mantiene con un nivel horizontal constante topográficamente en el sentido en que se incrementan los cadenamientos, dicho corte tiene una altura máxima de 68.00 m, en el cual se observa está constituido de un material conformado por calizas, lutitas y conglomerado calcáreo cementado con fragmentos chicos y medianos.



La zona de estudio se encuentra ubicada al Sureste del Altiplano de la República, entre la Sierra Nevada y al Oeste de la Sierra Madre Oriental tiene la forma aproximada de un triángulo isósceles cuyo vértice apunta hacia el norte y la base hacia el sur; se encuentra entre los paralelos 17° 52' - 20° 52' latitud norte y los 96° 43' y 99° 04' de longitud Oeste; está limitado al Norte con Veracruz, al sur con Oaxaca y Guerrero; al oeste con Morelos, Estado de México, Tlaxcala e Hidalgo y al este con Veracruz.

La zona de estudio forma parte del Estado de Puebla, la cual tiene una superficie total de 33,919 Km² que representa el 1.7% de la nacional; ocupa el vigésimo primer lugar en el país.



Figura. 1 Ubicación del Corte de estudio en el Mapa político del Edo. de Puebla.



I.1.2.- FISIOGRAFIA.

El corte de estudio pertenece a la Provincia de la Sierra Madre del Sur, la cual comprende 45.42% de la superficie del estado de Puebla, y está representada por parte de siete Subprovincias: Cordillera Costera del Sur, Mixteca Alta, Sierras y Valles Guerrerenses, Sierras Centrales de Oaxaca, Sierras Orientales, Sur de Puebla y Llanuras Morelenses. Abarca la mayor parte de la porción sur de la entidad, aproximadamente desde una línea definida por los poblados de Cohuecán, Atzala, Tochimiltzingo, Santa Clara Huitziltepec, Tecamachalco y Morelos Cañada, hasta los límites con Oaxaca.

De acuerdo a las Subprovincias anteriormente mencionadas, el corte de estudio pertenece a la de las Sierras Orientales.

Esta Subprovincia está representada por una porción de la sierra de Zongolica, extendiéndose al norte, noreste y este de la cuenca de Tehuacán, desde Tecamachalco hasta el extremo sureste de la entidad. Comprende 6.73% de la superficie estatal, en áreas que pertenecen a los municipios de San Sebastián Tlacotepec, Coyomeapan, Zoquitlán, Eloxochitlán, Vicente Guerrero, San Antonio Cañada y Nicolás Bravo; y a porciones de otros 13, entre ellos, Coxcatlán, Tehuacán, Yehualtepec, Quecholac, Palmar de Bravo, Cañada Morelos y Esperanza.

La Subprovincia donde se ubica el corte de estudio, limita al Oeste con la Subprovincia Sur de Puebla, al Norte con la de Lagos y Volcanes de Anáhuac, al Sur con la de Sierras Centrales de Oaxaca, al Sureste se interna en el Estado de Oaxaca y al Oriente en el Estado de Veracruz.

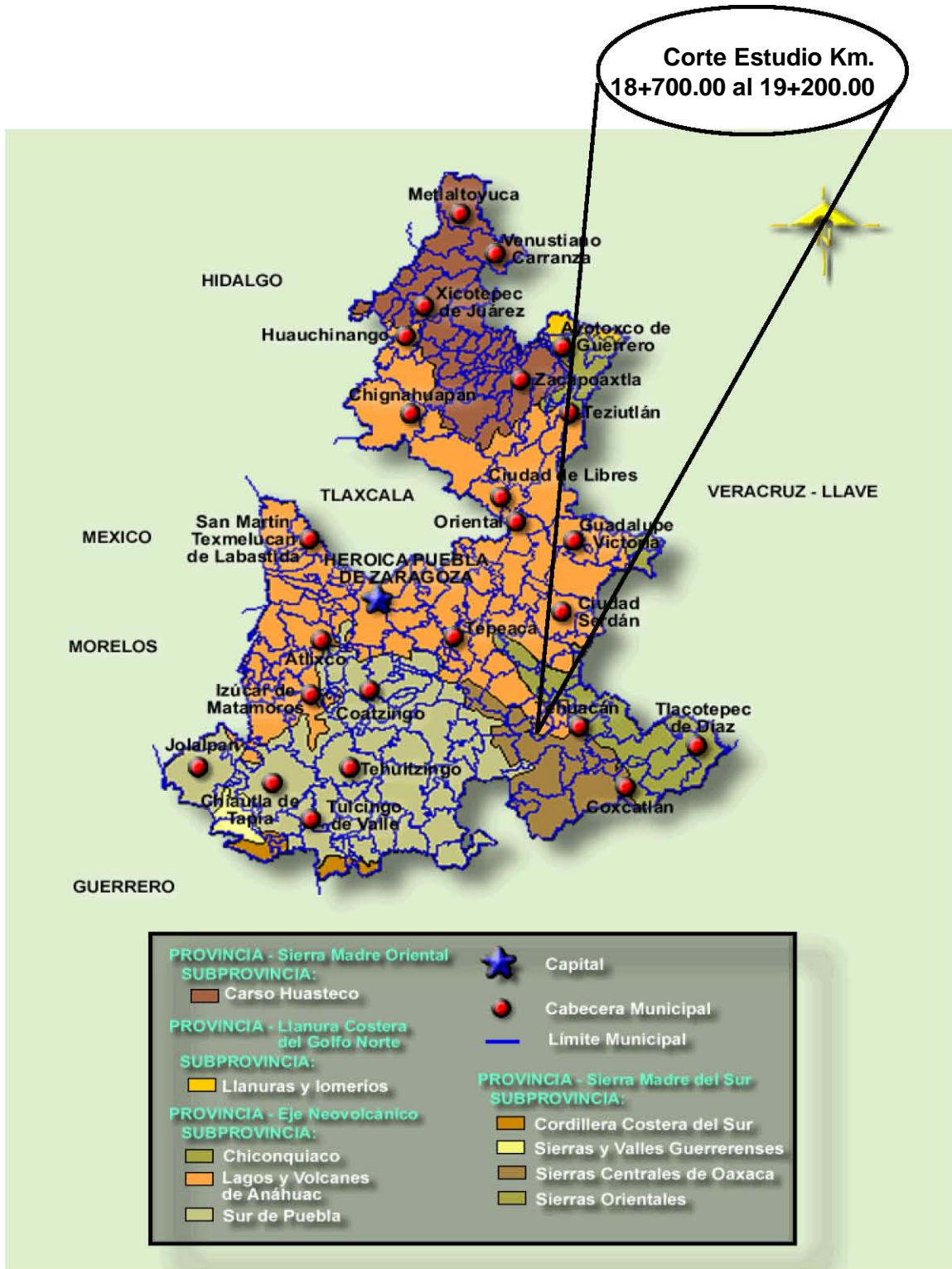


Figura. 2 Mapa de Regiones Fisiográficas del Edo. de Puebla.

I.1.3.- CLIMA.

El corte de estudio se localiza en la zona de clima seco y semiseco que representa el 19% de la superficie del Estado de Puebla.

La temperatura media anual de la zona de estudio es de 17.5°C, la temperatura máxima promedio es de 28.5°C, presentándose en los meses de abril y mayo. La temperatura mínima promedio es de 6.5°C, la cual se presenta durante el mes de enero.

La precipitación media es de 1 270 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre.

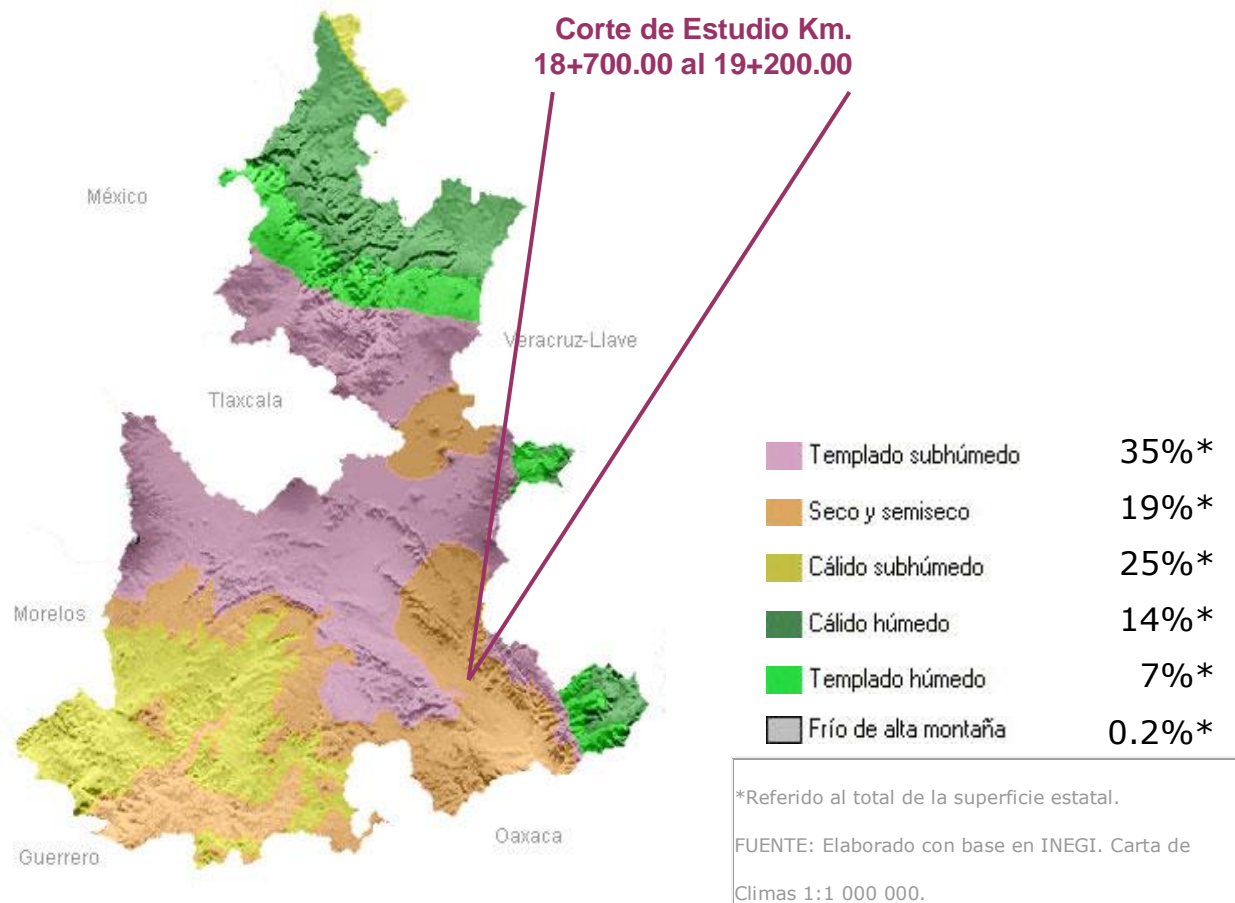


Figura. 3 Mapa de Climas del Edo. de Puebla.



I.2.-OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El objetivo del estudio es determinar todos aquellos factores generales, de carácter social, cultural, ambiental, operacional, técnico y económico, que permitan conocer la zona donde se realizará el proyecto de estabilización del corte, realizando las visitas técnicas necesarias para reconocimiento y evaluación de las características físicas y de infraestructura existente en la zona en estudio, así como la recopilación de la información con que cuentan las diferentes instancias, académicas o de investigación que serán de utilidad en el desarrollo de los estudios y proyectos, los cuales permitirán la realización de un diagnóstico certero de la situación actual.

Para la elaboración de este diagnóstico se ubicó geográficamente el área en estudio y se analizaron los aspectos climatológicos, geológicos y topográficos de la zona y su área de influencia y realizando una concatenación a la forma como afecta cada uno de estos aspectos al proyecto por realizar, así como las medidas pertinentes que se deberán tomar en cuenta en las etapas sucesivas, tanto para el diseño de la estabilización del corte, como para los procedimientos constructivos que se adopten entre otros.

En este estudio se describen la ubicación, vías y medios de comunicación de la zona de estudio y su área de influencia, describiendo los elementos que lo conforman, longitud, anchos de corona, zonas de cortes o terraplenes, señalamiento existente, la problemática y accidentabilidad del mismo, su importancia y las áreas de influencia que involucra.

I.3.-OBJETIVO DEL PROYECTO DE ESTABILIZACION.

El objeto del proyecto de estabilización es el de evaluar las condiciones actuales para elaborar los estudios y proyectos del corte en los km. 18+700 AL km. 19+200 Lado Derecho del Camino Directo: Cuacnopalan-Oaxaca y en general de todos los elementos que conforman la Autopista, realizando los estudios y proyectos de detalle para la reconstrucción integral del corte y las obras complementarias.



Los estudios y proyectos comprendieron los trabajos de inspección, exploración, instrumentación y medición necesarios para el estudio de estabilización del corte así como la rehabilitación geométrica y estructural del pavimento existente en la zona de dicho corte, elaborando el proyecto ejecutivo correspondiente.

I.4.-CARACTERISTICAS FISICAS.

El corte de estudio se ubica en el km. 18+700 al km. 19+200 Lado Derecho del Camino Directo: Cuacnopalan-Oaxaca ubicándose en las siguientes coordenadas: Latitud $18^{\circ}37'5.22''N$ y Longitud $97^{\circ}27'59.70''O$.

La longitud del corte es de 540 m contando con dos carriles de circulación (uno por sentido) y un ancho promedio de 12.0 m.

De acuerdo con los estudios Topográficos la altura máxima es de 67.90 y una altura mínima de 5.10 m.

El corte presenta una pequeña berma que se ubica entre el cadenamiento del 19+000 al km 19+140.

Al pie del talud entre el cadenamiento del km 18+840 al 18+890 existe un muro gavión al igual que entre el cadenamiento del km 18+970 al 19+065 el cual se encuentra en malas condiciones estructurales debido a la gran cantidad de caídos y desprendimientos de bloques de material que han caído sobre el muro gavión.

El corte no cuenta con una contracuneta que ayude a canalizar los escurrimientos en el talud. Respecto a la cuneta, esta se encuentra en malas condiciones estructurales ya que debido a los caídos de material, prácticamente la cuneta ha desaparecido en algunos tramos.

El corte no cuenta con derecho de vía ya que prácticamente ha desaparecido con los derrumbes constantes a lo largo del corte de estudio.



Actualmente el corte presenta elevadas tensiones las cuales han generado al pie del talud condiciones de desequilibrio llegando incluso a producirse deformaciones y/o bufamientos plásticos.

Las discontinuidades y las zonas con estructuras compresivas se han convertido en zonas de debilidad por la aparición de tensiones distensivas o traccionales, dando lugar a grietas o aperturas de los planos de discontinuidad.

Las diferentes litologías que presenta el corte de estudio ha sido un factor importante de su inestabilidad ya que aspectos como la alternancia de materiales, competencia y grado de alteración, así como la presencia de capas de material blando y de estratos duros han controlado los tipos y la disposición de las superficies de rotura.

Finalmente, la inestabilidad del corte en estudio, está influenciada por las condiciones hidrogeológicas, reduciendo su estabilidad al disminuir la resistencia intrínseca y aumentando las fuerzas tendentes a la inestabilidad.

1.5.-MEDIOS SOCIOECONOMICOS.

El Estado de Puebla se encuentra dividido en 7 regiones socioeconómicas, siendo éstas la región I Huauchinango; Región II Teziutlán; Región III Ciudad Serdán; Región IV San Pedro Cholula; Región V Puebla; Región VI Izúcar de Matamoros y la Región VII Tehuacán.

Esta distribución socioeconómica se utilizó por necesidades de planeación y por ser unidades de desarrollo más homogéneas. Esta regionalización rige oficialmente desde 1986 y responde a las interacciones económicas, sociales y políticas que se dan entre los Municipios.

El corte de estudio se ubica en la Región VII Tehuacán al Sureste del Estado, esta conformada por 50 Municipios, presenta gran variedad de climas que van desde los templados de la Sierra de Zongolica, pasando por los cálidos del Valle de Tehuacán. La región es una de las vertientes hidrológicas más importantes del país. Su orografía está formada por la Sierra del Tentzo, Sierra Mixteca y Sierra Negra.



De acuerdo a la encuesta nacional de empleo, en el 2008 había en Puebla 2,157,108 ocupados de los cuales el 64% eran hombre y el 36% mujeres. De esta cifra el 25% se encuentra concentrado en la Región socio-económica VII Tehuacán, a la cual se ubica el corte de estudio.

De acuerdo al INEGI, las actividades más importantes por su contribución al PIB son: la industria manufacturera, comercio, restaurantes, hoteles, servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler así como servicios comunales, sociales y personales. Estas actividades aportan el 79.5 % del P.I.B. en el año 2008.

Del total de las personas que tiene empleo, el 26% pertenece al sector agrícola, el 67% al de la transformación, y el 40% al de comercio.

La planta productiva se encuentra atomizada tanto en el sector agrícola, como en el industrial y en el de servicios. Particularmente en el sector manufacturero, de acuerdo a la información de los censos industriales, en la región socio-económica de estudio de 2008, el 96.7% de los establecimientos eran micro-empresas, el 1.9% eran pequeñas, el 1.07% medianas y el 0.16% eran grandes empresas.

El porcentaje de la población que migra hacia Estados Unidos es casi el 1.5% de la población total. De este porcentaje, 77% son hombres y solo 23% mujeres.

I.6.-SITUACION DE DERECHO DE VIA.

Debido a la inestabilidad que presenta el corte, el derecho de vía ha desaparecido prácticamente a lo largo del mismo, salvo algunas zonas en las que se observa su mal estado y su nula funcionalidad, localizándose fuera del corte a una distancia de 55 m respecto al eje de la carretera. Este derecho de vía está conformado por una cerca de alambre de una altura promedio de 1.20 m.



I.7.-DATOS VIALES.

ÍNDICE
CASSETAS DE COBRO DE LAS AUTOPISTAS Y PUENTES DE CUOTA

ESTADO	CARRETERA	CASETA	(Movimiento Direccional)	No. ÍNDICE
--------	-----------	--------	--------------------------	------------

PUEBLA

CUACNOPALAN - OAXACA

TEHUACÁN	(Cuacnopalan - Tehuacán)	38
MIAHUATLÁN	(Tehuacán - Miahuatlán)	39
COIXTLAHUACA	(Miahuatlán - Coixtlahuaca)	40-01
COIXTLAHUACA	(Miahuatlán - Nochixtlán)	40-02
HUITZO	(Nochixtlán - Oaxaca)	41-01
HUITZO	(Nochixtlán - Huitzo)	41-02
HUITZO BIS	(Huitzo - Oaxaca)	42

