



**UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“AMPLIACIÓN A 4 CARRILES DE LA CARRETERA 400,
TRAMO: QUERÉTARO-HUIMILPAN
DEL KM 1+500 AL 5+500”.

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

Presenta:

NETZAHUALCOYOTL TAFOLLA REYES

Asesor:

M. C. PATRICIA ARAIZA CHÁVEZ

MORELIA MICHOCÁN, ENERO DEL 2018.





DEDICATORIA:

A mis padres y hermanos por enseñarme importantes valores que me caracterizan hoy en día, que me ayudaran para desenvolverme como profesionista en la vida laboral.

A mi familia y amigos en general, por haberme alentado y motivado durante toda mi vida para lograr mis metas.

A mi novia por la paciencia, amor y sobre todo el gran apoyo que me brindo en cada uno de los momentos en que la necesite.

A mi abuelo Guillermo Tafolla Ruiz por ser mi más grande fuente de inspiración para ser un profesionista.

AGRADECIMIENTOS:

Primero que nada, gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de terminar mi licenciatura a pesar de los obstáculos encontrados durante mi preparación académica.

A la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por haber contribuido en la formación académica de mi licenciatura.

A M. C. Patricia Araiza Chávez por haberme apoyado en la realización de la tesis.

A la constructora Grupo Menro Desarrollador Inmobiliario S. A. de C. V. por el apoyo y la confianza que me brindo para lograr terminar esta tesis.



INDICE

Resumen.....	7
Abstract	8
1.-ANTECEDENTES.....	10
Ubicación.....	10
• Estado de Querétaro	10
• Santiago de Querétaro	12
• Huimilpan.	13
Demografía.....	16
Actividad Económica	17
Orografía	20
• Querétaro.....	20
• Santiago de Querétaro	24
• Huimilpan	24
Hidrografía	25
• Querétaro	25
• Huimilpan	27
2.-PROYECTO DE AMPLIACIÓN	28
JUSTIFICACION	28
3.-ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	29
Curvas horizontales.....	31
Fórmulas para calcular los elementos de las curvas horizontales	34
CALCULO DE CURVAS HORIZONTALES	36
1ER CURVA DEL PROYECTO	36
2da. CURVA DEL PROYECTO	39
3er. CURVA DEL PROYECTO.....	42
4ta. CURVA DEL PROYECTO	45
5ta. CURVA DEL PROYECTO.....	48
4.-ALINEAMIENTO VERTICAL.....	51
ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL ALINEAMIENTO VERTICAL.....	52
PENDIENTE GOBERNADORA.....	52
PENDIENTE MÁXIMA	53
PENDIENTE MÍNIMA.....	53



PENDIENTE TRANSVERSAL	53
CURVAS VERTICALES	53
Fórmulas para calcular los elementos de las curvas verticales.....	55
CALCULO DE CURVAS VERTICALES.....	57
1ER CURVA DEL PROYECTO	57
2DA CURVA DEL PROYECTO	65
3ERA. CURVA DEL PROYECTO.....	72
5.-SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN	79
Elementos que conforman la sección transversal.	79
• Corona.....	79
• Rasante.....	79
• Pendiente transversal.	80
• Bombeo.	80
• Sobrelevación.....	80
• Transición de bombeo a la sobrelevación.....	80
• Calzada.	80
• Acotamiento.....	80
• Sub-Corona.....	81
Cunetas y Contracunetas.	82
• Cunetas.....	82
• Contracuneta.....	82
• Talud.....	83
Partes complementarias de la sección transversal.....	83
• Guarniciones y Bordillos.....	83
• Guarniciones Achaflanadas.	84
• Bordillos.....	84
• Banquetas.....	84
• Fajas separadoras y camellones.	84
6.-CURVA MASA (MOVIMIENTO DE TIERRAS).....	86
Objetivos de la curva masa	86
Procedimiento para elaborar la curva masa	86
Propiedades de la curva masa.....	87
Calculo de la Curva Masa.	88



Acarreos.....	96
• Ejemplo de acarreo.....	97
CONCLUSIONES.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la República Mexicana	10
Figura 2. Mapa de ocupación territorial.....	11
Figura 3. Mapa de la división municipal del estado de Querétaro.....	12
Figura 4. Mancha urbana de Querétaro	14
Figura 5. Zona de ampliación con vista de Google Earth	14
Figura 6. Zona de ampliación.....	15
Figura 7. Habitantes en número.....	16
Figura 8. Habitantes en porcentaje	16
Figura 9. Actividad económica en porcentaje.....	17
Figura 10. Provincia de la Sierra Madre Oriental.....	20
Figura 11. Provincia del eje Neovolcánico Transmexicano	21
Figura 12. Orografía del estado de Querétaro	21
Figura 13. Altitud Cerro el Zamorano	22
Figura 14. Mapa de orografía en Querétaro.....	23
Figura 15. Mapa Hidrográfico de Querétaro.....	26
Figura 16. Croquis vertical del proyecto	31
Figura 17. Elementos principales que forman las curvas horizontales	33
Figura 18. 1ER CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO	38
Figura 19. 2da. CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO	41
Figura 20. 3er. CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO.....	44
Figura 21. 4ta. CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO	47
Figura 22. 5ta. CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO	50
Figura 23. ELEMENTOS PRINCIPALES QUE FORMAN LAS CURVAS VERTICALES. .	51
Figura 24. CURVA VERTICAL PARA EJERCICIO 1.....	57
Figura 25. CURVA VERTICAL 1 CON CADENAMIENTOS.	59
Figura 26. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PCV.	59
Figura 27. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PTV.....	60
Figura 28. CURVA VERTICAL 1 CON CADENAMIENTOS Y ELEVACIONES.	61
Figura 29. CURVA VERTICAL Y PERFIL DEL EJEMPLO 1.	64
Figura 30. CURVA VERTICAL PARA EJERCICIO 2.....	65
Figura 31. CURVA VERTICAL 2 CON CADENAMIENTOS.	67
Figura 32. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PCV.	67
Figura 33. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PTV.....	68
Figura 34. CURVA VERTICAL 2 CON CADENAMIENTOS Y ELEVACIONES.	69
Figura 35. CURVA VERTICAL Y PERFIL DEL EJEMPLO 2.	71
Figura 36. CURVA VERTICAL PARA EJERCICIO 3.....	72
Figura 37. CURVA VERTICAL 3 CON CADENAMIENTOS.	74
Figura 38. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PCV.	74



Figura 39. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PTV.....	75
Figura 40. CURVA VERTICAL 3 CON CADENAMIENTOS Y ELEVACIONES.	76
Figura 41. CURVA VERTICAL Y PERFIL DEL EJEMPLO 3.	78
Figura 42. Elementos principales que forman las secciones de construccion.	79
Figura 43. CUNETA.....	82
Figura 44. CONTRACUNETA.....	82
Figura 45. GUARNICIONES Y BORDILLOS.....	83
Figura 46. SECCION TIPO CORTE.....	85
Figura 47. SECCION TIPO TERRAPLEN.....	85
Figura 48. SECCION TIPO MIXTA.	85
Figura 49. SUMA DE SECCIONES EN CORTE O TERRAPLEN.....	91
Figura 50. GRAFICA DE CURVA MASA.....	94
Figura 51. GRAFICA DE CURVA MASA CON EL T.N.....	95
Figura 52. ELEMENTOS QUE INTEGRAN LOS ACARREOS.	96
Figura 53. EJEMPLO DE ACARREO.....	97
Figura 54. EJEMPLO DE ACARREOS CON DATOS.	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Habitantes en los municipios de Querétaro.....	16
Tabla 2. Actividad económica.....	17
Tabla 3. Actividad económica en Querétaro.....	18
Tabla 4. Distribución del valor de la construcción.....	19
Tabla 5. Altitudes de la orografía en Querétaro.....	22
Tabla 6. Datos generales del proyecto.....	31
Tabla 7. VALORES MINIMOS DEL PARAMETRO K Y LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.	55
Tabla 8. VALORES MINIMOS DEL PARAMETRO K Y LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.	57
Tabla 9. ELEVACIONES DE LOS PUNTOS SOBRE LA CURVA VERTICAL 1.....	63
Tabla 10. VALORES MINIMOS DEL PARAMETRO K Y LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.	65
Tabla 11. ELEVACIONES DE LOS PUNTOS SOBRE LA CURVA VERTICAL 2.....	71
Tabla 12. VALORES MINIMOS DEL PARAMETRO K Y LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.	72
Tabla 13. ELEVACIONES DE LOS PUNTOS SOBRE LA CURVA VERTICAL 3.....	78
Tabla 14. TABLA PARA CALCULO DE CURVA MASA.....	88
Tabla 15. ANOTACIÓN DE DATOS DEL PROYECTO.....	88
Tabla 16. CALCULO DE (A1+A2) EN CORTE Y TERRAPLEN.	89
Tabla 17. CALCULO DE LA SEMIDISTANCIA.	90
Tabla 18. CALCULO DE LOS VOLUMENES EN CORTE Y TERRAPLEN.	91
Tabla 19. FACTOR DE ABUNDAMIENTO EN CORTE O TERRAPLEN.....	92
Tabla 20. CALCULO DE VOLUMENES ALTERADOS POR EL FACTOR DE ABUNDAMIENTO.....	93
Tabla 21. CALCULO DE OCM.....	93



Resumen.

Las vías de comunicación existentes en el mundo son el aéreo, marítimo y terrestre, tomando las vías terrestres como prioridad para este tema las carreteras son la principal forma de comunicación entre ciudades y países ya que las carreteras son uno de los puntos más importantes y valiosos para el desarrollo económico y social de una ciudad en crecimiento.

Los caminos y carreteras generan la creación de oportunidades productivas generadas por el traslado e intercambio de mercancías, impulsan el comercio, la producción industrial y el turismo.

Siendo Querétaro una de las ciudades con mayor potencial en crecimiento económico e industrial en el país es importante mantener sus accesos con un tránsito que pueda fluir de una forma rápida y segura.

Por tales motivos es más que evidente la importancia de la correcta planeación y ejecución en la construcción y mejoramiento de las vías terrestres.

En los tiempos modernos, el desarrollo de una nación se mide por la calidad de sus vías de comunicación y el ordenamiento del tránsito. Las autopistas y carreteras son inversiones productivas, con retorno rápido, seguro y bien multiplicado.

En la presente tesis se pretende mostrar los cálculos generados para la realización de la ampliación a 4 carriles tramo carretero que conecta las 2 ciudades de Santiago de Querétaro y Huimilpan, siendo ubicado el inicio del tramo carretero en el cadenamamiento 1+500 en la salida de Santiago de Querétaro con dirección a Huimilpan.

Palabras clave: Camino, ampliación, desarrollo, economía, transito.



Abstract.

The channels of communication that exist in the world are the air, sea and land, taking the terrestrial routes the priority for this subject the roads are the main form of communication between cities and countries and the roads are one of the most important and valuable points for the development economic and social development of a growing city.

Roads and roads generate the creation of productive opportunities generated by the transfer and exchange of goods, boost trade, industrial production and tourism.

Querétaro is one of the cities with the greatest potential for economic and industrial growth in the country, so it is important to keep your accessed with a traffic that can flow quickly and safely.

For these reasons, it is more than evident the importance of proper planning and execution in the construction and improvement of land routes.

In modern times, the development of a nation is measured by the quality of its communication channels and the ordering of traffic. The roads are productive investments, with fast, safe and well multiplied returns.

In the present thesis we intend to show the calculations generated for the extension of 4 streets of the road that joins the cities, Santiago de Querétaro and Huimilpan, the beginning of the section of road is in 1 + 500 at the exit of Santiago de Querétaro a Huimilpan.



INTRODUCCIÓN.

La construcción de vías de comunicación tiene gran importancia en cualquier situación geográfica, porque facilita el traslado de los habitantes de las poblaciones cercanas, así mismo, los agricultores trasladan sus productos a las diversas ciudades conectadas entre sí disminuyendo los tiempos de recorrido; de esta manera se garantiza el desarrollo socioeconómico del sector, además de ofrecer un mejor acceso a las necesidades básicas.

El desarrollo de esta tesis pretende dar a conocer las características y los diferentes factores que influyeron en la proyección y elaboración del proyecto ejecutivo de la ampliación a 4 carriles de la carretera 400, tramo Querétaro-Huimilpan del km 1+500 al km 5+500. en el municipio de Huimilpan, Querétaro.

Dentro del desarrollo de la investigación se pretende dar a conocer las características y los diversos problemas que se presentan en la planeación, proyección y construcción del tramo carretero.

Se va a describir primordialmente la zona donde se va a ejecutar el proyecto, siendo en el estado de Querétaro, conociendo datos como su ubicación, demografía, hidrología, orografía, actividades económicas, etc. Conoceremos los cálculos que se efectuaron para llegar a la realización del tramo como son los cálculos de alineamiento vertical y horizontal, la obtención de las secciones de construcción y curva masa.



1.-ANTECEDENTES.

Ubicación

- Estado de Querétaro

El Estado de Querétaro se encuentra ubicado en el centro geográfico de la República Mexicana sus coordenadas geográficas extremas son: Al Norte $21^{\circ} 40'$, al Sur $20^{\circ} 01'$ de latitud Norte, Al Este $99^{\circ}03'$ y al Oeste $100^{\circ} 36'$ de longitud Oeste.

Querétaro ocupa el lugar número 27 en la República Mexicana con un área de 11,270 Km², lo que representa el 6% de la superficie del país.

El estado colinda al Norte con Guanajuato y San Luis Potosí; al Este con San Luis Potosí e Hidalgo; al Sur con Hidalgo, México y Michoacán de Ocampo y al Oeste con Guanajuato.



Figura 1. Mapa de la República Mexicana



Figura 2. Mapa de ocupación territorial

Querétaro está dividido en 18 municipios, los cuales son:

1. Amealco de Bonfil
2. Pinal de Amoles
3. Arroyo Seco
4. Cadereyta de Montes
5. Colón
6. Corregidora
7. Ezequiel Montes
8. **Huimilpan**
9. Jalpan de Serra
10. Landa de Matamoros
11. El Marqués
12. Pedro Escobedo
13. Peñamiller
14. **Santiago de Querétaro**
15. San Joaquín
16. San Juan del Río
17. Tequisquiapan
18. Tolimán.

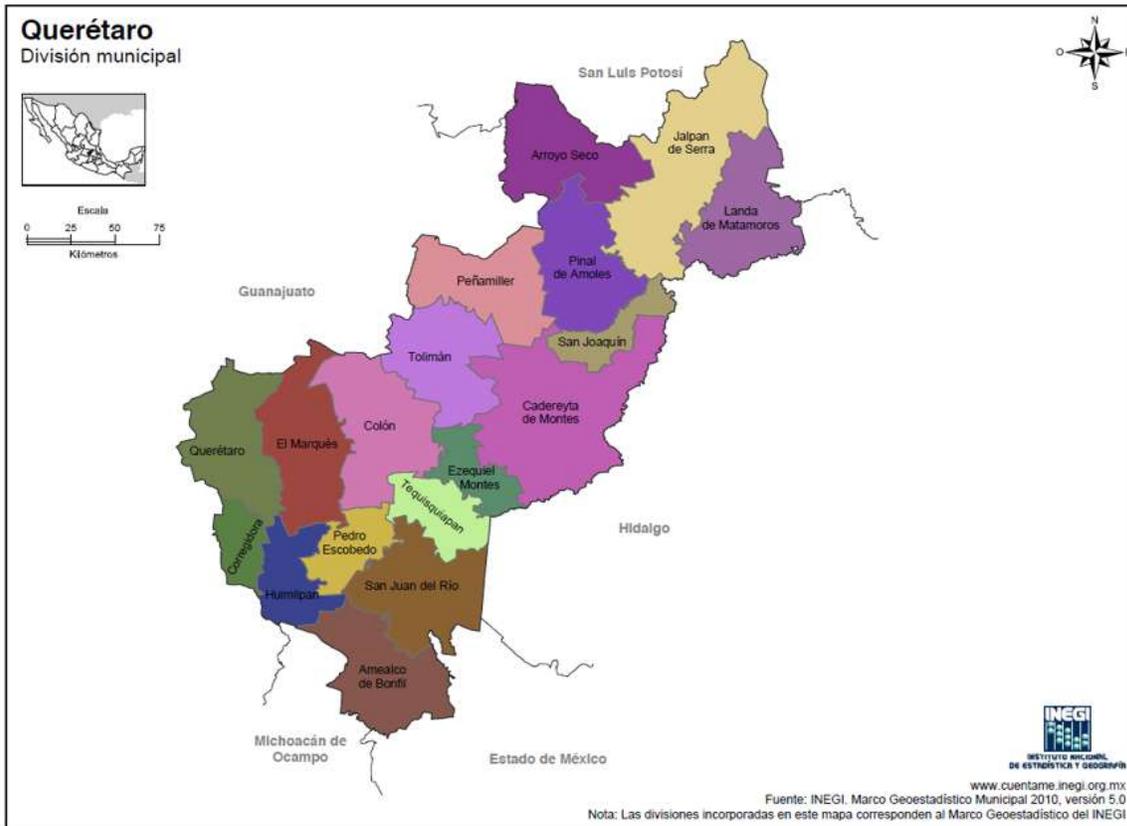


Figura 3. Mapa de la división municipal del estado de Querétaro.

- Santiago de Querétaro

Se localiza al Poniente de la entidad, sus coordenadas extremas son entre los 20° 31' a 20° 56' de latitud Norte y de los 100° 19' a 100° 36' de longitud Oeste. Colinda al Oriente con el Municipio de El Marqués; al Sur con los de Huimilpan y Corregidora; al Poniente con los municipios de Apaseo el Grande y San Miguel Allende, Guanajuato; y al Norte con el municipio de Comonfort, Guanajuato.

Tiene una extensión de 759.9 km², que corresponde al 6.5% de la extensión total del Estado. Ocupa el séptimo lugar en extensión territorial en el Estado. El municipio cuenta con 233 comunidades, integradas en 7 delegaciones, 133 de las cuales son menores a 50 habitantes.



- Huimilpan.

El municipio de Huimilpan se encuentra localizado en el Suroeste del estado de Querétaro, forma parte de la Sierra Queretana, misma que pertenece a la Sierra Madre Oriental. En la parte Este, limita con los municipios de Pedro Escobedo, Amealco de Bonfil y una mínima parte de San Juan del Río, al Oeste limita con el municipio de Corregidora y el estado de Guanajuato, y en la parte Sur colinda con el municipio de Amealco de Bonfil y los estados de Michoacán de Ocampo y Guanajuato; y al Norte colinda con los municipios de El Marqués, Querétaro y Pedro Escobedo.

Se ubica entre las coordenadas 20° 17' y 20° 33' de latitud Norte y las coordenadas 100° 11' y 100° 25' de longitud Oeste. La Cabecera Municipal se encuentra a 2 200 metros sobre el nivel del mar a una distancia de 35 Km de la capital del estado vía El Parque Nacional Cimatario - Lagunillas.

-Del proyecto ejecutivo de la ampliación a 4 carriles.

En la visita preliminar se ubicó el sitio y las características generales del lugar.

Saliendo a la derecha del Centro Cívico Municipal de Querétaro, se toma la lateral para incorporarse a la carretera que viene de Huimilpan, después se utiliza el primer retorno para quedar con dirección a Huimilpan. En este lugar se encuentra el cadenamamiento 0+000, sin embargo, el proyecto inicia en el km 1+300 de esa vialidad, precisamente en el sitio en el que desaparece el camellón central y los cuatro carriles de circulación se convierten en 2, uno para cada sentido.

A continuación, se presentan una serie de imágenes obtenidas gracias a Google Earth que ayudará a ubicar con más exactitud la zona donde se realizará LA AMPLIACIÓN A 4 CARRILES DE LA CARRETERA 400, tramo QUERÉTARO-HUIMILPAN DEL KM 1+500 AL KM 5+500. EN EL MPIO. DE HUIMILPAN, QRO.



En la siguiente imagen se visualiza la mancha urbana del municipio de Santiago de Querétaro con dirección a la salida al municipio de Huimilpan.

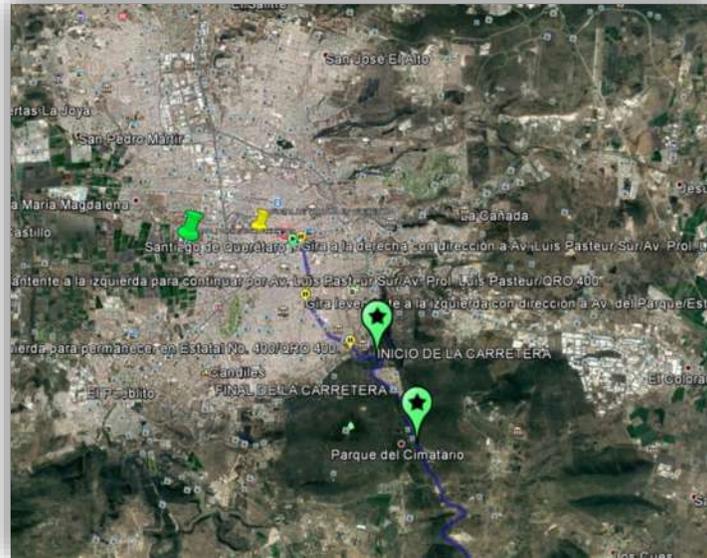


Figura 4. Mancha urbana de Querétaro

La imagen que a continuación se presenta, ubica la zona donde se llevará a cabo LA AMPLIACIÓN A 4 CARRILES DE LA CARRETERA 400, tramo QUERÉTARO-HUIMILPAN DEL KM 1+500 AL KM 5+500. EN EL MPIO. DE HUIMILPAN, QRO.

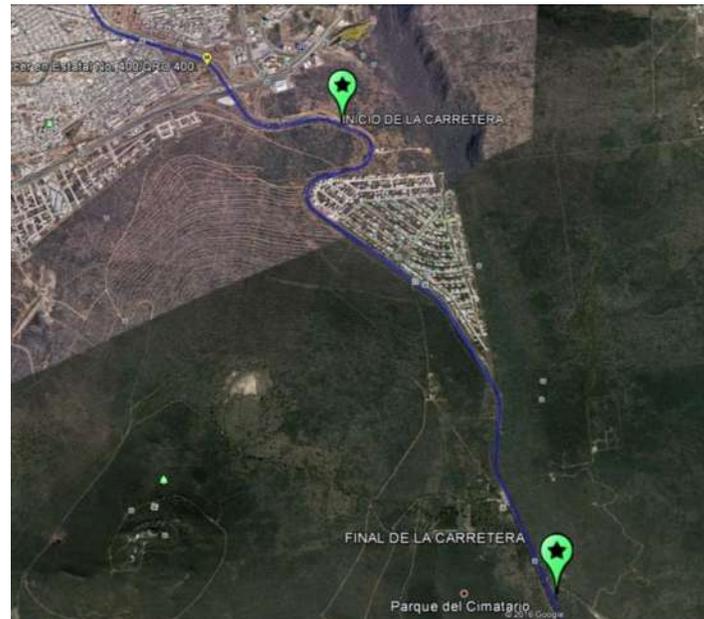


Figura 5. Zona de ampliación con vista de Google Earth



En la siguiente imagen se puede apreciar con más exactitud la zona donde se ejecutarán los trabajos del proyecto y con esta apoyarse para ver mejor los datos generales del área de trabajo como es el trazo geométrico del proyecto, así mismo apreciar un poco de la topografía del lugar y dar una idea clara del área en que se realizarán todos los trabajos de este proyecto.



Figura 6. Zona de ampliación



Demografía

Considerando demografía como el conjunto de personas que residen en el país en el momento de la entrevista, ya sean nacionales o extranjeros. Se incluye a los mexicanos que cumplen funciones diplomáticas fuera del país y a los familiares que vivan con ellos; así como a los que cruzan diariamente la frontera para trabajar en otro país, y también a la población sin vivienda. No se incluye a los extranjeros que cumplen con un cargo o misión diplomática en el país ni a sus familiares.