VOLÚMENES DE TRÁNSITO 2006
CASSETAS DE COBRO DE LAS AUTOPISTAS Y PUENTES DE CUOTA

19-01	Carretera: Puebla-Córdoba (MEX-150D) Movimiento: Puebla-Acatzingo	Caseta: Amozoc Km.: 141.713	Sentido: 0																																																																									
24,854	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">Clasificación Vehicular en Porcentaje</th> <th>VTA</th> <th colspan="12">Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje</th> </tr> <tr> <th>A</th><th>AR</th><th>B</th><th>C2</th><th>C3</th><th>C4</th><th>C5</th><th>C6</th><th>C7</th><th>C8</th><th>C9</th><th>VNC</th> <th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>71.4</td><td>0.1</td><td>9.3</td><td>5.3</td><td>4.5</td><td>0.1</td><td>4.3</td><td>0.1</td><td>1.4</td><td>0.1</td><td>2.9</td><td>0.5</td> <td>9,071,673</td> <td>8.0</td><td>6.7</td><td>7.3</td><td>6.7</td><td>7.5</td><td>8.3</td><td>8.6</td><td>8.1</td><td>8.2</td><td>8.7</td><td>8.8</td><td>11.1</td> </tr> </tbody> </table>	Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje												A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	71.4	0.1	9.3	5.3	4.5	0.1	4.3	0.1	1.4	0.1	2.9	0.5	9,071,673	8.0	6.7	7.3	6.7	7.5	8.3	8.6	8.1	8.2	8.7	8.8	11.1	9,071,673	8.0 6.7 7.3 6.7 7.5 8.3 8.6 8.1 8.2 8.7 8.8 11.1
Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje																																																																
A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC																																																					
71.4	0.1	9.3	5.3	4.5	0.1	4.3	0.1	1.4	0.1	2.9	0.5	9,071,673	8.0	6.7	7.3	6.7	7.5	8.3	8.6	8.1	8.2	8.7	8.8	11.1																																																				
19-02	Carretera: Puebla-Córdoba (MEX-150D) Movimiento: Puebla-Amozoc	Caseta: Amozoc Km.: 141.713	Sentido: 0																																																																									
9,620	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">Clasificación Vehicular en Porcentaje</th> <th>VTA</th> <th colspan="12">Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje</th> </tr> <tr> <th>A</th><th>AR</th><th>B</th><th>C2</th><th>C3</th><th>C4</th><th>C5</th><th>C6</th><th>C7</th><th>C8</th><th>C9</th><th>VNC</th> <th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>76.8</td><td>0.1</td><td>9.6</td><td>6.6</td><td>4.3</td><td>0.0</td><td>1.1</td><td>0.0</td><td>0.5</td><td>0.0</td><td>0.4</td><td>0.6</td> <td>3,511,372</td> <td>9.8</td><td>7.5</td><td>8.2</td><td>7.7</td><td>8.0</td><td>8.3</td><td>8.9</td><td>8.3</td><td>7.9</td><td>8.6</td><td>8.0</td><td>8.8</td> </tr> </tbody> </table>	Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje												A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	76.8	0.1	9.6	6.6	4.3	0.0	1.1	0.0	0.5	0.0	0.4	0.6	3,511,372	9.8	7.5	8.2	7.7	8.0	8.3	8.9	8.3	7.9	8.6	8.0	8.8	3,511,372	9.8 7.5 8.2 7.7 8.0 8.3 8.9 8.3 7.9 8.6 8.0 8.8
Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje																																																																
A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC																																																					
76.8	0.1	9.6	6.6	4.3	0.0	1.1	0.0	0.5	0.0	0.4	0.6	3,511,372	9.8	7.5	8.2	7.7	8.0	8.3	8.9	8.3	7.9	8.6	8.0	8.8																																																				
20-01	Carretera: Puebla-Córdoba (MEX-150D) Movimiento: Acatzingo-Cd. Mendoza	Caseta: Esperanza Km.: 217.500	Sentido: 0																																																																									
11,281	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">Clasificación Vehicular en Porcentaje</th> <th>VTA</th> <th colspan="12">Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje</th> </tr> <tr> <th>A</th><th>AR</th><th>B</th><th>C2</th><th>C3</th><th>C4</th><th>C5</th><th>C6</th><th>C7</th><th>C8</th><th>C9</th><th>VNC</th> <th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>55.3</td><td>0.2</td><td>12.6</td><td>5.7</td><td>7.3</td><td>0.2</td><td>8.5</td><td>2.0</td><td>1.4</td><td>0.8</td><td>5.8</td><td>0.2</td> <td>4,117,582</td> <td>7.3</td><td>6.3</td><td>6.9</td><td>6.9</td><td>7.0</td><td>8.3</td><td>8.1</td><td>7.5</td><td>8.8</td><td>9.5</td><td>9.3</td><td>12.1</td> </tr> </tbody> </table>	Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje												A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	55.3	0.2	12.6	5.7	7.3	0.2	8.5	2.0	1.4	0.8	5.8	0.2	4,117,582	7.3	6.3	6.9	6.9	7.0	8.3	8.1	7.5	8.8	9.5	9.3	12.1	4,117,582	7.3 6.3 6.9 6.9 7.0 8.3 8.1 7.5 8.8 9.5 9.3 12.1
Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje																																																																
A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC																																																					
55.3	0.2	12.6	5.7	7.3	0.2	8.5	2.0	1.4	0.8	5.8	0.2	4,117,582	7.3	6.3	6.9	6.9	7.0	8.3	8.1	7.5	8.8	9.5	9.3	12.1																																																				
20-02	Carretera: Puebla-Córdoba (MEX-150D) Movimiento: Acatzingo-Esperanza	Caseta: Esperanza Km.: 217.500	Sentido: 0																																																																									
3,494	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">Clasificación Vehicular en Porcentaje</th> <th>VTA</th> <th colspan="12">Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje</th> </tr> <tr> <th>A</th><th>AR</th><th>B</th><th>C2</th><th>C3</th><th>C4</th><th>C5</th><th>C6</th><th>C7</th><th>C8</th><th>C9</th><th>VNC</th> <th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30.0</td><td>0.2</td><td>2.1</td><td>10.1</td><td>15.3</td><td>0.5</td><td>24.3</td><td>8.6</td><td>0.2</td><td>0.1</td><td>6.7</td><td>1.9</td> <td>1,275,325</td> <td>7.7</td><td>7.3</td><td>8.3</td><td>8.3</td><td>8.6</td><td>9.0</td><td>8.4</td><td>8.6</td><td>7.4</td><td>8.4</td><td>8.7</td><td>9.3</td> </tr> </tbody> </table>	Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje												A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	30.0	0.2	2.1	10.1	15.3	0.5	24.3	8.6	0.2	0.1	6.7	1.9	1,275,325	7.7	7.3	8.3	8.3	8.6	9.0	8.4	8.6	7.4	8.4	8.7	9.3	1,275,325	7.7 7.3 8.3 8.3 8.6 9.0 8.4 8.6 7.4 8.4 8.7 9.3
Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje																																																																
A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC																																																					
30.0	0.2	2.1	10.1	15.3	0.5	24.3	8.6	0.2	0.1	6.7	1.9	1,275,325	7.7	7.3	8.3	8.3	8.6	9.0	8.4	8.6	7.4	8.4	8.7	9.3																																																				
21-01	Carretera: Puebla-Córdoba (MEX-150D) Movimiento: Cd. Mendoza-Córdoba	Caseta: Fortín de las Flores Km.: 286.250	Sentido: 0																																																																									
18,292	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">Clasificación Vehicular en Porcentaje</th> <th>VTA</th> <th colspan="12">Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje</th> </tr> <tr> <th>A</th><th>AR</th><th>B</th><th>C2</th><th>C3</th><th>C4</th><th>C5</th><th>C6</th><th>C7</th><th>C8</th><th>C9</th><th>VNC</th> <th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>57.4</td><td>0.1</td><td>6.5</td><td>9.8</td><td>8.0</td><td>0.2</td><td>8.9</td><td>3.3</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>4.8</td><td>0.6</td> <td>6,676,579</td> <td>8.2</td><td>7.2</td><td>7.9</td><td>9.0</td><td>8.1</td><td>9.3</td><td>8.6</td><td>8.3</td><td>7.4</td><td>8.1</td><td>8.1</td><td>9.8</td> </tr> </tbody> </table>	Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje												A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	57.4	0.1	6.5	9.8	8.0	0.2	8.9	3.3	0.2	0.2	4.8	0.6	6,676,579	8.2	7.2	7.9	9.0	8.1	9.3	8.6	8.3	7.4	8.1	8.1	9.8	6,676,579	8.2 7.2 7.9 9.0 8.1 9.3 8.6 8.3 7.4 8.1 8.1 9.8
Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje																																																																
A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC																																																					
57.4	0.1	6.5	9.8	8.0	0.2	8.9	3.3	0.2	0.2	4.8	0.6	6,676,579	8.2	7.2	7.9	9.0	8.1	9.3	8.6	8.3	7.4	8.1	8.1	9.8																																																				
21-02	Carretera: Puebla-Córdoba (MEX-150D) Movimiento: Cd. Mendoza-Fortín	Caseta: Fortín de las Flores Km.: 286.250	Sentido: 0																																																																									
8,941	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">Clasificación Vehicular en Porcentaje</th> <th>VTA</th> <th colspan="12">Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje</th> </tr> <tr> <th>A</th><th>AR</th><th>B</th><th>C2</th><th>C3</th><th>C4</th><th>C5</th><th>C6</th><th>C7</th><th>C8</th><th>C9</th><th>VNC</th> <th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>84.8</td><td>0.1</td><td>2.7</td><td>5.3</td><td>3.7</td><td>0.1</td><td>1.3</td><td>0.6</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.4</td><td>1.0</td> <td>3,263,429</td> <td>7.8</td><td>7.5</td><td>8.4</td><td>8.3</td><td>8.4</td><td>8.4</td><td>8.3</td><td>8.2</td><td>7.8</td><td>8.4</td><td>8.5</td><td>10.0</td> </tr> </tbody> </table>	Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje												A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	84.8	0.1	2.7	5.3	3.7	0.1	1.3	0.6	0.0	0.0	0.4	1.0	3,263,429	7.8	7.5	8.4	8.3	8.4	8.4	8.3	8.2	7.8	8.4	8.5	10.0	3,263,429	7.8 7.5 8.4 8.3 8.4 8.4 8.3 8.2 7.8 8.4 8.5 10.0
Clasificación Vehicular en Porcentaje											VTA	Volumen de Tránsito Mensual en Porcentaje																																																																
A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC																																																					
84.8	0.1	2.7	5.3	3.7	0.1	1.3	0.6	0.0	0.0	0.4	1.0	3,263,429	7.8	7.5	8.4	8.3	8.4	8.4	8.3	8.2	7.8	8.4	8.5	10.0																																																				



II.- ESTUDIO TOPOGRÁFICO.



II.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Se obtendrán los datos de campo que permitan conocer la topografía de las masas inestables su área y la dirección de sus movimientos, mediante la observación de las fisuras, de la vegetación (arbustos ladeados en el sentido del movimiento), las características y condiciones geométricas de la Autopista y del tramo en estudio, datos que serán la base del proyecto de estabilización del corte y de la cuantificación de volúmenes de obra que integrarán el proyecto ejecutivo.

Es importante manifestar que la planimetría levantada y dibujada servirá de base para proponer al menos 2 (DOS) alternativas o las que resulten necesarias, para la estabilización del corte en la Autopista, de acuerdo con los resultados del estudio de la geología y geotécnico de cada corte.

II.2.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Se trazó una poligonal principal de apoyo para la determinación de los datos planimétricos y altimétricos esenciales, comprendiendo toda la zona inestable en el camino.

Como parte del estudio topográfico, se levantaron y se inventariaron todos y cada uno de los elementos que conforman la Autopista, hacia el exterior y hacia el interior del camino en una longitud en el sentido longitudinal y transversal que cubrieron el total del área inestable y la que por necesidades de construcción se vean afectadas, incluyendo señales, defensa metálica, taludes, obras de drenaje, obras menores, letreros, anuncios panorámicos, construcciones, accesos, estructuras y todos los elementos relevantes, como paramentos, guarniciones, banquetas, señales, acotamientos, postes, árboles, pozos de visita, obras inducidas y las que por la importancia de la zona deban referenciarse.

Las actividades de trazo se realizaron con equipo electrónico debidamente calibrado (Estación Total tipo TOPCON GTS-236W y un navegador satelital BRUNTON), con tolerancia de $10''$ (segundos) raíz cuadrada de n , donde " n " es el número de vértices de la poligonal y precisión lineal mínima de 1:20,000. Las coordenadas y azimut de partida



se obtuvieron dos puntos con posicionamiento satelital (GPS), con una precisión de 1.00cm (un centímetro).

Una vez localizado el trazo se procedió a marcar con pintura los cadenamientos a cada 20 m en los tramos en tangente del camino, además se referenciaron y marcaron los cadenamientos en las curvas horizontales en los puntos de inflexión (P.I.), principio de curva (P.C.), principio de tangente (P.T.) y punto sobre tangente (P.S.T.). Esta referencial se hizo por el método de radiaciones, tomando como apoyo bancos de nivel observados en campo.

De acuerdo con lo trazado se levantó un perfil a cada 20m, en los puntos intermedios trazados, así como todos los puntos de importancia para el proyecto, tales como cambios de pendiente sobre la línea trazada, ubicándose bancos de nivel en lugares fijos claramente identificables, los cuales están referidos a un banco de elevación predeterminada con tolerancias de 10mm raíz cuadrada de k, donde “k” es el número de kilómetros nivelados. Esta actividad se realizó con nivel fijo.

En las estaciones de la vialidad marcadas sobre el camino y ubicadas a cada 20.0m y en los puntos nivelados se levantaron secciones transversales, que cubrieron el ancho del corte inestable. Las secciones se levantaron transversalmente a detalle y fueron consignadas todas las diferentes elevaciones que contenía cada sección para precisar los volúmenes que con base a ellas se calculó a escala para permitir su cuantificación y manejo en el campo.

El perfil se calculó tomando la elevación obtenida de uno de los puntos GPS de tal manera que las elevaciones se referencian al nivel medio del mar, el perfil se dibujó por computadora.

Una vez que fue calculado el perfil, se procedió a calcular las secciones del terreno natural y se dibujaron por computadora.

Las secciones transversales abarcaron todo el ancho de la carretera y se levantaron a cada 20m.



Con las orientaciones astronómicas, los cadenamamientos obtenidos y las deflexiones leídas se calcularon las coordenadas geográficas.

De forma totalmente ligada al trazo preliminar o definitivo, se levantaron los datos de campo que permitieron describir la ubicación de predios particulares o ejidales que son susceptibles de ser afectados por los trabajos de estabilización del corte. Este levantamiento se hizo por medio de poligonales cerradas que indican los límites de propiedad, y fueron investigados para ello los nombres de los propietarios, ubicando marcas visibles a través de trompos o mojoneras en los vértices de la poligonal de la propiedad.

Una vez concluidos los trabajos de campo se procedió al cálculo y elaboración de planos topográficos de planimetría, planta y perfil, detalles e infraestructura existente. Los planos se apegan a lo indicado en los manuales de presentación, control de informes y propuestas, editado por la S.C.T.



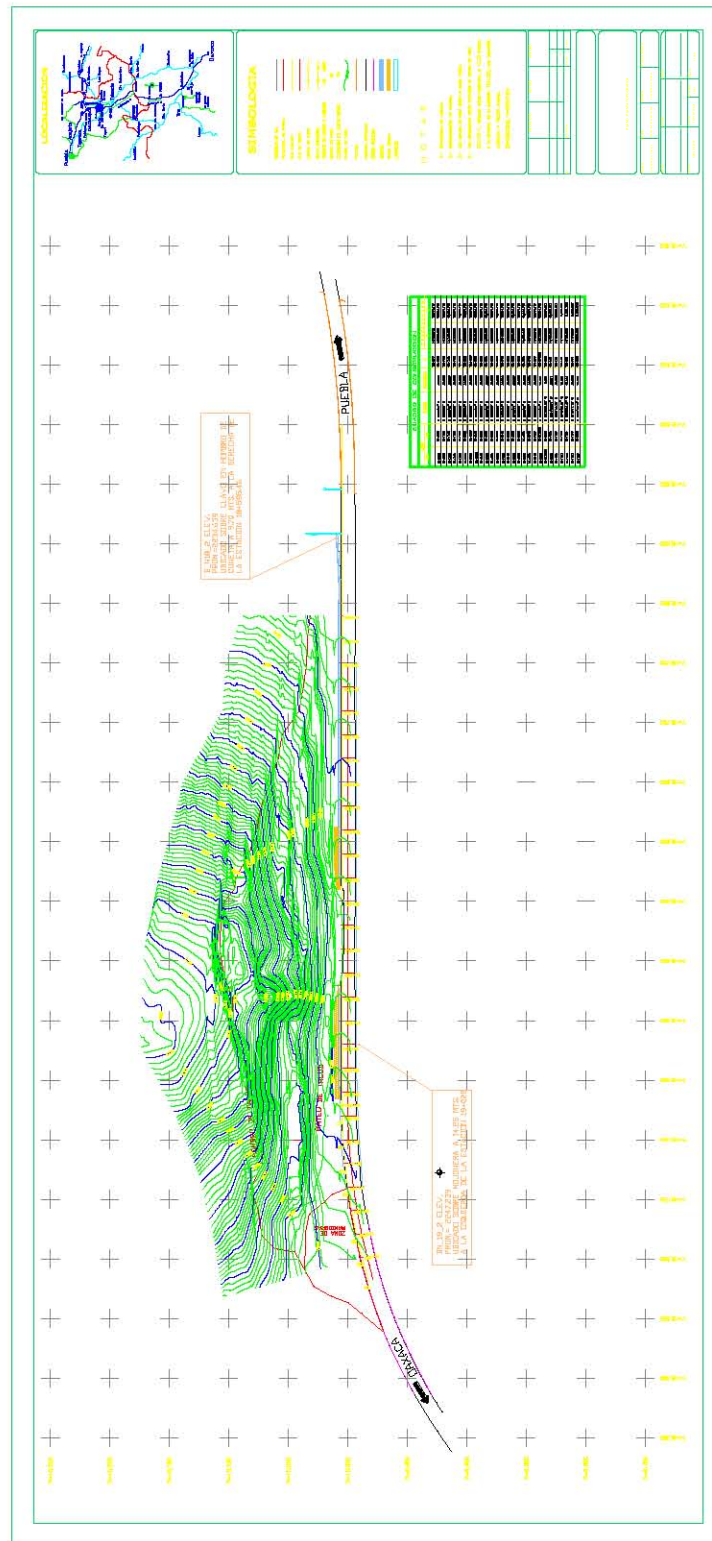


Figura. 4 Planta Topográfica.

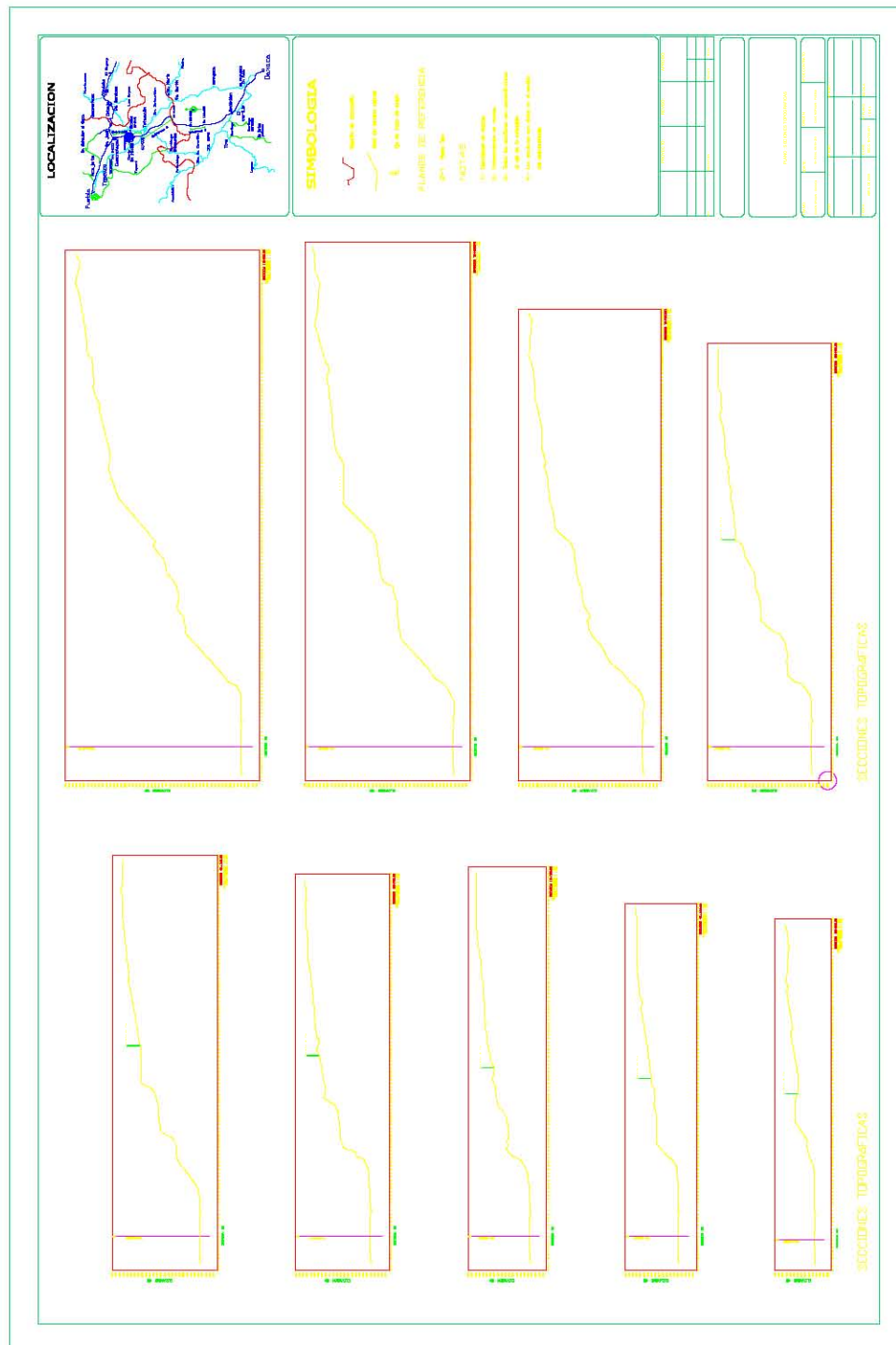


Figura. 5 Secciones Topográficas.



III.- ESTUDIO GEOLÓGICO.



III.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Definir la estratigrafía del sitio en estudio, determinar e identificar las diferentes unidades litológicas conforme a las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISMR, por sus siglas en inglés) y ubicarlas en la posición estructural que les corresponda (columna estratigráfica) dentro del cuerpo del corte, identificando además estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias y estructuras menores como son fracturas, foliaciones y exfoliaciones para así concluir sobre sus características geotécnicas concretamente sobre su estabilidad, deformabilidad, permeabilidad y facilidad de su remoción y sobre las discontinuidades que controlan el comportamiento estructural del suelo en el corte.

III.2.- DESCRIPCION DEL SITIO.

El corte en estudio se ubica en dirección a Oaxaca corresponde al cuerpo A, inicia aproximadamente en el cadenamiento 18+700 y termina en el cadenamiento 19+200. En esta zona la autopista se mantiene con un nivel horizontal constante topográficamente en el sentido en que se incrementan los cadenamientos, dicho corte tiene una altura máxima de 68.00 m, en el cual se observa está constituido de un material conformado por calizas, lutitas y conglomerado calcáreo cementado con fragmentos chicos y medianos.

El corte esta constituido por caliza intemperizada y fracturada, sobre la que se encuentra una formación de arenisca y conglomerado calcáreo cementado con fragmentos chicos y medianos.

Con base en los recorridos e inspecciones efectuados a fines de 1995, se realizo el proyecto para la estabilización de la pared inestable que consistió básicamente en el abatimiento de los taludes a $\frac{3}{4}:1$, la construcción de cuatro bermas de 6.0 m de ancho protegidas con concreto hidráulico, la colocación sobre el hombro de la primera berma de una barrera de retención contra posibles desprendimientos de material, la protección con concreto lanzado del talud ubicado entre la rasante y la primera berma, así como la repavimentación de la zona afectada y la construcción de obras complementarias de drenaje como cunetas, contracunetas y subdrenes longitudinales.



Entre los meses de septiembre y noviembre de 1996, la inestabilidad de la pared derecha del corte se había incrementado, presentando daños severos en el concreto lanzado existente y derrumbes con mayor frecuencia y de gran magnitud. A mediados de diciembre de ese mismo año se iniciaron los trabajos de estabilización.

En marzo de 1997, durante los trabajos de excavación se detectó una serie de grietas profundas en una zona de la tercera berma, llegándose a formar una caverna. Después de realizar estudios geológicos y de exploración complementarios en esta zona y en otras que mostraron problemas locales, se rellenaron las grietas con fragmentos de roca y concreto ciclópeo; posteriormente se colocaron capas de suelo-cemento para llenar parcialmente dicha zona.

III.3.- MARCO GEOLOGICO REGIONAL.

La naturaleza geológica del territorio poblano es variada y bastante compleja, especialmente en su porción sur, donde se encuentran terrenos metamórficos con edades del Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico, los cuales se hallan yuxtapuestos y limitados por grandes zonas de falla.

Las rocas que los forman han sido afectadas por varias fases de metamorfismo y deformación a lo largo del tiempo geológico, y aún no existe la información suficiente para establecer un modelo evolutivo totalmente satisfactorio que explique las peculiaridades del sur de México.

El más difundido de estos terrenos, dentro del estado, pertenece al Paleozoico Inferior y se conoce con el nombre de Complejo Acatlán; aflora ampliamente en toda el área de la mixteca poblana. Sobre este basamento metamórfico, descansa una potente secuencia sedimentaria marina detrítica y carbonatada de edad mesozoica, que atestiguan la invasión oceánica en varios sectores de la entidad, la cual se extendió a gran parte del país; a finales de esta era y durante los inicios de la era cenozoica, las rocas sedimentarias formadas en los fondos marinos, fueron elevadas, plegadas y fracturadas.



Después de la etapa compresiva, se produce la emisión de materiales volcánicos a través de las fracturas corticales.

El más reciente de este volcanismo, está representado por enormes volúmenes de lavas y piroclastos de composición basáltico-andesítica, que constituyen la provincia de la Faja Volcánica Mexicana o Eje Neovolcánico. La erosión de las rocas expuestas ha dado origen a la formación de toda una serie de depósitos continentales; tanto clásticos, como carbonatados y evaporíticos.

III.3.1.- LITOLOGIA DEL CORTE.

La litología comprende el estudio y la descripción de las rocas. El corte en estudio corresponde a la formación Orizaba y es un macizo rocoso blando y alterable con litologías de diferente competencia y estructura en capas horizontales, con pocas discontinuidades tectónicas.

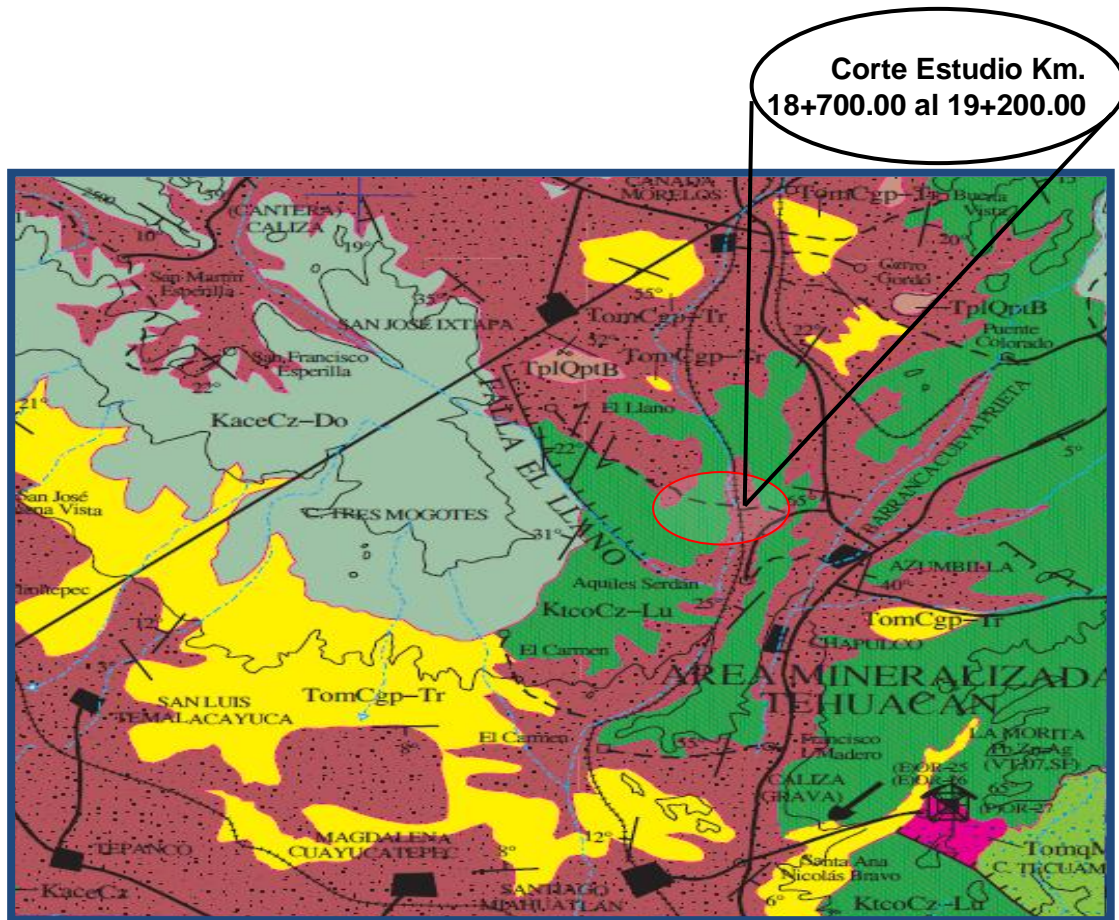


Figura. 6 Mapa Fisiográfico del Edo. de Puebla.

III.4.- GEOLOGIA DE DETALLE.

III.4.1.- ESTRATIGRAFIA.

El corte en estudio esta formado por tres unidades litológicas.

En la base del talud existe una formación de rocas calizas arcillosas alteradas con rocas lutitas con dirección de sus pliegues hacia el noreste. Su buzamiento corre hacia el sureste con inclinación promedio de 10° - 20° .



Posteriormente le sigue un conglomerado calcáreo de espesor promedio de 6 – 10 m. con presencia de carbonato de calcio muy cementado. Existen zonas donde este conglomerado aparece en forma de boleos de gran tamaño y muy duros. De hecho, este conglomerado registro una resistencia a la penetración estándar superior a los 50 golpes.

Aun así, este conglomerado se encuentra muy fracturado.

Sobre las formaciones anteriores, sobreyace un abanico aluvial compuesto por bloques de varios tamaños de calizas puras, calizas arcillosas y boleos con presencia de carbonato de calcio.

III.4.2.-GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Por lo mismo, al efectuar el corte carretero se modificaron los estados tensionales a que esta sometido este macizo rocoso en estudio en un tiempo muy corto en relación a los procesos geológicos y tuvieron lugar interacciones mutuas entre la liberación o redistribución de los esfuerzos naturales y las estructuras.

Así mismo, el agua proveniente de las lluvias redujo la resistencia intrínseca del macizo rocoso, generando presiones en el interior de los mismos y alterando las propiedades físicas y mecánicas.

El corte en estudio se clasifica geológicamente como un conglomerado cementado monomictico de componente calizo. La masa básica amalgamadora se constituye de material de enlace silícico, el cual es sustituido posteriormente por la roca caliza y/o lutita al solidificarse.

La roca que subyace al conglomerado cementado corresponde a una caliza dolomítica donde sus núcleos son microfósiles y/o de otra naturaleza pero de tamaño muy pequeño con lo que, a simple vista, no se distinguen núcleos y micrita, ya que las impurezas no carbonatadas de arcilla, óxidos de hierro, partículas de cuarzo, etc., son relativamente abundantes.



La caliza dolomítica es una roca compuesta $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ conteniendo un cierto número de cristales de carbonato cálcico. Se forma como consecuencia de un proceso diagenético de metasonatosis (dolomitización) a partir de las calizas puras y en medios ricos en magnesio.

Así mismo, aparecen lutitas silíceas constituida fundamentalmente por arcilla mineralógica.

Estas lutitas presentan una cierta cantidad de carbonato de calcio por lo que el carácter aglomerante de este les da una mayor estabilidad frente al agua.

Finalmente, se considera clasificar a la roca en estudio como roca sedimentaria de carácter detrítico

A continuación se describirán los factores geológicos que determinan el comportamiento mecánico de la roca en estudio:

Propiedades de la matriz rocosa la resistencia a la compresión simple de las calizas dolomíticas oscilo entre un rango de 100 – 200 Mpa donde la clasificación ISRM la clasifican como muy dura, y de Bienawski como alta.

Las lutitas obtuvieron resistencias a la compresión simple del orden de 5 – 12.5 Mpa las cuales se clasifican según ISRM como blanda y Bienawski como muy baja.

Procesos de Meteorización

La meteorización es la desintegración y/o descomposición de los materiales geológicos en superficie. El término incluye todas aquellas alteraciones de carácter físico o químico que modifican las propiedades y características de los materiales.

Para el caso del corte en estudio, el conglomerado calcáreo cementado habrá que clasificarlo litológicamente como material híbrido rocoso meteorizado ya que se encuentra en la transición entre roca y suelo presentando un amplio rango de propiedades geotécnicas y características mixtas de los suelos y de las rocas.



El proceso de meteorización del conglomerado calcáreo en estudio esta controlado por la condición climática, después del corte efectuado ya que aparte de haber desequilibrado las tensiones naturales, las variables de temperatura, humedad, precipitaciones, régimen de vientos, etc., han influido en el comportamiento geomecánico e inestabilidad en estos quince años de existencia de este corte carretero.

Las acciones de origen físico controladas por el clima (temperatura y humedad) son:

- **HIDRATACION:** De acuerdo al tipo del material geológico que forma al conglomerado calcáreo, se producen deformaciones importantes, aumentando su volumen al sufrir hidratación lo cual lleva a la fracturación del conglomerado.
- **INSOLACION:** Por ser un clima árido el lugar en estudio, las diferencias térmicas en periodos cortos de tiempo producen tensiones en el conglomerado por dilatación y contracciones sucesivas que da lugar a la fracturación del mismo.

III.5.- SISMICIDAD.

El territorio poblano comprende parte de la región más compleja del marco geológico del Sur de México como lo señala Moran-Zenteno (1990), la complejidad estructural y estratigráfica de la porción centromeridional del país hace difícil una reconstrucción paleogeográfica y tectónica, que permita una explicación clara sobre el origen y evolución de los rasgos que caracterizan a este sector.

Actualmente, este sector del país, al formar parte de la margen sudoccidental de la placa Norteamericana, queda localizado dentro de una zona tectónica activa relacionada con el límite convergente entre dicha placa y la placa de Cocos.

Las rocas más antiguas que se encuentran en el territorio del estado de Puebla están constituidas por dos ventanas precámbricas de rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Oaxaqueño, estas se presentan aflorando al sur de las poblaciones de Petlalcingo y Tehuacán, sobre las mismas descansan discordantemente las rocas



metamórficas del Paleozoico inferior pertenecientes al Complejo Acatlán. Algunos autores interpretan al Complejo Acatlán vinculado con la apertura y cierre de un océano Protoatlántico (de Cserna, 1981) y Ortega-Gutiérrez (1981).

Se bosqueja al Complejo Acatlán en terrenos del dominio circumpacífico cordillerano acrecionado al Complejo Oaxaqueño (cratón precámbrico de América del Norte) durante el Misisípico-Pérmico se desarrolló sobre el basamento una sedimentación costera-marina de aguas someras que dio lugar al depósito de la Formación Matzitzi, del Paleozoico superior.

Durante el lapso Triásico Superior al Jurásico Medio ocurre un fracturamiento intracratónico asociado a la apertura del Golfo de México, el cual produce un sistema de fallas en bloque (horsts y grabens) lo cual da origen a la formación de cuencas continentales y locales (Paleobahía de Tlaxiaco).

A principios del Jurásico Tardío, las condiciones tectónicas prevalecientes en el sur del territorio mexicano adquieren una mayor tranquilidad, iniciándose un extenso lapso transgresivo que produce una sedimentación eminentemente marina, misma que se interrumpe drásticamente al generarse, a fines del período, una emersión de la porción central de la Paleopenínsula de Oaxaca.

Durante el Cretácico Temprano, se estabiliza la emersión y se inicia una etapa de subsidencia, provocando en los altos que rodeaban la porción central de la Paleopenínsula de Oaxaca, una sedimentación de tipo nerítico-costera y una sedimentación propia de un ambiente de aguas profundas.

A fines del Cretácico Tardío y principios del Terciario, se origina en la región la fase tectónica más intensa de la orogenia Laramide, plegando, deformando y fallando la columna sedimentaria depositada hasta el Cretácico Superior. A continuación del evento orogénico laramídico, tiene lugar una etapa tafrogénica productora de grandes pilares y fosas limitadas por fallas y fracturas, a través de las cuales son emplazadas las rocas volcánicas pertenecientes a esta época. El Cuaternario caracteriza otro sistema de fracturamiento y fallamiento normal acompañado por derrames ígneos extrusivos, como

resultado de la subducción que sufre la corteza oceánica de la placa de Cocos al suroeste de México.

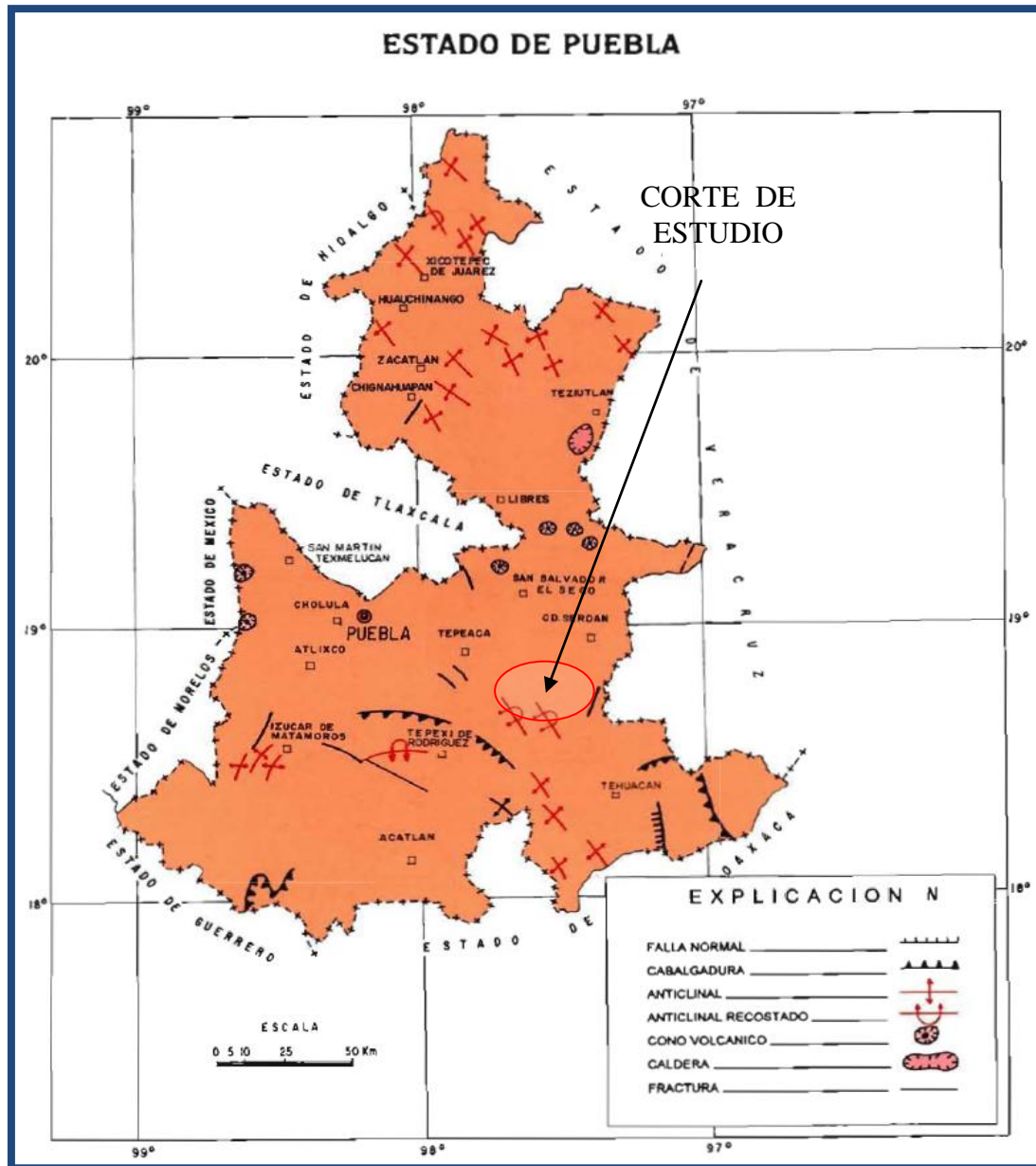


Figura. 7 Mapa Tectónico del Edo. de Puebla.



IV.- ESTUDIO GEOFÍSICO.

IV.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

En la presente exploración geofísica se emplearon los métodos de prospección sísmica y prospección eléctrica, cada uno evalúa condiciones diferentes que en conjunto permiten conformar un modelo representativo del macizo rocoso, útil para la toma de decisiones y evaluación de los diseños para la estabilización del corte.

- Determinar las velocidades de propagación y resistividades de los macizos rocosos del corte carretero.
- Determinar la geometría y espesor de la roca descomprimida.
- Establecer una clasificación cualitativa de la roca a partir de las velocidades de propagación.

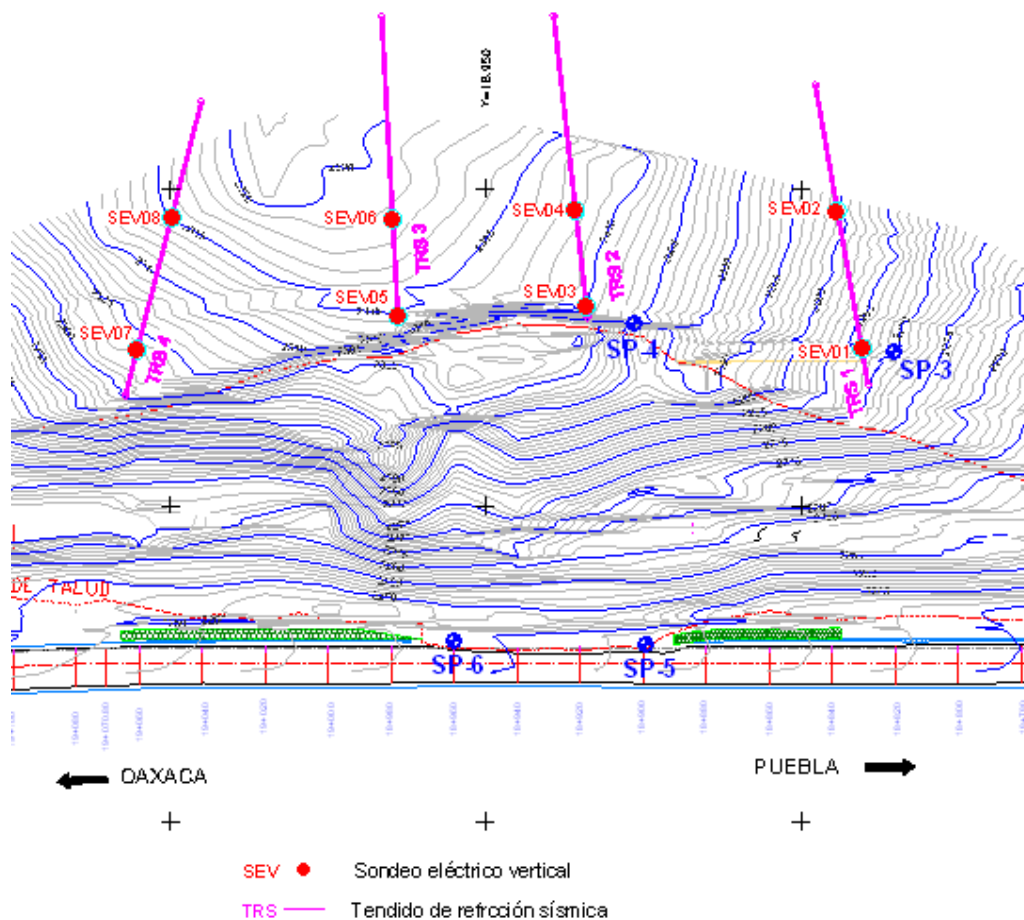


Figura. 8 Distribución de TRS y SEV sobre el talud.



IV.2.- METODOS EMPLEADOS.

Se emplearon dos métodos de prospección, cada uno de ellos evalúa condiciones físicas diferentes del subsuelo, de manera breve y conceptual se expone el principio de funcionamiento de cada uno de los métodos empleados.

IV.2.1.-CONCEPTOS BASICOS DE REFRACCION SISMICA.

Los estudios de refracción sísmica se basan en la medición de las velocidades de propagación de las ondas sísmicas generadas bajo control, estas se originan en la superficie o en el interior de un barreno.

A partir de la fuente original se forma un frente de onda que se propaga en todas direcciones, alejándose del punto de impacto en forma casi radial en medios homogéneos e isótropos, sin embargo cuando se presentan estratos subyacentes de características diferentes, la velocidad de propagación sufre un cambio con respecto a la primera capa.

La metodología de refracción sísmica se basa en la particularidad que presentan los materiales someros, en los cuales se establece y es necesario que se cumpla la siguiente condición física.

$$V_3 > V_2 > V_1$$

Donde:

V_1 .- Velocidad de propagación del primer horizonte

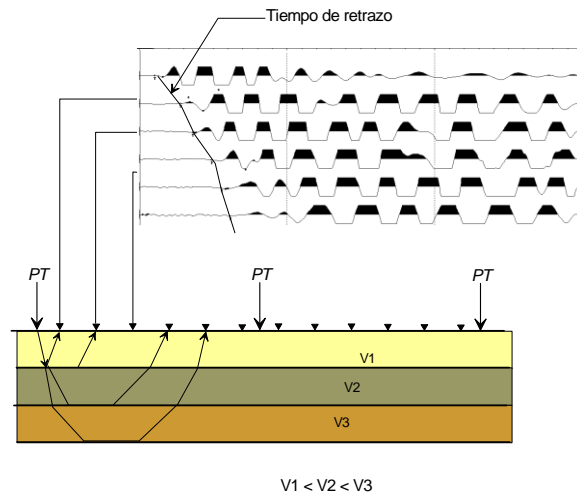
V_2 .- Velocidad de propagación del segundo horizonte

V_3 .- Velocidad de propagación del tercer horizonte

Lo que significa que la velocidad de propagación se incrementa con respecto a la profundidad.

En los sismogramas esto se registra como un retardo progresivo en los tiempos de arribo, conforme el sensor o geófono se encuentra más retirado de la fuente, puesto que la onda debe recorrer mayor distancia, como se muestra en la Figura 9.

**Figura. 9 Registros
obtenidos mediante un
tendido de refracción
sísmica.**



Cuando se genera una perturbación sísmica, se originan diferentes tipos de ondas, como las superficiales (ondas Rayleigh y ondas Love) que se propagan en la superficie que es la frontera entre dos medios con propiedades elásticas distintas, y las ondas de cuerpo que se propagan en todo el volumen (ondas P y ondas S), siendo las ondas P de interés para fines del estudio.

Los estudios de prospección realizados a lo largo de la historia han demostrado que las ondas de mayor velocidad son las longitudinales o de compresión, siendo por ello las primeras en registrarse, de ahí su denominación como ondas primarias u ondas “P”, estas se caracterizan porque el movimiento de las partículas de los materiales al paso de la onda sigue la misma dirección en la que esta se propaga.

Basándose en el efecto anterior y en el marco geológico de referencia establecido previamente, es posible establecer un modelo estratigráfico deduciendo las fronteras entre estratos y las velocidades de propagación.

IV.2.2.-CONCEPTOS BASICOS DE PROSPECCION GEOELECTRICA.

Los métodos geoelectrónicos consisten en inducir una corriente eléctrica al subsuelo a través de electrodos colocados en la superficie, a partir del valor de la corriente inyectada



en dos puntos y del voltaje medido en otros dos puntos se puede obtener la resistividad del subsuelo al aplicar la Ley de Ohm.

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

Por otro lado la resistividad eléctrica R también verifica la expresión:

$$R = \frac{\rho V}{K}$$

Donde K es una constante que depende de la geometría del circuito y del objeto conductor, mientras que ρ corresponde a la resistividad eléctrica de dicho objeto, igualando las ecuaciones se tiene:

$$\rho = K \left(\frac{\Delta V}{I} \right)$$

Esta ecuación es la base fundamental del método geoelectrico y permite obtener de forma sencilla la resistividad eléctrica del subsuelo.

La resistividad del subsuelo se entiende como la capacidad del terreno a permitir el paso de la corriente en relación de sus componentes litológicos e hidrológicos, por lo que se considera que existen tres factores que influyen directamente sobre la resistividad del subsuelo.

- 1) Porosidad de la roca y/o fracturamiento de la roca
- 2) Presencia de agua y su contenido de sales
- 3) Contenido de arcillas

La combinación de estos tres factores condiciona la resistividad del subsuelo.

IV.2.3.- ADQUISICION DE DATOS SISMICOS.

Para la adquisición de datos se dispusieron tendidos de refracción sísmica, cada TRS constó de 12 geófonos o sismodetectores, los cuales se colocaron en línea recta a intervalos regulares con objeto de recibir los frentes de ondas generados a partir de impactos de martillo de 12 lbs, en los sitios denominados puntos de tiro (PT), los cuales se encuentra alineados a ellos de la siguiente forma: dos situados en los extremos del TRS a una distancia de 4 m del geófono más cercano y tres intermedios ubicado entre los geófonos 3 y 4, 6 y 7, 9 y 10, como se indica en la Figura 10.

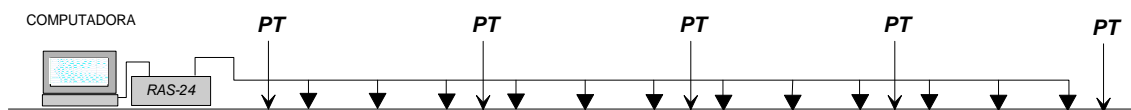


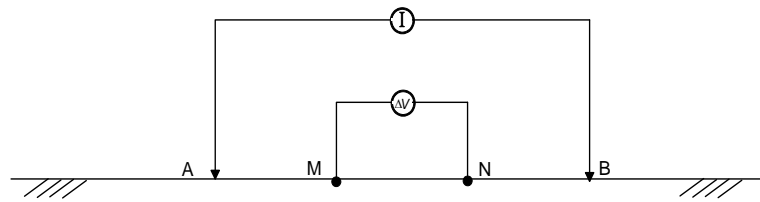
Figura. 10 Configuración de un TRS de 12 geófonos y 5 puntos de tiro.

IV.2.4.- ADQUISICION DE DATOS ELECTRICOS.

Las actividades geofísicas de campo consistieron en realizar Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en modalidad Schlumberger con aberturas electródicas máxima $AB/2 = 100$ m, con el fin de alcanzar profundidades de investigación del orden de 30 m. Con este tipo de sondeos fue posible definir la secuencia estratigráfica del sitio y correlacionarla con la geología del sitio establecida previamente.