22.º lugar nacional le corresponde a Querétaro por su número de habitantes (2 038 372) su población representa 1.7% del total de habitantes de México (2015). Por cada 100 mujeres hay 95 hombres. 26 años es la edad mediana de la población de la entidad, un año menos que a nivel nacional, es decir, la mitad de los habitantes tiene menos de 26 años y la otra mitad, más de 26.



Figura 7. Habitantes en número

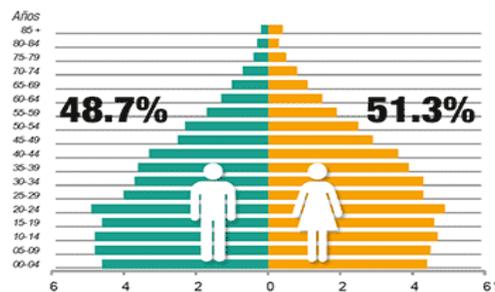


Figura 8. Habitantes en porcentaje

Con respecto a los municipios en estudio se tiene el dato por parte de INEGI siendo el censo del año 2015, una población correspondiente al municipio de Santiago de Querétaro de 878,931 habitantes y el municipio de Huimilpan con un total de 38,295 habitantes.

Tabla 1. Habitantes en los municipios de Querétaro

Clave del municipio	Municipio	Habitantes (año 2015)
008	Huimilpan	38295
014	Querétaro	878931



Actividad Económica

La actividad económica de un país se puede clasificar en: actividades primarias, actividades secundarias y actividades terciarias. Mediante estas labores somos capaces de extraer recursos, transformar materias primas y ofrecer servicios respectivamente.

¿Cuáles son las actividades económicas?

- Actividades económicas primarias: agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, caza y minería.
- Actividades económicas secundarias: industrias manufactureras, construcción y generación y distribución de agua, electricidad y gas.
- Actividades económicas terciarias: comercio al por menor, bienes raíces, actividades gubernamentales y judiciales, seguros y servicios financieros, servicios de salud, medios de comunicación, transporte y almacenamiento, servicios educativos, hoteles y restaurantes, telecomunicaciones.

Tabla 2. Actividad económica

Sector de actividad económica	Porcentaje de aportación al PIB estatal (año 2014)
Actividades primarias	2
Actividades secundarias	44
Actividades terciarias	54
Total	100



Figura 9. Actividad económica en porcentaje

La industria manufacturera es la principal actividad económica del estado de Querétaro Arteaga, con una contribución al PIB estatal del 30% (Producto Interno Bruto) y empleando al 23% de la PEA (Población Económicamente Activa), según datos del último censo económico del INEGI edición 2006.



La estructura por tamaño de las empresas que conforman este sector está conformada en un 95% por micro y pequeñas empresas y el 1% por grandes empresas. Estas últimas emplean al 39% de la población empleada en el sector.

La principal industria es la fabricación de maquinaria y equipo; seguida de productos químicos; alimentos, bebidas y tabaco; papel e imprenta, principalmente. A pesar de la estabilidad laboral en este sector, es necesario impulsar la generación de nuevos empleos.

En cuanto a la producción agrícola, la cual contribuye solamente un 2% al PIB estatal, el campo queretano se distingue por su tomate rojo de exportación, rosas, uva fruta, chile seco, nuez encarcelada, cebada en grano y alfalfa verde

Con respecto en las actividades terciarias se pueden ver los siguientes datos proporcionados por INEGI donde podrá notarse la gran cantidad de comercios establecidos en Querétaro entre los cuales se desglosan en diversas variedades entre ellas las que más predominan son comercios al por menor de alimentos y comercios de ropa y accesorios de vestir.

El marco de muestreo se conformó por todas las empresas que integran el Sector Comercio, pertenecientes al directorio definitivo de los Censos Económicos 2009, actualizado con la información de la EMEC al mes de noviembre de 2010. Quedando el marco integrado por 1 956 904 empresas.

En seguida se presenta la participación porcentual de cada una de las Ramas de actividad económica con respecto al marco de muestreo.

Tabla 3. Actividad económica en Querétaro

Categoría SCIAN	Descripción	Empresas		Categoría SCIAN	Descripción	Empresas		Categoría SCIAN	Descripción	Empresas	
		Marco	Cobertura			Marco	Cobertura			Marco	Cobertura
Marco de Comercio											
		1 956 904	100.00	4353	CMA de maquinaria y equipo para los servicios y para las actividades comerciales	5 459	0.28	4652	CME de artículos para el esparcimiento	31 535	1.61
4311	CMA de alimentos	9 858	0.50					4653	CME de artículos de papelería, libros y periódicos	115 885	5.92
4312	CMA de bebidas y tabaco	1 150	0.06	4354	CMA de maquinaria mobiliario y equipo de uso general	6 247	0.32	4659	CME de mascotas, regalos, arts. religiosos, artesanías, arts. en tiendas importadoras y otros arts. de uso personal	81 763	4.18
4321	CMA de productos textiles y calzado	4 445	0.23	4361	CMA de camiones	852	0.04	4661	CME de muebles para el hogar y otros enseres domésticos	36 807	1.88
4331	CMA de productos farmacéuticos	1 364	0.07	4371	Intermediación de comercio al por mayor, excepto a través de Internet y otros medios electrónicos	54	0.00	4662	CME de computadoras, teléfonos y otros aparatos de comunicación	28 669	1.47
4332	CMA de artículos de perfumería, joyería y otros accesorios de vestir	597	0.03	4372	Intermediación de comercio al por mayor exclusivamente a través de Internet y de otros medios electrónicos	20	0.00	4663	CME de artículos para la decoración de interiores	34 751	1.78
4333	CMA de discos juguetes y artículos deportivos	588	0.03	4611	CME al por menor de alimentos	926 386	47.34	4664	CME de artículos usados	32 288	1.65
4334	CMA de artículos de papelería libros, revistas y periódicos	2 108	0.11	4612	CME de bebidas y tabaco	60 952	3.11	4671	CME de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios	87 337	4.46
4335	CMA de electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca	302	0.02	4621	CME en tiendas de autoservicio	10 887	0.56	4681	CME de automóviles y camionetas	6 058	0.31
4341	CMA de materias primas agropecuarias	16 735	0.86	4622	CME en tiendas departamentales	45	0.00	4682	CME de partes y refacciones para automóviles, camionetas y camiones	38 835	1.98
4342	CMA de materias primas para la industria	44 850	2.29	4631	CME de productos textiles, excepto ropa	26 936	1.38	4683	CME de motocicletas y otros vehículos de motor	1 791	0.09
4343	CMA de materiales de desecho	10 269	0.52	4632	CME de ropa y accesorios de vestir	167 760	8.57	4684	CME de combustibles, aceites y grasas lubricantes	19 936	1.02
4351	CMA de maquinaria y equipo agropecuario, forestal y para la pesca	1 981	0.10	4633	CME de calzado	43 094	2.20	4691	CME exclusivamente a través de Internet y catálogos impresos, televisión y similares	835	0.04
4352	CMA de maquinaria y equipo para la industria	2 197	0.11	4641	CME de artículos para el cuidado de la salud	65 604	3.35				
				4651	CME de artículos de perfumería y joyería	29 674	1.52				



La construcción no puede pasar desapercibida entre la actividad económica de Querétaro ya que es considerado un estado con gran crecimiento y desarrollo en infraestructura por ello cabe resaltar el área civil.

Este sector es muy importante en el desarrollo de un país ya que proporciona elementos de bienestar básicos en una sociedad al construir puentes, carreteras, puertos, vías férreas, presas, plantas generadoras de energía eléctrica, industrias, así como viviendas, escuelas, hospitales, y lugares para el esparcimiento y la diversión como los cines, parques, hoteles, teatros, entre otros.

El sector de la construcción utiliza insumos provenientes de otras industrias como el acero, hierro, cemento, arena, cal, madera, aluminio, etc., por este motivo es uno de los principales motores de la economía del país ya que beneficia a 66 ramas de actividad a nivel nacional.

Querétaro se encuentra entre los lugares de mayor productividad en infraestructura obviamente por debajo del Estado de México, Nuevo León y Jalisco que son los mayores productores de todo tipo de construcción.

En cuanto al ámbito civil, se puede observar a continuación una tabla donde se aprecia la productividad del área de construcción donde se desglosa en cada tipo de construcción.

Tabla 4. Distribución del valor de la construcción

Valor de producción de la obra por:	Total	Sector público	Sector privado
Edificación^{1/}	45.7	16.0	64.0
Vivienda	18.7	0.4	29.8
Edificios industriales, comerciales y de servicios	22.8	8.7	31.4
Escuelas	1.9	4.8	0.1
Hospitales y clínicas	1.1	2.1	0.5
Obras y trabajos auxiliares para la edificación	1.3	0.0	2.1
Agua, riego y saneamiento	4.5	7.7	2.5
Sistemas de agua potable y drenaje	3.4	6.6	1.4
Presas y obras de riego	1.0	0.9	1.0
Obras y trabajos auxiliares para agua, riego y saneamiento	0.1	0.2	0.0
Electricidad y telecomunicaciones	7.6	11.5	5.3
Infraestructura para la generación y distribución de electricidad	5.9	11.5	2.4
Infraestructura para telecomunicaciones	1.8	0.0	2.8
Obras y trabajos auxiliares para electricidad y telecomunicaciones	0.0	0.0	0.0
Transporte y urbanización	24.8	49.7	9.7
Obras de transporte en ciudades y urbanización	8.5	13.9	5.2
Carreteras, caminos y puentes	14.3	32.2	3.4
Obras ferroviarias	0.6	1.2	0.3
Infraestructura marítima y fluvial	0.7	1.2	0.4
Obras y trabajos auxiliares para transporte	0.7	1.2	0.4
Petróleo y petroquímica	4.4	11.3	0.1
Refinerías y plantas petroleras	2.1	5.3	0.1
Oleoductos y gasoductos	2.3	6.0	0.0
Obras y trabajos auxiliares para petróleo y petroquímica	0.0	0.0	0.0
Otras construcciones	12.9	3.8	18.5
Instalaciones en edificaciones	7.5	1.8	10.9
Montaje de estructuras	0.8	0.7	0.9
Trabajos de albañilería y acabados	1.5	0.3	2.3
Obras y trabajos auxiliares para otras construcciones	3.1	0.9	4.4



Orografía

- Querétaro

La superficie estatal forma parte de las provincias: Sierra Madre Oriental, Mesa Central y Eje Neovolcánico.

✚ Provincia de la Mesa del Centro

Ocupa el Centro - Occidente de la entidad, con una extensión equivalente al 14.12% de la superficie total del estado. Sus geoformas características están alineadas del Norte al Sur y forman una serie de mesetas con altitudes de 2 000 msnm en promedio, con algunos cerros que alcanzan elevaciones superiores a los 3 000 msnm. En la parte central hay dos sierras separadas por llanuras en las que se encuentran San Juan del Río y Ezequiel Montes. Continúa la presencia de sierras con forma de meseta en donde se encuentra el cerro El Zamorano, que es la máxima altitud con 3 340 msnm.

✚ Provincia de la Sierra Madre Oriental

Ocupa la parte Nororiental del estado e incluye la subprovincia del Carso Huasteco y se extiende por el 35.97% del territorio. El relieve se caracteriza por una topografía abrupta, configurado por cordilleras alargadas y valles intramontañosos, con una alineación preponderante Noreste al Suroeste y yuxtaposición de elevaciones superiores a los 3 000 msnm, con depresiones de 900 msnm. La zona nororiental la conforman sierras con altitudes de 2 720 metros sobre el nivel del mar (msnm) como el cerro el Tejocote, en donde se tienen admirables paisajes como en Pinal de Amoles; también se han desarrollado cañones como Jalpan de Serra, con una altura mínima de 200 metros.

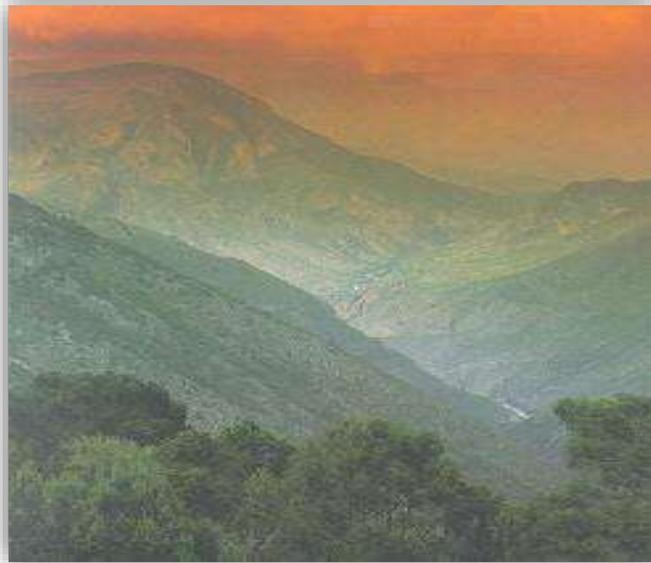


Figura 10. Provincia de la Sierra Madre Oriental



Provincia del Eje Neovolcánico Transmexicano

Se localiza en la parte Central y Sur de la entidad; ocupando una superficie que alcanza el 49.91% del territorio. El paisaje es típicamente volcánico y geomorfológicamente presenta contrastes entre los cerros y mesetas situados entre los 2 000 y los 3 000 msnm, y los valles que se ubican entre 1 800 y 1 900 metros de altitud.



Figura 11. Provincia del eje Neovolcánico Transmexicano

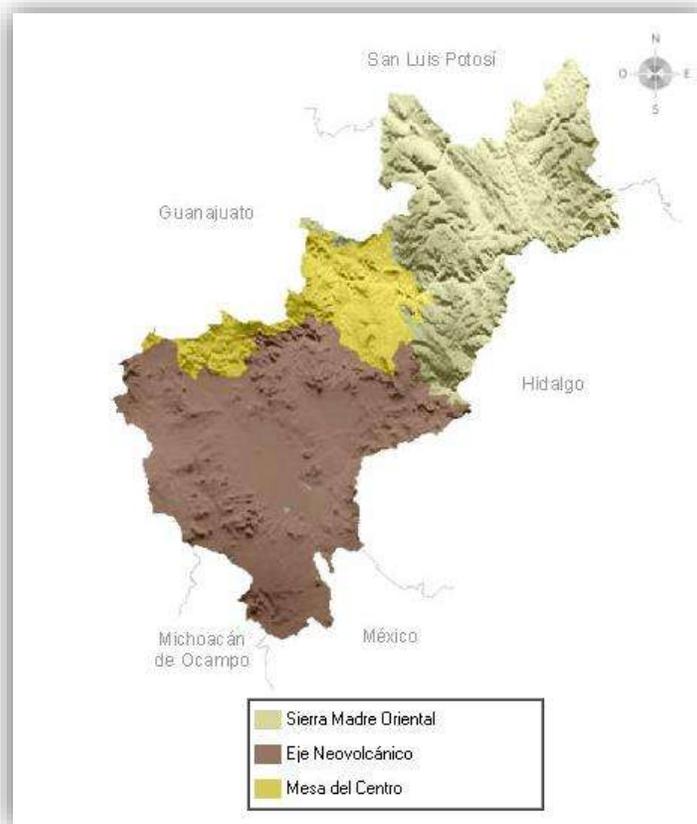


Figura 12. Orografía del estado de Querétaro



Tabla 5. Altitudes de la orografía en Querétaro

Nombre	Altitud (metros sobre el nivel del mar)
Cerro El Zamorano	3 340
Cerro El Espolón	3 240
Cerro La Pingüica	3 160
Cerro Las Vigas	3 120
Cerro La Laja	3 120

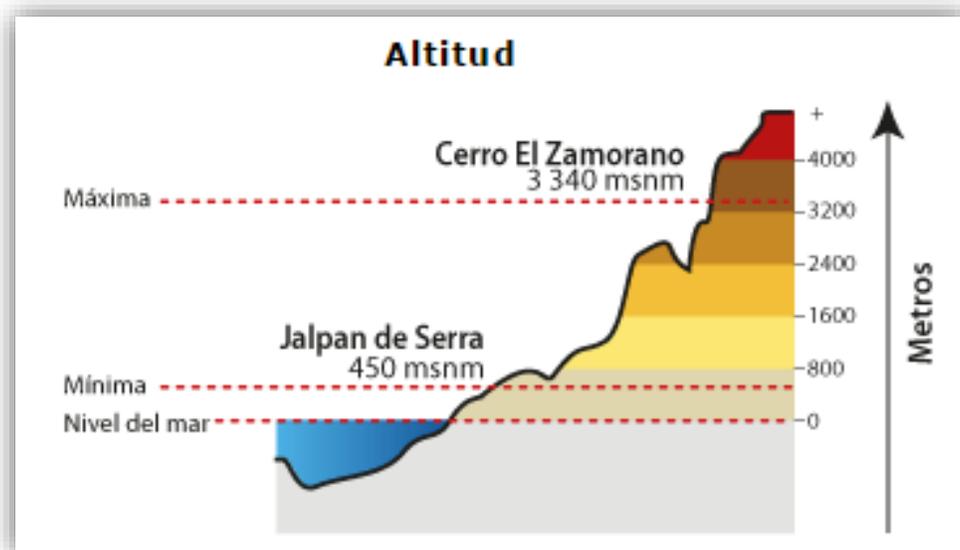


Figura 13. Altitud Cerro el Zamorano

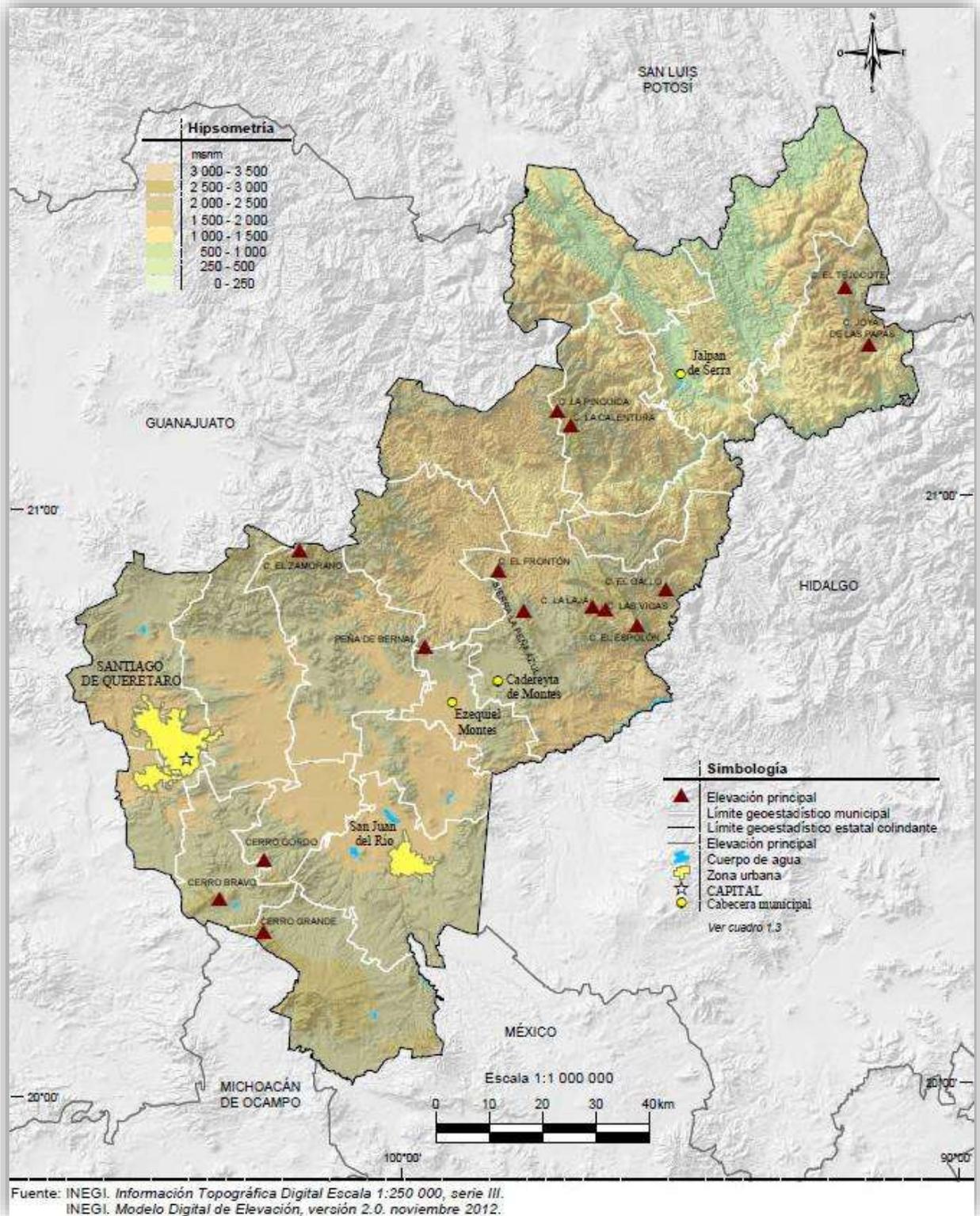


Figura 14. Mapa de orografía en Querétaro



- Santiago de Querétaro

El municipio de Santiago de Querétaro está conformado por llanuras, lomeríos y sierras. Los lomeríos se conforman de colinas redondeadas que se extienden de sur a norte del municipio.

La llanura comprende sedimentos aluviales en las partes bajas, laderas de areniscas y conglomerados y, en las partes altas, rocas ígneas extrusivas. Esta región está comprendida desde el poblado de la región norte denominado Ojo de Agua, y se prolonga hacia el sur por los poblados de La Barreta, La Estacada, La Huerta, Casa Blanca, Santa Rosa Jáuregui, El Pie, Jurica, El Salitre, Santa María del Zapote, Tlacote, San Pedro Mártir y Peñuelas.

La altura de este municipio varía de 1,900 a 2,150 msnm. No obstante, se tienen algunas elevaciones mayores como El Buey (2,210 msnm), Pie de Gallo (2,340 msnm), El Patol (2,460 msnm), La Rochera (2,650 msnm), El Pinalito (2,720 msnm) y, por último, pero no menos importante, El Cerro del Cimatario (2,350 msnm); este último, realmente es un volcán extinto y es muy visible desde la ciudad de Santiago de Querétaro; por lo cual es un punto de referencia desde cualquier parte de la ciudad.

La llanura en el municipio se desarrolla en la ciudad de Santiago de Querétaro y se extiende al Noroeste y Suroeste con una altitud que varía de 1,800 a 1,900 msnm.

- Huimilpan

El municipio de Huimilpan forma parte de la Sierra Queretana, encontrándose algunas elevaciones de importancia, dentro de las cuales destaca el Cerro de Santa Teresa con 2 500 msnm. Otros de mayor altura son: Bravo, Capula, el Picacho y el de la Cruz que alcanza 2 650 msnm.

Además, se ha realizado una división intermunicipal para una mejor operación de las diferentes regiones del municipio, delimitándose en 6 diferentes microcuencas que son San Pedro, El Zorrillo- Granjeno, Ceja de Bravo, San José, La Tepuza y Los Cues, lo cual permitirá la aplicación ordenada de los recursos provenientes de los diferentes programas estatales y federales.



Hidrografía

- Querétaro

Las aguas superficiales del Estado de Querétaro están distribuidas en dos regiones hidrológicas: RH12 "Lerma-Santiago" y RH26 "Pánuco".

La Región Hidrológica RH12 "Lerma-Santiago"

Cubre el 21.52% de la superficie estatal, drenando las aguas del suroeste de la entidad hacia el río Lerma, para posteriormente verter sus aguas al Océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Laja (19.42%) y Río Lerma-Toluca (1.78%).