La ubicación de los SEV se realizó de acuerdo a las indicaciones y sitios previamente seleccionados.

La geometría de los SEV se muestra en la Figura 11, los electrodos A y B son simétricamente colocados a partir de un centro, el cual es considerado como el punto de atribución de la lectura. Los electrodos M y N se colocan colineal y simétricamente en la parte interna de los electrodos A y B, con una separación mucho menor. Cada posición de los electrodos de corriente y potencial implica valores diferentes en las mediciones de corriente eléctrica (I), diferencia de potencial o voltaje ΔV y constante geométrica K , parámetros que intervienen en la determinación de la resistividad aparente.



$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} K \dots\dots\dots I$$

Donde :

- | | | | |
|------------|---------------------------------|-----|----------------------------------|
| ρ_a | Resistividad aparente (ohm-m) | I | Corriente inducida (mA) |
| ΔV | Diferencia de potencia (mV) | K | Constante geométrica del arreglo |

Figura. 11 Dispositivo Electrónico Schlumberger.

IV.3.- EQUIPO UTILIZADO.

Para la obtención de registros sísmicos se utilizó un sismógrafo digital marca SEISTRONIX, modelo RAS-24 de 12 canales, acoplado a una computadora laptop a través de una conexión RS232, con la que se grabaron digitalmente en el disco duro, posteriormente se transfirió para su procesamiento y análisis mediante programas especializados, un ejemplo de estos registros se muestra en la Figura 12:

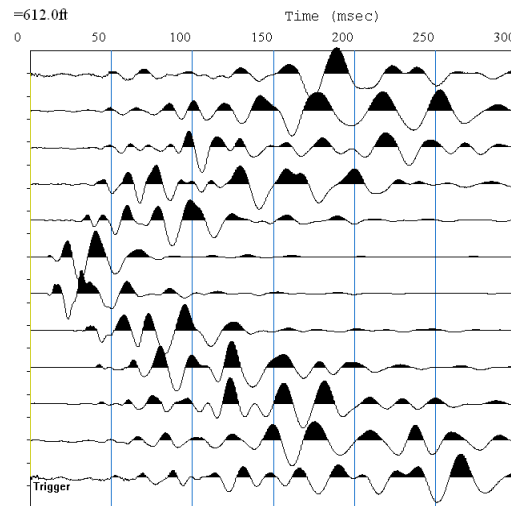


Figura. 12 Sismograma tipo, registrado para un tiro central.



Los sondeos eléctricos verticales se realizaron con equipo de resistividad Ares Modelo G-5, de 1100 Vpp, capaz de inyectar al terreno pulsos de 2A., el cual promedia lecturas de 4 a 32 por estación o punto de medición. El rango de precisión en la lectura es de 0.1%.

IV.4.- TRABAJOS DE GABINETE.

IV.4.1.- PROCESAMIENTO DE DATOS SISMICOS.

El proceso inició con el análisis y lectura de los sismogramas grabados digitalmente, con el fin de determinar los tiempos de arribo de las ondas de propagación longitudinal. Para ello se empleó el módulo Pickwin del programa SEISIMAGER/2D(MR) que permite recuperar el registro sísmico en pantalla y seleccionar los tiempos de arribo, posteriormente se hace uso del modulo Plotrefa para el análisis de las dromocrónicas y generación del modelo de espesores y velocidades de propagación de los diferentes estratos presentes en cada uno de los estratos.

IV.4.2.- PROCESAMIENTO DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES.

Cada SEV se graficó nuevamente en papel bilogarítmico para realizar la corrección por empalme y luego se llevó a cabo una interpretación gráfica que permitió inferir el modelo geológico preliminar del sitio, mediante este procedimiento fue posible estimar el número de estratos presentes en el subsuelo, así como el grosor y resistividad de cada uno de ellos.

Posteriormente, los datos de campo y parámetros de la interpretación preliminar se capturaron en el programa de cómputo RESIXP para determinar con mayor precisión el número de estratos involucrados y sus características físicas.

A partir de este proceso fue posible cuantificar el grosor y resistividad real de cada uno de los estratos presentes en el subsuelo de la zona.

Los resultados de ambos procesos fueron correlacionados e integrados en secciones geofísicas que reflejaron las condiciones conjuntas del subsuelo.



IV.5.- ANALISIS DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos permitieron configurar secciones que describen la geometría de paquetes de roca a partir de las velocidades de propagación y de las resistividades.

La sección muestra una cobertura superficial, conformada por depósitos residuales no compactos de mala calidad, identificado como U1, suelo residual heterogéneo, con un espesor de 5 m. La velocidad de propagación de este corte es de 0.6 km/s, mientras que la resistividad varía entre 29 a 72 ohm-m.

Subyaciendo a la anterior se encuentra la U2, con una velocidad de propagación de 1.9 km/s, valor que se asocia a roca muy fracturada, por lo que llega a presentar bloques de roca de diversos tamaños, estos pueden llegar a ser inestables cuando se encuentran expuestos en la cara del corte. Dicha unidad forma un espesor de 14.5 m.

La resistividad que se determino para esta unidad es de 142 ohm-m, valor que refleja un alto contraste dentro de la roca, las altas resistividades pueden corresponder con zonas de roca masiva. Definiéndose así como roca muy fracturada de permeabilidad media a alta y de mala calidad.

La tercer unidad corresponde a la U3, identificada a partir de la velocidad de propagación de orden de 2.9 km/s y resistividad de 62 ohm-m, que define un paquete de espesor indeterminado que se asocia con roca fracturada, al igual que en el paquete que le sobreyace, las resistividades bajas se asocia con zonas de fractura rellenas de material arenoso y con posible presencia de humedad, mientras que los altos resistivos pueden corresponder con zonas de roca masiva. Esta unidad se considera de regular a mala calidad.



UNIDAD GEOFÍSICA	VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN (km/s)	ESPESOR MÁXIMO (m)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	CARACTERÍSTICAS
U1	0.6	5	29 – 72	Depósitos residuales no compactos de mala calidad.
U2	1.9	14.5	142	Roca muy fracturada forma bloques, en conjunto de mala calidad
U3	2.9	Indeterminado	62	Roca fracturada conforma bloques de regular calidad

Tabla 1. Resultados de las unidades principales.

En la sección se identificó la presencia de tres unidades principales dispuestas en la siguiente secuencia.

- **U1.-** Cobertura heterogénea (arenas, gravas y fragmentos rocosos) de compacidad nula, por lo que se considera inestable.
- **U2.-** Roca fracturada a muy fracturada, se asocia a la roca descomprimida, se considera inestable se encuentra en la cara expuesta por el corte, en conjunto se clasifica como roca de mala calidad.
- **U3.-** Roca de fracturada a muy fracturada, se considera que aún forma parte de la roca descomprimida y al igual que en el caso anterior, ésta puede ser inestable en la cara del corte.

En términos generales el macizo rocoso que conforma el 1^{er} corte esta expuesto a estados de esfuerzos regionales que inducen un fracturamiento que es incrementado en algunos casos por la acción de cuerpos intrusivos, dicho fracturamiento se ve reflejado en las velocidades de propagación. A mayor velocidad menor fracturamiento, a partir de ello se puede establecer que la calidad de la roca varia de regular a mala.

Como se comentó la velocidad es un reflejo del grado de fracturamiento y este a su vez es un condicionante para establecer de manera cualitativa la permeabilidad del macizo rocoso, a partir de ello es posible establecer la siguiente correlación, menor velocidad de onda de propagación, mayor fracturamiento, mayor permeabilidad, lo anterior resulta relevante principalmente en la temporada de lluvias, cuando el agua incrementa el deterioro de la roca y la inestabilidad de la misma.

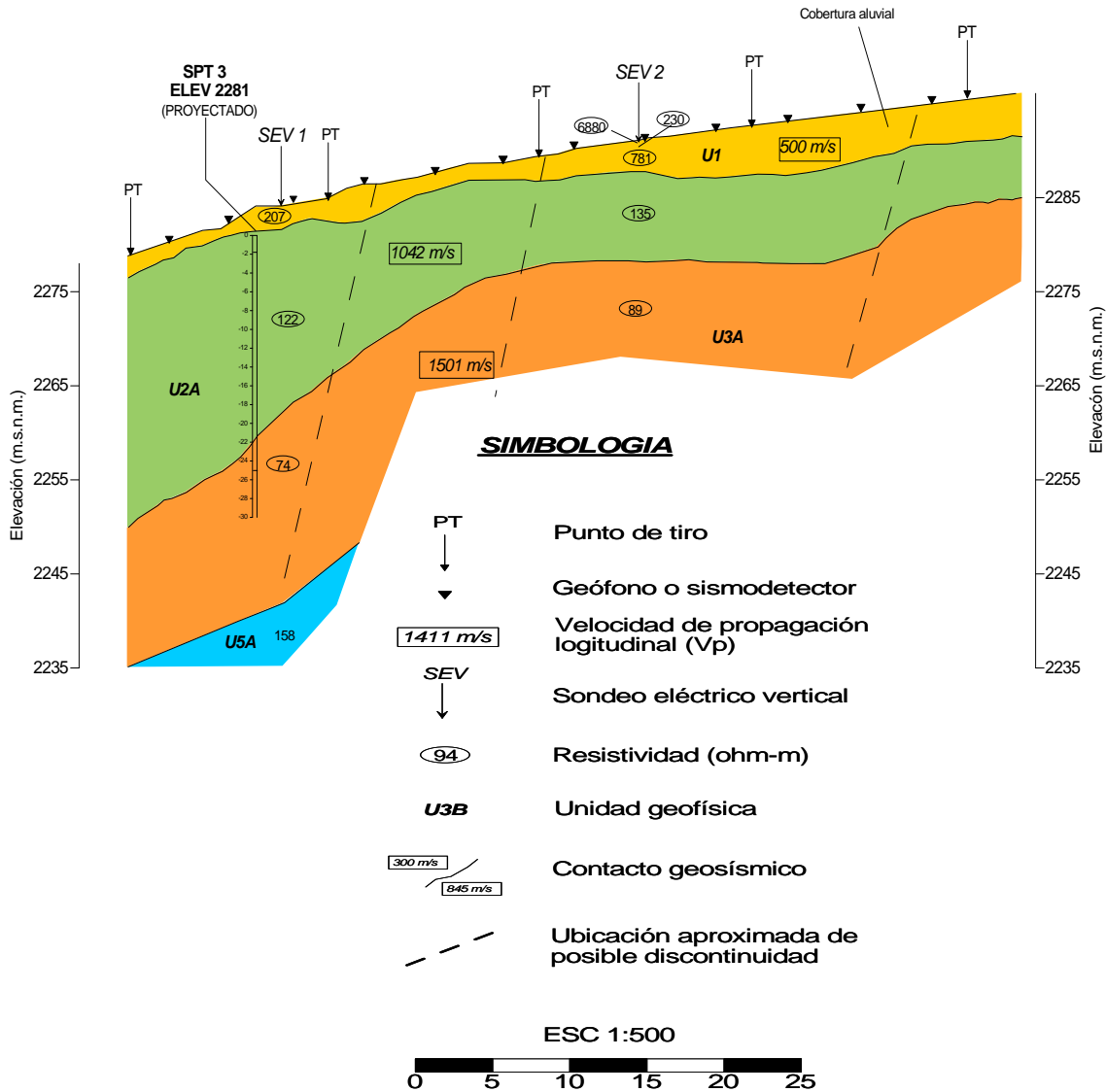


Figura. 13 Sección Geofísica TRS 1.

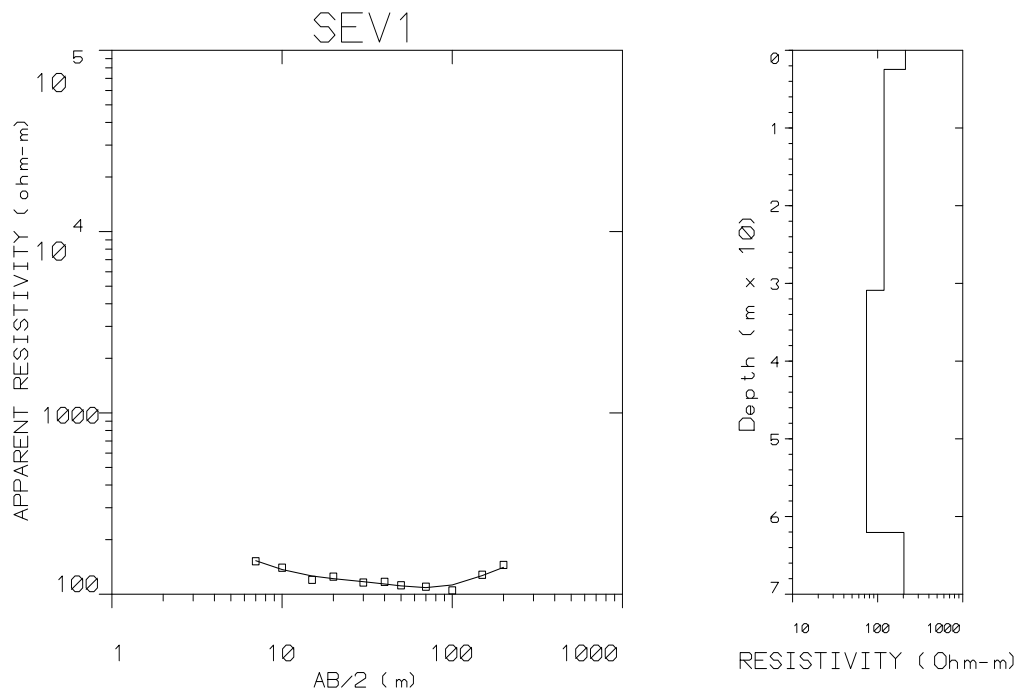


Figura. 14 Registros Eléctricos Procesados SEV 1.



Despliegue del cable de geófonos sobre la cara del talud.



V.- PERFORACIÓN DE SONDEOS.



V.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Se realizarán sondeos profundos para definir y verificar la estratigrafía que presenta el corte, así como sus propiedades geotécnicas para la determinación de todos y cada uno de los análisis geotécnicos que se requieran analizar y determinar la estabilidad.

Los sondeos serán elaborados con la finalidad de verificar las condiciones actuales del terreno, en cuanto a resistencia y estabilidad, se ejecutarán 6 sondeos cubriendo una profundidad total de 180 m.

V.2.- ELABORACION DE SONDEOS.

A partir de los resultados del muestreo superficial, se programaron seis sondeos de tipo profundo, el método de perforación fue a base de rotación utilizando brocas de diamante, la profundidad máxima explorada fue de 40.0 m, respecto a los niveles actuales del terreno.

El barreno de perforación utilizado fue del tipo NQ y NX, que permitió obtener muestras en las que se facilitó no solo el examen megascópico respecto de las características petrográficas y estructurales, sino que también la realización de pruebas más precisas de laboratorio.

La longitud de exploración se definió en campo en función de las características estratigráficas del corte, tomándose en consideración el tipo de material existente, la altura y longitud del corte.

Debido a la gran pérdida de agua registrada desde un inicio en las perforaciones, fue necesario utilizar lodo bentonítico para ademar.

Se aplicó la técnica de la penetración estándar y alternativamente rotación con broca de diamante para avanzar en suelos con resistencias mayores a 50 golpes para un avance de 30 cm.

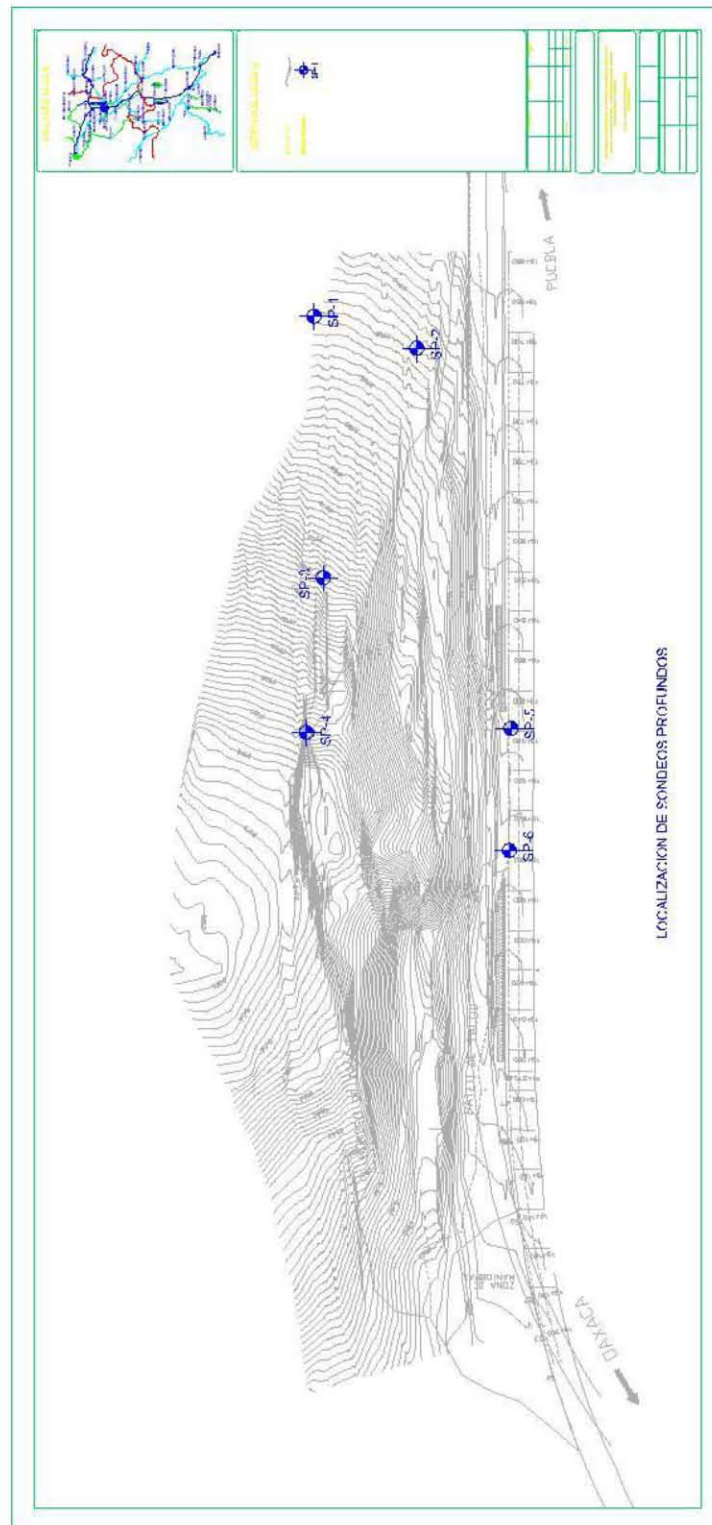


Figura. 15 Localización de Sondeos Profundos.

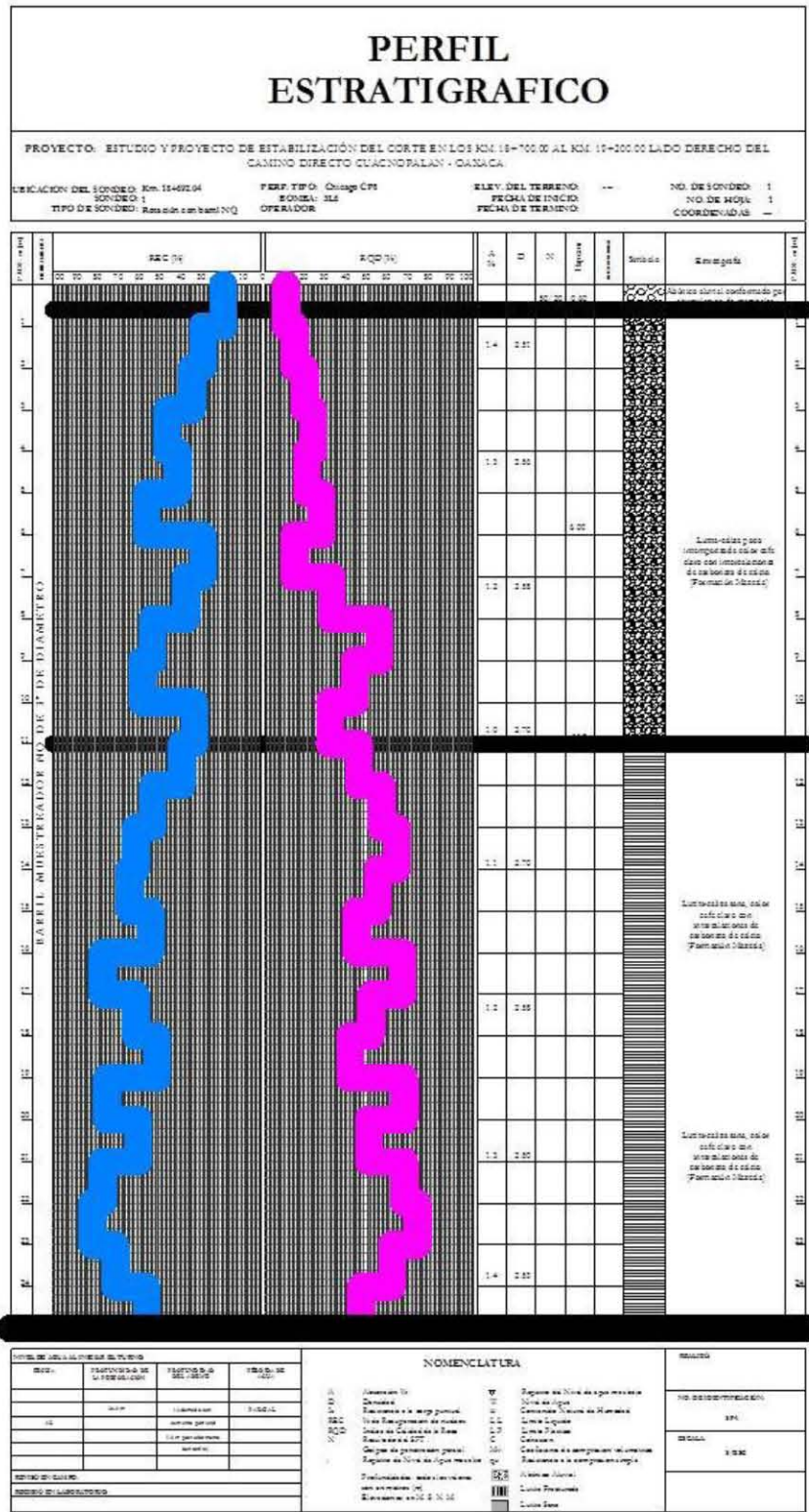


Figura. 16 Perfil Estratigráfico.



Las muestras obtenidas durante la perforación se midieron para calcular la recuperación obtenida, se clasificaron visualmente y al tacto, posteriormente se protegieron en bolsas polietileno y se enviaron al laboratorio de la especialidad para su análisis.

La calidad del muestreo se juzgó a través del por ciento de recuperación (REC) y fue calculado con la siguiente expresión:

$$\text{REC. (\%)} = \frac{\text{longitud de la muestra}}{\text{longitud del muestreo}} \times 100$$

La clasificación y descripción de las muestras se indica en el registro correspondiente del barreno.

La información que se recopiló durante la ejecución del muestreo de rocas, incluye el índice de calidad de las rocas (RQD), que se calculó de la forma siguiente:

$$\text{RQD (\%)} = \frac{\text{Suma de las longitudes de los tramos de muestra mayores de 10 cm de longitud.}}{\text{longitud del muestreo.}} \times 100$$

Los tramos de roca que se ajustaron con precisión se tomaron como uno solo.

El nivel freático no fue detectado hasta la máxima profundidad explorada (40.0 m).

Finalmente, en varios lotes, se enviaron las muestras obtenidas al laboratorio de la Ciudad de México, para ser sometidas a ensayos.



V.3.- RELACION DE EQUIPO EMPLEADO EN LOS TRABAJOS.

a) Equipo:

- Camioneta Ford F-350 de 3.5 ton. de capacidad.
- Perforadora Long-Year 34 con torre.
- Bomba de lodos tipo 3L6.
- Aditamentos y accesorios para equipo de perforación.
- Lote completo de equipo de laboratorio para mecánica de suelos.
- Computadora emachines L2835, Procesador AMD Sempron, Disco Duro de 40GB, Memoria DDR SDRAM de 256 MB.
- Impresora HP LaserJet 1010.
- Copiadora XEROX WORK CENTRE XD125F personal.

b) Herramientas y Materiales:

- Tubos partidos.
- Zapatas para tubos partidos.
- Canastilla para zapatas de tubos partidos.
- Cabezas de tubo Shelby.
- Tubos Shelby.
- Anillos estabilizadores.
- Zapatas de diamante NW.
- Bentonita.
- Tope golpeador.
- Swibel completo.
- Tapón elevador.
- Martinete.
- Tubería de perforación "AW" con sus respectivos coples.
- Torre con garruchas.
- Picos y palas.
- Rieles para rampa.
- Llaves stilsson 24".
- Llaves stilsson 36".



- Hule polietileno.
- Cascos.
- Botas de hule.
- Caja de herramientas.
- Barretas.
- Flexómetros.
- Tambos de 200 lts.
- Cubetas de 19 lts.
- Cable de henequén.
- Garrafrones de 50 lts.

V.4.- TRABAJOS DE LABORATORIO.

A todas las muestras recuperadas durante el programa de exploración, se les practicaron las pruebas índice necesarias de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos, además y en base al tipo de material encontrado se realizaron las siguientes determinaciones: peso volumétrico natural, compresión simple, densidad y absorción, clasificación petrográfica e intemperismo acelerado.

Las propiedades índice y mecánicas de las muestras obtenidas mediante la barrenación en el corte de estudio, se determinaron siguiendo procedimientos aceptados para este tipo de pruebas. El número de ensayos realizados fue suficiente para poder clasificar con precisión los estratos rocosos que conforman el corte.

V.4.1.- EXPLORACION Y MUESTREO REALIZADOS EN EL CORTE.

a) Número, tipo y profundidad de sondeos.

Se realizaron seis sondeos de penetración estándar con máquina perforadora (Norma ASTM D1586-67). Cada sondeo de penetración estándar se ubicó en los sitios previamente seleccionados, como resultado del estudio topográfico, hidrológico y geológico realizado en el corte de estudio.



Tipo de Muestras: Alteradas representativas.

Profundidad de Nivel freático: No se detectó.

b) Pruebas de Laboratorio Efectuadas

Prueba Índice

Contenido de Agua	(x)
Limites de Plasticidad	(x)
Contracción Lineal	(x)
Granulometría por Mallas	(x)
Granulometría por Lavado	(x)
Gravedad Específica	(x)
Peso Volumétrico en estado natural	(x)

Pruebas Mecánicas

Compresión Simple en Suelos	(x)
Compresión Triaxial rápida (UU)	(x)

Otras: Clasificación manual y visual de campo y laboratorio, según SUCS adaptado por la S.O.P



Obra: Corte Km. 18+692.04
Carretera: Cuacnopalan - Oaxaca
Sondeos.: 1

DETERMINACION DE LA ABSORCION Y DENSIDAD

SONDEO	MUESTRA No.	PESO HUMEDO (grs)	PESO SECO (grs)	AGUA ABSORBIDA (grs)	VOLUMEN (C.C. DESALOJADOS)	ABSORCION (%)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE
1	2	134.20	132.35	1.85	52.80	1.40	2.51
	5	173.50	171.28	2.22	67.00	1.30	2.56
	8	142.50	140.80	1.70	54.60	1.21	2.58
	11	61.10	60.49	0.61	22.40	1.01	2.70
	14	64.40	63.70	0.70	23.60	1.10	2.70
	18	150.50	148.70	1.80	57.60	1.21	2.58
	21	127.20	125.55	1.65	50.20	1.31	2.50
	24	100.40	99.00	1.40	39.10	1.41	2.53

Observaciones:

JEFE DE LABORATORIO

CALCULÓ

GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD



LÍMITES DE CONSISTENCIA

OBRA: ESTUDIO Y PROYECTO DE ESTABILIZACION DE CORTE
LOCALIZACION: Km. 18+700 CAMINO CUACNOPALAN - OAXACA
MUESTRA: 1 SP-1
PROFUNDIDAD: 0.0 - 0.60 m

LIMITE LIQUIDO

Tara No.	No. De golpes	Wm+ Tara gr	Wd + Tara gr	Tara gr	Ww gr	Ws gr	ω %
58	37	39.1	34.9	20.8	4.2	14.1	29.79
69	21	35.4	31.7	20.8	3.70	10.9	33.94
91	17	42.0	36.4	20.8	5.6	15.6	35.90
40	12	44.3	37.7	20.3	6.6	17.4	37.93

LIMITE PLASTICO

10		25.1	24.5	20.9	0.6	3.6	16.67
----	--	------	------	------	-----	-----	-------

CONTENIDO NATURAL DE AGUA (%)

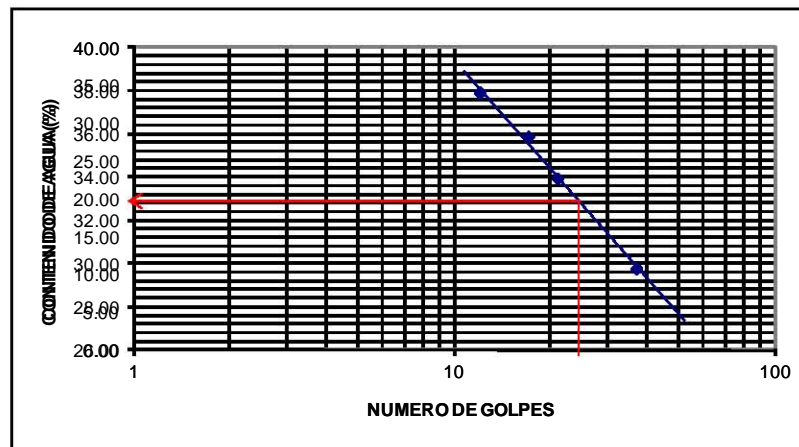
--	--	--	--	--	--	--	--

CONTRACCION LINEAL (%)

--	--	--	--	--	--	--	--

RESULTADOS

ω %	LL %	LP %	IP %	CR	Fw %	CLASIFICACION SUCS
	33.00	16.67	16.33			OL



Jefe de Laboratorio

Calculó

Revisó



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y TERRACERIAS

ESTUDIO: ESTUDIO Y PROYECTO DE ESTABILIZACION DE CORTE
LOCALIZACION: Km. 18+700 CAMINO DIRECTO CUACNOPALAN - OAXACA.
SONDEO NO.: SP-1 Muestra 1 FECHA: abr-09
PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.60 m

PRUEBAS INDICE

GRANULOMETRIA POR LAVADOS

MUESTRA No.	Wc (grs)	Wmat. seco S/CAPSULA (gr.)	Wmat. retenido en malla No. 4 (gr)	Wmat. retenido en malla No. 200 (gr)	% GRAVA	% ARENA	% FINOS
1	21.00	64.40	22.54	28.98	35.0	45.0	20.0

CONTENIDOS DE HUMEDAD

MUESTRA No.	Wc (grs)	Wc+SH (grs)	Wc+SS (grs)	Ww (grs)	Wss (grs)	W (%)
1	21.00	95.00	85.40	9.60	64.40	14.9

PESO VOLUMETRICO NATURAL

MUESTRA No.	Wm (grs)	Wmp (grs)	Wmps (grs)	Vmp (cm3)	Wp (grs)	Vp	Vm (cm3)	Pvn (Ton/m3)
1	10.40	12.50	4.90	7.60	2.10	2.16	5.44	1.91

LIMITES DE CONSISTENCIA

MUESTRA No.	Wcapsula (gr)	Wc + SH (gr)	Wc + SS (gr)	Ww (gr)	Wss (gr)	W (%)	No. de golpes	PRUEBA

OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

CALCULÓ

REVISÓ

Sondeos realizados y extracción de muestras.





VI.- POZOS A CIELO ABIERTO.

VI.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Se realizaron pozos a cielo abierto (PCA) para obtener muestras inalteradas de los diferentes estratos detectados, con ello definir y verificar la estratigrafía que presenta el corte, así como sus propiedades geotécnicas para la determinación de todos y cada uno de los análisis geotécnicos que se requieran.

VI.2.- ELABORACION DE POZOS A CIELO ABIERTO.

El programa de exploración, comprendió la ejecución de 5 pozos a cielo abierto, distribuidos uniformemente en el corte de estudio, los cuales se excavaron en forma manual y con una profundidad aproximada de 2 m. Con estas muestras se obtendrán las características físicas y geométricas de los materiales y todo lo necesario para su correcta interpretación.

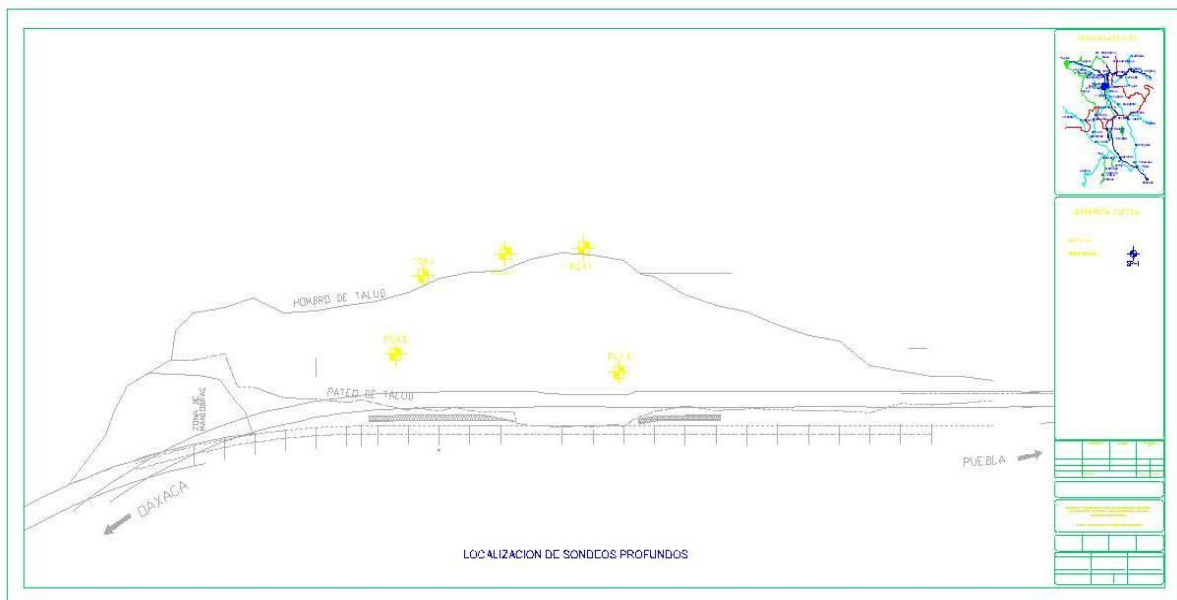


Figura. 17 Localización de Pozos a Cielo Abierto.



VI.3.- RELACION DE EQUIPO EMPLEADO EN LOS TRABAJOS.

a) Equipo:

- Camioneta Ford F-350 de 3.5 ton. de capacidad.
- Lote completo de equipo de laboratorio para mecánica de suelos.
- Computadora emachines L2835, Procesador AMD Sempron, Disco Duro de 40GB, Memoria DDR SDRAM de 256 MB.
- Impresora HP Láser jet 1010.
- Copiadora XEROX WORK CENTRE XD125F personal.

b) Herramientas y Materiales:

- Picos y palas.
- Cascos.
- Botas de hule.
- Caja de herramientas.
- Barretas.
- Flexómetros.
- Cubetas de 19 lts.
- Cable de henequén.
- Garrafrones de 50 lts.

VI.4.- TRABAJOS DE LABORATORIO.

A todas las muestras recuperadas durante el programa de exploración, se les practicaron las pruebas índice necesarias de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos, además y en base al tipo de material encontrado se realizaron las siguientes determinaciones: peso volumétrico natural, compresión simple, densidad y absorción, clasificación petrográfica e intemperismo acelerado.



Las propiedades índice y mecánicas de las muestras obtenidas en el corte de estudio, se determinaron siguiendo procedimientos aceptados para este tipo de pruebas.

El número de ensayos realizados fue suficiente para poder clasificar con precisión los estratos rocosos que conforman el corte. Se enviaron las muestras obtenidas al laboratorio para ser sometidas a ensayos.

La ejecución de las pruebas se realizó en estricto apego a las especificaciones de la SCT y al instructivo de ensayos de laboratorio de la Ex - Secretaría de Recursos Hidráulicos.

En base a los trabajos de campo y de laboratorio se realizaron todos los análisis geotécnicos de estabilidad que requiere el corte de estudio a fin de determinar el factor de seguridad de su estabilidad.

VI.4.1.- EXPLORACION Y MUESTREO REALIZADOS EN EL CORTE.

a) Número, tipo y profundidad de pozos.

Se realizaron cinco pozos a cielo abierto. Cada pozo a cielo abierto se ubicó en los sitios previamente seleccionados.

Tipo de Muestras: Alteradas representativas.

Profundidad de Nivel freático: No se detectó.

b) Pruebas de Laboratorio Efectuadas

Prueba Índice

Contenido de Agua	(x)
Limites de Plasticidad	(x)
Contracción Lineal	(x)
Granulometría por Mallas	(x)
Granulometría por Lavado	(x)



Gravedad Específica	(x)
Peso Volumétrico en estado natural	(x)

Pruebas Mecánicas

Compresión Simple en Suelos	(x)
Compresión Triaxial rápida (UU)	(x)

Otras: Clasificación manual y visual de campo y laboratorio, según SUCS adaptado por la S.O.P.



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

Muestra	Profundidad (m)		Capsula N°	Wc (grs)	Wc+SH (grs)	Wc+SS (grs)	Ww (grs)	Wss (grs)	ω
	de	hasta							
PCA	0.20	2.50	69	20.80	94.40	88.90	5.5	68.1	8.08%

Proyecto: **Estudio y Proyecto de Estabilizacion del Corte Km. 18+700 Cuacnopalan-Oaxaca.** PCA: **PCA-1 Capa 2**
Estacion: **18+918.21**
Origen: **Cuacnopalan - Puebla**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Abanico aluvial.					ENSAYE No. 1				
ESTUDIO POR EFECTUAR: Granulometría					FECHA DE INICIO:				
PROCEDENCIA: CAMINO DIRECTO CUACNOPALAN - OAXACA					FECHA DE TERMINO:				
PCA1-C2									
PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO			DENSIDAD DE SOLIDOS		PESO TOTAL DE LA MUESTRA		500 GRAMOS		
PESO MAT.(grs)			-		PESO ESPECÍFICO SUELTO (Kg/m³)				
VOLUMEN (cm³)			-		PESO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA NÚMERO				
P.V.S.S (kg/cm³)			-		4.75 mm (No. 4).		1415		
PESO MAT.(grs)			-		PESO DE LA FRACCIÓN QUE PASA EN LA MALLA NÚMERO				
VOLUMEN (cm³)			-		4.75 mm (No. 4).		358.5		
P.V.S.S (kg/cm³)			-		GRAVEDAD ESPECÍFICA: (Gs) =				
PESO SECO (gr)			-		CLASIFICACIÓN PARCIAL:				
PROM. P.V.S.S			-		TAMAÑO MÁXIMO DEL MATERIAL		25.00 mm		
MUESTRA REPRESENTATIVA:					500.0 GRAMOS				
MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NÚM. 4.75					MATERIAL QUE PASA EN LA MALLA NÚM. 4.75				
MALLA NÚM.	ABERTURA (mm)	PESO MATERIAL RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA NÚM.	ABERTURA (mm)	PESO MATERIAL RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
		Wi (g)	i (%)	(%)			Wi (g)	i (%)	(%)
3"	75.00	0.0	0.0	100.0	8	2.360			
2 1/2"	63.00				10	2.000	90.1	18.0	58.8
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	16	1.180			
1 1/2"	37.50		0.0	100.0	20	0.850	42.1	8.4	52.7
1 1/4"	31.50				30	0.600			
1"	25.00	71.6	14.3	85.7	40	0.425	16.9	3.4	50.3
3/4"	19.00	23.0	4.6	81.1	50	0.300			
5/8"	16.00				60	0.250	20.3	4.1	47.4
1/2"	12.50	16.3	3.1	78.0	80	0.180			
3/8"	9.50	22.7	4.5	73.5	100	0.150	28.1	5.6	43.4
1/4"	6.30				200	0.075	40.0	8.0	37.6
No. 4	4.75	8.9	1.8	71.7	PASA 0.075	12.10	24.2		
	PASA 4.75	358.50			SUMA	500.0	47.5		
	SUMA	500.00							

D10= 0.0005
D30= 0.0190
D60= 2.300

$Cu = (D60/D10) = 4600.00$
 $Cc = (D30)^2 / (D10 * D60) = 0.314$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD:
C (41 - 146)
 $K = C (D_{10})^2 = 0.00001125 \text{ cm/seg.}$
SUCS **SC**
Vo. Bo.

% GRAVA = 28	% ARENA = 48	% FINOS = 24
Jefe de Laboratorista	Calculó	Revisó



VII.- ESTUDIO GEOTÉCNICO.



VII.- ESTUDIO GEOTECNICO.

VII.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

En este informe se pretende estudiar tanto en campo como en laboratorio las condiciones prevalecientes del sitio, así como realizar un análisis cuidadoso de los resultados que éstos emanen, con el fin de obtener soluciones y recomendaciones correspondientes, con el objetivo de mantener un comportamiento seguro y eficiente a largo plazo del corte.

VII.2.- MARCO GEOLOGICO.

VII.2.1.- GENERALIDADES.

La naturaleza geológica del territorio poblano es variada y bastante compleja, especialmente en su porción sur, donde se encuentran terrenos metamórficos con edades del Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico, los cuales se hallan yuxtapuestos y limitados por grandes zonas de falla. Las rocas que los forman han sido afectadas por varias fases de metamorfismo y deformación a lo largo del tiempo geológico, y aún no existe la información suficiente para establecer un modelo evolutivo totalmente satisfactorio que explique las peculiaridades del sur de México.

El más difundido de estos terrenos, dentro del estado, pertenece al Paleozoico Inferior, y se conoce con el nombre de Complejo Acatlán; aflora ampliamente en toda el área de la mixteca poblana. Sobre este basamento metamórfico, descansa una potente secuencia sedimentaria marina detrítica y carbonatada de edad mesozoica, que atestiguan la invasión oceánica en varios sectores de la entidad, la cual se extendió a gran parte del país; a finales de esta era y durante los inicios de la era cenozoica, las rocas sedimentarias formadas en los fondos marinos, fueron elevadas, plegadas y fracturadas. Después de la etapa compresiva, se produce la emisión de materiales volcánicos a través de las fracturas corticales.

El más reciente de este volcanismo, está representado por enormes volúmenes de lavas y piroclastos de composición basáltico-andesítica, que constituyen la provincia de la Faja



Volcánica Mexicana o Eje Neovolcánico. La erosión de las rocas expuestas ha dado origen a la formación de toda una serie de depósitos continentales; tanto clásticos, como carbonatados y evaporíticos.

VII.2.2.- LITOLOGIA.

La litología comprende el estudio y la descripción de las rocas. El corte en estudio corresponde a la formación Orizaba y es un macizo rocoso blando y alterable con litologías de diferente competencia y estructura en capas horizontales, con pocas discontinuidades tectónicas.

La Cuenca de Zongolica está representada por la Formación Tepexilotla (JtKbeCz-Lu) que consiste en calizas y lutitas de edad Tithoniano-Berriasiano, sobreyaciendo en concordancia aflora la Formación Xonamanca (KbevLu-TA) de edad Berriasiano-Valanginiano, compuesta por lutitas y tobas andesíticas; en cambio de facies se presenta la Formación Tamaulipas inferior (KbeapCz-Lu) constituida por calizas masivas con horizontes delgados de lutitas de edad Berriasiano-Aptiano.

A partir del Albiano hasta el Maastrichtiano, las Cuencas Cuica teca y Zongolica comparten una cubierta calcáreo-arcillosa con ambientes de depósito de cuenca y plataforma correspondiente a las Formaciones Orizaba (KaceCz-Do); Maltrata (KtcoCz-Lu); Tecamalucan-Guzmantla (KtssCz-Lu); Méndez (KcmLu-Lm) y Atoyac (KcmCz), todas estas unidades están intrusionadas por pequeños cuerpos de composición cuarzo-monzonítica a diorítica (TomqMz-D) y constituyen la Sierra de Zongolica.

VII.2.3.- ESTRATIGRAFIA.

El corte en estudio está formado por tres unidades litológicas.

En la base del talud existe una formación de rocas calizas arcillosas alteradas con rocas lutitas con dirección de sus pliegues hacia el noreste. Su buzamiento corre hacia el sureste con inclinación promedio de 10° - 20°.

Posteriormente le sigue un conglomerado calcáreo de espesor promedio de 6 – 10 m. con presencia de carbonato de calcio muy cementado.



Existen zonas donde este conglomerado aparece en forma de boleos de gran tamaño y muy duros. De hecho, este conglomerado registro una resistencia a la penetración estándar superior a los 50 golpes.

Aun así, este conglomerado se encuentra muy fracturado.

Sobre las formaciones anteriores, sobreyace un abanico aluvial compuesto por bloques de varios tamaños de calizas puras, calizas arcillosas y boleos con presencia de carbonato de calcio.

VII.3.- EXPLORACION GEOTECNICA.

VII.3.1.- TRABAJOS DE CAMPO.

VII.3.1.1.- RECONOCIMIENTO PRELIMINAR.

La visita se realizó en compañía de un Ingeniero Geólogo, un geofísico y un Ingeniero especialista en Geotecnia, quienes recorrieron la zona e identificaron las Formaciones existentes en la zona donde se encuentra ubicado el corte; con lo cual se propusieron los sitios más adecuados para realizar la inspección geotécnica mediante la ejecución de seis sondeos profundos y la realización de 5 pozos a cielo abierto.

VII.3.1.2.- TRABAJOS DE EXPLORACION Y MUESTREO.

a) Sondeos superficiales.

El programa de exploración, comprendió la ejecución de 5 sondeos superficiales del tipo a cielo abierto, distribuidos uniformemente en el corte de estudio, los cuales se excavaron en forma manual y su profundidad máxima de muestreo dependió de la presencia del afloramiento rocoso.

b) Sondeos profundos.

A partir de los resultados del muestreo superficial, se programaron seis sondeos de tipo profundo, el método de perforación fue a base de rotación utilizando brocas de diamante,



la profundidad máxima explorada fue de 40.0 m, respecto a los niveles actuales del terreno.

La longitud de exploración se definió en campo en función de las características estratigráficas del corte, tomándose en consideración el tipo de material existente, la altura y longitud del corte.

VII.3.2.- TRABAJOS DE LABORATORIO.