La Región Hidrológica RH26 "Pánuco"

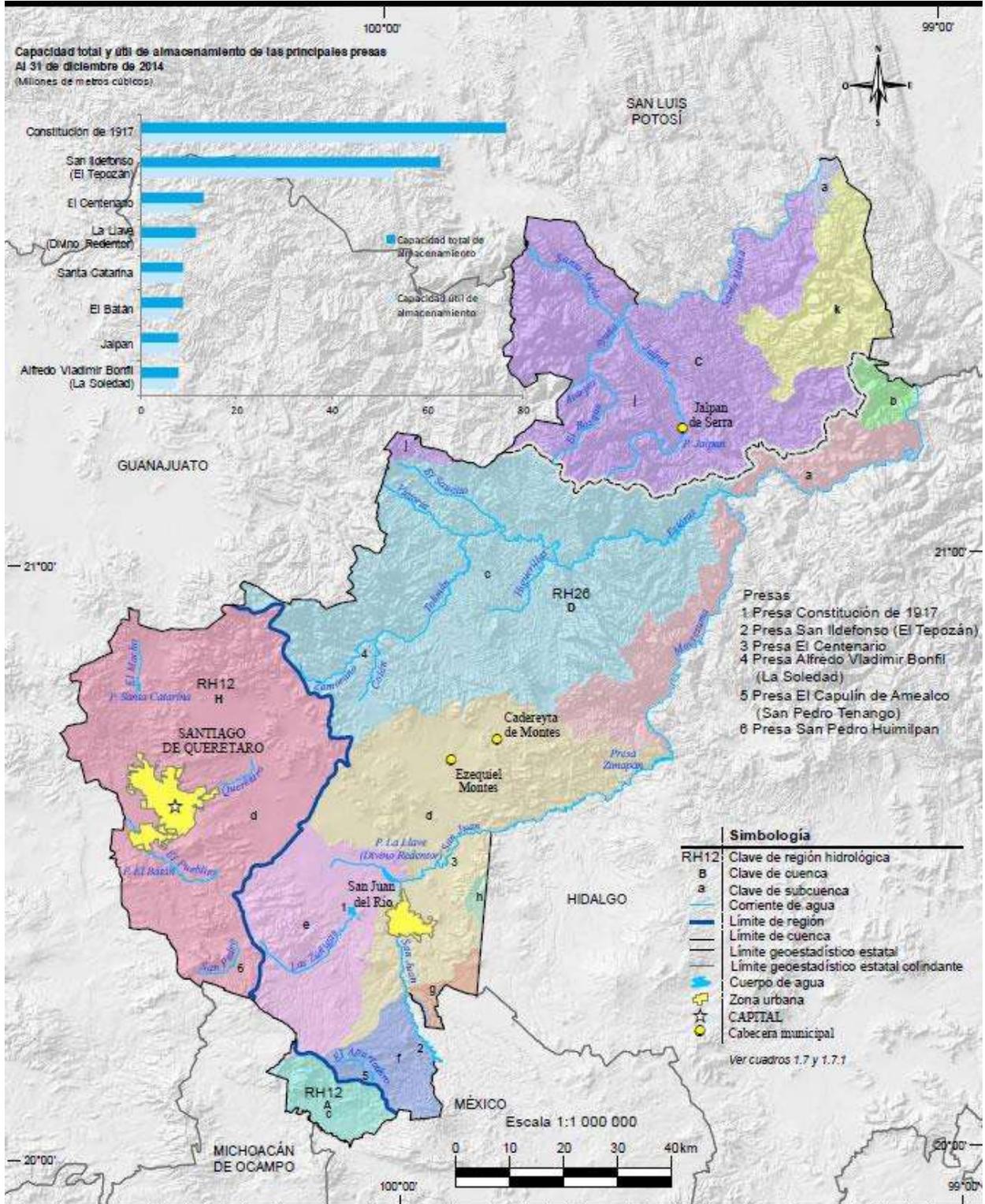
Cubre el 78.8% de la superficie estatal, drenando las aguas del sureste y centro hacia el río Moctezuma y del norte hacia el río Santa María que finalmente llegan al río Pánuco vertiendo sus aguas al Golfo de México. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Moctezuma (55.56%) y Río Tamuín (23.24%).

El río Santa María nace en el estado de San Luis Potosí, atraviesa por los estados de Guanajuato y Querétaro y regresa a San Luis Potosí para tomar el nombre de río Tamaón, luego río Tamuín y termina uniéndose al río Moctezuma al llegar a la frontera con Veracruz, donde toman el nombre de río Pánuco.

El río Moctezuma se origina en la presa Zimapán donde convergen las aguas del río San Juan proveniente de Querétaro y el río Tula proveniente de Hidalgo; constituyéndose en el límite político entre estos dos estados. El principal afluente del interior del estado de Querétaro es él y el río Extoraz. Ingresa al estado de San Luis Potosí donde converge con el río Tamuín para formar el río Pánuco.

Los principales cuerpos de agua presentes en el estado son: Presa Zimapán, Presa Constitución de 1917, Presa San Idelfonso (El Tepozán), Presa Centenario, presa Santa Catarina, presa La Llave (Divino Redentor), presa Jalpan, presa Alfredo Vladimir Bonfil (La Soledad), presa El Capulín de Amealco (San Pedro Tenango), Presa el Batán, presa San Pedro Huimilpan.

En referencia a las aguas subterráneas la CONAGUA tiene delimitados 11 acuíferos en la entidad, de los cuales 6 están sobreexplotados. En general el estado presenta un balance hídrico negativo; es decir que la extracción supera a la recarga, con un déficit de 190 millones de metros cúbicos. Los acuíferos más sobreexplotados son: 2203 Valle de San Juan del Río, 2201 Valle de Querétaro, 2202 Valle de Amazcala, 2204 Valle de Buenavista; entre estos cuatro suman un déficit de 236 millones de metros cúbicos.



Fuente: INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000, serie III.
 INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales Escala 1:250 000, serie I.
 INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México Escala 1:250 000.
 Comisión Nacional del Agua, Dirección Local Querétaro.

Figura 15. Mapa Hidrográfico de Querétaro



- Huimilpan

El sistema hidrológico del municipio depende de las cuencas de los ríos Lerma y Pánuco; teniendo como río principal el río Huimilpan, que es afluente del río Pueblito y que en su trayecto cuenta con cuatro presas almacenadoras de importancia: San José con 1.5 millones de metros cúbicos; el Zorrillo con 3.0 millones de metros cúbicos, Insurgente Miguel Domínguez, mejor conocida como "Presa San Pedro" con 5 millones de metros cúbicos y la presa Ceja de Bravo con una capacidad de 4.6 millones de metros cúbicos.

También es importante la captación de agua en los diferentes bordos como El Granjeno y La Escondida, Presa de Vegil, Bordo Nuevo, Bordo San Luis en donde su importancia ha radicado en que son reguladores climáticos al influir positivamente en los ecosistemas, además de servir de abrevaderos y ayudar con riegos de punteo para el inicio de los cultivos de maíz y frijol.

Asimismo, en el municipio se están explotando 9 pozos profundos en las comunidades de Los Cues, La Noria, Apapataro, El Granjeno, San Antonio de la Galera, dos en Guadalupe II, así como dos más en la comunidad de El Milagro.



2.-PROYECTO DE AMPLIACIÓN

El proyecto ejecutivo consiste en realizar los estudios y el diseño de una nueva vialidad adecuada a las características viales existentes en la zona de estudio que ya son insuficientes para permitir el apropiado flujo que actualmente transita, según el aforo es de 7900 vehículos diarios sumando ambos sentidos. Aunado a ello, la proyección a 20 años nos arroja un flujo promedio de 17 mil vehículos diarios transitando en esa carretera.

Hoy por hoy, se pueden apreciar largas filas de automóviles esperando rebasar. Acción provocada, tanto por el incremento y la diversidad de los vehículos, como por lo reducido de la calzada que sólo cuenta con un carril en cada sentido.

- 1.- Realizar todo tipo de investigación necesaria para llevar a cabo todos y cada uno del trabajo de una forma correcta y eficiente del proyecto a realizar.
- 2.- Proporcionar los estudios pertinentes para la ejecución de la ampliación de la carretera.
- 3.- Evitar estancamientos y demoras en el tránsito vehicular que se tienen en esa zona.
- 4.- Proyectar las modificaciones en la zona para que se tenga un tránsito más fluido con tiempos menores de recorrido de un punto a otro.

NOTA. Como se hizo la corrección, así se anotan los objetivos.

JUSTIFICACION

La vialidad conecta a la ciudad de Querétaro con una ciudad en gran crecimiento que es Huimilpan por ello es que la vialidad tiene un flujo vehicular basto y no satisface las necesidades requeridas para el flujo vehicular y con la remodelación y ampliación de la vialidad podrá abastecer el tránsito de una forma satisfactoria por una proyección de 20 años a futuro.



3.-ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal está constituido por una serie de líneas rectas, definidas por la línea preliminar, enlazados por curvas circulares o curvas de grado de curvatura variable de modo que permitan una transición suave y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos o viceversa.

Al cambiar la dirección de un alineamiento horizontal es necesario colocar curvas, con lo cual se modifica el rumbo de vía y se acerca o se aleja del rumbo general que se requiere para unir un punto inicial con el final. Este cambio de dirección es necesario realizarse por los siguientes factores:

- Topográfico: Con el fin de acomodar el alineamiento a la topografía y evitar cortes o llenos excesivos, minimizando costos y evitando inestabilidades en los cortes o en los llenos.
- Construcciones existentes y futuras: Para lograr salvar obstáculos derivados de la utilización que tienen los terrenos por donde pasa la vía.
- Hidráulico: Permitiendo cruzar una corriente de agua mediante una estructura (puente) de modo que quede construida en un buen sitio o ponteadero. Se llama ponteadero al lugar en el cual, tenidas en cuenta todas las variables hidráulicas, de cimentaciones, de diseño estructural, de los alineamientos de la vía, etc., resulta más económico y estable desde todo punto de vista la construcción del puente en referencia.
- Vial: Con la finalidad de hacer menos conflictivo para los usuarios el cruce con cualquier otra vía terrestre (carretera, ferrocarril, etc.) que cruce la ruta que se está diseñando, sea a nivel o a desnivel.
- Técnico: Cuando se quiere evadir un área con problemas de tipo geológico o geotécnico, y cuya solución podría ser demasiado costosa o compleja.

Se llama tangente horizontal a la recta que une dos curvas horizontales consecutivas; principia al final de la curva y termina al empezar la siguiente curva. Se caracterizan por su dirección y longitud. La dirección está determinada por el azimut o ángulo, medido hacia la derecha en grados, entre una línea imaginaria norte-sur que pasa al principio de la tangente y la tangente misma. Las prolongaciones, más allá de las curvas que une, de dos tangentes consecutivas, se llaman sub tangentes y se intersectan en un punto característico del alineamiento. Al ángulo que forma la prolongación de una tangente con respecto a la siguiente, dado por la diferencia de azimutes, se llama deflexión. Un punto específico sobre una tangente puede ser característico del alineamiento.

La longitud mínima de una tangente queda definida por la longitud necesaria para hacer una transición conveniente de la sobre elevación y ampliación de las curvas extremas. La longitud máxima está condicionada por la seguridad, pues cuando las tangentes son muy largas pueden ser causa potencial de accidentes por la somnolencia que producen al conductor al mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o porque favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón conviene limitar la longitud de las tangentes a la distancia recorrida en 72 segundos (0.02



horas) a la velocidad de proyecto. En su caso, las tangentes de mayor longitud deben sustituirse con tangentes de menor longitud y curvas horizontales de gran radio.

El promedio pesado, respecto a la longitud, de las deflexiones de las tangentes horizontales, medido en grados/km, es un parámetro característico del alineamiento horizontal en su conjunto, al que se le llama direccionalidad. Una carretera es más direccional cuanto menor sea este parámetro. En general, este parámetro depende de la jerarquía de la carretera (ET-A, B, C, D) y del tipo de terreno que atraviesa (plano, lomerío, montañoso).

El alineamiento horizontal es la representación del plano en planta del eje del camino que se va a proyectar, cadeaneando a cada 100 metros por motivo de las grandes distancias que se tienen en el proyecto y tener mayor facilidad de lectura a la hora de imprimir los planos, y dibujando el derecho de vía que le corresponda; primero se trazan las tangentes cuidando el desnivel o pendientes, para que el camino tenga la longitud económica del proyecto, para el proyecto ya se encuentran trazadas puesto a que se basara en el eje de la carretera ya existente sobre el cual se va a realizar la ampliación.

La planta contiene curvas de nivel con una equivalencia de 10 metros por lo ya mencionado de las grandes medidas que se tienen del proyecto, la escala adecuada para un proyecto es de 1: 5,000. Estos planos contienen información de poblaciones, corrientes de agua, predios rústicos, presas y vías de comunicación que serán de gran utilidad al realizar la propuesta del trazo.

La longitud mínima entre una curva horizontal y la siguiente será de 60 metros, con la finalidad de que las secciones transversales en la zona de transición no se traslapen.

Los radios de las curvas están en función del tipo de camino y de la velocidad de proyecto y esos datos se encuentran en las normas tácticas de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

El levantamiento topográfico que se efectuó en la zona de trabajo fue basándose en la carretera ya existente donde la finalidad es representar el trabajo ya realizado con anterioridad como lo son las curvas, pendientes, alcantarillas, puentes, y cada una de las características pertenecientes a la carretera ya existente, así mismo poder incluir todas las características naturales de la zona y con ello poder visualizar todos y cada uno de los detalles que permitan realizar las modificaciones pertinentes para poder realizar la ampliación de una manera más precisa, correcta y eficaz.

La finalidad del levantamiento topográfico es proporcionar toda la información necesaria para llegar a realizar la ampliación con los siguientes datos, un camellón central de 7.00 m de ancho que prácticamente ocupará el espacio en el que se encuentra actualmente el asfalto. De cada lado de este camellón se construirán dos calzadas con 2 carriles de 3.65 m de ancho cada uno, más 0.60 m que es el espacio entre la línea blanca y el camellón en proyecto. Además, la calzada contará con un acotamiento de 2.80 m al lado derecho en ambos sentidos. Como se muestra en la siguiente imagen.

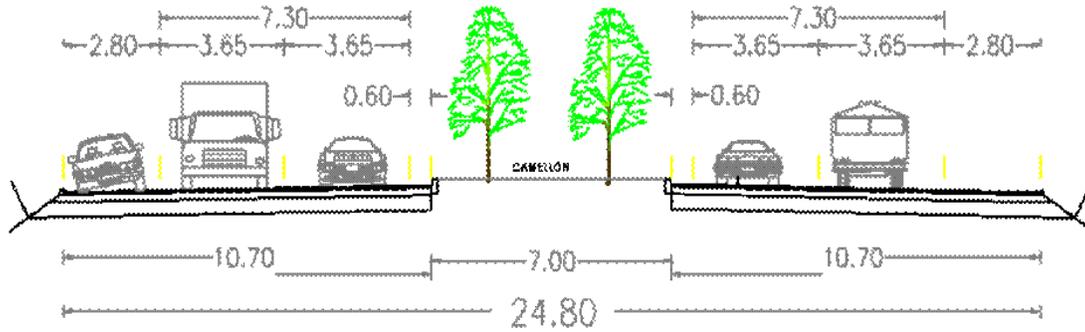


Figura 16. Croquis vertical del proyecto

Tabla 6. Datos generales del proyecto

DATOS DE PROYECTO					
TRANSITO (DPA)	4,000	VHS	AÑO 2010	A= 95%	B= 2% C= 3%
CARRETERA TIPO	A4S		VELOCIDAD DE PROYECTO	60-80	KPH
CURVATURA MAXIMA	8°25'		PENDIENTE GOBERNADORA	5	%
ANCHO DE CORONA	10.70	m	ANCHO DE CALZADA	2 x 7.30	m
ESPESOR DE PAVIMENTO	0.07	m	PENDIENTE MAXIMA	7.00	%

El trazo del eje se mantuvo en base al original de la carretera ya existente puesto que no se desea mover la carretera ya presente, por tal motivo no se realizó ninguna modificación, desplazamiento o alteración, considerándose que la ampliación que se desea realizar es referenciada a la carretera que ya se tiene, tomándose como referencia el centro de la carretera ya existente para el nuevo eje.

Curvas horizontales.

Las curvas horizontales se forman cuando dos tangentes consecutivas cambian de dirección, una con respecto a la otra. Los caminos son poligonales abiertas que al cambiar de dirección se tiene un ángulo que conocemos como deflexión que puede ir hacia la derecha (ΔD) que indica una curva derecha y también (ΔI) que será una curva hacia el lado izquierdo del camino, por lo tanto, las deflexiones son parte importante de las curvas horizontales.

Las normas de servicios técnicos de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México), en sección de proyecto geométrico de carreteras, indica las siguientes normas de cálculo para las curvas horizontales:



Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut.

a.- Longitud mínima

1. Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones
2. Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero
3. Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
4. Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

b.- Longitud máxima. - la longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado. Pero Burbano recomienda que máxima de tangente (m) = 15 veces velocidad específica menor(km/h). Es preferible usar curvas de grandes radios (5000-10000) antes que alineamientos rectos de más de 1.5 km a fin de mantener la atención del conductor.

c.- Azimut.- el azimut definirá la dirección de las tangentes.

Otro criterio importante a tener en cuenta en el momento de definir el radio de una curva es el de la uniformidad ya que lo ideal es que el valor asumido no difiera demasiado de los ya especificados evitando cambios bruscos en la velocidad. Cuando se cambia de tipo de terreno esto obliga normalmente a un cambio en la velocidad de diseño y si el cambio es mayor de 20 Km/h es necesario especificar un tramo de transición que permita a los conductores adaptarse de manera segura al cambio de curvatura.

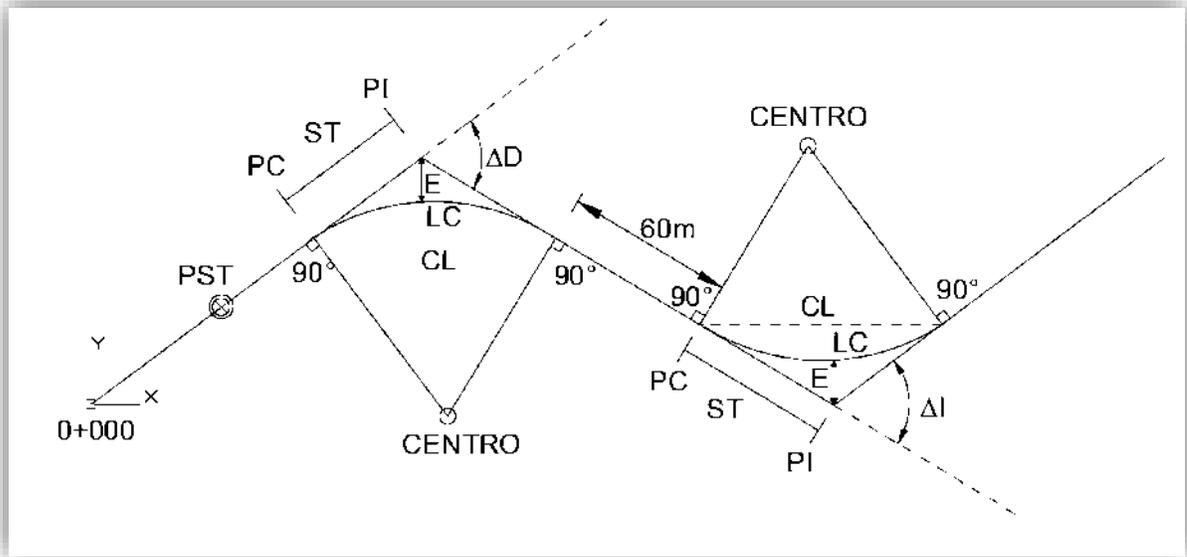


Figura 17. Elementos principales que forman las curvas horizontales

Donde:

PC: Principio de curva

PI: Punto de Inflexión

PT: Principio de Tangente

RC: Radio de Curva

ST: Subtangente

PST: Punto Sobre Tangente

PSST: Punto Sobre Subtangente

LC: Longitud de la Curva

CL: Cuerda Larga

E: Externa



Fórmulas para calcular los elementos de las curvas horizontales.

$$R_c = \frac{1,145.92}{G_c}$$

Donde:

R_c : radio de la curva

G_c : Grado de curvatura

$$L_c = 20 \frac{\Delta}{G_c}$$

Donde:

L_c : Longitud de la Curva

Δ : Angulo de Deflexión de las tangentes

G_c : Grado de curvatura

$$S_T = R_c * \tan \frac{\Delta}{2}$$

Donde:

S_T : Subtangente

R_c : Radio de Curva

Δ : Angulo de Deflexión de las tangentes

$$P_c = P_I - S_T$$

Donde:

P_c : Principio de curva

P_I : Punto de Inflexión

S_T : Subtangente



$$P_T = P_C + L_C$$

Donde:

PT: Principio de Tangente

PC: Principio de curva

L_C: Longitud de la Curva

$$E = R_C \left(\text{Secante } \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \longrightarrow E = R_C \left(\left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1 \right)$$

Donde:

E: Externa

RC: Radio de Curva

Δ: Angulo de Deflexión de las tangentes

$$CL = 2R_C * \text{sen } \frac{\Delta}{2}$$

Donde:

CL: Cuerda Larga

RC: Radio de Curva

Δ: Angulo de Deflexión de las tangentes



CALCULO DE CURVAS HORIZONTALES 1ER CURVA DEL PROYECTO

Datos de la 1er. Curva horizontal

Camino tipo A4S

Velocidad de Proyecto de 80 km/h

PI= 2+147.23

$\Delta = 138^{\circ}21'32.18''$ D

$G_c = 8^{\circ}29'29''$

OPERACIONES

✚ Radio de Curva

$$R_c = \frac{1,145.92}{G_c}$$

$$R_c = \frac{1,145.92}{8^{\circ}29'29''}$$

$$R_c = 134.95$$

✚ Longitud de la Curva

$$L_c = 20 \frac{\Delta}{G_c}$$

$$L_c = 20 \frac{138^{\circ}21'32.18''}{8^{\circ}29'29''}$$

$$L_c = 325.881M$$

✚ Subtangente

$$S_T = R_c * \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$S_T = 134.95 * \tan \frac{138^{\circ}21'32.18''}{2}$$

$$S_T = 354.87M$$



✚ Principio de curva

$$P_C = P_I - S_T$$

$$P_C = 2147.23m - 354.87m$$

$$P_C = 1 + 792.3$$

✚ Principio de Tangente

$$P_T = P_C + L_C$$

$$P_T = 1792.36 + 325.881$$

$$P_T = 2 + 118.2$$

✚ Externa

$$E = R_C \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{\Delta}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 134.95 \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{138^\circ 21' 32.18''}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 244.71M$$

✚ Cuerda Larga

$$CL = 2R_C * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$CL = 2 * 134.95 * \text{sen} \frac{138^\circ 21' 32.18''}{2}$$

$$CL = 252.275M$$

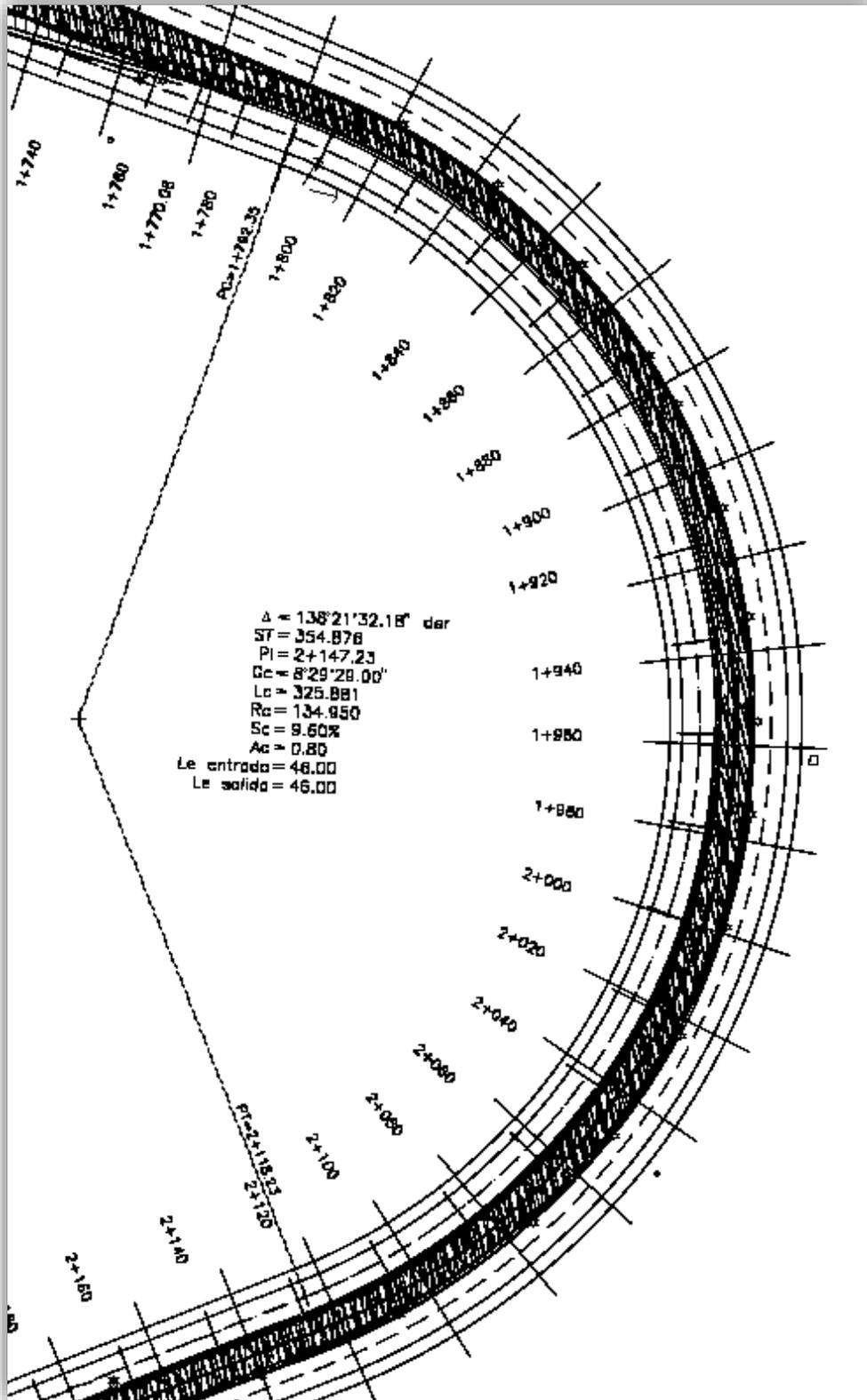


Figura 18. 1ER CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO



2da. CURVA DEL PROYECTO

Datos de la 2da. Curva horizontal

Camino tipo A4S

Velocidad de Proyecto de 80 km/h

PI= 2+631.56

$\Delta = 126^{\circ}39'53.78''$ I

$G_c = 7^{\circ}34'8''$

OPERACIONES

✚ Radio de Curva

$$R_c = \frac{1,145.92}{G_c}$$

$$R_c = \frac{1,145.92}{7^{\circ}34'8''}$$

$$R_c = 151.398$$

✚ Longitud de la Curva

$$L_c = 20 \frac{\Delta}{G_c}$$

$$L_c = 20 \frac{126^{\circ}39'53.78''}{7^{\circ}34'8''}$$

$$L_c = 334.699M$$

✚ Subtangente

$$S_T = R_c * \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$S_T = 151.398 * \tan \frac{126^{\circ}39'53.78''}{2}$$

$$S_T = 301.447M$$



✚ Principio de curva

$$P_C = P_I - S_T$$

$$P_C = 2631.56 - 301.447$$

$$P_C = 2 + 330.113$$

✚ Principio de Tangente

$$P_T = P_C + L_C$$

$$P_T = 2330.113 + 334.699$$

$$P_T = 2 + 664.812$$

✚ Externa

$$E = R_C \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{\Delta}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 151.398 \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{126^\circ 39' 53.78''}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 185.932M$$

✚ Cuerda Larga

$$CL = 2R_C * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$CL = 2 * 151.398 * \text{sen} \frac{126^\circ 39' 53.78''}{2}$$

$$CL = 270.586 M$$

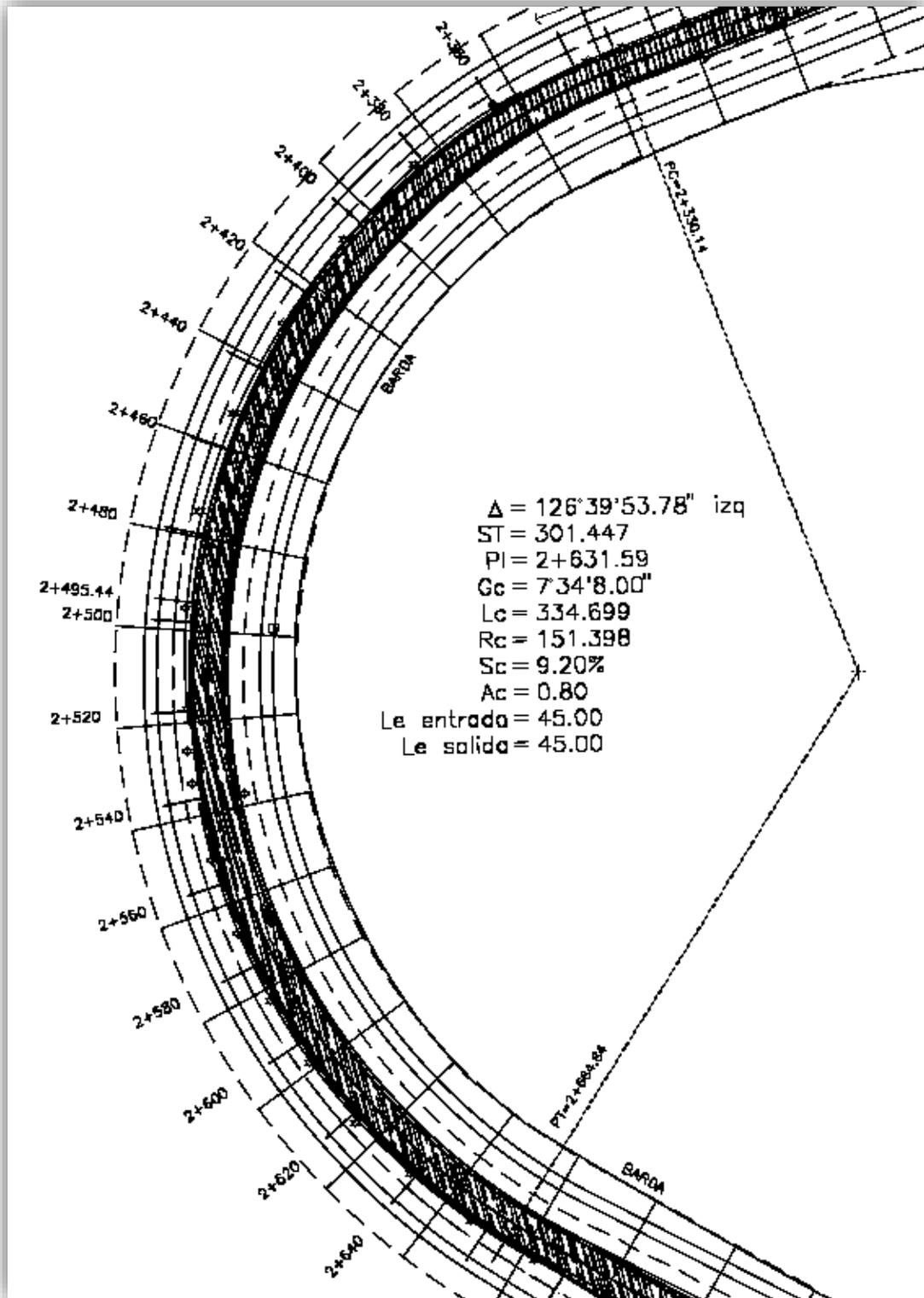


Figura 19. 2da. CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO



3er. CURVA DEL PROYECTO

Datos de la 3er. Curva horizontal

Camino tipo A4S

Velocidad de Proyecto de 80 km/h

PI= 3+752.44

$\Delta = 22^\circ 43' 9.29''$ D

$G_c = 4^\circ 6' 40''$

OPERACIONES

✚ Radio de Curva

$$R_c = \frac{1,145.92}{G_c}$$

$$R_c = \frac{1,145.92}{4^\circ 6' 40''}$$

$$R_c = 278.737$$

✚ Longitud de la Curva

$$L_c = 20 \frac{\Delta}{G_c}$$

$$L_c = 20 \frac{22^\circ 43' 9.29''}{4^\circ 6' 40''}$$

$$L_c = 110.526M$$

✚ Subtangente

$$S_T = R_c * \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$S_T = 278.737 * \tan \frac{22^\circ 43' 9.29''}{2}$$

$$S_T = 55.999M$$



✚ Principio de curva

$$4P_C = P_I - S_T$$

$$P_C = 3752.44 - 55.999$$

$$P_C = 3 + 696.441$$

✚ Principio de Tangente

$$P_T = P_C + L_C$$

$$P_T = 3696.441 + 110.526$$

$$P_T = 3 + 806.967$$

✚ Externa

$$E = R_C \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{\Delta}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 278.737 \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{22^\circ 43' 9.29''}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 5.569M$$

✚ Cuerda Larga

$$CL = 2R_C * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$CL = 2 * 278.737 * \text{sen} \frac{22^\circ 43' 9.29''}{2}$$

$$CL = 109.8M$$

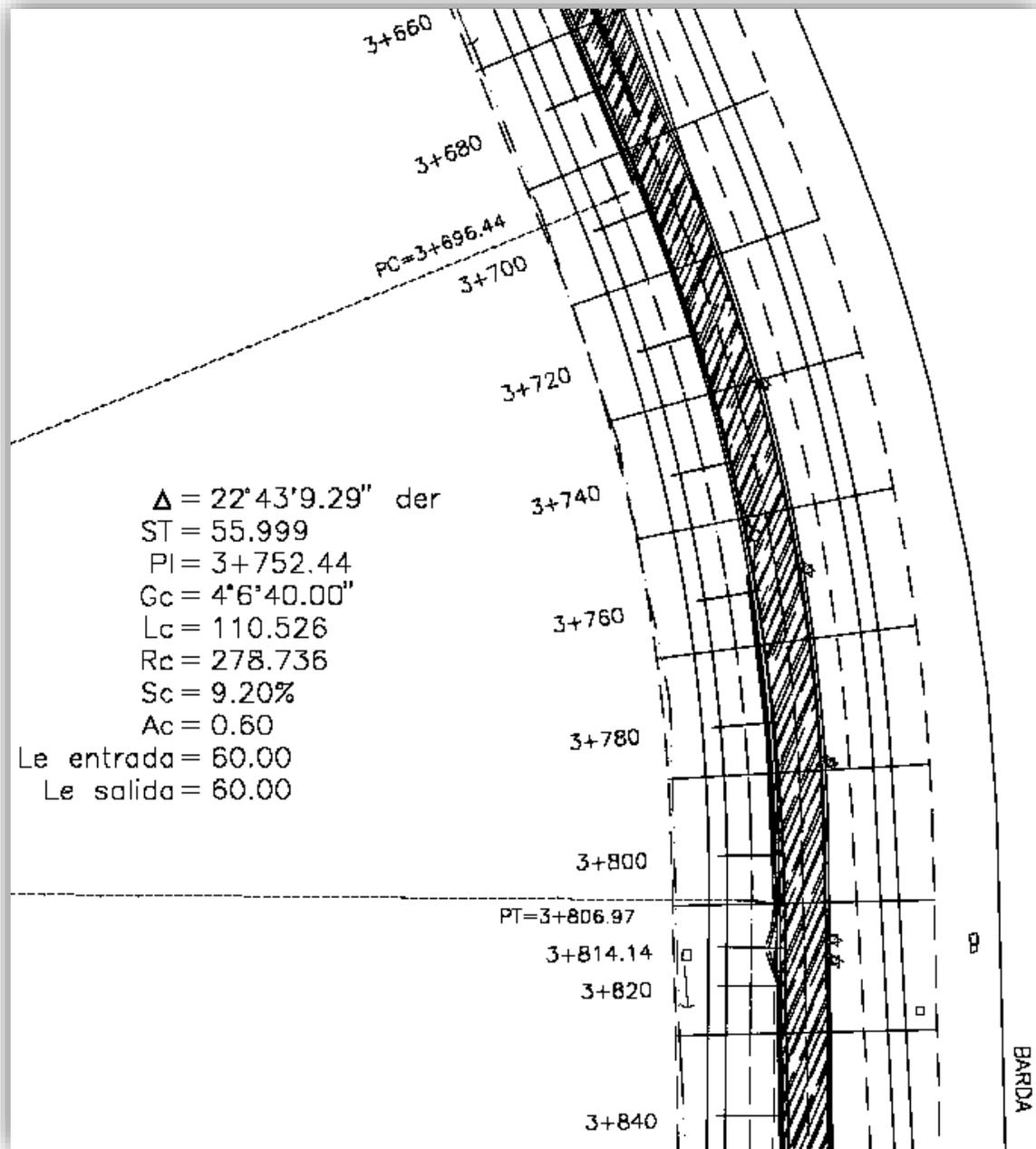


Figura 20. 3er. CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO



4ta. CURVA DEL PROYECTO

Datos de la 4ta. Curva horizontal

Camino tipo A4S

Velocidad de Proyecto de 80 km/h

PI= 4+474.67

$\Delta = 41^{\circ}23'48.35''$ D

$G_c = 5^{\circ}10'30''$

OPERACIONES

✚ Radio de Curva

$$R_c = \frac{1,145.92}{G_c}$$

$$R_c = \frac{1,145.92}{5^{\circ}10'30''}$$

$$R_c = 221.433$$

✚ Longitud de la Curva

$$L_c = 20 \frac{\Delta}{G_c}$$

$$L_c = 20 \frac{41^{\circ}23'48.35''}{5^{\circ}10'30''}$$

$$L_c = 159.987M$$

✚ Subtangente

$$S_T = R_c * \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$S_T = 221.433 * \tan \frac{41^{\circ}23'48.35''}{2}$$

$$S_T = 83.665M$$



✚ Principio de curva

$$P_C = P_I - S_T$$

$$P_C = 4474.67 - 83.665$$

$$P_C = 4 + 391.005$$

✚ Principio de Tangente

$$P_T = P_C + L_C$$

$$P_T = 4391.005 + 159.987$$

$$P_T = 4 + 550.992$$

✚ Externa

$$E = R_C \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{\Delta}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 221.433 \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{41^\circ 23' 48.35''}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 15.278M$$

✚ Cuerda Larga

$$CL = 2R_C * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$CL = 2 * 221.433 * \text{sen} \frac{41^\circ 23' 48.35''}{2}$$

$$CL = 156.53 M$$

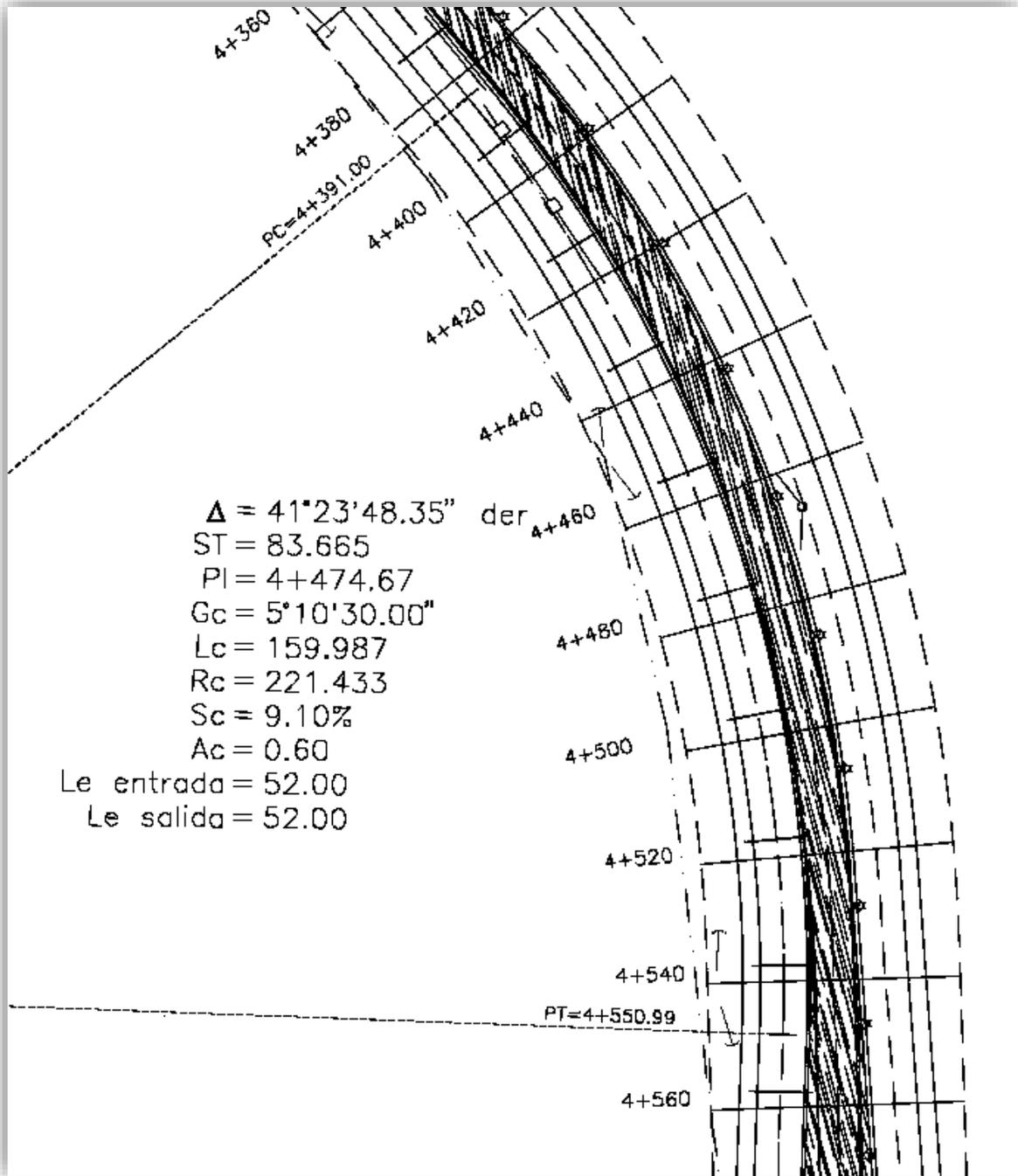


Figura 21. 4ta. CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO



5ta. CURVA DEL PROYECTO

Datos de la 5ta. Curva horizontal

Camino tipo A4S

Velocidad de Proyecto de 80 km/h

PI= 4+918.11

$\Delta = 25^{\circ}56'44.04''$ I

$G_c = 3^{\circ}53'41''$

OPERACIONES

✚ Radio de Curva

$$R_c = \frac{1,145.92}{G_c}$$

$$R_c = \frac{1,145.92}{3^{\circ}53'41''}$$

$$R_c = 294.014$$

✚ Longitud de la Curva

$$L_c = 20 \frac{\Delta}{G_c}$$

$$L_c = 20 \frac{25^{\circ}56'44.04''}{3^{\circ}53'41''}$$

$$L_c = 133.234M$$

✚ Subtangente

$$S_T = R_c * \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$S_T = 294.014 * \tan \frac{25^{\circ}56'44.04''}{2}$$

$$S_T = 67.73 M$$



✚ Principio de curva

$$P_C = P_I - S_T$$

$$P_C = 4918.11 - 67.73$$

$$P_C = 4 + 850.38$$

✚ Principio de Tangente

$$P_T = P_C + L_C$$

$$P_T = 4850.38 + 133.234$$

$$P_T = 4 + 983.614$$

✚ Externa

$$E = R_C \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{\Delta}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 294.014 \left(\left(\frac{1}{\left(\cos \frac{25^\circ 56' 44.04''}{2} \right)} \right) - 1 \right)$$

$$E = 7.7 \text{ M}$$

✚ Cuerda Larga

$$CL = 2R_C * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$CL = 2 * 294.014 * \text{sen} \frac{25^\circ 56' 44.04''}{2}$$

$$CL = 132.005 \text{ M}$$

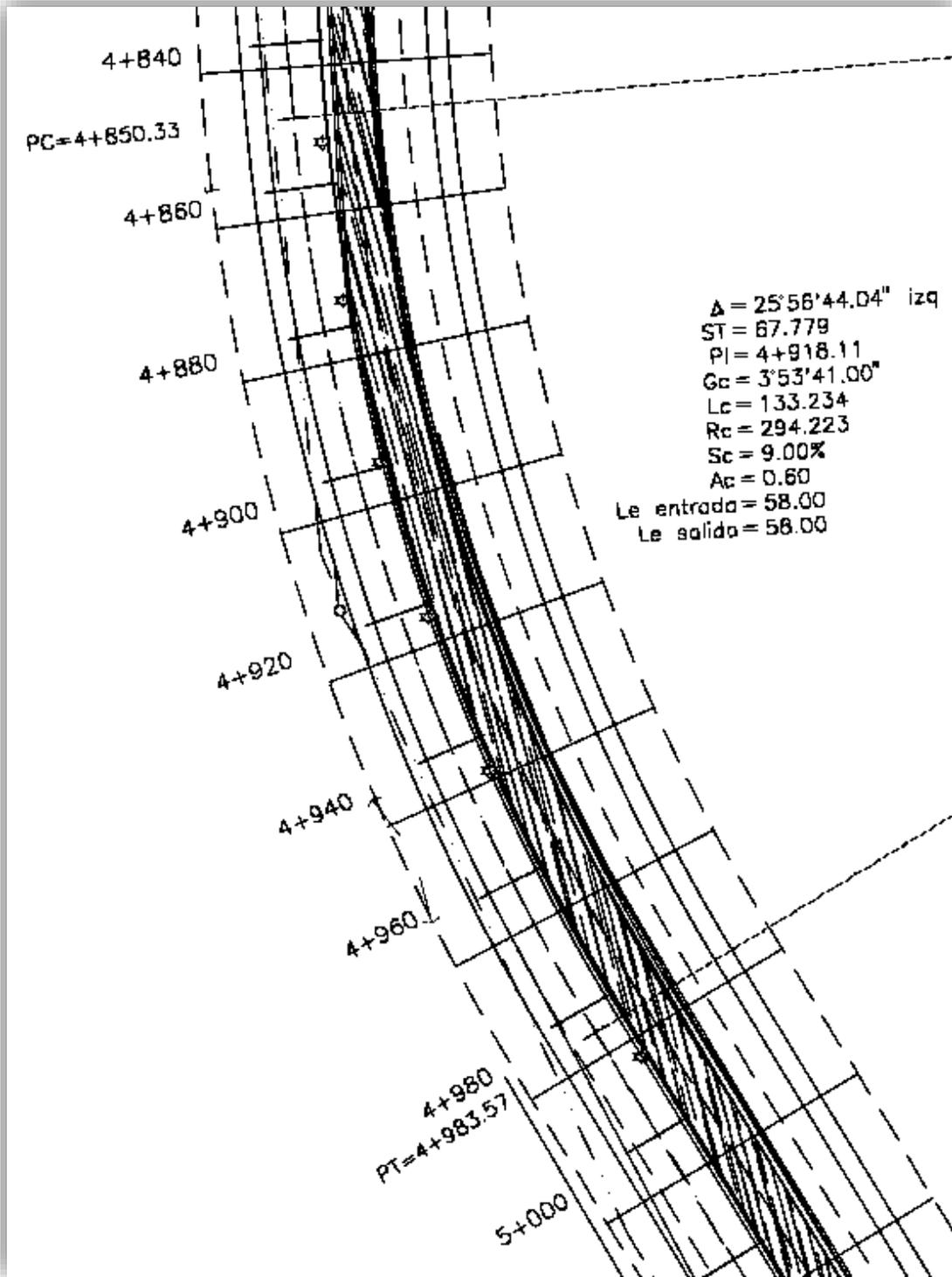


Figura 22. 5ta. CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO



4.-ALINEAMIENTO VERTICAL

Este alineamiento se representa en los planos con el perfil de construcción, en él se ubican las elevaciones del terreno natural a cada 20 metros de distancia y se unen con líneas rectas estos puntos. Sobre este plano se proponen las pendientes o rasantes del camino que se recomienda tengan valores cercanos a las pendientes gobernadoras.