A todas las muestras recuperadas durante el programa de exploración, se les practicaron las pruebas índice necesarias de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos, además y en base al tipo de material encontrado se realizaron las siguientes determinaciones: peso volumétrico natural, compresión simple, densidad y absorción, clasificación petrográfica e intemperismo acelerado.

El muestreo consistió en la recuperación de muestras alteradas del suelo. Estas muestras se observaron en el laboratorio para identificar a los suelos, definir la estratigrafía y realizarles sus respectivas pruebas.

Las muestras obtenidas durante la exploración se midieron para calcular la recuperación obtenida, luego se protegieron con polietileno las alteradas para evitar la pérdida de humedad natural.

Finalmente, en varios lotes, se enviaron las muestras obtenidas al laboratorio para ser sometidas a ensayos.

VII.3.3.- EXPLORACION Y MUESTREO REALIZADOS.

a) Número, tipo y profundidad de sondeos.

Se realizaron seis sondeos de penetración estándar con máquina perforadora (Norma ASTM D1586-67), y cinco pozos a cielo abierto. Cada sondeo de penetración estándar y pozo a cielo abierto, se ubicó en los sitios previamente seleccionados, como resultado del estudio topográfico y geológico realizado en el corte de estudio.



Tipo de Muestras: Alteradas representativas.

Profundidad de Nivel freático: No se detectó.

b) Pruebas de Laboratorio Efectuadas

Prueba Índice

Contenido de Agua	(x)
Limites de Plasticidad	(x)
Contracción Lineal	(x)
Granulometría por Mallas	(x)
Granulometría por Lavado	(x)
Gravedad Específica	(x)
Peso Volumétrico en estado natural	(x)

Pruebas Mecánicas

Compresión Simple en Suelos	(x)
Compresión Triaxial rápida (UU)	(x)

Otras: Clasificación manual y visual de campo y laboratorio, según SUCS adaptado por la S.O.P.



c) Estratigrafía.

Sondeo Profundo No. 1 (SP-1). Est. 18+692.04.

De 0.00 a 0.60 m de profundidad se detectó un Abanico aluvial conformado por limo arenoso color café claro con gravas carbonatadas. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 18% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 10%, el contenido de humedad natural fue de 14.9%, Limite líquido de 33.0%, Limite plástico de 16.7%, porcentaje de gravas de 35%, porcentaje de arenas de 45%, porcentaje de finos de 20% y peso volumétrico natural de 1.91 ton/m³.

De 0.60 a 11.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza poco intemperizada color café claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación Mezcala). Con una absorción promedio de 1.23%, densidad aparente de 2.59. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 18% al 57% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 10% a 55%.

De 11.00 a 25.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza sana color café claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación Mezcala). Con una absorción promedio de 1.25%, densidad aparente de 2.58. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 38% al 81% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 41% a 73%.

Sondeo Profundo No. 2 (SP-2). Est. 18+708.17.

De 0.00 a 0.60 m de profundidad se detectó un Abanico aluvial conformado por limo arenoso color café claro con gravas carbonatadas. Con una absorción de 1.4%, densidad aparente de 2.55. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 13% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 5%, el contenido de humedad natural fue de 16.1%, Limite líquido de 36.0%, Limite plástico de 20.0%, porcentaje de gravas de 33%, porcentaje de arenas de 44%, porcentaje de finos de 23% y peso volumétrico natural de 1.90 ton/m³.



De 0.60 a 11.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza poco intemperizada color café claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación Mezcala). Con una absorción promedio de 1.2%, densidad aparente de 2.61. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 13% al 43% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 5% a 21%.

De 11.00 a 30.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza sana color café claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación Mezcala). Con una absorción promedio de 1.25%, densidad aparente de 2.58. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 16% al 89% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 22% a 80%.

Sondeo Profundo No. 3 (SP-3). Est. 18+823.18.

De 0.00 a 1.80 m de profundidad se detectó un Abanico aluvial conformado por acumulación de materiales (grava angulosa y fragmentos de roca caliza) empacados en una matriz arenosa color amarillo pálido. Con una absorción de 1.5%, densidad aparente de 2.50. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 21% al 30% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue del 8% al 13%, el contenido de humedad natural fue de 12.1%, Limite líquido de 31.0%, Limite plástico de 16.7%, porcentaje de gravas de 38%, porcentaje de arenas de 41.3%, porcentaje de finos de 20.7% y peso volumétrico natural de 1.90 ton/m³.

De 1.80 a 25.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza poco intemperizada color café claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación Mezcala). Con una absorción promedio de 1.21%, densidad aparente de 2.56. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 20% al 51% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 9% a 23%.

De 25.00 a 30.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza sana color café claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación Mezcala). Con una absorción promedio de 1.30%, densidad aparente de 2.54.



El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 30% al 65% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 7% a 42%.

Sondeo Profundo No. 4 (SP-4). Est. 18+900.71.

De 0.00 a 9.00 m de profundidad se detectó un Abanico aluvial conformado por acumulación de materiales (grava angulosa y fragmentos de roca caliza) empacados en una matriz arenosa color café claro. Con una absorción de 1.23%, densidad aparente de 2.56. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 6.5% al 33.5% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue del 5% al 17%, el contenido de humedad natural fue 11.4%, Limite líquido de 39.1%, Limite plástico de 26.3%, porcentaje de gravas de 41.3%, porcentaje de arenas de 41.6%, porcentaje de finos de 17.1% y peso volumétrico natural de 1.92 ton/m³.

De 9.00 a 16.00 m de profundidad se detectó un Conglomerado muy cementado de color café claro con lentes de grava con arcilla carbonatada (Formación Balsas). Con una absorción promedio de 1.35%, densidad aparente de 2.55. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 21.5% al 53.5% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 12% a 30%.

De 16.00 a 18.00 m de profundidad se detectó una Grava con arcilla arenosa de color café claro. Con una absorción promedio de 1.50%, densidad aparente de 2.48. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 43.5% al 49.5% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 35% a 36%.

De 18.00 a 40.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza poco intemperizada color café claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación Mezcala). Con una absorción promedio de 0.73%, densidad aparente de 2.66. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 20.5% al 60.5% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 15% a 33%.



Sondeo Profundo No. 5 (SP-5). Est. 18+898.70.

De 0.00 a 0.10 m de profundidad se detectó carpeta asfáltica en regulares condiciones estructurales presentando zonas de bacheo y grietas de tipo piel de cocodrilo.

De 0.10 a 1.15 m de profundidad se detectó material de relleno controlado conformado por una arena limosa color café claro con gravas de granulometría uniforme. Con un porcentaje de grava de 19%, arena de 62% y finos 19%.

De 1.15 a 5.00 m de profundidad se detectó un Conglomerado medianamente cementado de color café claro con lentes de grava con arcilla carbonatada. Con una absorción promedio de 1.25%, densidad aparente de 2.56. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 20% al 30% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 0%.

De 5.00 a 25.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza medianamente fracturada color gris claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación mezcala). Con una absorción promedio de 1.28%, densidad aparente de 2.57. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 53% al 100% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 10% a 75%.

Sondeo Profundo No. 6 (SP-6). Est. 18+960.00.

De 0.00 a 0.10 m de profundidad se detectó carpeta asfáltica en regulares condiciones estructurales presentando zonas de bacheo y grietas de tipo piel de cocodrilo.

De 0.10 a 1.15 m de profundidad se detectó material de relleno controlado conformado por una arena limosa color café claro con gravas de granulometría uniforme. Con un porcentaje de grava de 21%, arena de 67% y finos 12%.

De 1.15 a 6.00 m de profundidad se detectó un Conglomerado medianamente cementado de color café claro con lentes de grava con arcilla carbonatada. Con una absorción promedio de 1.15%, densidad aparente de 2.29. El porcentaje de recuperación



de núcleos (R.E.C) fue del 70% al 90% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 52% a 70%.

De 6.00 a 30.00 m de profundidad se detectó una Lutita-caliza medianamente fracturada color gris claro con intercalaciones de carbonato de calcio (Formación mezcala). Con una absorción promedio de 1.21%, densidad aparente de 2.56. El porcentaje de recuperación de núcleos (R.E.C) fue del 52% al 100% y el índice promedio de calidad de la roca (R.Q.D.) fue de 30% a 75%.

Pozo a Cielo abierto No.1 (PCA-1). Est. 18+918.21

De 0.00 a 0.20 m de profundidad se detectó capa vegetal.

De 0.20 a 2.50 m de profundidad se detectó Abanico aluvial conformado por acumulación de materiales (grava angulosa y fragmentos de roca caliza) empacados en una matriz arenosa color café claro. Con una absorción de 1.23%, densidad aparente de 2.56, con un contenido de humedad promedio de 8%, límite líquido de 38.1%, límite plástico de 21.5%, porcentaje de grava promedio de 28.3%, arena de 47.5% y finos 24.2% y peso volumétrico natural de 1.90 ton/m³.

Pozo a Cielo abierto No.2 (PCA-2). Est. 18+969.55

De 0.00 a 0.20 m de profundidad se detectó capa vegetal.

De 0.20 a 2.50 m de profundidad se detectó Abanico aluvial conformado por acumulación de materiales (grava angulosa y fragmentos de roca caliza) empacados en una matriz arenosa color café claro. Con una absorción de 1.47%, densidad aparente de 2.58, con un contenido de humedad promedio de 10%, límite líquido de 33.8%, límite plástico de 19.4%, porcentaje de grava promedio de 21.2%, arena de 45.4% y finos 33.4%, y peso volumétrico natural de 1.92 ton/m³.



Pozo a Cielo abierto No.3 (PCA-3). Est. 19+022.57

De 0.00 a 0.15 m de profundidad se detectó capa vegetal.

De 0.20 a 2.80 m de profundidad se detectó Abanico aluvial conformado por acumulación de materiales (grava angulosa y fragmentos de roca caliza) empacados en una matriz arenosa color café claro. Con una absorción de 1.93%, densidad aparente de 2.56, con un contenido de humedad promedio de 7%, límite líquido de 35.3%, límite plástico de 20.0%, porcentaje de grava promedio de 28.2%, arena de 42.2% y finos 29.6%, y peso volumétrico natural de 1.95 ton/m³.

Pozo a Cielo abierto No.4 (PCA-4). Est. 18+898.72

De 0.00 a 2.80 m de profundidad se detectó Abanico aluvial conformado por acumulación de materiales (grava angulosa y fragmentos de roca caliza) empacados en una matriz arenosa color café claro. Con una absorción de 1.98%, densidad aparente de 2.53, con un contenido de humedad promedio de 6%, %, límite líquido de 36.0%, límite plástico de 20.6%, porcentaje de grava promedio de 34.3%, arena de 53.4% y finos 12.3%, y peso volumétrico natural de 1.92 ton/m³.

Pozo a Cielo abierto No.5 (PCA-5). Est. 19+040.68

De 0.00 a 3.20 m de profundidad se detectó Abanico aluvial conformado por acumulación de materiales (grava angulosa y fragmentos de roca caliza) empacados en una matriz arenosa color café claro. Con una absorción de 1.23%, densidad aparente de 2.57, con un contenido de humedad promedio de 9%, límite líquido de 39.4%, límite plástico de 24.5%, porcentaje de grava promedio de 28.6%, arena de 42.1% y finos 29.3%, y peso volumétrico natural de 1.95 ton/m³.



VII.4.- MODELO GEOTECNICO.

Una vez efectuadas las pruebas de laboratorio e interpretados los resultados de los ensayos mecánicos, se procedió a caracterizar geomecánicamente cada uno de los materiales que conforman los diferentes estratos del corte de estudio.

VII.4.1.- CARACTERIZACION GENERAL.

a) Coeficiente Sísmico.

De acuerdo con el manual de obras civiles de CFE, el corte de estudio se encuentra en la zona B, en donde se pueden presentar aceleraciones horizontales de máximo 0.7 g a consecuencia de eventos sísmicos, por lo que se considerará un coeficiente de 0.30 correspondiente a un terreno tipo II (De transición) en la zona B.

b) Parámetros Geotécnicos.

En base a los trabajos de exploración geotécnica en campo y a las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras obtenidas de los sondeos de penetración estándar y pozos a cielo abierto, se obtuvieron los siguientes parámetros, en donde se consideraron las secciones críticas del corte de estudio.



Estación km. 18+900.00	
Zona "A"	Abanico aluvial conformado por acumulación de materiales (grava angulosa y fragmentos de roca caliza) empacados en un matriz arenosa color café claro.
Cohesión aparente C (ton/m²)	1.60
Angulo de Fricción ϕ	25°
Coefficiente sísmico, Cs	0.30
Absorción (%)	1.30
Densidad Aparente	2.57
Longitud de Discontinuidad	<1.0 m
Abertura	1-5 mm
Rugosidad	Ligeramente rugoso
Relleno	Relleno Blando <5 mm
Alteración	Descompuesta
REC, %	8-35
RQD, %	5-18



Estación km. 18+900.00	
Zona "B"	Conglomerado muy cementado de color café claro con lentes de grava con arcilla carbonatada (Formación Balsas).
Cohesión en discontinuidades rellenas C (ton/m²)	1.20
Angulo de Rozamiento ϕ	20°
Coefficiente sísmico, Cs	0.30
Absorción (%)	1.55
Densidad Aparente	2.54
Longitud de Discontinuidad	1-3 m
Abertura	1-5 mm
Rugosidad	Rugoso
Relleno	Relleno Blando <5 mm
Alteración	Moderadamente alterada
REC, %	22-53
RQD, %	12-30



Estación km. 18+900.00	
Zona "C"	Grava con arcilla arenosa mal graduada de color café claro (GP-GC)
Grava, %	54
Arena, %	38
Finos, %	8
Peso Volumétrico natural, γ (ton/m³)	1.90
Contenido natural de agua, %	8.3

Estación km. 18+900.00	
Zona "D"	Lutita-caliza poco intemperizada color café claro con intercalaciones de carbonato de calcio. (Formación Mezcala).
Cohesión en discontinuidades rellenas C (ton/m²)	1.8
Angulo de Rozamiento ϕ	35°
Coefficiente sísmico, Cs	0.30
Absorción (%)	1.20
Densidad Aparente	2.63
Longitud de Discontinuidad	1-3 m
Abertura	1-5 mm
Rugosidad	Ligeramente Rugoso
Relleno	Relleno duro <5 mm
Alteración	Moderadamente alterada
REC, %	22-60
RQD, %	15-33



VII.4.2.- ACCIONES ACTUANTES.

- Peso propio del material (acciones gravitacionales permanentes).
- Aceleración sísmica durante eventos dinámicos (acciones accidentales).
- Erosión provocada por el medio ambiente (acciones permanentes).
- Escurrimientos superficiales en época de lluvias (acciones accidentales).

VII.5.- ANALISIS DE ESTABILIDAD.

VII.5.1.- SITUACION ACTUAL DE ESTABILIDAD DEL CORTE.

El corte en estudio presenta diferentes comportamientos de falla debido a que posee sitios con inestabilidades crecientes cuyas causas son las siguientes:

- a) La liberación de tensiones naturales que al excavar el talud originó cierta descompresión transformando y fragmentando las zonas más débiles y finalmente comportarse como un suelo.
- b) Las elevadas tensiones se han generado al pie del talud dando lugar a condiciones de desequilibrio llegando incluso a producirse deformaciones y/o bufamientos plásticos.
- c) Así también el corte en estudio está sometido a tensiones de tipo tectónico contribuyendo a la pérdida de resistencia del material. Las discontinuidades y las zonas con estructuras compresivas se han convertido en zonas de debilidad por la aparición de tensiones distensivas o traccionales, dando lugar a grietas o aperturas de los planos de discontinuidad.
- d) Las diferentes litologías que presenta el corte de estudio han sido un factor importante de su inestabilidad ya que aspectos como la alternancia de materiales, competencia y grado de alteración, así como la presencia de capas de material blando y de estratos duros han controlado los tipos y la disposición de las superficies de rotura.
- e) Finalmente, la inestabilidad del corte en estudio, está influenciada por las condiciones hidrogeológicas, reduciendo su estabilidad al disminuir la resistencia



intrínseca y aumentando las fuerzas tendentes a la inestabilidad. Los aspectos más importantes son:

- Reducción de la resistencia al corte de los planos de rotura al disminuir la tensión normal efectiva.
- La presión ejercida sobre grietas de tracción aumentando las fuerzas que tienden al deslizamiento.
- Aumento del peso del material por saturación.
- Erosión interna por flujo sub-superficial o subterráneo.

Además del agua en el interior del corte, se debe considerar la presencia del agua superficial la cual causa problemas importantes de estabilidad al crearse altas presiones en las discontinuidades y grietas. De hecho las roturas más importantes en este corte han sido después de que se han presentado lluvias intensas.

VII.5.2.- ANALISIS DE LA INFORMACION, INCLUYENDO CALCULOS DE ESTABILIDAD.

La estabilidad del corte se revisó en condiciones actuales, es decir con la geometría actual con el objeto de conocer las condiciones de seguridad en las que se encuentra cada material constitutivo de cada estrato, para lo cual se revisó la sección crítica bajo las condiciones imperantes en el sitio, definiendo la superficie de falla de acuerdo con los indicios que el corte expone, debe aclararse que se presentan varias secciones críticas y que todas fueron evaluadas y analizadas según el comportamiento esperado de los materiales que la componen, es decir se emplearon métodos de mecánica de suelos para materiales con tendencia a deslizamiento de modelos de rotura plana.

Los análisis se realizaron para los casos estático y sísmico y en condiciones saturadas, considerando los criterios anteriores y rangos de valores para los parámetros mecánicos establecidos para los materiales que constituyen el corte de estudio y el valor de la aceleración inducida por el sismo.

Es importante mencionar que los análisis realizados para las condiciones que incluyen agua, se llevaron a cabo de acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio en condiciones saturadas.



El corte de estudio se analizó a través de un método que considera todas las circunstancias que prevalecen actualmente en este sitio, como son: sobrecargas superficiales, tipo de material en el corte, etc.

VII.5.2.1.- CRITERIOS DE ANALISIS (ZONA DE ABANICO ALUVIAL Y CONGLOMERADO).

A continuación se presentan las consideraciones relativas al análisis de la estabilidad de los taludes. El tipo de falla prevaleciente es el de rotura plana. La localización de superficie de falla dependió de la variación de la resistencia con la profundidad y de la pendiente del talud (Corte de estudio).

Los parámetros de resistencia c y ϕ (cohesión y ángulo de fricción interna) requeridos para el análisis de los taludes se determinaron de acuerdo al método de exploración utilizado y los ensayos de laboratorio realizados a las muestras obtenidas de los sondeos profundos y superficiales.

La rotura plana se produce a favor de una superficie preexistente, que puede ser la estratificación, una junta tectónica, una falla, etc. La condición básica es la presencia de discontinuidades buzando a favor del talud y con su misma dirección, cumpliéndose la condición de que la discontinuidad debe estar descalzada por el talud ($\psi > \alpha$) y su buzamiento debe ser mayor que su ángulo de rozamiento interno ($\alpha > \phi$) Figura A. En taludes excavados paralelos a la estratificación, pueden tener lugar rupturas planas por deslizamiento de los estratos; este tipo de rotura es típica en macizos lutíticos o pizarrosos, generándose los planos de rotura a favor de la esquistosidad. Los diferentes tipos de roturas planas dependen de la distribución y características de las discontinuidades en el talud. Las más frecuentes son: Figura B.

- Rotura por un plano que aflora en la cara o en el pie del talud, con o sin grieta de tracción.
- Rotura por un plano paralelo a la cara del talud, por erosión o pérdida de resistencia del pie.

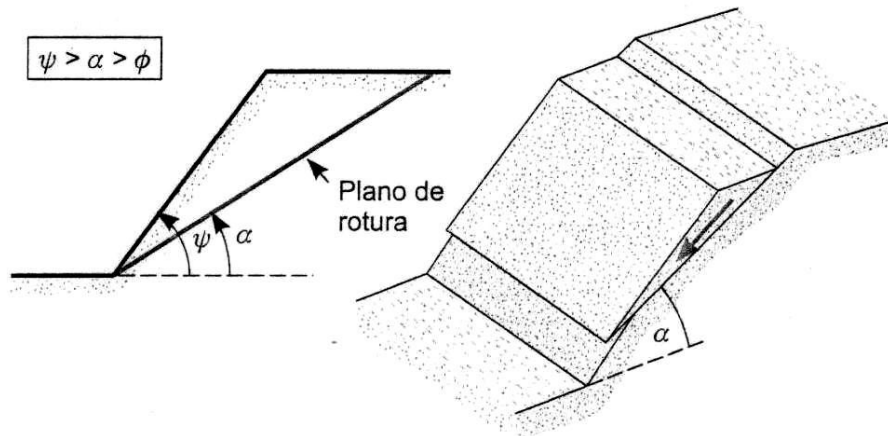


Figura A. Condiciones para la rotura plana.

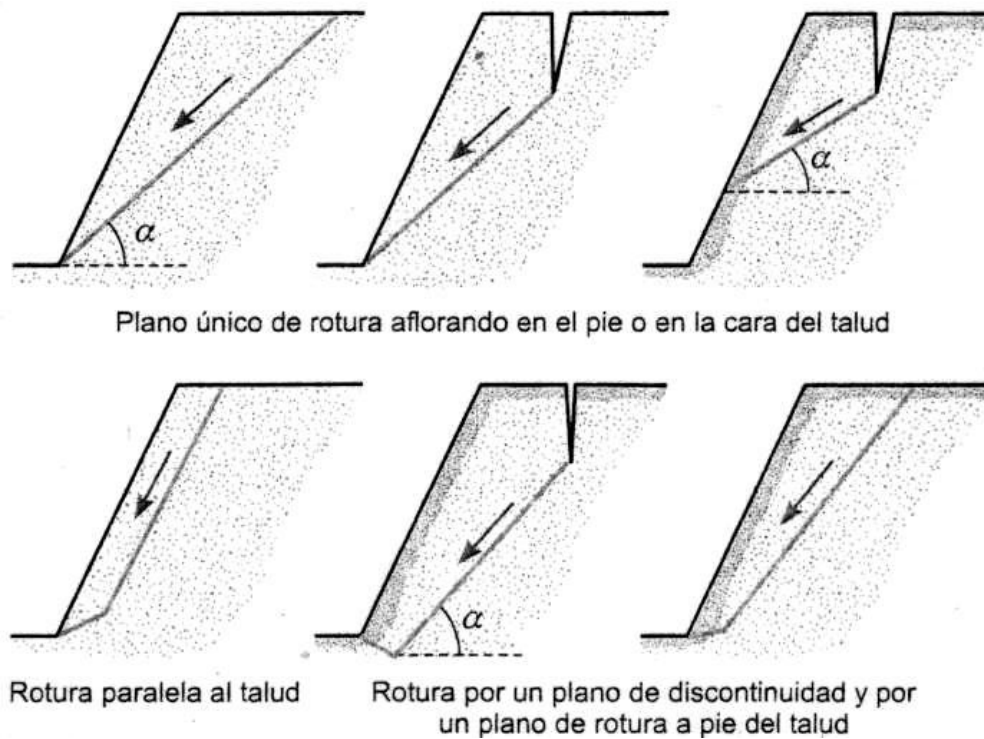


Figura B. Tipos de rotura plana

El análisis del talud se realizó con el método bidimensional, que supone un prisma de falla con base lineal y considera que la resistencia al esfuerzo cortante puede expresarse mediante la ecuación de Mohr-Coulomb:



$$s = c + \tan \phi \quad (1)$$

El método permite calcular el factor de seguridad de un prisma cuando desliza sobre una superficie de falla plana que se supone infinita y toma en cuenta las siguientes hipótesis:

- La superficie de falla es bidimensional.
- La resistencia al esfuerzo cortante en la base del prisma es constante en toda su superficie.
- No existentes desplazamientos relativos en el prisma que desliza.
- La fuerza que se resiste al deslizamiento se da tanto en el respaldo del prisma como en su base.
- El sismo solo se considera como una fuerza actuante.

a) Rotura plana sin influencia de presión de agua sobre la superficie de deslizamiento.