Las curvas verticales se utilizan para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos.

Al cambiar de pendientes se formarán curvas verticales que pueden ser en cresta o columpio.

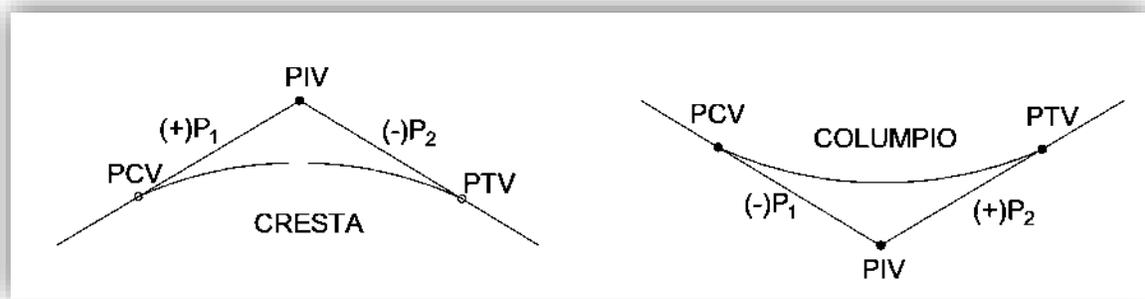


Figura 23. ELEMENTOS PRINCIPALES QUE FORMAN LAS CURVAS VERTICALES.

Elementos de una curva vertical.

PCV = Principio de curva vertical.

PIV = Punto de intersección vertical.

PTV = Principio de tangente vertical. Final de la curva vertical.

P1 = Pendiente inicial o de llegada.

P2 = Pendiente final o de salida.

(+) = Positiva.

(-) = Negativa.



Las curvas en columpio tienen mejor visibilidad para el usuario que se traduce en menor número de accidentes.

Siempre se evitará que las curvas verticales coincidan con las curvas horizontales, porque el trazo de las secciones transversales y su construcción presenta gran dificultad.

En el perfil de construcción en la parte superior se dibuja el trazo en planta para comprobar las ubicaciones de las curvas horizontales y en la parte inferior perpendicular al eje de las X se anotará lo siguiente:

- 1.- Cadenamiento
- 2.- Elevación del T.N.
- 3.- Elevación Rasante
- 4.- Espesor de Corte
- 5.- Espesor de Terraplén

ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL ALINEAMIENTO VERTICAL.

Estos elementos son las tangentes y las curvas verticales.

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente; la longitud de una tangente es la distancia media horizontalmente entre principio de tangente de la curva anterior y el principio de curva de la siguiente.

La pendiente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Las pendientes además de indicar los espesores de corte y terraplén son parte importante del drenaje longitudinal de un camino.

El agua que permanece estancada es el peor enemigo de un camino.

Las pendientes se clasifican de la siguiente forma:

- a) Pendiente Gobernadora
- b) Pendiente Máxima
- c) Pendiente Mínima
- d) Pendiente Transversal

PENDIENTE GOBERNADORA

Es la pendiente media que estará en función de las características en tránsito y la configuración del terreno, es aquella que nos permite la construcción más económica de un camino al tener espesores de corte y terraplén en la mayoría de los casos menores a los 8 metros y también resulta adecuado al tenerse los menores costos en construcción y operación.



PENDIENTE MÁXIMA

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y que se determina por el volumen y composición del tránsito y la configuración del terreno; solo se empleara para salvar ciertos obstáculos locales como fallas geológicas, barrancas, zonas de inundación, y se procura que no rebase la longitud critica.

PENDIENTE MÍNIMA

Nunca será igual a cero o nula. Se recomienda como mínimo 0.5% para garantizar el buen funcionamiento del drenaje principalmente en las cunetas. Se recomienda calcular la longitud máxima de las cunetas de acuerdo al gasto que puedan transportar, para evitar que el agua regrese al camino, las cunetas solo se construyen en zona de cortes.

PENDIENTE TRANSVERSAL

Se trata del bombeo que se da a cada carril para desalojar el agua del camino su valor vario del 2% al 3% y este último solo se construye en caminos tipo D y E. El bombeo se mide a partir del eje del camino hacia el lado derecho o lado izquierdo en tramos de tangente, en curvas se tendrá una sobreelevación en el lado externo para evitar o disminuir los efectos de las fueras centrífugas y centrípetas.

CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales enlazan 2 tramos en tangente consecutivos del perfil de construcción. De preferencia la longitud de la curva permitirá un paso gradual de la pendiente de entrada a la pendiente de salida, dando como resultado un camino de operación segura y confiable.

Las curvas verticales se manejarán como parábolas y la fórmula utilizada para su cálculo incluye correcciones por apariencia, para evitar al usuario la impresión de un cambio brusco de pendiente por drenaje, para que el agua desaloje rápida y fácilmente el camino, por seguridad para que la visibilidad sea adecuada.



Con el apoyo de los planos de "Planta y Perfil" se puede apreciar que el tramo carretero está en prácticamente toda su totalidad con una forma de pendiente ascendente, visualmente en los planos se muestra una gran diferencia entre el nivel del terreno natural en su punto más bajo en comparación del punto más alto, teniendo una altura en el punto más bajo de 1985.6 metros y el punto más alto tiene una altura de 2175.97 metros, siendo una diferencia total de 190.37 metros a lo largo del tramo carretero comprendido desde el kilómetro 1+500 al 5+500 siendo un total de 4 kilómetros de carretera, siendo esto solo en el eje izquierdo.

Considerando que el proyecto comprende de varios cambios de pendiente es importante resaltar que el proyecto posee una pendiente máxima y una pendiente gobernadora con los siguientes valores:

Pendiente máxima de 7.00%.

Pendiente Gobernadora de 5.00%

Con respecto a los volúmenes de corte y terraplén se tienen volúmenes considerables, mostrados a continuación:

- Eje derecho

Volumen de corte: 50,464.40 m³

Volumen de terraplén: 16,207.27 m³

- Eje izquierdo

Volumen de corte: 33,083.60 m³

Volumen de terraplén: 17,644.83 m³

- VOLUMEN TOTAL (Ambos ejes)

Volumen de corte: 83,548 m³

Volumen de terraplén: 33,852.10 m³



Fórmulas para calcular los elementos de las curvas verticales.

Tabla 7. VALORES MINIMOS DEL PARAMETRO K Y LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	VALORES DEL PARAMETRO K(m/%)				LONGITUD ACEPTABLE	MINIMA (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO			
	CARRETERA E	T I P O D, C, B, A	CARRETERA E, D, C, B, A	T I P O		
30	4	3	4		20	
40	7	4	7		30	
50	12	8	10		30	
60	23	14	15		40	
70	36	20	20		40	
80	-	31	25		50	
90	-	43	31		50	
100	-	57	37		60	
110	-	72	43		60	

Donde:

Se obtendrán los valores de k y Lmin para curvas en columpio y en cresta.

k= Parámetro de la curva.

L= Longitud mínima propuesta por la SCT con respecto a los datos del proyecto.

$$L = (k) (A)$$

Donde:

L= Longitud de la Curva.

K= Parámetro de la curva cuyo valor es obtenido de la tabla anterior.

A= Diferencia algebraica de las pendientes.

$$A = P_1 - P_2$$

Donde:

A: Diferencia algebraica de las pendientes.

P₁ = Pendiente de entrada.

P₂ = Pendiente de salida.



$$PCV = PIV - \frac{L}{2}$$

Donde:

PCV = Principio de curva vertical.

PIV = Punto de intersección vertical.

L= Longitud de la curva

$$PTV = PIV + \frac{L}{2}$$

Donde:

PTV = Principio de tangente vertical. (Final de la curva vertical).

PIV = Punto de intersección vertical.

L= Longitud de la curva

$$Z_x = Z_0 + \left[P_1 - \frac{A(x)}{2L} \right] (x)$$

Donde:

Z_x = Elevación buscada.

Z_0 = Elevación del PVC.

P_1 = Pendiente de entrada (representada en decimales).

A= Diferencia algebraica de las pendientes (representada en decimales).

X= Distancia del punto buscado (medida desde el PVC).

L= Longitud de la curva.



CALCULO DE CURVAS VERTICALES.

1ER CURVA DEL PROYECTO

Datos:

Camino tipo A4S.

Velocidad de Proyecto de 80-60 km/h.

Curva vertical en columpio.

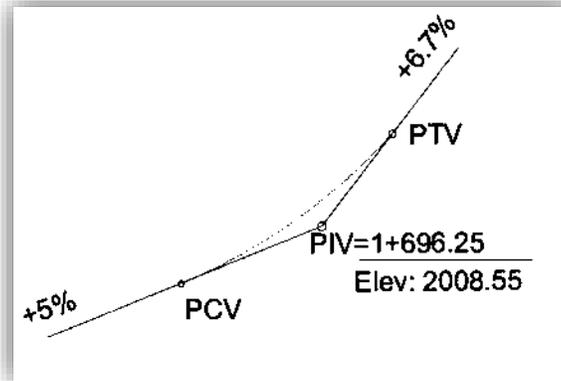


Figura 24. CURVA VERTICAL PARA EJERCICIO 1.

OPERACIONES

Como primer paso se realiza la obtención de los parámetros k y L_{min} a partir de las Normas de Servicios Técnicos de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Entramos con los datos del proyecto que son: Camino tipo A4S, Velocidad de Proyecto de 80-60 km/h, Curva vertical en columpio. Este tramo está proyectado para 60 km/h.

Tabla 8. VALORES MINIMOS DEL PARAMETRO K Y LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	VALORES DEL PARAMETRO K(m%)				LONGITUD MINIMA ACEPTABLE (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO		
	CARRETERA	T I P O	CARRETERA	T I P O	
	E	D, C, B, A	E, D, C, B, A		
30	4	3	4		20
40	7	4	7		30
50	12	8	10		30
60	23	14	15		40
70	36	20	20		40
80	-	31	25		50
90	-	43	31		50
100	-	57	37		60
110	-	72	43		60



Dado lo anterior quedan definidos los parámetros buscados de la siguiente forma:

$$K:15 \qquad L_{\min} = 40m.$$

Con los datos ya obtenidos se determinará la longitud de proyecto de la siguiente forma:

✚ Diferencia algebraica de las pendientes.

$$A = P_1 - P_2$$

$$A = 5 - 6.7$$

$$A = -1.7$$

La diferencia algebraica de las pendientes se tiene que redondear al entero mayor consiguiente, y en valor absoluto (para calcular la longitud de la curva). Por lo tanto, queda definido como $A=2$.

✚ Longitud de la curva.

$$L = (k) (A)$$

$$L = (15) (2)$$

$$L = 30 m < L_{\min}=40$$

La longitud de proyecto resulto menor a la mínima establecida por las normas de la SCT por ellos se tiene que considerar utilizar la longitud mínima establecida por las normas que es para este caso $L=40$.

$$L = 40m.$$

Ya definida la longitud de la curva se prosigue a realizar la obtención del cadenamiento o kilometrajes de PCV y PTV.

✚ Cadenamiento del PCV.

$$PCV = PIV - \frac{L}{2}$$

$$PCV = 1696.25 - \frac{40}{2}$$

$$PCV = 1,676.25 m$$

$$PCV = 1 + 676.25$$



✚ Cadenamiento del PTV.

$$PTV = PIV + \frac{L}{2}$$
$$PTV = 1696.25 + \frac{40}{2}$$
$$PTV = 1,716.25 \text{ m}$$
$$PTV = 1 + 716.25$$

Con los datos obtenidos hasta el momento se tiene lo siguiente:

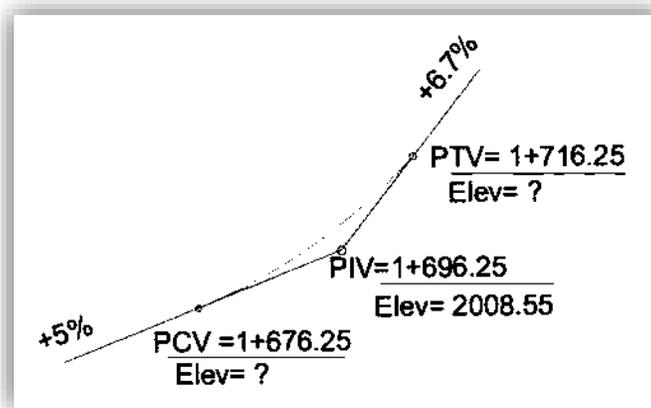


Figura 25. CURVA VERTICAL 1 CON CADENAMIENTOS.

Para determinar las elevaciones de PCV y PTV se usan triángulos semejantes a partir de los datos del proyecto que son las pendientes y la elevación del PIV.

✚ Determinación de Elevaciones de PCV y PTV

✚ Elevación de PCV

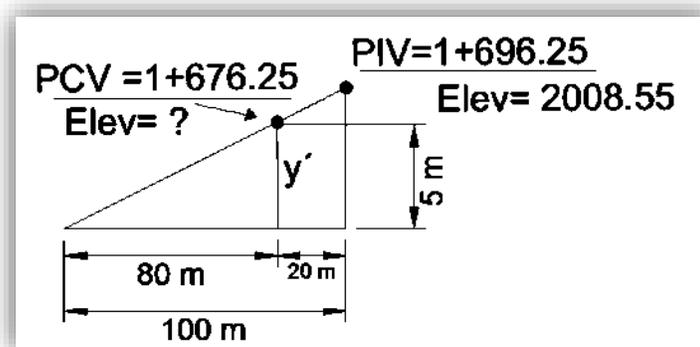


Figura 26. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PCV.



$$100\text{m} \longrightarrow 5$$

$$80\text{m} \longrightarrow y'$$

$$y' = \frac{(80)(5)}{100}$$

$$y' = 4\text{m}$$

Pero esa es a la altura que se encuentra ese punto con respecto al triangulo semejante, pero lo que se requiere es la diferencia de alturas que es de $5\text{m} - 4\text{m} = 1\text{m}$. 1 metro es la diferencia de altura a la que se encuentra PCV con respecto a PTV. Por lo tanto:

$$y = 1\text{ m}$$

Se determina de la siguiente forma. –

$$PCV = PIV - y$$

$$PCV = 2008.55 - 1$$

$$PCV = 2007.55\text{ m}$$

✚ Elevación de PTV

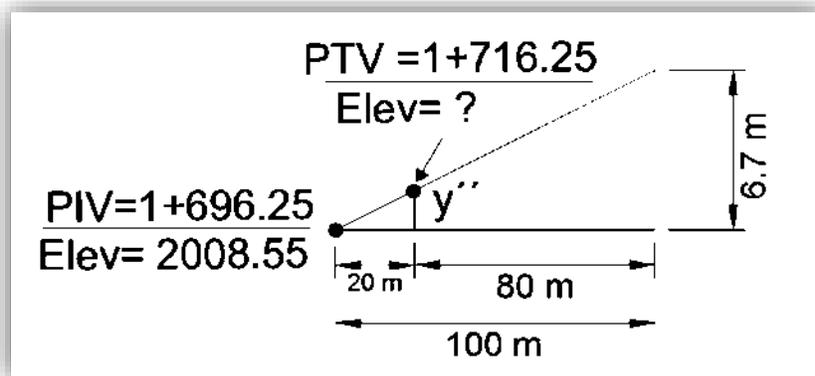


Figura 27. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PTV.

$$100\text{ m} \longrightarrow 6.7$$

$$20\text{ m} \longrightarrow y''$$

$$y'' = \frac{(20)(6.7)}{100}$$

$$y'' = 1.34\text{ m}$$



Con esto se sabe que PTV se encuentra 1.34 m por arriba de la elevación de PIV, con esto se deduce lo siguiente:

$$PTV = PIV + y''$$

$$PTV = 2008.55 + 1.34$$

$$PTV = 2009.89 \text{ m.}$$

Con las elevaciones que fueron calculadas se llega a lo siguiente.

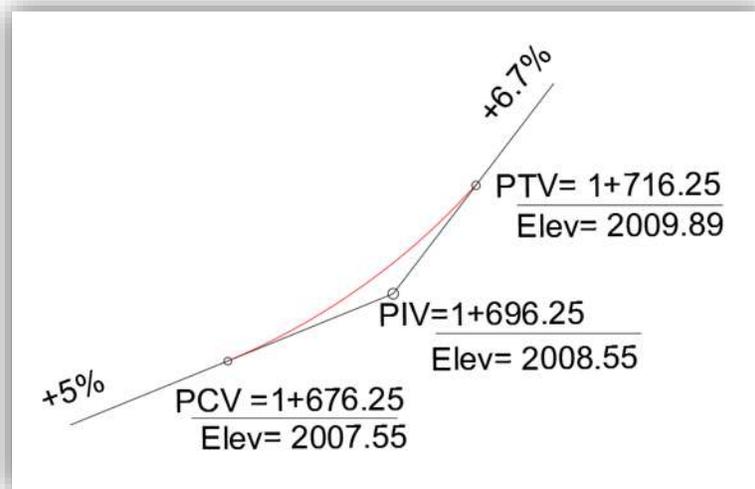


Figura 28. CURVA VERTICAL 1 CON CADENAMIENTOS Y ELEVACIONES.

✚ Determinación de las elevaciones de los puntos sobre la curva vertical.

Usando la formula correspondiente para realizar el cálculo se obtiene lo siguiente:

$$Z_x = Z_0 + \left[P_1 - \frac{A(x)}{2L} \right] (x)$$

Donde:

Z_x = Elevación buscada.

Z_0 = Elevación del PVC.

P_1 = Pendiente de entrada (representada en decimales).

A = Diferencia algebraica de las pendientes (representada en decimales).

X = Distancia del punto buscado (medida desde el PVC).

L = Longitud de la curva.



- Para $Z_{3.75}$

$$Z_{3.75} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(3.75)}{2(40)} \right] (3.75)$$

$$Z_{3.75} = 2007.74 \text{ m}$$

- Para $Z_{8.75}$

$$Z_{8.75} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(8.75)}{2(40)} \right] (8.75)$$

$$Z_{8.75} = 2008 \text{ m}$$

- Para $Z_{13.75}$

$$Z_{13.75} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(13.75)}{2(40)} \right] (13.75)$$

$$Z_{13.75} = 2008.28 \text{ m}$$

- Para Z_{20}

$$Z_{20} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(20)}{2(40)} \right] (20)$$

$$Z_{20} = 2008.64 \text{ m}$$

- Para $Z_{23.75}$

$$Z_{23.75} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(23.75)}{2(40)} \right] (23.75)$$

$$Z_{23.75} = 2008.86 \text{ m}$$

- Para $Z_{28.75}$

$$Z_{28.75} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(28.75)}{2(40)} \right] (28.75)$$

$$Z_{28.75} = 2009.16 \text{ m}$$



- Para $Z_{33.75}$

$$Z_{33.75} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(33.75)}{2(40)} \right] (33.75)$$

$$Z_{33.75} = 2009.48 \text{ m}$$

- Para $Z_{38.75}$

$$Z_{38.75} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(38.75)}{2(40)} \right] (38.75)$$

$$Z_{38.75} = 2009.81 \text{ m}$$

- Para Z_{40}

$$Z_{40} = 2007.55 + \left[0.05 - \frac{-0.017(40)}{2(40)} \right] (40)$$

$$Z_{40} = 2009.89 \text{ m}$$

Tabla 9. ELEVACIONES DE LOS PUNTOS SOBRE LA CURVA VERTICAL 1.

<i>Estacion</i>	<i>Dist. X</i>	<i>ELEVACIONES</i>
<i>PCV=1676.25</i>		2007.55
<i>1680</i>	3.75	2007.74
<i>1685</i>	8.75	2008.00
<i>1690</i>	13.75	2008.28
<i>PIV=1696.25</i>	20	2008.64
<i>1700</i>	23.75	2008.86
<i>1705</i>	28.75	2009.16
<i>1710</i>	33.75	2009.48
<i>1715</i>	38.75	2009.81
<i>PTV=1716.25</i>	40	2009.89

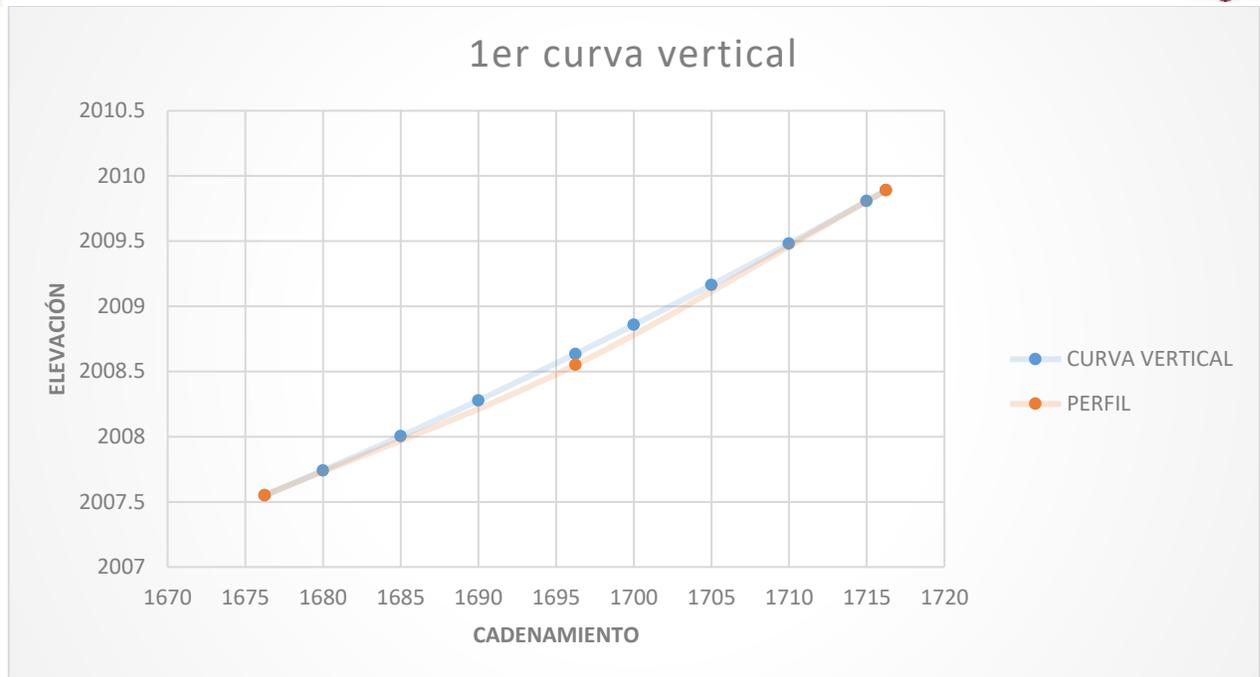


Figura 29. CURVA VERTICAL Y PERFIL DEL EJEMPLO 1.

Para mejor apreciación de la curva vertical ubicado su PIV en el cadenamiento 1+696.25, utilizar el plano de Planta y Perfil anexos.



2DA CURVA DEL PROYECTO

Datos:

Camino tipo A4S.

Velocidad de Proyecto de 80-60 km/h.

Curva vertical en cresta.

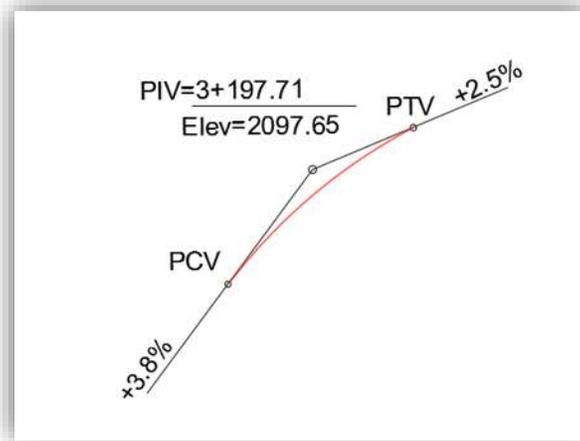


Figura 30. CURVA VERTICAL PARA EJERCICIO 2.