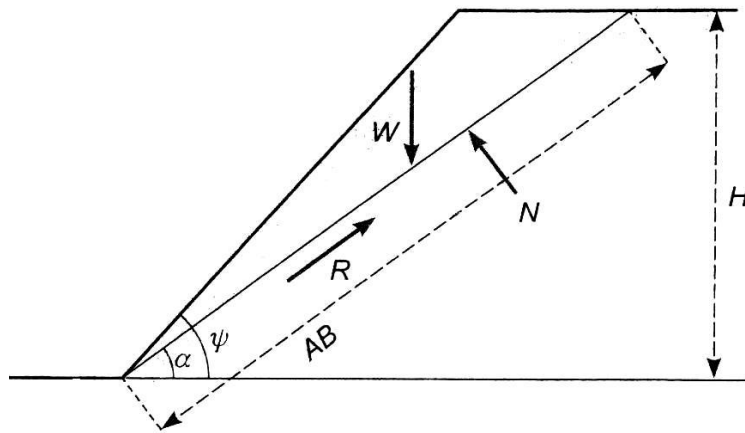
A partir de las fuerzas actuantes sobre la superficie de rotura considerada, se establece la siguiente ecuación:

$$F_s = \frac{A + (W \cos \alpha - kW \sin \alpha + F \cos \theta) \tan \phi}{W \sin \alpha + kW \cos \alpha - F \sin \theta} \quad (2)$$

Donde:

- F_s Factor de seguridad adimensional.
 c Cohesión en la superficie de falla, en ton/m².
 A Superficie de apoyo de la cuña deslizante, en m.
 W Peso del bloque deslizante, en ton/m.
 α Angulo con la horizontal del plano de deslizamiento, en grados.
 k Coeficiente sísmico, adimensional.
 F Fuerza debida al anclaje, en ton.
 θ Angulo que forma la línea de anclaje con la normal al plano de

- Deslizamiento, en grados.
- cA Fuerza debida a la cohesión en el plano de deslizamiento, en ton/m.
- ϕ Angulo de fricción en la superficie de deslizamiento, en grados



W: Peso del bloque
N: Fuerza normal sobre AB
R: Fuerza resistente ($R_c + R_\phi$)

Figura C. Fuerzas actuando sobre una superficie de deslizamiento plana sin influencia de presión de agua.

En este análisis no se consideró el cálculo de empujes por agua en las grietas (V) y subpresión (U).

Los factores de seguridad mínimos que se buscaron con la estabilización son de 1.5 en condiciones estáticas y 1.25 en condiciones sísmicas.

Se analizaron diversas cuñas de la masa rocosa deslizante, con longitud de la cuña de falla tal que llegaba al pie del talud iniciando con un ángulo de inclinación de 28° , que es el que tiene el corte en promedio actualmente y con cuñas a ángulos menores. Los resultados obtenidos para condiciones estáticas y sísmicas se resumen a continuación:



Estación 18+900.00 Cuerpo “B”

Angulo del plano de falla	Factor de Seguridad	
	Estático.	Sísmico.
28°	1.51	0.87
26°	1.36	0.76
24°	1.33	0.71
23°	1.36	0.71
22°	1.41	0.73

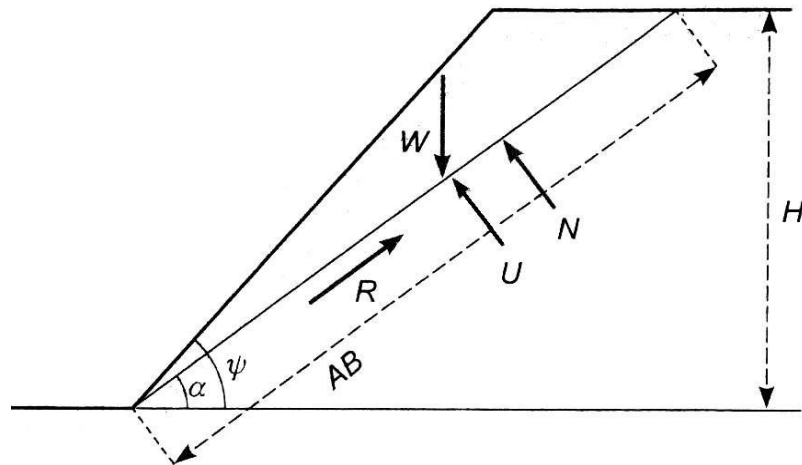
b) Rotura plana con influencia de presión de agua sobre la superficie de deslizamiento.

A partir de las fuerzas actuantes sobre la superficie de rotura considerada, se establece la siguiente ecuación:

$$F_s = \frac{cA + ((W \cos \alpha - U) - kW \operatorname{sen} \alpha) \tan \phi}{W \operatorname{sen} \alpha + kW \cos \alpha} \quad (3)$$

Donde:

- F_s** Factor de seguridad adimensional.
- cA** Fuerza debida a la cohesión en el plano de deslizamiento, en ton/m.
- $(W \cos \alpha - U) \tan \phi$** Fuerza debida al rozamiento en el plano, en ton/m.
- $W \cos \alpha$** Componente estabilizadora del peso (normal a la superficie de deslizamiento), en ton/m.
- U** Fuerza total debida a la presión de agua sobre la superficie de deslizamiento, en ton/m.
- $W \operatorname{sen} \alpha$** Componente del peso tendente al deslizamiento (paralela a la superficie de deslizamiento, en ton/m)
- k** Coeficiente sísmico, adimensional.



W: Peso del bloque
 N: Fuerza normal sobre AB
 R: Fuerza resistente ($R_c + R_\phi$)
 U: Fuerza debida al agua

Figura D. Fuerzas actuando sobre una superficie de deslizamiento plana con influencia de presión de agua.

En este análisis se consideró el cálculo de empujes por agua debida a la subpresión (U). Los factores de seguridad mínimos que se buscaron con la estabilización son de 1.5 en condiciones estáticas y 1.25 en condiciones sísmicas.

Se analizaron diversas cuñas de la masa rocosa deslizante, con longitud de la cuña de falla tal que llegaba al pie del talud iniciando con un ángulo de inclinación de 28° , que es el que tiene el corte en promedio actualmente y con cuñas a ángulos menores. Los resultados obtenidos para condiciones estáticas y sísmicas se resumen a continuación:

Estación 18+900.00 Cuerpo "B"

Ángulo del plano de falla	Factor de Seguridad	
	Estático.	Sísmico.
28°	1.35	0.78
26°	1.20	0.66
24°	1.14	0.60
23°	1.15	0.59
22°	1.19	0.6

c) Rotura plana con influencia de presión de agua sobre la superficie de deslizamiento y grieta de tracción rellena de agua.

A partir de las fuerzas actuantes sobre la superficie de rotura considerada, se establece la siguiente ecuación:

$$F_s = \frac{cA + ((W \cos \alpha - U) - V \operatorname{sen} \alpha - kW \operatorname{sen} \alpha) \tan \phi}{W \operatorname{sen} \alpha + V \cos \alpha + kW \cos \alpha} \quad (4)$$

Donde:

F_s	Factor de seguridad adimensional.
cA	Fuerza debida a la cohesión en el plano de deslizamiento, en ton/m.
$(W \cos \alpha - U) \tan \phi$	Fuerza debida al rozamiento en el plano, en ton/m.
$W \cos \alpha$	Componente estabilizadora del peso (normal a la superficie de deslizamiento), en ton/m.
U	Fuerza total debida a la presión de agua sobre la superficie de deslizamiento, en ton/m.
$W \operatorname{sen} \alpha$	Componente del peso tendente al deslizamiento (paralela a la superficie de deslizamiento), en ton/m.
k	Coefficiente sísmico, adimensional.
V	Fuerza ejercida por el agua sobre la grieta de tracción.

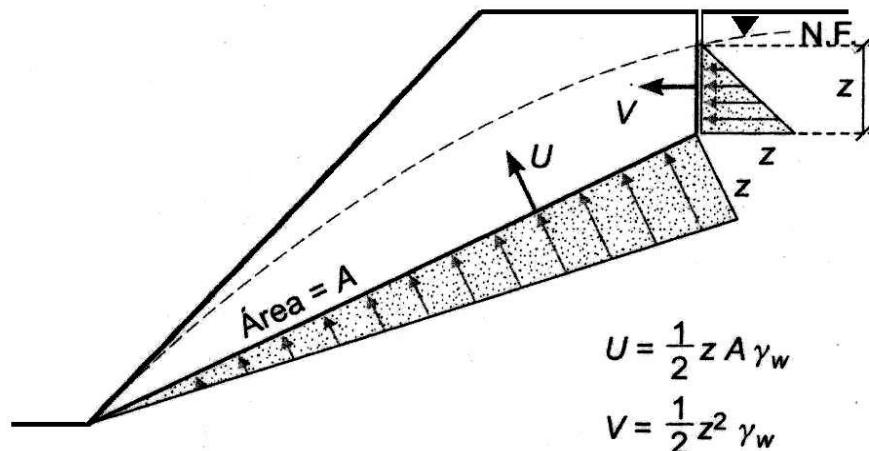


Figura No.5 Triángulo de presiones en caso de existencia de grieta de tracción en la cabecera del talud (U y V son las fuerzas debidas al agua sobre el plano de deslizamiento y sobre la grieta de tracción respectivamente).



En este análisis se consideró el cálculo de empujes por agua debida a las grietas (V) y subpresión (U), actuantes en el corte de estudio.

Los factores de seguridad mínimos que se buscaron con la estabilización son de 1.5 en condiciones estáticas y 1.25 en condiciones sísmicas. Se analizaron diversas cuñas de la masa rocosa deslizante, con longitud de la cuña de falla tal que llegaba al pie del talud iniciando con un ángulo de inclinación de 28°, que es el que tiene el corte en promedio actualmente y con cuñas a ángulos menores. Los resultados obtenidos para condiciones estáticas y sísmicas se resumen a continuación:

Estación 18+900.00 Cuerpo “B”

<i>Angulo del plano de falla</i>	<i>Factor de Seguridad</i>	
	<i>Estático.</i>	<i>Sísmico.</i>
28°	1.35	0.77
26°	1.19	0.66
24°	1.13	0.59
23°	1.14	0.59
22°	1.17	0.59

Se revisaron diferentes condiciones de falla tanto local como general, variando las condiciones de nivel freático y las condiciones de sobrecarga, encontrando que el corte es estable solo en condiciones estáticas sin considerar la fuerza debida a la presión de agua sobre la superficie de deslizamiento y sin considerar la grieta de tracción sobre la superficie de deslizamiento, ya que se obtuvieron factores de seguridad mínimos de 1.5 en condiciones estáticas y 0.90 en condiciones sísmicas.

VII.5.2.2.- CRITERIOS DE ANALISIS (ZONA DE LUTITA-CALIZA).

A continuación se presentan las consideraciones relativas al análisis de estabilidad de taludes de la zona del corte donde se encuentran Lutitas-Calizas poco intemperizadas de color café claro con incrustaciones de carbonato de calcio, la cual pertenece a la Formación Mezcala.

En esta zona del Corte de estudio se realizó la estabilidad de taludes con el programa Plane Failure Analysis Module Ver. 2. El cual sirve para calcular el factor de seguridad de los planos de falla en roca y en taludes de tierra dónde se defina la existencia de un plano de falla. Las ventajas que presenta el programa son: una vista del estrato analizado, la habilidad de localizar la falla por tensión crítica, presentando también un resumen del análisis realizado.

Figura. 18 Ingreso de Datos al Programa Plane Failure Analysis Module Ver 2.

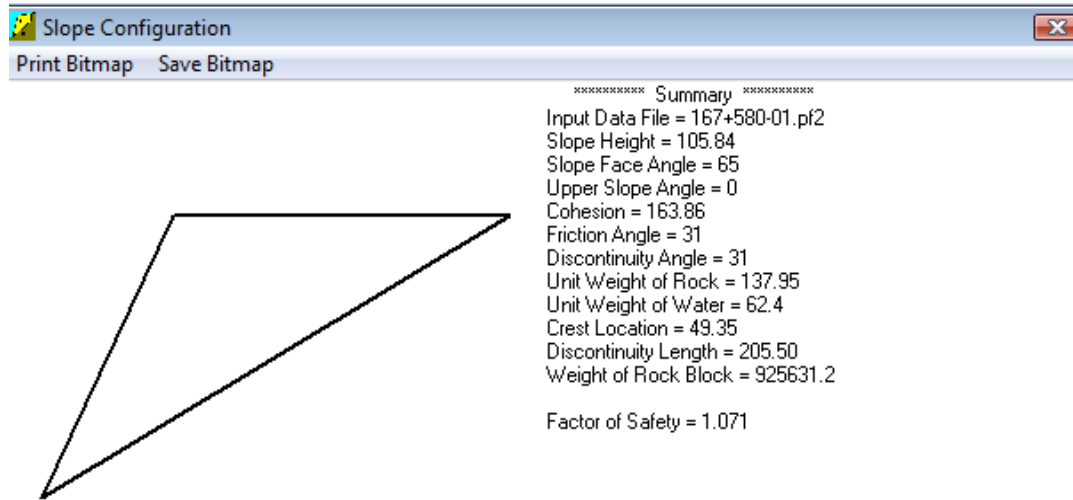


Figura. 19 Presentación de resultados del Programa Plane Failure Analysis Module Ver 2.

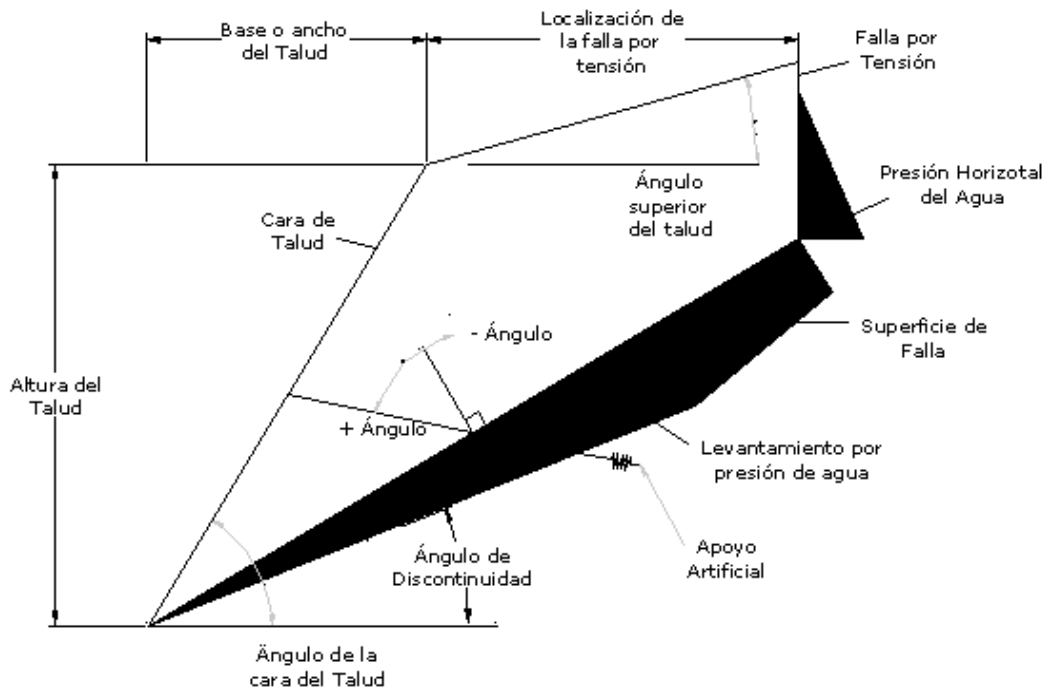


Figura. 20 Información que interviene en el Programa Plane Failure Analysis Module Ver 2.



a) Análisis realizados.

ANALISIS 1.

Primeramente, se considera una cohesión nula y un valor del ángulo de fricción interna según el ángulo de la discontinuidad (debido a restricciones del programa de cálculo), con el fin de observar el resultado de una primera corrida. Se considera una discontinuidad seca sin la existencia de grietas de tensión, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo). Las propiedades geotécnicas de cada estrato se incluyen en el resumen estratigráfico.

ANALISIS 2.

Se sigue considerando una cohesión nula y un valor del ángulo de fricción interna según el ángulo de la discontinuidad (debido a restricciones del programa de cálculo), con el fin de observar el resultado de una primera corrida. Se considera una discontinuidad seca con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo). Las propiedades geotécnicas de cada estrato se incluyen en este mismo capítulo.

ANALISIS 3.

Se sigue considerando una cohesión nula pero ahora con un ángulo de fricción interna de la discontinuidad. Este valor se obtiene de una recopilación bibliográfica del manual de C.F.E. Se considera una discontinuidad seca sin la existencia de grietas de tensión, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo).

ANALISIS 4.

Se sigue considerando una cohesión nula y un valor del ángulo de fricción interna de la discontinuidad. Este valor se obtiene de una recopilación bibliográfica del manual de C.F.E. Se considera una discontinuidad seca con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo).



ANALISIS 5.

Se considera ahora una cohesión de la discontinuidad (según el manual de la C.F.E.) pero con un valor del ángulo de fricción interna del ángulo de la discontinuidad (debido a restricciones del programa de cálculo). Se considera una discontinuidad seca sin la existencia de grietas de tensión, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo).

ANALISIS 6.

Se considera ahora una cohesión y un valor del ángulo de fricción interna de la discontinuidad (según el manual de C.F.E.). Se considera una discontinuidad seca sin la existencia de grietas de tensión, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo).

ANALISIS 7.

Se considera ahora una cohesión y un valor del ángulo de fricción interna de la discontinuidad (según el manual de C.F.E.). Se considera una discontinuidad seca con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo).

ANALISIS 8.

Se considera ahora una cohesión de la discontinuidad (según el manual de la C.F.E.) pero con un valor del ángulo de fricción interna del ángulo de la discontinuidad (debido a restricciones del programa de cálculo). Se considera una discontinuidad seca con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo).

ANALISIS 9.

Se considera ahora una cohesión y un valor del ángulo de fricción interna de la discontinuidad (según el manual de C.F.E.). Se considera una discontinuidad saturada al



50% con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros, así como la nula presencia de fuerzas externas (sobrecarga y sismo).

ANALISIS 10.

Se considera ahora una cohesión y un valor del ángulo de fricción interna de la discontinuidad (según el manual de C.F.E.). Se considera una discontinuidad saturada al 40% con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros. Se considera la presencia de fuerzas externas con una sobrecarga vertical de 1 ton/m² así como la presencia de fuerza sísmica con un coeficiente de 0.30

ANALISIS 11.

Se considera ahora una cohesión de la discontinuidad (según el manual de la C.F.E.) pero con un valor del ángulo de fricción interna del ángulo de la discontinuidad (debido a restricciones del programa de cálculo). Se considera una discontinuidad saturada al 50% con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros. Se considera la presencia de fuerzas externas con una sobrecarga vertical de 1 ton/m² así como la presencia de fuerza sísmica con un coeficiente de 0.30

ANALISIS 12.

Se considera ahora una cohesión y un valor del ángulo de fricción interna de la discontinuidad (según el manual de C.F.E.). Se considera una discontinuidad saturada al 50% con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros.

Se considera la presencia de fuerzas externas con una sobrecarga vertical de 1 ton/m² así como la presencia de fuerza sísmica con un coeficiente de 0.30. Solamente que se considera un factor de seguridad de 1.2 para calcular la fuerza de anclaje requerida.



ANALISIS 13.

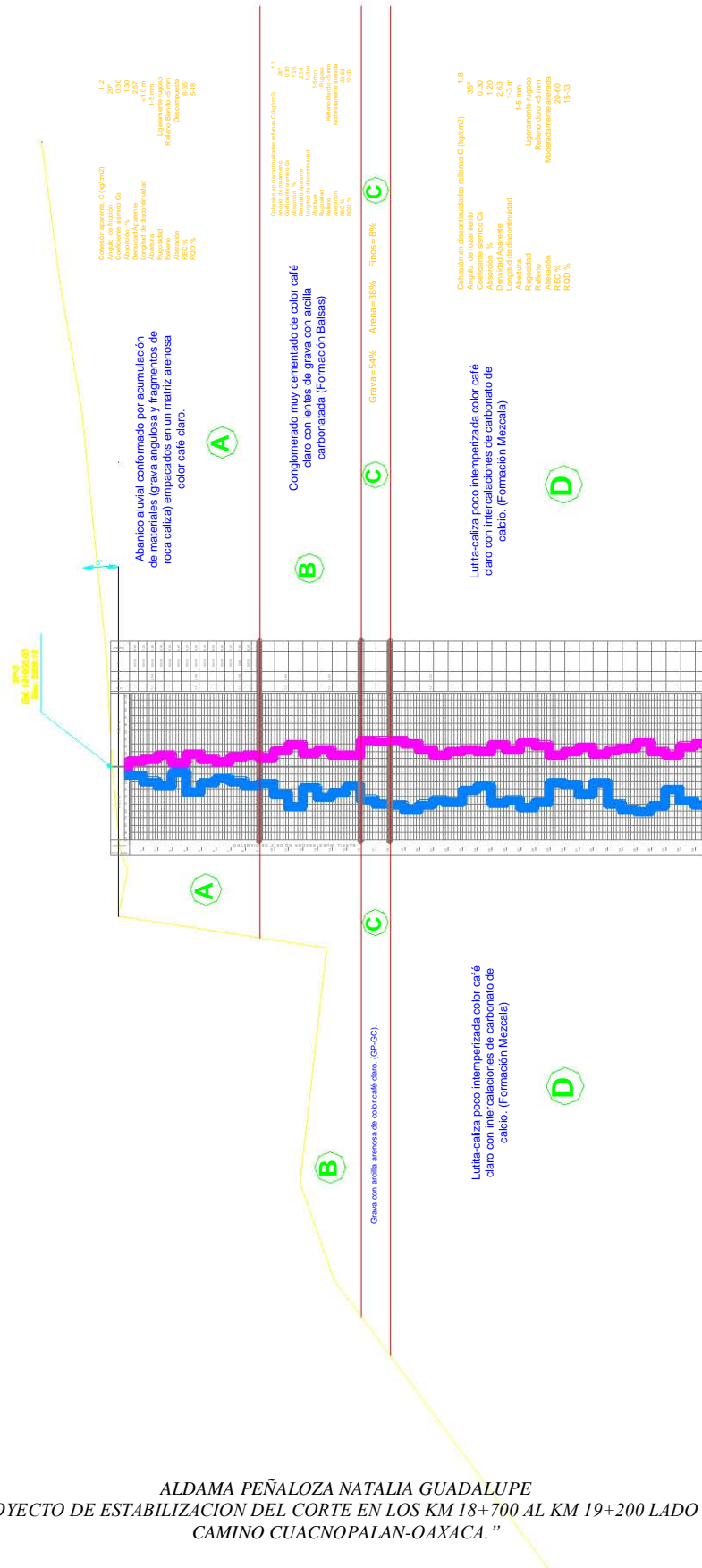
Se considera ahora una cohesión y un valor del ángulo de fricción interna de la discontinuidad (según el manual de C.F.E.). Se considera una discontinuidad saturada al 100% con la existencia de grietas de tensión ubicadas en la corona del corte a una separación de 0 metros. Se considera la presencia de fuerzas externas con una sobrecarga vertical de 1 ton/m² así como la presencia de fuerza sísmica con un coeficiente de 0.30. Solamente que se considera un factor de seguridad de 1.5 para calcular la fuerza de anclaje requerida.

RESUMEN DE RESULTADOS PARA ROCA EN ZONA DE LUTITA-CALIZA.

ANALISIS	FACTOR DE SEGURIDAD
19+200-L.C.-1.pf2	1.000
19+200-L.C.-2.pf2	1.000
19+200-L.C.-3.pf2	1.000
19+200-L.C.-4.pf2	1.000
19+200-L.C.-5.pf2	2.627
19+200-L.C.-6.pf2	2.612
19+200-L.C.-7.pf2	1.441
19+200-L.C.-8.pf2	1.425
19+200-L.C.-9.pf2	0.161
19+200-L.C.-10.pf2	0.601
19+200-L.C.-11.pf2	0.492
19+200-L.C.-12.pf2	1.200
19+200-L.C.-13.pf2	1.500



MODELO GEOTÉCNICO.





VIII.- ALTERNATIVAS DE PROYECTO.



VIII.- ALTERNATIVAS DE PROYECTO.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Una vez realizado el reconocimiento geotécnico del talud en estudio relativo a:

- a) Las propiedades y el comportamiento geomecánico del terreno.
- b) El mecanismo y tipología de las fallas, incluyendo la velocidad y dirección del movimiento y la geometría de la falla.
- c) Los factores geológicos y de otro tipo influyentes en la inestabilidad que determinaron la causa de la misma.

Para tales conocimientos se realizaron los estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos correspondientes, basándose en investigaciones de detalle y ensayos in situ, complementadas con ensayos de laboratorio, permitiendo la definición de propiedades y parámetros geotécnicos de los materiales.

Para las alternativas de solución, se tomaron en cuenta:

- Los medios económicos y materiales disponibles.
- La urgencia de intervención.
- La magnitud y dimensiones de la inestabilidad.

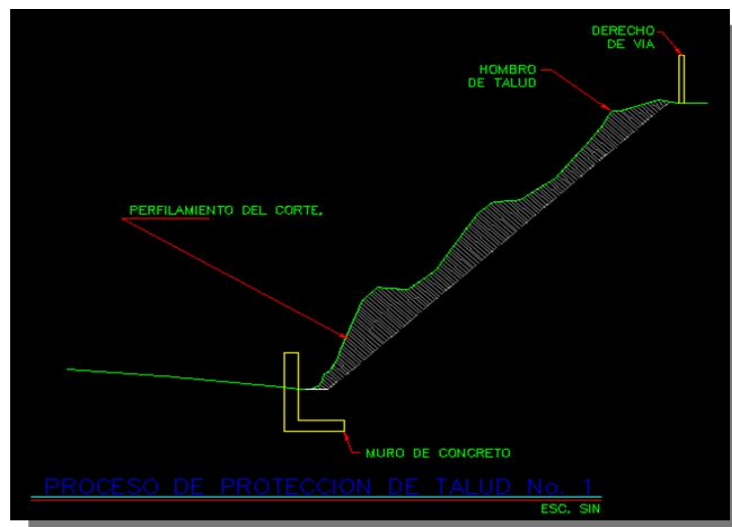
Las alternativas de solución consisten en:

- a) Modificación de la geometría del talud.
- b) Modificación del eje de camino.
- c) Construcción de túnel falso.

VIII.1.- ALTERNATIVA 1.

Modificación de la geometría del talud.

- La disminución de la inclinación del talud y la eliminación de peso del material inestable reducirá las fuerzas desestabilizadoras aumentando el factor de seguridad.
- El incremento de peso en el pie del talud será a través de muros de concreto armados desplantados en roca firme y el objetivo principal será aumentar las tensiones normales sobre la superficie de falla, mejorando la estabilidad.
- La introducción en el talud de elementos estructurales resistentes consistirá en anclajes formados por barras de acero anclados en zonas estables de la roca Lutita – caliza trabajados a fricción contribuyendo a aumentar las fuerzas resistentes y el incremento de las tensiones normales sobre la superficie de falla, el anclaje será de fricción.
- Las medidas de drenaje tienen por finalidad eliminar o disminuir el agua presente en el talud. El drenaje será superficial mediante contracunetas revestidas de concreto simple ubicadas longitudinalmente en la corona del corte.
- El control de erosión consistirá en control de geomembrana plástica resistente a los rayos ultravioleta anclada con grapas o varillas para su contacto con la pared del talud.



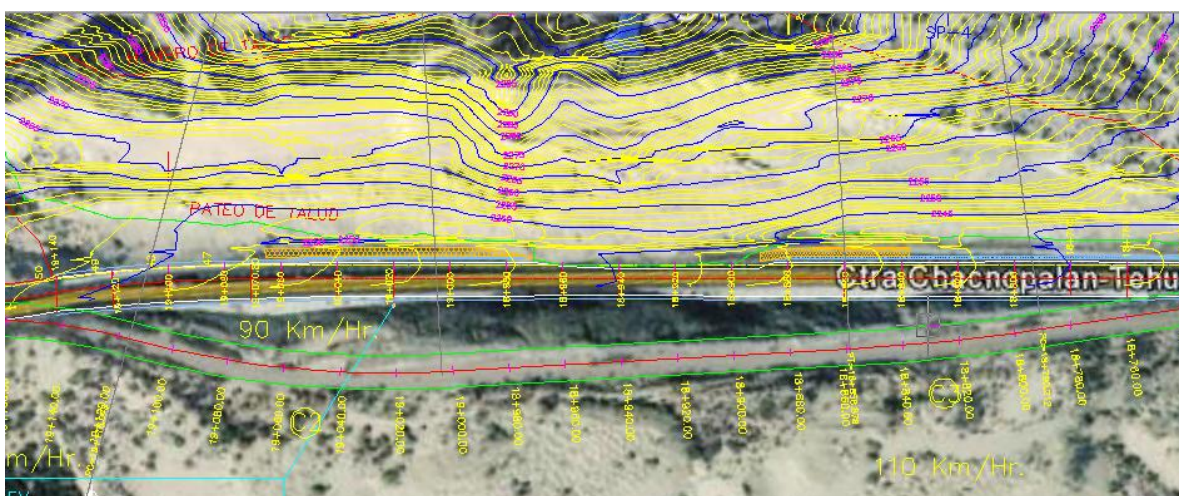
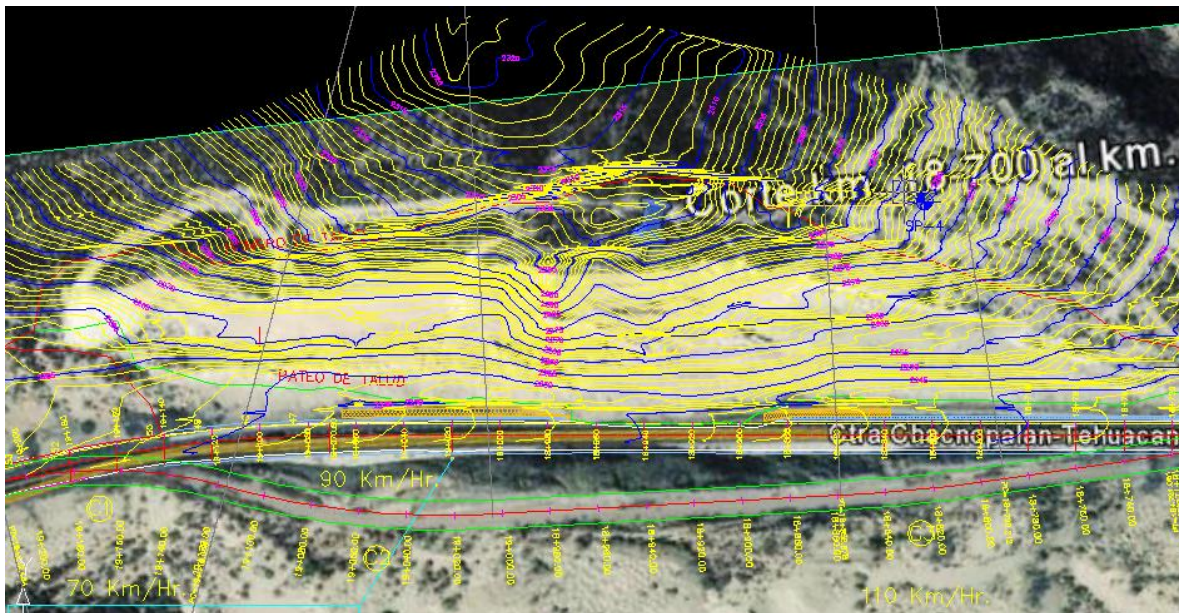


RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION						
ESTABILIZACION DEL CORTE ENTRE LOS KM 18+700 AL 19+200 DEL CAMINO DIRECTO CUACNOPALAN - OAXACA						
O B R A C O N C E P T O S					PRECIO UNITARIO	TOTAL PRESUPUESTADO
No.	ESPECIFICACION GENERAL O	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	CON NÚMERO	
ESTABILIZACION DEL CORTE DEL CAMINO DIRECTO CUACNOPALAN - OAXACA						
1	EP-1	Limpieza de cunetas a lo largo del corte retirando el material suelto producto de los derrumbes, Incluye materiales, equipo y herramienta, mano de obra, acarreo de material a primera estacion, señalmiento, proteccion y todo lo necesario para su correcta ejecucion.	270.00	ml	\$233.20	\$62,964.00
2	EP-2	Afine de talud, incluye: maniobras, caminos de acceso, traspaleo, acarreo, carga y descarga, acomodo, tendido, equipo, mano de obra y herramienta menor y todo lo indispensable para la correcta ejecución de los trabajos P.U.O.T.	81,731.70	m3	\$216.15	\$17,666,306.96
3	EP-3	Construcción de contracuneta de concreto hidraulico de $f_c=200$ kg/cm ² de 7 cm de espesor de acuerdo a la seccion de proyecto.El precio incluye:materiales, mano de obra asi como equipo y herramienta necesaria para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	270.00	ml	\$318.31	\$85,943.70
4	EP-4	Suministro y colocacion de acero de refuerzo en muro de cimentacion, muro anclado y trabes horizontales y verticales, con limite elastico de $f_y=4200$ Kg/cm ² . Incluye: Materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	325,000.00	Kg	\$16.50	\$5,362,500.00
5	EP-5	Suministro y colocacion de concreto en muro de cimentacion, muro anclado, reabes horizontales y verticales, de $f_c=250$ Kg/cm ² Incluye: Materiales, maquinaria, herramienta menor, cimbra y descimbra, curado, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	4,455.90	m3	\$2,159.00	\$9,620,288.10
6	EP-6	Suministro y colocacion de barra de acero de presfuerzo de 50 mm de espesor y longitud total de 22 m con una carga de trabajo de 140 Ton. Y una carga de ruptura de 200 Ton. Con una longitud de bulbo de 17.00 m. con una separacion en tres bolillo de 6.00 x 6.00 m., Incluye: materiales, maquinaria, herramineta menor, mano de obra y todo lo necesario par su correcta ejecucion. P.U.O.T.	2,486.00	ml	\$3,500.00	\$8,701,000.00
7	EP-7	Suministro y colocacion de barra de acero de presfuerzo de 40 mm de espesor y longitud total de 15 m con una carga de trabajo de 90 Ton. Y una carga de ruptura de 130 Ton. Con una longitud de bulbo de 9.40 m. con una separacion en tres bolillo de 6.40 x 6.40 m., Incluye: materiales, maquinaria, herramineta menor, mano de obra y todo lo necesario par su correcta ejecucion. P.U.O.T.	2,250.00	ml	\$3,200.00	\$7,200,000.00
8	EP-8	Suministro y colocación de Geomembrana tipo Pavitex o Similar para protección de talud. El precio incluye: Materiales, mano de obra, acarreos hasta el lugar de los trabajos, equipo, herramienta, limpieza y protección. P.U.O.T.	10,049.50	m2	\$19.00	\$190,940.50
						\$48,889,943.26
NOMBRE DE LA EMPRESA O PERSONA FISICA			FIRMA DEL REPRESENTANTE			
NOTA:						

VIII.2.- ALTERNATIVA 2.

Modificación de geometría del eje del tramo.

Mediante la modificación de la geometría del corte se redistribuirán las fuerzas debidas al peso de los materiales inestables, obteniéndose una configuración más estable.



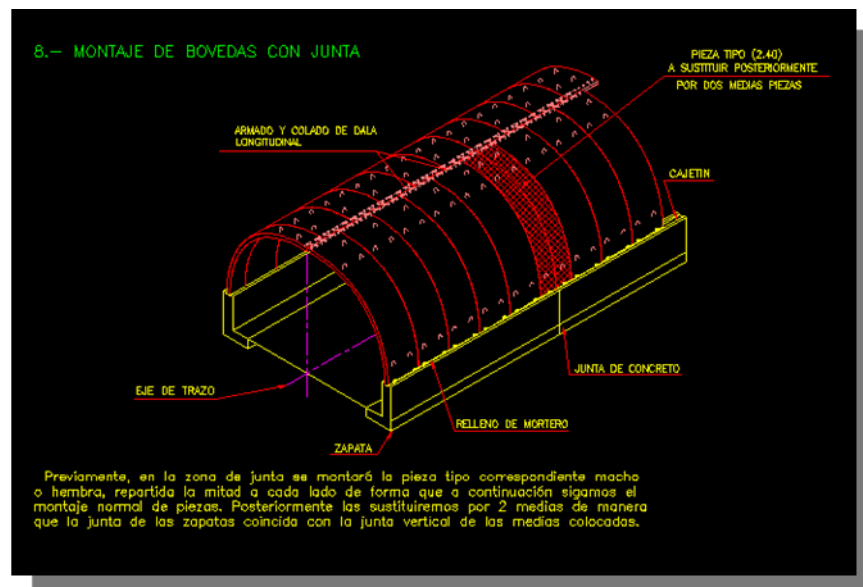
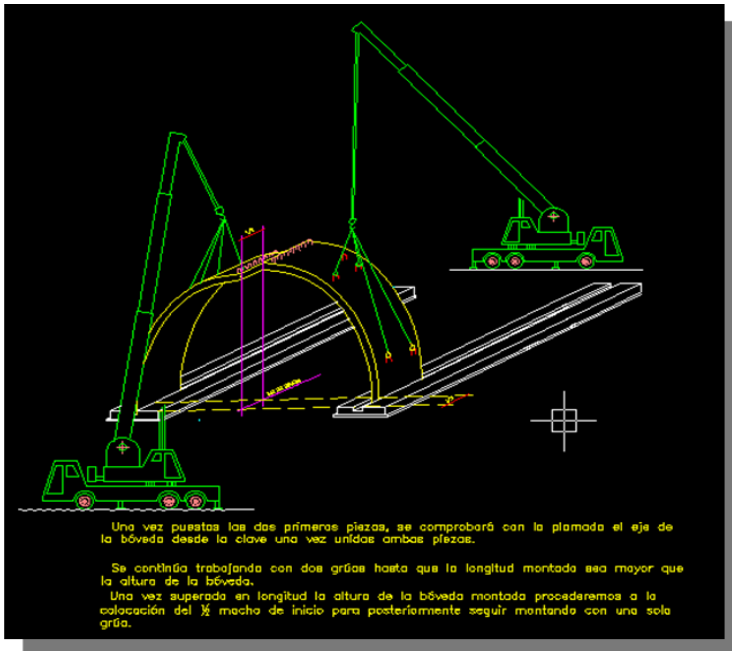


RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION						
MODIFICACION AL TRAZO ENTRE LOS KM 18+700 AL 19+200 DEL CAMINO DIRECTO CUACNOPALAN - OAXACA						
O B R A					C I O U N I T A	
C O N C E P T O S						
No.	ESPECIFICACION GENERAL O	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	CON NÚMERO	TOTAL PRESUPUESTADO
MODIFICACION AL TRAZO DEL CAMINO DIRECTO CUACNOPALAN - OAXACA						
1	009C	Trazo y nivelación para el camino de proyecto con aparatos topográficos. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	7,223.00	m2	\$8.60	\$62,117.80
2	009D04b	Corte del material existente en roca, con maquinaria desperdiciando el material, incluye acarreo a banco de tiro, limpieza, señalamiento y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	253,114.20	m2	\$10.30	\$2,607,076.26
3	009F09b	Compactacion de la cama de los cortes, incluye: Maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	1,465.10	m3	\$158.00	\$231,485.80
4	009F11a03	Suministro, tendido y compactacion de material para capa subyacente, compactada al 95% de su P.V.S.M., Incluye: Acarreos, materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	22,333.10	m3	\$159.00	\$3,550,962.90
5	009F11a04	Suministro, tendido y compactacion de material para capa subrasante, compactada al 100% de su P.V.S.M., Incluye: Acarreos, materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	8,506.60	m3	\$159.00	\$1,352,549.40
6	086E09b	Suministro, tendido y compactacion de material para Sub-base, compactada al 100 % de su P.V.S.M. , Incluye: Acarreos, materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	7,346.40	m3	\$499.00	\$3,665,853.60
7	086E15a	Suministro, tendido y compactacion de material para Base, compactada al 100 % de su P.V.S.M. . Incluye: Acarreos, materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	4,646.90	m3	\$499.00	\$2,318,803.10
8	086G07c02d	Suministro y colocacion de riego de impregnacion con emulsion asfaltica cationica, a razon de 1.5 Lts/m2, Incluye: Barrido de la superficie, maquinaria, materiales, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	16,800.00	Lts.	\$6.47	\$108,696.00
	086G07c02e	Suministro y colocacion de riego de liga con emulsion asfaltica cationica, a razon de 0.7 Lts/m2, Incluye: Barrido de la superficie, maquinaria, materiales, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	16,800.00	Lts.	\$6.06	\$101,808.00
	086G08a	Suministro y colocacion de carpeta de concreto asfaltica de 0.10 m. de espesor utilizando material procedente de banco, Incluye: Adquisicion y suministro de cemento asfaltico, acarreo de la planta al sitio de colocacion, compactacion, materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	3,135.30	m3	\$1,700.34	\$5,331,076.00
	047Y06b	Elaboracion de cuneta de concreto hidraulico de f'c=150 Kg/cm2 con espesor de 0.10 m. , Incluye: Materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	479.36	m3	\$1,580.75	\$757,748.32
						\$13,897,544.86
NOMBRE DE LA EMPRESA O PERSONA FISICA		FIRMA DEL REPRESENTANTE				
NOTA:						

VIII.3.- ALTERNATIVA 3.

Construcción de túnel falso.

Mediante sistema triarticulado TechSpan (Sistema de arco prefabricado de 200 m de longitud.)





RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION						
TUNEL FALSO ENTRE LOS KM 18+700 AL 19+200 DEL CAMINO DIRECTO CUACNOPALAN - OAXACA						
O B R A C O N C E P T O S					P R E C I O U N I T A R I O	
No.	ESPECIFICACION GENERAL	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	CON NÚMERO	TOTAL PRESUPUESTADO
TUNEL FALSO DEL CAMINO DIRECTO CUACNOPALAN - OAXACA						
1	009C	Trazo y nivelación para estructuras con aparatos topográficos, Incluye: materiales, mano de obra , herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	1,750.00	m2	\$8.60	\$15,050.00
2	047C02h	Excavacion para estructuras, con maquinaria cuales quiera que sea su clasificacion, desperdiciando el material, incluye acarreo a banco de tiro, limpieza, señalamiento y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	3,240.00	m3	\$242.78	\$786,607.20
3	047H04a02	Suministro y colocacion de acero de refuerzo en cimentacion y muretes, con limite elastico de fy=4200 Kg/cm2. Incluye: Materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	480,600.00	Kg	\$16.50	\$7,929,900.00
4	047G11a01	Suministro y colocacion de concreto en cimentacion y murete, f'c=250 Kg/cm2 Incluye: Materiales, maquinaria, herramienta menor, cimbra y descimbra, curado, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	5,994.00	m3	\$2,159.00	\$12,941,046.00
5	009F11a03	Suministro, tendido y compactacion de material de relleno con las características de subyacente, compactada al 95% de su P.V.S.M., Incluye: Acarreos, materiales, maquinaria, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	55,552.50	m3	\$159.00	\$8,832,847.50
6	EP	Fabricacion, suministro, acarreo al sitio de la obra y colocacion de dovelas triarticuladas TechSpan , sistema Arco Prefabricado, Incluye: Materiales, maquinaria para el Izaje, acarreo local, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	270.00	ml	\$95,400.00	\$25,758,000.00
7						
						\$56,263,450.70
NOMBRE DE LA EMPRESA O PERSONA FISICA			FIRMA DEL REPRESENTANTE			
NOTA:						



CONCLUSIONES.



La liberación de tensiones naturales al excavar el talud originó cierta descompresión transformando y fragmentando las zonas más débiles y finalmente comportarse como un suelo. Las elevadas tensiones se han generado al pie del talud dando lugar a condiciones de desequilibrio.

Así también el corte en estudio está sometido a tensiones de tipo tectónico contribuyendo a la pérdida de resistencia del material. Las discontinuidades y las zonas con estructuras compresivas se han convertido en zonas de debilidad por la aparición de tensiones distensivas o traccionales, dando lugar a grietas o aperturas de los planos de discontinuidad.

Las diferentes litologías que presenta el corte de estudio ha sido un factor importante de su inestabilidad ya que aspectos como la alternancia de materiales, competencia y grado de alteración, así como la presencia de capas de material blando y de estratos duros han controlado los tipos y la disposición de las superficies de rotura.

Debido a los recorridos de campo, las pruebas de laboratorio, el informe geológico, los análisis de estabilidad y la presencia de la falla local existente en el corte de estudio, se concluyó que hubo una falla de forma plana, provocando la cadencia del material conformado por el abanico aluvial, la cual no se encontraba al 100% saturada, pero alcanzó valores de contenido de agua tales, que disminuyó su resistencia al corte y por consiguiente sus propiedades geomecánicas.

Con los resultados obtenidos en los estudios geológico, geofísico y geotécnico, se realizaron 3 propuestas con la finalidad de solucionar satisfactoriamente la estabilización y/o protección del corte.

De acuerdo con los puntos expuestos anteriormente y considerando las 3 propuestas de solución, de las 3 alternativas mencionadas, tomando en cuenta aspectos como los medios económicos y material disponibles, la urgencia de intervención, la magnitud y dimensiones de la inestabilidad; la alternativa número 2, Modificación de la geometría del Eje del Tramo, es la propuesta que mejor soluciona el problema de estabilidad que hay en el corte de estudio. Además de ser la menos costosa, como se puede observar en los presupuestos presentados.



BIBLIOGRAFÍA.



Geografía de México, INEGI, 2007, México DF.

www.inegi.gob.mx

www.puebla.gob.mx

www.e-local.gob.mx

Servicio Sismológico Nacional. Página electrónica www.ssn.unam.mx consultada en mayo de 2003.

ZAVALA M., J. R., 1979. Bosquejo Geológico y Geotécnico de las Provincias Fisiográficas de México. Tesis profesional, Fac. Ing., UNAM.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES, 1999. Monografía geológica minera del Estado de Puebla. Mex.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES, 1998. Carta Geológico – Minera Cuacnopalan-Tehuacan, esc. 1:250,000

DE CSERNA, Z., 1965. Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur de México, Estado de Puebla. Boletín 62, Instituto de Geología, UNAM.