OPERACIONES

Como primer paso se realiza la obtención de los parámetros k y L_{\min} a partir de las Normas de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Entramos con los datos del proyecto que son: Camino tipo A4S, Velocidad de Proyecto de 80-60 km/h, Curva vertical en cresta. Este tramo está proyectado para 60 km/h.

Tabla 10. VALORES MINIMOS DEL PARAMETRO K Y LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	VALORES DEL PARAMETRO k (m/%)				LONGITUD ACEPTABLE	MINIMA (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO			
	CARRETERA	T I P O	CARRETERA	T I P O		
	E	D, C, B, A	E, D, C, B, A			
30	4	3	4		20	
40	7	4	7		30	
50	12	8	10		30	
60	23	14	15		40	
70	36	20	20		40	
80	-	31	25		50	
90	-	43	31		50	
100	-	57	37		60	
110	-	72	43		60	



Dado lo anterior quedan definidos los parámetros buscados de la siguiente forma:

$$K:14$$

$$L_{\min} = 40m.$$

Con los datos ya obtenidos se determinará la longitud de proyecto de la siguiente forma:

✚ Diferencia algebraica de las pendientes.

$$A = P_1 - P_2$$

$$A = 3.8 - 2.5$$

$$A = 1.3$$

La diferencia algebraica de las pendientes se tiene que redondear al entero mayor consiguiente, y en valor absoluto (para calcular la longitud de la curva). Por lo tanto, queda definido como $A=2$.

✚ Longitud de la curva.

$$L = (k) (A)$$

$$L = (14) (2)$$

$$L = 28 m < L_{\min}=40$$

La longitud de proyecto resulto menor a la mínima establecida por las normas de la SCT por ellos se tiene que considerar utilizar la longitud mínima establecida por las normas que es para este caso $L=40$.

$$L= 40m.$$

Ya definida la longitud de la curva se prosigue a realizar la obtención del cadenamamiento o kilometrajes de PCV y PTV.

✚ Cadenamiento del PCV.

$$PCV = PIV - \frac{L}{2}$$

$$PCV = 3197.71 - \frac{40}{2}$$

$$PCV = 3177.71 m$$

$$PCV = 3 + 177.71$$



✚ Cadenamiento del PTV.

$$PTV = PIV + \frac{L}{2}$$
$$PTV = 3197.71 + \frac{40}{2}$$
$$PTV = 3217.71 \text{ m}$$
$$PTV = 3 + 217.71$$

Con los datos obtenidos hasta el momento se tiene lo siguiente:

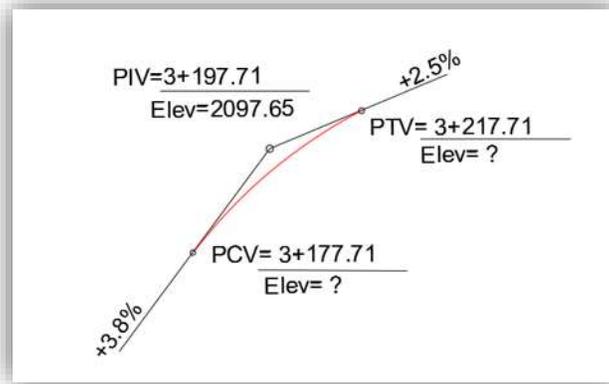


Figura 31. CURVA VERTICAL 2 CON CADENAMIENTOS.

Para determinar las elevaciones de PCV y PTV se usan triángulos semejantes a partir de los datos del proyecto que son las pendientes y la elevación del PIV.

✚ Determinación de Elevaciones de PCV y PTV

✚ Elevación de PCV

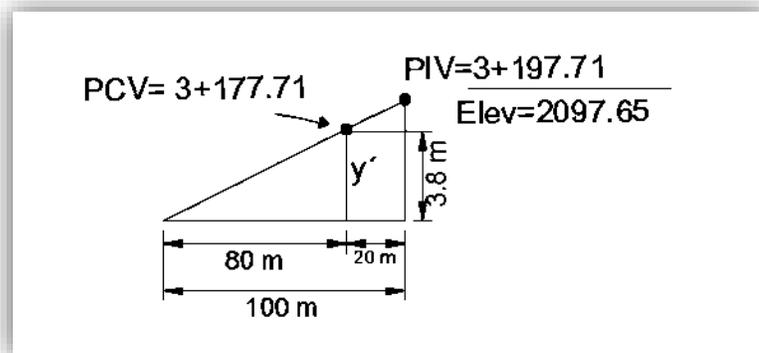


Figura 32. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PCV.



$$100 \text{ m} \longrightarrow 3.8$$

$$80 \text{ m} \longrightarrow y''$$

$$y' = \frac{(80)(3.8)}{100}$$

$$y' = 3.04 \text{ m}$$

Pero esa es a la altura que se encuentra ese punto con respecto al triangulo semejante, pero lo que se requiere es la diferencia de alturas que es de $3.8 \text{ m} - 3.04 \text{ m} = 0.76 \text{ m}$. 0.76 metros es la diferencia de altura a la que se encuentra PCV con respecto a PTV. Por lo tanto:

$$y = 0.76 \text{ m}$$

Se determina de la siguiente forma. –

$$PCV = PIV - y$$

$$PCV = 2097.65 - 0.76$$

$$PCV = 2096.89 \text{ m}$$

✚ Elevación de PTV

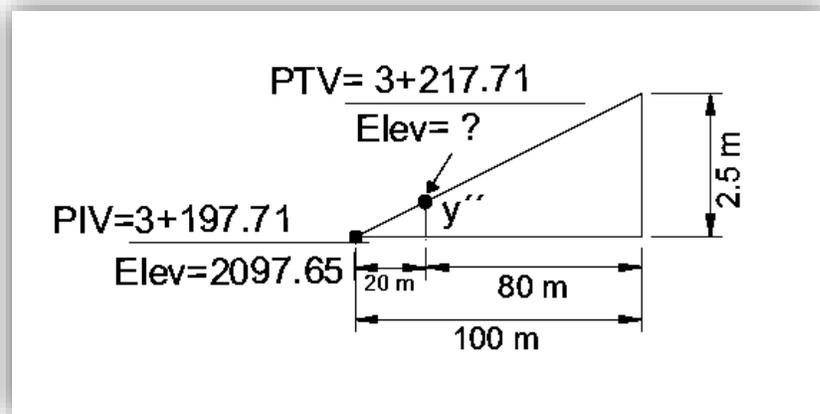


Figura 33. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PTV.

$$100 \text{ m} \longrightarrow 2.5$$

$$20 \text{ m} \longrightarrow y''$$



$$y'' = \frac{(20)(2.5)}{100}$$

$$y'' = 0.5 \text{ m}$$

Con esto se sabe que PTV se encuentra 0.5 m por arriba de la elevación de PIV, con esto se deduce lo siguiente:

$$PTV = PIV + y''$$

$$PTV = 2097.65 + 0.5$$

$$PTV = 2098.15 \text{ m.}$$

Con las elevaciones que fueron calculadas se llega a lo siguiente.

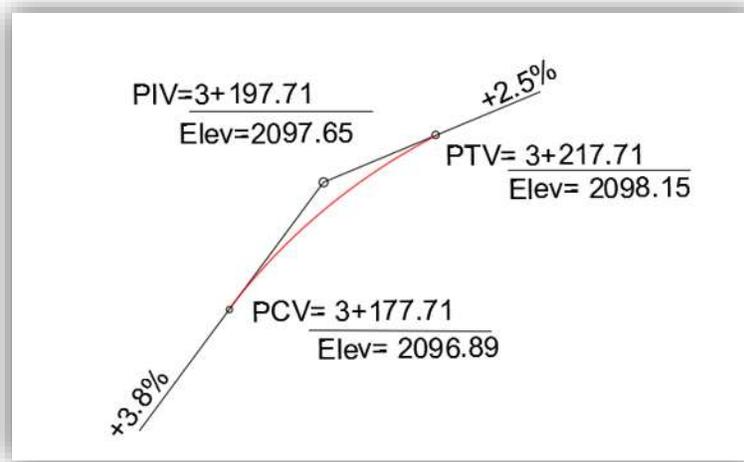


Figura 34. CURVA VERTICAL 2 CON CADENAMIENTOS Y ELEVACIONES.

✚ Determinación de las elevaciones de los puntos sobre la curva vertical.

Usando la formula correspondiente para realizar el cálculo se obtiene lo siguiente:

$$Z_x = Z_0 + \left[P_1 - \frac{A(x)}{2L} \right] (x)$$

Donde:

Z_x =Elevación buscada.

Z_0 = Elevacion del PVC.

P_1 = Pendiente de entrada (representada en decimales).

A = Diferencia algebraica de las pendientes (representada en decimales).

X = Distancia del punto buscado (medida desde el PVC).

L = Longitud de la curva.



- Para $Z_{2.29}$

$$Z_{2.29} = 2096.89 + \left[0.038 - \frac{0.013(2.29)}{2(40)} \right] (2.29)$$

$$Z_{2.29} = 2096.98 \text{ m}$$

- Para $Z_{12.29}$

$$Z_{12.29} = 2096.89 + \left[0.038 - \frac{0.013(12.29)}{2(40)} \right] (12.29)$$

$$Z_{12.29} = 2097.33 \text{ m}$$

- Para Z_{20}

$$Z_{20} = 2096.89 + \left[0.038 - \frac{0.013(20)}{2(40)} \right] (20)$$

$$Z_{20} = 2097.59 \text{ m}$$

- Para $Z_{22.29}$

$$Z_{22.29} = 2096.89 + \left[0.038 - \frac{0.013(22.29)}{2(40)} \right] (22.29)$$

$$Z_{22.29} = 2097.66 \text{ m}$$

- Para $Z_{32.29}$

$$Z_{32.29} = 2096.89 + \left[0.038 - \frac{0.013(32.29)}{2(40)} \right] (32.29)$$

$$Z_{32.29} = 2097.95 \text{ m}$$

- Para $Z_{37.29}$

$$Z_{37.29} = 2096.89 + \left[0.038 - \frac{0.013(37.29)}{2(40)} \right] (37.29)$$

$$Z_{37.29} = 2098.08 \text{ m}$$



- Para Z_{40}

$$Z_{40} = 2096.89 + \left[0.038 - \frac{0.013(40)}{2(40)} \right] (40)$$

$$Z_{40} = 2098.15 \text{ m}$$

Tabla 11. ELEVACIONES DE LOS PUNTOS SOBRE LA CURVA VERTICAL 2.

Cadenamiento	Distan. X	Elevación
PCV=3177.71		2096.89
3180	2.29	2096.98
3190	12.29	2097.33
PIV=3197.71	20	2097.59
3200	22.29	2097.66
3210	32.29	2097.95
3215	37.29	2098.08
PTV=3217.71	40	2098.15

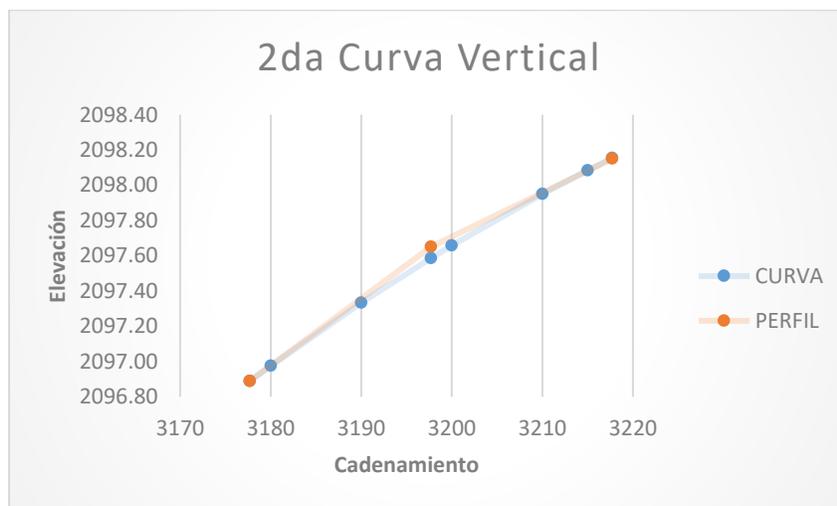


Figura 35. CURVA VERTICAL Y PERFIL DEL EJEMPLO 2.

Para mejor apreciación de la curva vertical ubicado su PIV en el cadenamiento 3+197.71, utilizar el plano anexo de Planta y Perfil.



3ERA. CURVA DEL PROYECTO

Datos:

Camino tipo A4S.

Velocidad de Proyecto de 80-60 km/h.

Curva vertical en columpio.

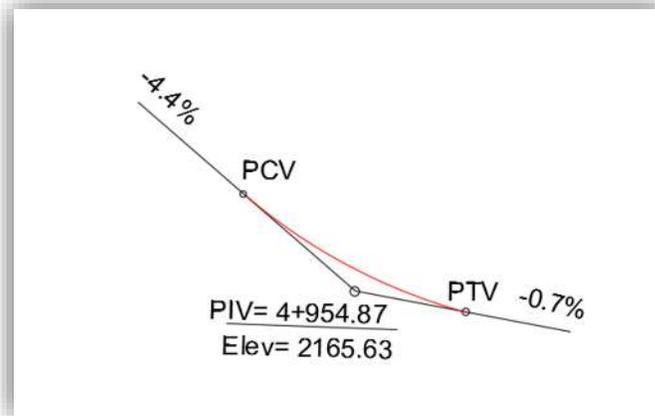


Figura 36. CURVA VERTICAL PARA EJERCICIO 3.

OPERACIONES

Como primer paso se realiza la obtención de los parámetros k y L_{min} a partir de las Normas de Servicios Técnicos de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Entramos con los datos del proyecto que son: Camino tipo A4S, Velocidad de Proyecto de 80-60 km/h, Curva vertical en columpio. Este tramo está proyectado para 80 km/h.

Tabla 12. VALORES MINIMOS DEL PARAMETRO K Y LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	VALORES DEL PARAMETRO K (m/x)				LONGITUD ACEPTABLE MINIMA (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO		
	CARRETERA TIPO		CARRETERA TIPO		
	E	D,C,B,A	E,D,C,B,A		
30	4	3	4	20	
40	7	4	7	30	
50	12	8	10	30	
60	23	14	15	40	
70	36	20	20	40	
80	-	31	25	50	
90	-	43	31	50	
100	-	57	37	60	
110	-	72	43	60	



Dado lo anterior quedan definidos los parámetros buscados de la siguiente forma:

$$K:25 \qquad L_{\min} = 50m.$$

Con los datos ya obtenidos se determinará la longitud de proyecto de la siguiente forma:

✚ Diferencia algebraica de las pendientes.

$$A = P_1 - P_2$$

$$A = -4.4 - (-0.7)$$

$$A = -3.7$$

La diferencia algebraica de las pendientes se tiene que redondear al entero mayor consiguiente, y en valor absoluto (para calcular la longitud de la curva). Por lo tanto, queda definido como $A=4$.

✚ Longitud de la curva.

$$L = (k) (A)$$

$$L = (25) (4)$$

$$L = 100 \text{ m} > L_{\min}=50 \text{ m}$$

La longitud de proyecto resulto mayor a la mínima establecida por las normas de la SCT por ellos se acepta utilizar la longitud calculada que es para este caso $L=100$.

$$L= 100m.$$

Ya definida la longitud de la curva se prosigue a realizar la obtención del cadenamamiento o kilometrajes de PCV y PTV.

✚ Cadenamiento del PCV.

$$PCV = PIV - \frac{L}{2}$$

$$PCV = 4954.87 - \frac{100}{2}$$

$$PCV = 4904.87 \text{ m}$$

$$PCV = 4 + 904.87$$



✚ Cadenamiento del PTV.

$$PTV = PIV + \frac{L}{2}$$

$$PTV = 4954.87 + \frac{100}{2}$$

$$PTV = 5004.87 \text{ m}$$

$$PTV = 5 + 004.87$$

Con los datos obtenidos hasta el momento se tiene lo siguiente:

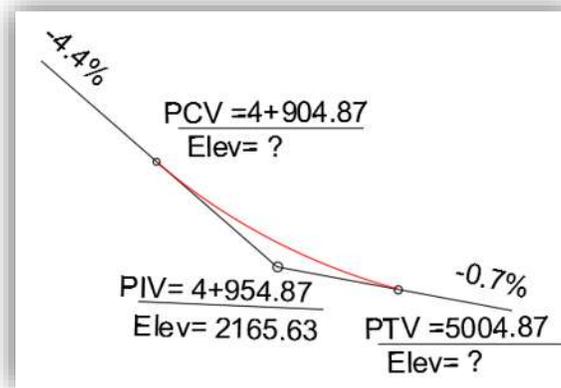


Figura 37. CURVA VERTICAL 3 CON CADENAMIENTOS.

Para determinar las elevaciones de PCV y PTV se usan triángulos semejantes a partir de los datos del proyecto que son las pendientes y la elevación del PIV.

✚ Determinación de Elevaciones de PCV y PTV

✚ Elevación de PCV

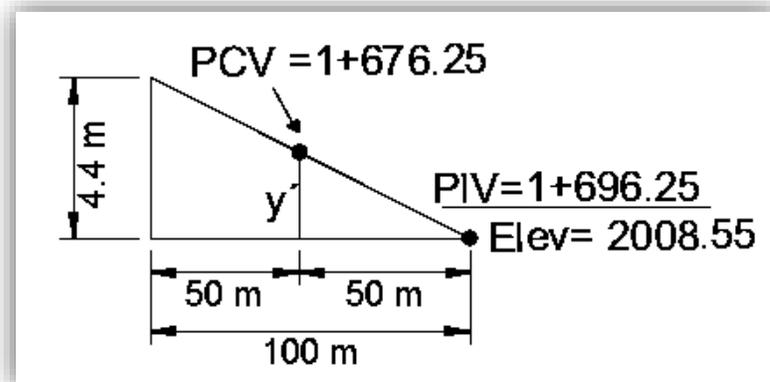


Figura 38. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PCV.



$$100 \text{ m} \longrightarrow 4.4$$

$$50 \text{ m} \longrightarrow y'$$

$$y' = \frac{(50)(4.4)}{100}$$

$$y' = 2.2 \text{ m}$$

Con esto se sabe que PCV se encuentra 2.2 m arriba de la elevación de PIV, por lo tanto, se determina de la siguiente forma. –

$$PCV = PIV + y'$$

$$PCV = 2165.63 + 2.2$$

$$PCV = 2167.83 \text{ m}$$

✚ Elevación de PTV

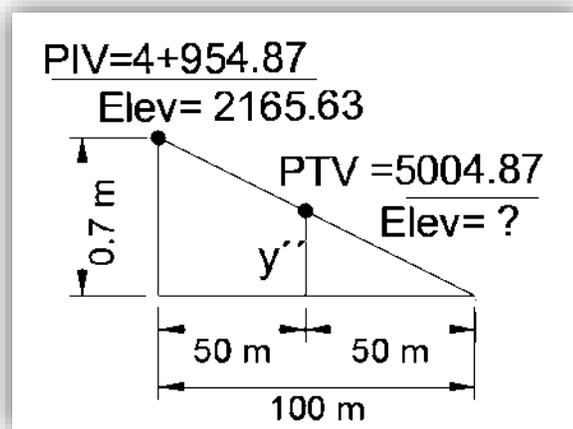


Figura 39. TRIANGULOS SEMEJANTES PARA OBTENER ELEV. DE PTV.

$$100 \text{ m} \longrightarrow 0.7$$

$$50 \text{ m} \longrightarrow y''$$

$$y'' = \frac{(50)(0.7)}{100}$$

$$y'' = 0.35 \text{ m}$$



Con esto se sabe que PTV se encuentra 0.35 m por debajo de la elevación de PIV, con esto se deduce lo siguiente:

$$PTV = PIV - y''$$

$$PTV = 2165.63 - 0.35$$

$$PTV = 2165.28 \text{ m.}$$

Con las elevaciones que fueron calculadas se llega a lo siguiente.

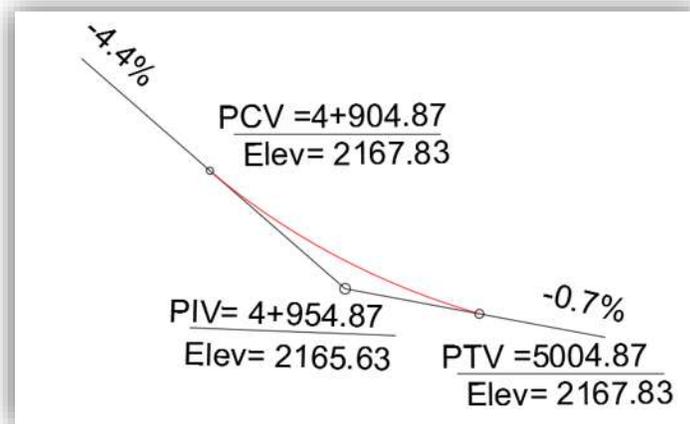


Figura 40. CURVA VERTICAL 3 CON CADENAMIENTOS Y ELEVACIONES.

🚦 Determinación de las elevaciones de los puntos sobre la curva vertical.

Usando la formula correspondiente para realizar el cálculo se obtiene lo siguiente:

$$Z_x = Z_0 + \left[P_1 - \frac{A(x)}{2L} \right] (x)$$

Donde:

Z_x =Elevación buscada.

Z_0 = Elevacion del PVC.

P_1 = Pendiente de entrada (representada en decimales).

A = Diferencia algebraica de las pendientes (representada en decimales).

X = Distancia del punto buscado (medida desde el PVC).

L = Longitud de la curva.



- Para $Z_{15.13}$

$$Z_{15.13} = 2167.87 + \left[(-0.044) - \frac{-0.037(15.13)}{2(100)} \right] (15.13)$$

$$Z_{15.13} = 2167.21 \text{ m}$$

- Para $Z_{35.13}$

$$Z_{35.13} = 2167.87 + \left[(-0.044) - \frac{-0.037(35.13)}{2(100)} \right] (35.13)$$

$$Z_{35.13} = 2166.51 \text{ m}$$

- Para Z_{50}

$$Z_{50} = 2167.87 + \left[(-0.044) - \frac{-0.037(50)}{2(100)} \right] (50)$$

$$Z_{50} = 2166.09 \text{ m}$$

- Para $Z_{55.13}$

$$Z_{55.13} = 2167.87 + \left[(-0.044) - \frac{-0.037(55.13)}{2(100)} \right] (55.13)$$

$$Z_{55.13} = 2165.97 \text{ m}$$

- Para $Z_{75.13}$

$$Z_{75.13} = 2167.87 + \left[(-0.044) - \frac{-0.037(75.13)}{2(100)} \right] (75.13)$$

$$Z_{75.13} = 2165.57 \text{ m}$$

- Para $Z_{95.13}$

$$Z_{95.13} = 2167.87 + \left[(-0.044) - \frac{-0.037(95.13)}{2(100)} \right] (95.13)$$

$$Z_{95.13} = 2165.32 \text{ m}$$



- Para Z_{100}

$$Z_{100} = 2167.87 + \left[(-0.044) - \frac{-0.037(100)}{2(100)} \right] (100)$$

$$Z_{100} = 2165.28 \text{ m}$$

Tabla 13. ELEVACIONES DE LOS PUNTOS SOBRE LA CURVA VERTICAL 3.

CADENAMIENTO	Distanc. X	ELEVACION
PCV=4904.87		2167.83
4920	15.13	2167.21
4940	35.13	2166.51
PIV=4954.87	50	2166.09
4960	55.13	2165.97
4980	75.13	2165.57
5000	95.13	2165.32
PTV=5004.87	100	2165.28

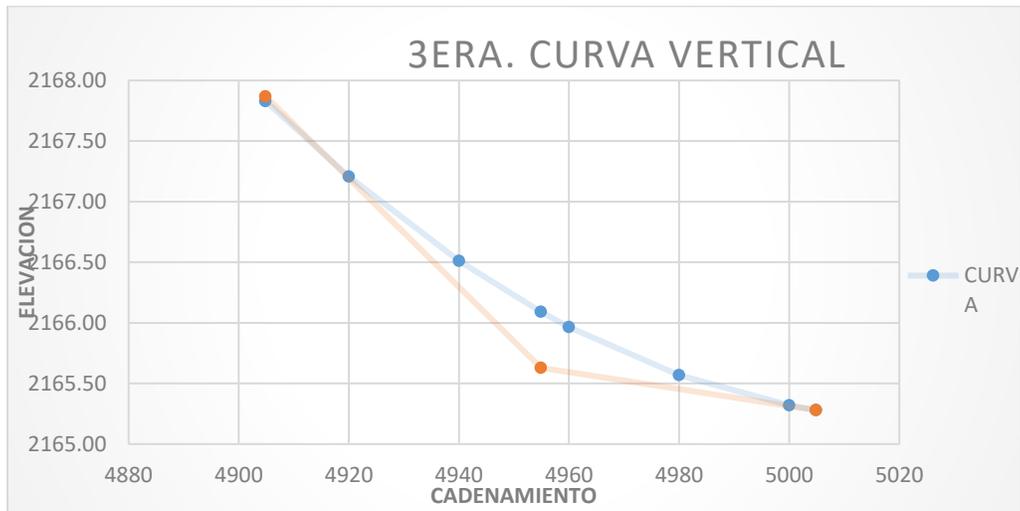


Figura 41. CURVA VERTICAL Y PERFIL DEL EJEMPLO 3.

Para mejor apreciación de la curva vertical ubicado su PIV en el cadenamiento 1+696.25, utilizar el plano de Planta y Perfil anexos.



5.-SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

La Sección Transversal de un camino en un punto cualquiera es un corte vertical perpendicular al eje del camino. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente.

Cuando además se representan las pendientes transversales y las diferentes capas del pavimento, se le llama Sección Transversal de Construcción.

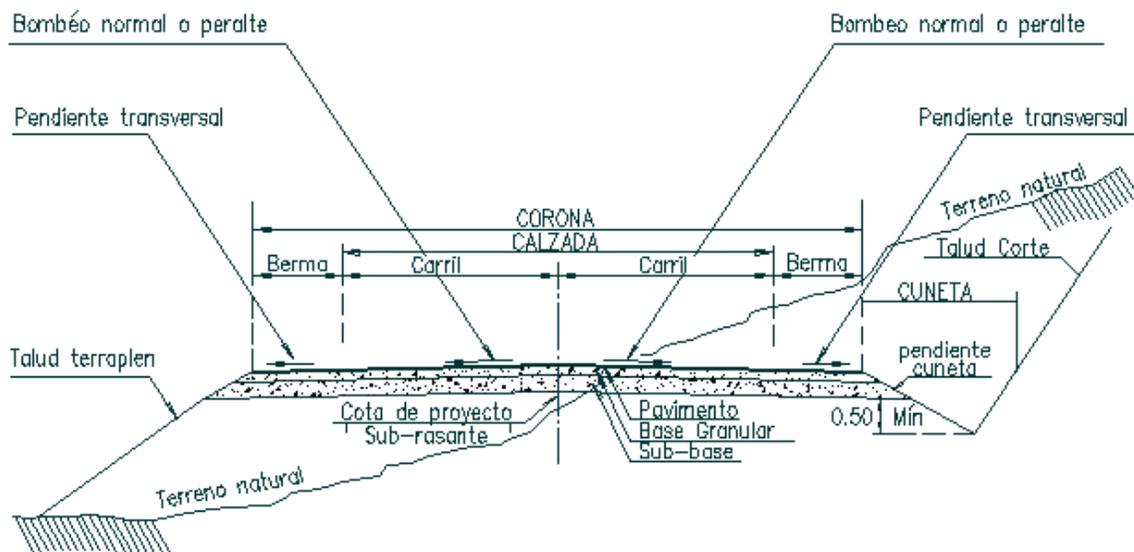


Figura 42. ELEMENTOS PRINCIPALES QUE FORMAN LAS SECCIONES DE CONSTRUCCION.

Elementos que conforman la sección transversal.

- Corona.

Es la superficie del camino terminado que está comprendida entre los hombros del camino; los elementos que la definen son: la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

- Rasante

Es la línea o pendiente longitudinal que se traza en el perfil de construcción y que representa el desarrollo del eje del camino. En la sección transversal es un punto con la elevación de la carpeta.



- **Pendiente transversal.**

Es la pendiente de la corona perpendicular al eje del camino y se representan 3 casos, Bombeo, Sobreelevación y Transición de bombeo a la sobreelevación.

- **Bombeo.**

Es la pendiente que se da a los carriles y acotamientos para eliminar el agua de la corona en un tramo en tangente su valor es de -2%.

- **Sobreelevación.**

Es la pendiente que se le da a la corona en tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de fuerza centrífuga. Su valor es mayor que el bombeo siendo la máxima de 12%, en el lado interior de la curva tiene signo negativo y en el lado exterior positivo.

- **Transición de bombeo a la sobreelevación.**

Al pasar de una sección en tangente a otra en curva se requiere cambiar el bombeo de la corona a la sobreelevación en forma gradual, por lo tanto, se calculan los kilometrajes de los puntos de control para también obtener el valor intermedio de la sobreelevación y la ampliación hasta que el inicio de la curva (PC) y después de finalizar esta (PT) esta información se entrega al topógrafo y al supervisor para cuidar las elevaciones y las distancias en esa zona de transición.

- **Calzada.**

Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles. El ancho de la calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización en el alineamiento horizontal.

En secciones en tangente el ancho de carril varia de 3.05 a 3.65 m y normalmente son 2, 4 o 6 por sentido; el ancho de carril más común es de 3.5 metros y determina el volumen y nivel de operación o de servicio del camino o vialidad.

- **Acotamiento.**

Son espacios contiguos a la calzada, comprendidos entre la orilla de la carpeta y los hombros del camino, su ancho depende del volumen de tránsito y del nivel de servicio que se requiera y varia de 0.50 m a 3 m; solo llevan un revestimiento de material asfáltico.

Sus ventajas son las siguientes:



- 1) Dan seguridad al usuario al contar con un ancho adicional fuera de la calzada y sirve para eludir accidentes o reducir su severidad.
- 2) Protegen contra la humedad y posibles erosiones a la calzada.
- 3) Facilitan los trabajos de conservación.
- 4) Mejoran la visibilidad en tramos de curva
- 5) En caso de accidentes, averías mecánicas o emergencias pueden usarse como estacionamientos temporales.

- Sub-Corona.

Es la parte superior de las terracerías sobre la cual se apoyarán las capas del pavimento.

Se entiende por terracerías el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la sub-corona, queda definida por los espesores de corte y terraplén en cada estación del camino y que se calcula en el perfil de construcción.

Los puntos del perfil donde el terreno natural tiene la misma elevación sub-rasante no existen espesores de corte y terraplén, se les llama puntos de paso.

Se entiende por pavimento a las capas de material seleccionado y/o tratado comprendidos entre la sub-corona y la corona que tienen como objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos que se transmitan a las terracerías causen deformaciones mínimas.

Las capas de pavimento más usuales son: Carpeta, Base, Sub-Base, Sub-rasante y Filtro, su espesor se incrementa de arriba hacia abajo.

Elementos que definen la Sub-corona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino:

- a) Sub-rasante.

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub-corona y sirve para determinar los espesores de corte y terraplén.

- b) Pendiente Transversal.

Puede ser el bombeo o la sobre elevación y siempre será la misma que la sub-corona.

- c) Ancho.

Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intercepción de la sub-corona con los taludes de terraplén, cuneta o corte, siempre se incluirá un sobre-ancho o ensanche que sirve para la compactación de las terracerías y posteriormente de las capas del pavimento.



- Talud.

Es talud es la inclinación del pavimento de los cortes o de los terraplenes expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente.

Se le llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

En terraplenes dado el control que se tiene en la extracción, colocación, compactación del material que formará el terraplén el talud empleado siempre será 1,5:1.

En cortes debido a la gran variedad de materiales, es indispensable hacer un estudio geotécnico para dar el talud adecuado, por ejemplo:

1. Granito sano masivo o en bloque, talud 0.25:1.
2. Granito fracturado y medianamente alterado, talud 0.25:1.
3. Dioritas, Riolitas, Andesitas fracturadas en grandes bloques, talud 0.25:1.
4. Basalto triturado y sano, talud 0.25:1.
5. Tobas (canteras), lutitas, talud 0.5:1.
6. Limos, arcilla, talud 1:1.
7. Areniscas, conglomerados, calizas y pizarras, talud 0.75:1.

Estos taludes son recomendables para alturas menores o iguales a 8 metros de altura.

Partes complementarias de la sección transversal.

Son aquellos elementos de la sección transversal que se construyen sobre ella o junto a ella para mejorar la operación y conservación del camino, entre ellos tenemos.

- Guarniciones y Bordillos.

Las guarniciones son los elementos prácticamente enterrados, generalmente de concreto hidráulico que se emplean para limitar banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento.

El tipo y la ubicación de las guarniciones influye en las reacciones del conductor y por lo tanto en la seguridad y la utilidad del camino.

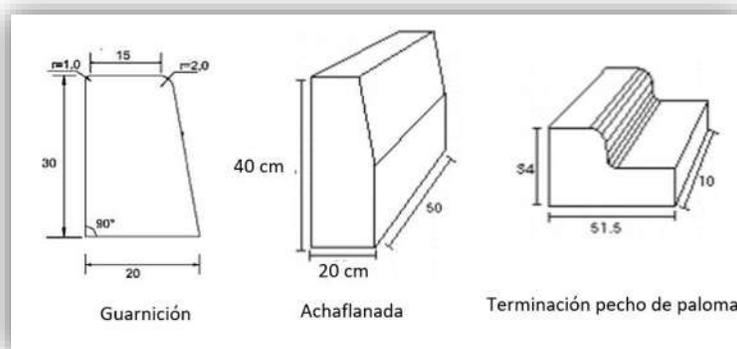


Figura 45. GUARNICIONES Y BORDILLOS.



- **Guarniciones Achaflanadas.**

Las guarniciones achaflanadas se emplean principalmente en zonas rurales y las verticales en zonas urbanas; deben de ser visibles por lo cual se pintarán en blanco, rojo o amarillo con pintura reflejante y con alta resistencia al desgaste.

- **Bordillos.**

Son elementos de concreto asfáltico o hidráulico que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros del terraplén con la finalidad de encausar el agua que escurre por la corona para que no erosione el talud.

El caudal recogido por el bordillo se descarga en laderas, alcantarillas, cajas rompedoras de presión en la mayoría de los casos, la longitud de los bordillos será estudiada en cada caso de manera particular.

- **Banquetas.**

Son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas en un nivel superior al de la corona y a un o ambos lados de ella.

En zonas urbanas y suburbanas la banqueta es parte integral de la calle; en caminos solo son necesarias en los puentes y en muchas ocasiones además del parapeto requieren un barandal para protección de peatones y animales.

- **Fajas separadoras y camellones.**

Se utilizan para dividir los carriles de tránsito; el ancho mínimo de ellas es de 1.20 metros y el ancho máximo dependerá de las necesidades del tránsito y del costo del derecho de vía. En ocasiones se coloca vegetación para evitar el deslumbramiento de los usuarios, o pueden servir como barrera en los lugares donde el viento tiene gran velocidad.

El agua es el elemento que más problemas causa en los caminos por que disminuye la resistencia de los suelos presentándose fallas en los cortes, terraplenes y superficies de rodamiento, un buen drenaje es considerado como el alma del camino.

El drenaje artificial es el conjunto de obras que sirve para captar, conducir y alejar el agua del camino.

Cuando se construye un camino siempre se corta o desvía el escurrimiento natural por las obras que se realizan como la formación de terraplenes, el cambio de uso de suelo por los cortes y, por lo tanto, las cuencas hidrológicas disminuyen o se incrementan, por lo tanto, existen diferentes métodos para calcular el nuevo gasto y su velocidad y así proyectar las obras de drenaje con capacidad suficiente y con pendiente adecuada para disminuir la erosión.

Para tener los datos adecuados para el proyecto de obras de drenaje se requiere realizar un estudio topo-hidráulico y otro de mecánica de suelos en los lugares donde se valla a construir una obra de drenaje mayor.



Tipo de secciones de construcción que se pueden encontrar en el proyecto.

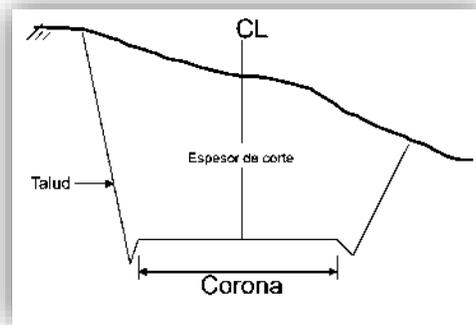


Figura 46. SECCION TIPO CORTE.

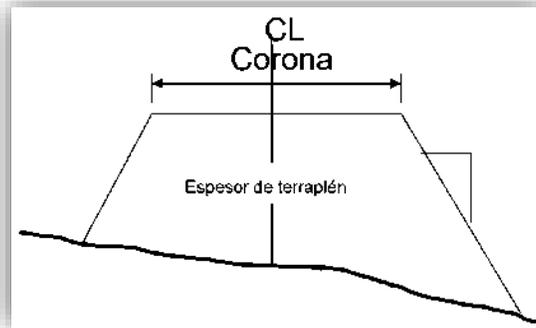


Figura 47. SECCION TIPO TERRAPLEN.

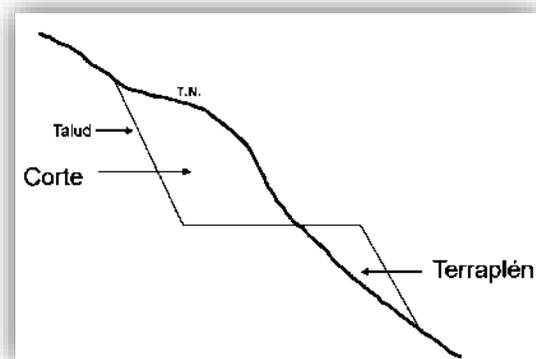


Figura 48. SECCION TIPO MIXTA.



6.-CURVA MASA (MOVIMIENTO DE TIERRAS).

La ordenada de la curva masa en una estación determinada es la suma algebraica de los volúmenes de terraplén y de corte, estos últimos afectados por su coeficiente de variabilidad volumétrica, considerados los volúmenes desde un origen hasta esa estación; se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén son negativos.

Es una gráfica dibujada en ejes cartesianos donde las ordenadas representan volúmenes acumulados de excavación o relleno (terracería) y las abscisas los cadenamientos de un camino.

La curva masa permite determinar todos los movimientos de cortes y terracerías y establecer el esquema más eficiente, al cual corresponden los costos mínimos. El único impedimento para compensar rellenos y excavaciones será la calidad de los materiales.

Objetivos de la curva masa.

- Aprovechar el material de excavación para construir terraplén. logrando una compensación total sin que exista sobrante o faltante de material.
- Aprovechar al máximo los cortes para compensar los terraplenes con las menores distancias posibles de transporte y reducir al mínimo los desperdicios provenientes de los cortes y los préstamos de material para construir los terraplenes.
- Obtener la mejor forma de distribuir el material para minimizar el transporte, desperdicio y préstamo.

Procedimiento para elaborar la curva masa.

- Se proyecta la subrasante sobre el dibujo del perfil del terreno.
- Se determina en cada estación o en los puntos que lo ameriten, espesores de corte o terraplén.
- Se dibujan las secciones transversales topográficas (secciones de construcción) con los taludes escogidos según el tipo de material.
- Se calculan las áreas transversales del camino por cualquiera de los métodos conocidos.
- Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes según el tipo de material escogido. Afectar por un coeficiente de variabilidad volumétrica o también conocido como factor de abundamiento. Para obtener el volumen real que será acarreado.
- Se dibuja la curva masa con los datos anteriores.



Propiedades de la curva masa.

- La curva crece cuando pasa por un corte y la curva tendera a decrecer cuando pase por un terraplén.
- Cualquier línea horizontal (compensable) que atraviesa la curva masa marcara 2 puntos entre los cuales hay compensación de volumen, es decir, el volumen de corte es igual al de terraplén.
- La diferencia de ordenadas entre 2 puntos representa el volumen de terracerías. Dentro de la distancia comprendida entre esos puntos.
- Cuando la curva masa esta sobre la línea compensadora, el acarreo de material será hacia delante y si la curva queda por debajo de la curva masa el acarreo será hacia atrás.



Calculo de la Curva Masa.

1.-Tabla.

Tabla 14. TABLA PARA CALCULO DE CURVA MASA.

COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA= 10,000					AREAS A1 + A2 (m2)				SEMI-DISTANCIA	VOLUMENES				VOLUMENES ABUNDADOS		OCM
CADENAMIENTO	ELEVACIONES		ESPESORES		C	I	C	I		C	I	Factor de abundamiento en corte	Factor de abundamiento en terraplén	C	I	
	TN	SUBRASANTE	C	T												
0+000																
0+020																
0+040																
0+060																
0+080																
0+100																

Para llevar un orden adecuado se realiza una tabla donde se harán los cálculos correspondientes para cada una de las columnas, dicha tabla deberá contener los títulos ya mostrados, los cuales son:

1. Cadenamiento.
2. Elevaciones en corte y terraplén.
3. Espesores en corte y terraplén.
4. Áreas en corte y terraplén.
5. La suma de áreas (A_1+A_2).
6. Semidistancia.
7. Volúmenes en corte y terraplén.
8. Factores de abundamiento en corte y terraplén.
9. Volúmenes Abundados (Afectados con el Factor de Abundamiento).
10. OCM (Ordenada de la Curva Masa).

2.-Datos del proyecto.

Tabla 15. ANOTACIÓN DE DATOS DEL PROYECTO.

COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA= 10,000					AREAS	
CADENAMIENTO	ELEVACIONES		ESPESORES		C	I
	TN	SUBRASANTE	C	T		
1+800.000	2015.320	2015.512	0.00	0.19	4.22	4.06
1+820.000	2016.390	2016.853	0.00	0.46	2.76	3.33
1+840.000	2017.617	2018.195	0.00	0.58	2.75	3.47
1+860.000	2018.998	2019.537	0.00	0.54	2.60	3.53
1+880.000	2020.517	2020.878	0.00	0.36	3.34	4.27
1+900.000	2021.561	2022.220	0.00	0.66	2.08	4.31
1+920.000	2022.953	2023.562	0.00	0.61	2.23	5.25
1+940.000	2024.571	2024.903	0.00	0.33	3.65	2.74
1+960.000	2026.202	2026.245	0.00	0.04	5.36	0.13
1+980.000	2027.619	2027.587	0.03	0.00	7.36	0.01
2+000.000	2029.122	2028.928	0.19	0.00	8.36	0.02



Como primer paso se realiza la anotación de los datos ya conocidos por el proyecto.

En la primera columna se requiere colocar los cadenamientos del tramo carretero en estudio del cual se calculará el movimiento de tierras, es recomendable que el cadenamiento sea a cada 20 metros, esto varía con respecto a las características del proyecto, el ejemplo a modo representativo se efectuara en el carril izquierdo del tramo 1+800 al 2+000.

La elevación y espesor son datos que se obtendrán a partir del plano del perfil donde se proporcionan todas las elevaciones a nivel T.N. y nivel Sub-rasante, de igual forma los espesores de todos los cadenamientos.

Las áreas son datos que se obtiene a base de los cálculos de las secciones de construcción en ellas todas las áreas requeridas para realizar el cálculo de movimiento de tierras.

3.-(A1+A2)

Tabla 16. CALCULO DE (A1+A2) EN CORTE Y TERRAPLEN.

COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA= 10,000					AREAS		A1 + A2 (m2)	
CADENAMIENTO	ELEVACIONES		ESPEORES		C	I	C	I
	TN	SUBRASANTE	C	T				
1+800.000	2015.320	2015.512	0.00	0.19	4.22	4.06		
1+820.000	2016.390	2016.853	0.00	0.46	2.76	3.33	6.98	7.39
1+840.000	2017.617	2018.195	0.00	0.58	2.75	3.47	5.51	6.80
1+860.000	2018.998	2019.537	0.00	0.54	2.60	3.53	5.35	7.00
1+880.000	2020.517	2020.878	0.00	0.36	3.34	4.27	5.94	7.80
1+900.000	2021.561	2022.220	0.00	0.66	2.08	4.31	5.42	8.58
1+920.000	2022.953	2023.562	0.00	0.61	2.23	5.25	4.31	9.56
1+940.000	2024.571	2024.903	0.00	0.33	3.65	2.74	5.88	7.99
1+960.000	2026.202	2026.245	0.00	0.04	5.36	0.13	9.01	2.87
1+980.000	2027.619	2027.587	0.03	0.00	7.36	0.01	12.72	0.14
2+000.000	2029.122	2028.928	0.19	0.00	8.36	0.02	15.72	0.03

El cálculo de (A₁+A₂) es la suma algebraica de las áreas una con otra respectivamente, usando las áreas en corte se realizarán los siguientes ejemplos:

- 1.- $4.22 + 2.76 = 6.98 \text{ m}^2$.
- 2.- $2.76 + 2.75 = 5.51 \text{ m}^2$.
- 3.- $2.75 + 2.60 = 5.35 \text{ m}^2$.
- 4.- $2.60 + 3.34 = 5.94 \text{ m}^2$.
- 5.- $3.34 + 2.08 = 5.42 \text{ m}^2$.



6.- $2.08 + 2.23 = 4.31 \text{ m}^2$.

7.- $2.23 + 3.65 = 5.88 \text{ m}^2$.

8.- $3.65 + 5.36 = 9.01 \text{ m}^2$.

9.- $5.36 + 7.36 = 12.72 \text{ m}^2$.

10.- $7.36 + 8.36 = 15.72 \text{ m}^2$.

Para las áreas en terraplén se realiza el mismo procedimiento.

4.-Semidistancia.

Tabla 17. CALCULO DE LA SEMIDISTANCIA.

COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA= 10,000					AREAS		A1 + A2 (m2)		SEMI-DISTANCIA
CADENAMIENTO	ELEVACIONES		ESPESORES		C	I	C	I	
	TN	SUBRASANTE	C	T					
1+800.000	2015.320	2015.512	0.00	0.19	4.22	4.06			
1+820.000	2016.390	2016.853	0.00	0.46	2.76	3.33	6.98	7.39	10.00
1+840.000	2017.617	2018.195	0.00	0.58	2.75	3.47	5.51	6.80	10.00
1+860.000	2018.998	2019.537	0.00	0.54	2.60	3.53	5.35	7.00	10.00
1+880.000	2020.517	2020.878	0.00	0.36	3.34	4.27	5.94	7.80	10.00
1+900.000	2021.561	2022.220	0.00	0.66	2.08	4.31	5.42	8.58	10.00
1+920.000	2022.953	2023.562	0.00	0.61	2.23	5.25	4.31	9.56	10.00
1+940.000	2024.571	2024.903	0.00	0.33	3.65	2.74	5.88	7.99	10.00
1+960.000	2026.202	2026.245	0.00	0.04	5.36	0.13	9.01	2.87	10.00
1+980.000	2027.619	2027.587	0.03	0.00	7.36	0.01	12.72	0.14	10.00
2+000.000	2029.122	2028.928	0.19	0.00	8.36	0.02	15.72	0.03	10.00

La semidistancia está determinada como la longitud que hay entre los cadenamientos dividida entre 2. Para este caso todos los cadenamientos están a una distancia de 20 metros por ello todas las semidistancias serán de 10 metros, pero esto no siempre es así.

Ejemplo:

Del cadenamiento 1+800 al 1+820, se tienen 20 metros de distancia.

$$\frac{20}{2} = 10 \text{ metros.}$$



5.-Volumen de corte y terraplén.

Tabla 18. CALCULO DE LOS VOLUMENES EN CORTE Y TERRAPLEN.

COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA= 10,000					AREAS		A1 + A2 (m2)		SEMI-DISTANCIA	VOLUMENES	
CADENAMIENTO	ELEVACIONES		ESPESORES		C	I	C	I		C	I
	TN	SUBRASANTE	C	T							
1+800.000	2015.320	2015.512	0.00	0.19	4.22	4.06					
1+820.000	2016.390	2016.853	0.00	0.46	2.76	3.33	6.98	7.39	10.00	69.80	73.90
1+840.000	2017.617	2018.195	0.00	0.58	2.75	3.47	5.51	6.80	10.00	55.10	68.00
1+860.000	2018.998	2019.537	0.00	0.54	2.60	3.53	5.35	7.00	10.00	53.50	70.00
1+880.000	2020.517	2020.878	0.00	0.36	3.34	4.27	5.94	7.80	10.00	59.40	78.00
1+900.000	2021.561	2022.220	0.00	0.66	2.08	4.31	5.42	8.58	10.00	54.20	85.80
1+920.000	2022.953	2023.562	0.00	0.61	2.23	5.25	4.31	9.56	10.00	43.10	95.60
1+940.000	2024.571	2024.903	0.00	0.33	3.65	2.74	5.88	7.99	10.00	58.80	79.90
1+960.000	2026.202	2026.245	0.00	0.04	5.36	0.13	9.01	2.87	10.00	90.10	28.70
1+980.000	2027.619	2027.587	0.03	0.00	7.36	0.01	12.72	0.14	10.00	127.20	1.40
2+000.000	2029.122	2028.928	0.19	0.00	8.36	0.02	15.72	0.03	10.00	157.20	0.30

Para determinar los volúmenes de corte y terraplén basta con multiplicar la suma de las áreas por la semidistancia respectivamente de cada uno.

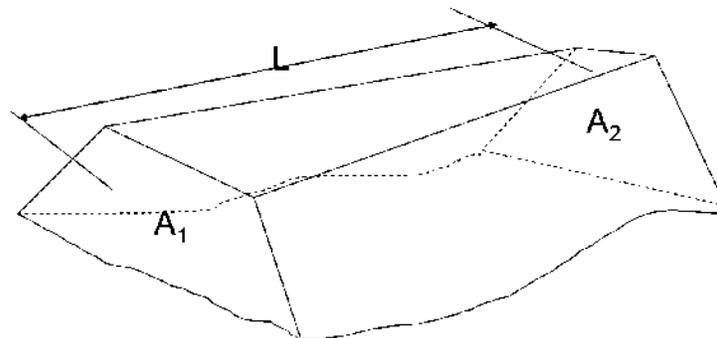


Figura 49. SUMA DE SECCIONES EN CORTE O TERRAPLEN.

$$Vol = \frac{A_1 + A_2}{\frac{L}{2}}$$

Donde:

A1 = Área 1.

A2 = Área 2.

$\frac{L}{2}$ = Es la semidistancia comprendida entre las dos áreas.



Ejemplos en corte:

- 1.- $6.98 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 69.8 \text{ m}^3$.
- 2.- $5.51 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 55.1 \text{ m}^3$.
- 3.- $5.35 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 53.5 \text{ m}^3$.
- 4.- $5.94 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 59.4 \text{ m}^3$.
- 5.- $5.42 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 54.2 \text{ m}^3$.
- 6.- $4.31 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 43.1 \text{ m}^3$.
- 7.- $5.88 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 58.8 \text{ m}^3$.
- 8.- $9.01 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 90.1 \text{ m}^3$.
- 9.- $12.72 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 127.2 \text{ m}^3$.
- 10.- $15.72 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m.} = 157.2 \text{ m}^3$

6.-Factor de abundamiento en corte y terraplén.

Tabla 19. FACTOR DE ABUNDAMIENTO EN CORTE O TERRAPLEN.

CADENAMIENTO	COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA= 10,000				AREAS		A1 + A2 (m2)		SEMI-DISTANCIA	VOLUMENES		Factor de abundamiento en corte	Factor de abundamiento en terraplen
	ELEVACIONES		ESPESORES		C	I	C	I		C	I		
	TN	SUBRASANTE	C	T									
1+800.000	2015.320	2015.512	0.00	0.19	4.22	4.06							
1+820.000	2016.390	2016.853	0.00	0.46	2.76	3.33	6.98	7.39	10.00	69.80	73.90	1.00	1.00
1+840.000	2017.617	2018.195	0.00	0.58	2.75	3.47	5.51	6.80	10.00	55.10	68.00	1.00	1.00
1+860.000	2018.998	2019.537	0.00	0.54	2.60	3.53	5.35	7.00	10.00	53.50	70.00	1.00	1.00
1+880.000	2020.517	2020.878	0.00	0.36	3.34	4.27	5.94	7.80	10.00	59.40	78.00	1.00	1.00
1+900.000	2021.561	2022.220	0.00	0.66	2.08	4.31	5.42	8.58	10.00	54.20	85.80	1.00	1.00
1+920.000	2022.953	2023.562	0.00	0.61	2.23	5.25	4.31	9.56	10.00	43.10	95.60	1.00	1.00
1+940.000	2024.571	2024.903	0.00	0.33	3.65	2.74	5.88	7.99	10.00	58.80	79.90	1.00	1.00
1+960.000	2026.202	2026.245	0.00	0.04	5.36	0.13	9.01	2.87	10.00	90.10	28.70	1.00	1.00
1+980.000	2027.619	2027.587	0.03	0.00	7.36	0.01	12.72	0.14	10.00	127.20	1.40	1.00	1.00
2+000.000	2029.122	2028.928	0.19	0.00	8.36	0.02	15.72	0.03	10.00	157.20	0.30	1.00	1.00

El factor de abundamiento o Coeficiente de Variación Volumétrica siempre será de 1. Para cortes dependerá del tipo de material, su valor está comprendido entre 1 y 2, en caso de que se tengan diferentes materiales en una sección de corte se hará un promedio pesado para obtener el coeficiente.

Para el proyecto en curso el coeficiente se considera de 1 tanto en corte como en terraplén, debido al material que se tiene en campo.



7.-Volúmenes con factor de abundamiento.

Tabla 20. CALCULO DE VOLUMENES ALTERADOS POR EL FACTOR DE ABUNDAMIENTO.

CADENAMIENTO	COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA= 10,000				AREAS A1 + A2 (m2)				SEMI-DISTANCIA	VOLUMENES				VOLUMENES ABUNDADOS	
	ELEVACIONES		ESPEORES		C	I	C	I		C	I	Factor de abundamiento en corte	Factor de abundamiento en terraplen	C	I
	TN	SUBRASANTE	C	T											
1+800.000	2015.320	2015.512	0.00	0.19	4.22	4.06									
1+820.000	2016.390	2016.853	0.00	0.46	2.76	3.33	6.98	7.39	10.00	69.80	73.90	1.00	1.00	69.80	73.90
1+840.000	2017.617	2018.195	0.00	0.58	2.75	3.47	5.51	6.80	10.00	55.10	68.00	1.00	1.00	55.10	68.00
1+860.000	2018.998	2019.537	0.00	0.54	2.60	3.53	5.35	7.00	10.00	53.50	70.00	1.00	1.00	53.50	70.00
1+880.000	2020.517	2020.878	0.00	0.36	3.34	4.27	5.94	7.80	10.00	59.40	78.00	1.00	1.00	59.40	78.00
1+900.000	2021.561	2022.220	0.00	0.66	2.08	4.31	5.42	8.58	10.00	54.20	85.80	1.00	1.00	54.20	85.80
1+920.000	2022.953	2023.562	0.00	0.61	2.23	5.25	4.31	9.56	10.00	43.10	95.60	1.00	1.00	43.10	95.60
1+940.000	2024.571	2024.903	0.00	0.33	3.65	2.74	5.88	7.99	10.00	58.80	79.90	1.00	1.00	58.80	79.90
1+960.000	2026.202	2026.245	0.00	0.04	5.36	0.13	9.01	2.87	10.00	90.10	28.70	1.00	1.00	90.10	28.70
1+980.000	2027.619	2027.587	0.03	0.00	7.36	0.01	12.72	0.14	10.00	127.20	1.40	1.00	1.00	127.20	1.40
2+000.000	2029.122	2028.928	0.19	0.00	8.36	0.02	15.72	0.03	10.00	157.20	0.30	1.00	1.00	157.20	0.30

Para determinar los volúmenes abundados solo basta con multiplicar el factor de variación volumétrica con los volúmenes anteriores.

Para este caso los volúmenes se conservan igual puesto a que el factor de abundamiento se tomó de 1 y esto no altera en lo absoluto el resultado.

8.- OCM (Ordenada de la Curva Masa).

Tabla 21. CALCULO DE OCM.

CADENAMIENTO	COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA= 10,000				AREAS A1 + A2 (m2)				SEMI-DISTANCIA	VOLUMENES				VOLUMENES ABUNDADOS		OCM
	ELEVACIONES		ESPEORES		C	I	C	I		C	I	Factor de abundamiento en corte	Factor de abundamiento en terraplen	C	I	
	TN	SUBRASANTE	C	T												
1+800.000	2015.320	2015.512	0.00	0.19	4.22	4.06										10000.00
1+820.000	2016.390	2016.853	0.00	0.46	2.76	3.33	6.98	7.39	10.00	69.80	73.90	1.00	1.00	69.80	73.90	9995.90
1+840.000	2017.617	2018.195	0.00	0.58	2.75	3.47	5.51	6.80	10.00	55.10	68.00	1.00	1.00	55.10	68.00	9983.00
1+860.000	2018.998	2019.537	0.00	0.54	2.60	3.53	5.35	7.00	10.00	53.50	70.00	1.00	1.00	53.50	70.00	9966.50
1+880.000	2020.517	2020.878	0.00	0.36	3.34	4.27	5.94	7.80	10.00	59.40	78.00	1.00	1.00	59.40	78.00	9947.90
1+900.000	2021.561	2022.220	0.00	0.66	2.08	4.31	5.42	8.58	10.00	54.20	85.80	1.00	1.00	54.20	85.80	9916.30
1+920.000	2022.953	2023.562	0.00	0.61	2.23	5.25	4.31	9.56	10.00	43.10	95.60	1.00	1.00	43.10	95.60	9863.80
1+940.000	2024.571	2024.903	0.00	0.33	3.65	2.74	5.88	7.99	10.00	58.80	79.90	1.00	1.00	58.80	79.90	9842.70
1+960.000	2026.202	2026.245	0.00	0.04	5.36	0.13	9.01	2.87	10.00	90.10	28.70	1.00	1.00	90.10	28.70	9804.10
1+980.000	2027.619	2027.587	0.03	0.00	7.36	0.01	12.72	0.14	10.00	127.20	1.40	1.00	1.00	127.20	1.40	10029.90
2+000.000	2029.122	2028.928	0.19	0.00	8.36	0.02	15.72	0.03	10.00	157.20	0.30	1.00	1.00	157.20	0.30	10186.80

Las elevaciones de OCM se obtendrán a partir de una coordenada inicial de 10,000. Partiremos de 10,000 de ahí se le sumaran los valores cortantes y se restaran los valores de terraplén de forma acumulativa.



Inicio= **10,000.**

1.- **10000 + 69.8 – 73.90 = 9,995.90**

2.- **9,995.90 + 55.10 - 68.00 = 9,983.00**

3.- **9,983.00 + 53.50 - 70.00 = 9,966.50**

4.- **9,966.50 + 59.40 - 78.00 = 9,947.9**

5.- **9,947.9 + 54.20 – 85.80 = 9,916.30**

6.- **9,916.30 + 43.10 - 95.60 = 9,863.80**

7.- **9,863.80 + 58.80 – 79.90 = 9,842.70**

8.- **9,842.70 + 90.10 – 28.70 = 9,904.10**

9.- **9,904.10 + 127.20 – 1.40 = 10,029.90**

10.-**10,029.90 + 157.20 – 0.30 = 10,186.80**

Finalmente se grafican los datos obtenidos para obtener la curva masa, en el eje de las abscisas (x) se graficarán los cadenamientos y en el eje de las ordenadas (y) se graficarán las elevaciones obtenidas anteriormente.

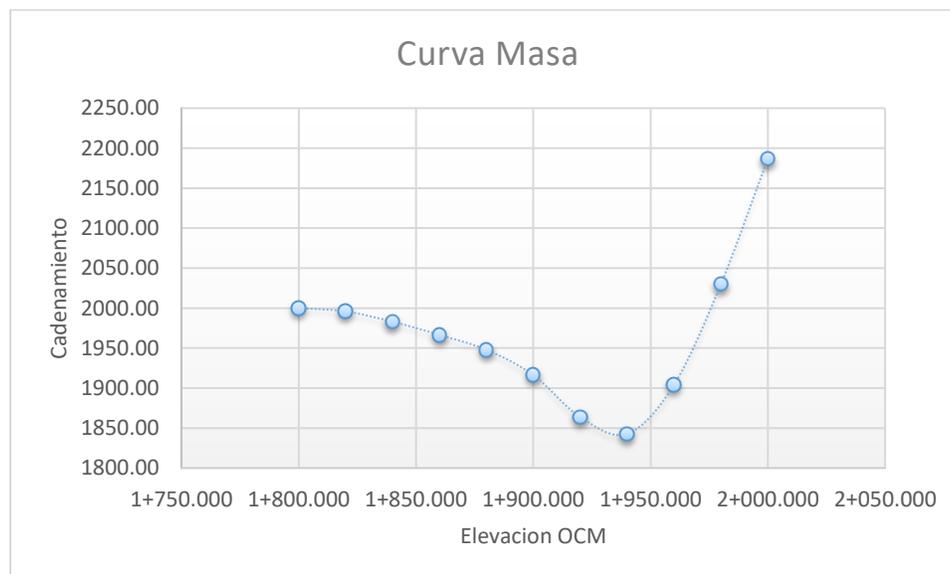


Figura 50. GRAFICA DE CURVA MASA.



En la siguiente grafica se anexa el nivel del terreno natural (T.N.) con la finalidad de apreciar en conjunto el resultado de la curva masa, también la curva masa se bajó su elevación inicial de 10,000 a 2,000 para que quedaran más próximas una con la otra y tener una mayor comparativa.

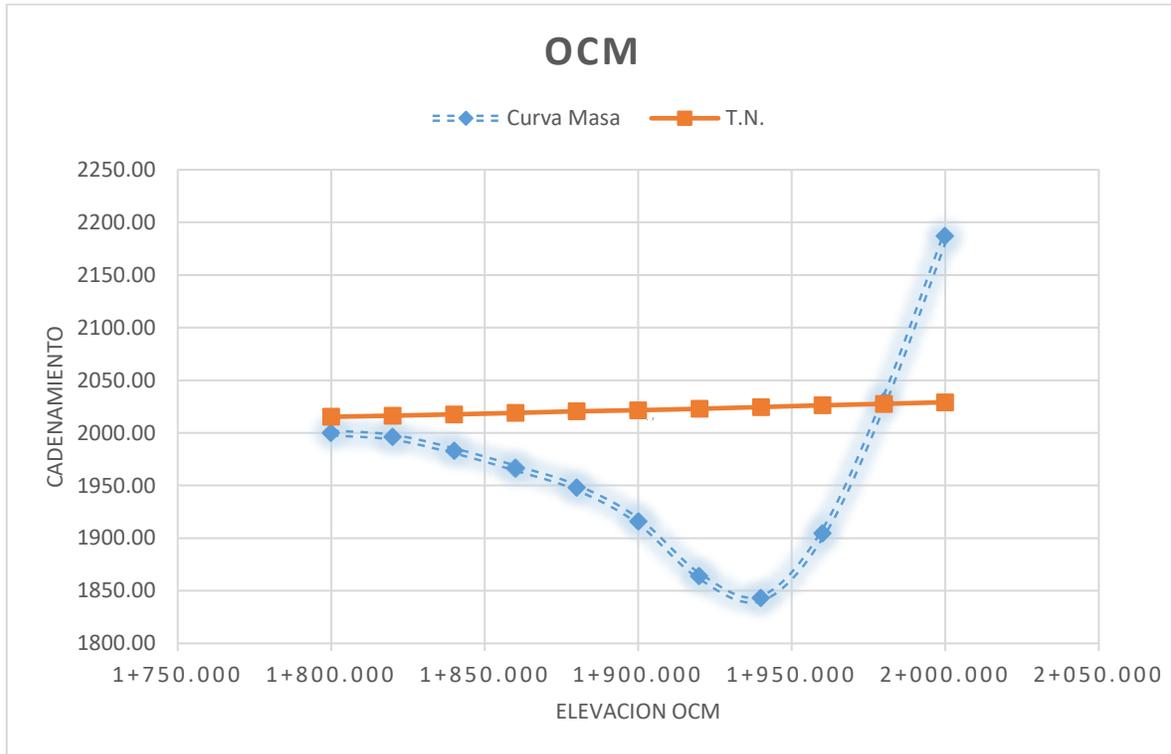


Figura 51. GRAFICA DE CURVA MASA CON EL T.N.



Acarreos.

La SCT es la identidad normativa en cuanto distancias de acarreos, se toma como base el centro de gravedad del corte (generalmente se ubica a la mitad de la distancia) hasta el lugar donde se construirá el terraplén.

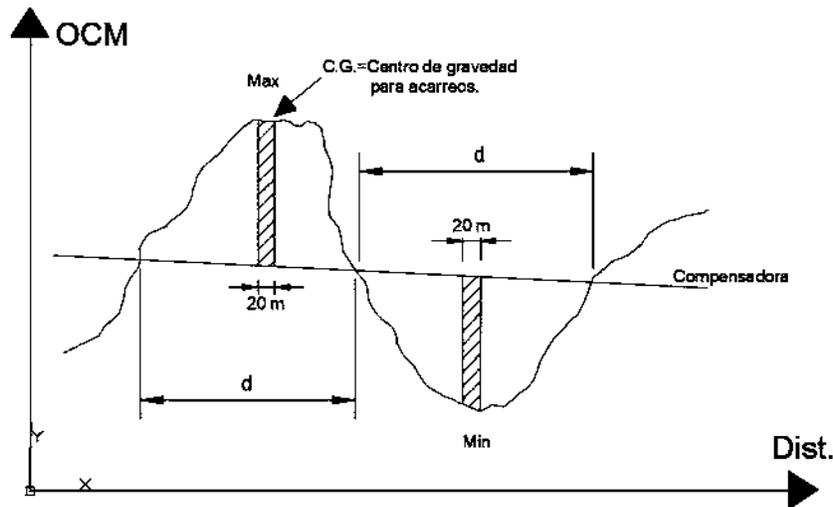


Figura 52. ELEMENTOS QUE INTEGRAN LOS ACARREOS.

Las distancias de acarreos se dividen de la forma siguiente:

- a) Acarreo libre.

Es el que se realiza en los primeros 20 metros (en el centro de gravedad) y no tiene ningún costo.

- b) Sobre-acarreo (m^3 – Estación).

Cuando la distancia entre los centros de gravedad está comprendida de 20 a 100 metros.

- c) Sobre-acarreo (m^3 – Hectómetro).

Cuando la distancia de acarreo está comprendida de 100 a 520 metros.

- d) Sobre-acarreo (m^3 - Km).

Cuando la distancia entre los centros de gravedad excede los 520 metros.

A cada uno de estos acarreos corresponde un precio unitario con excepción de acarreo libre.

En todo movimiento de tierras solo se considera un solo tipo de sobre-acarreo que estará dado por las distancias de los centros de gravedad de los volúmenes de corte y terraplén.



Cuando se tengan bancos de material para formar los terraplenes se considera el mismo tipo de sobre-acarreo para formar los terraplenes. En el caso del transporte de agua para realizar la compactación también se usan los mismos sobre-acarreo.

Cada vez que se realiza una excavación en corte se clasificara el material en 3 categorías (A, B o C), que están en función de la facilidad con que pueda efectuarse la excavación, por ejemplo:

A: Sera el material más suelto.

B: Es el material más consolidado o compactado.

C: Son las rocas.

Este último material tendrá el mayor costo de excavación y se usará maquinaria especializada para su trituración y traslado.

Los bancos de préstamos estarán cercanos a la formación de terraplenes y si no se tienen tomaran el material que quede junto al camino y a esto se le llama préstamo lateral.

En otras ocasiones el material de corte no será el adecuado para formar terraplenes y entonces se llama desperdicio.

Este material se saca del corte y se tira en lugares indicados por la dependencia contratante (bancos de desperdicio), o los vecinos del lugar permitirán tirarlo en zonas que ellos requieran rellenar y no tienen costo de acarreo para ellos.

- Ejemplo de acarreo.



Figura 53. EJEMPLO DE ACARREO.

Datos:

Tramo en corte (Excavación).

Clasificación del material (A=0%, B=30%, C=70%).

Volumen total de material= 1200m³.



❖ Operaciones.

1.- El volumen de material se clasifica.

$$\left. \begin{aligned} A &= 1,200 \text{ m}^3 \times 0.00 = 0 \text{ m}^3. \\ B &= 1,200 \text{ m}^3 \times 0.30 = 360 \text{ m}^3. \\ C &= 1,200 \text{ m}^3 \times 0.70 = 840 \text{ m}^3. \end{aligned} \right\} 1200 \text{ m}^3. = \text{Volumen total} = 1200 \text{ m}^3.$$

Este dato es para el proceso constructivo y programa de obra.

2.- Distancia total de Excavación.

- Distancia total

$$45,860 - 45120 = 740 \text{ m.} \longrightarrow dt = 740 \text{ m.}$$

- Centro de Gravedad.

$$C.G. = \frac{dt}{2}$$

$$C.G. = \frac{740 \text{ m.}}{2}$$

$$C.G. = 370 \text{ m.}$$

- Cadenamiento del Centro de Gravedad.

$$C.G. = 45,860 - 370 = 45,490 \text{ m.} \longrightarrow 45+490.$$

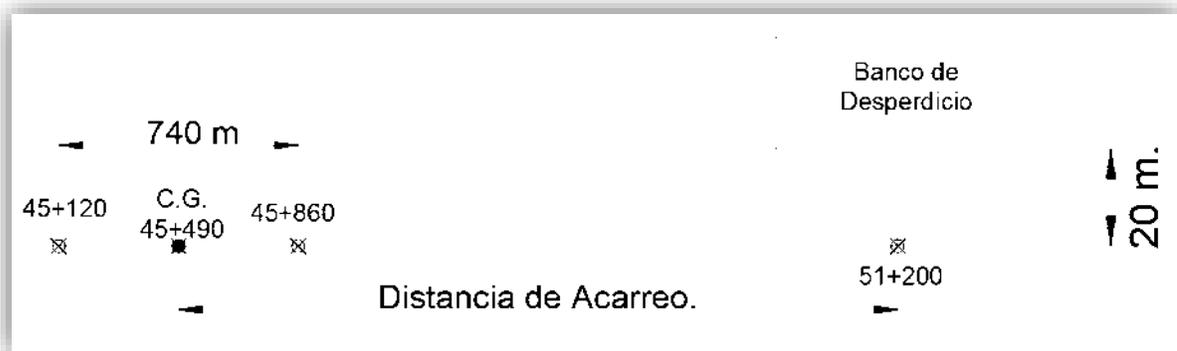


Figura 54. EJEMPLO DE ACARREOS CON DATOS.



- Distancia de acarreo.

$$(51+200) - (\text{C.G.})$$

$$(51+200) - (45+490)$$

$$51,200 - 45,490 = 5,730 \text{ metros.}$$

La distancia de acarreo resulto de 5,730 metros, por lo tanto, se pagará como Sobre-acarreo ($\text{m}^3 - \text{km}$), ($5730 \text{ m} > 520 \text{ m}$).

- Acarreo libre.

$$5,730 - 20 = 5,710 \text{ pagados en } \text{m}^3 - \text{km.}$$

Por presupuesto se redondea a 6,000 metros (6 km) del Centro de Gravedad al Banco de Desperdicio.



CONCLUSIONES

El principal medio de transporte en México es el terrestre, mayormente a través de las carreteras, por lo que su modernización es fundamental para el desarrollo del país.

La ejecución del proyecto brindara beneficios a los ciudadanos como, por ejemplo; una considerable reducción de tiempos en comunicarse de una localidad a otra, acceso a la comercialización e intercambio de bienes entre las 2 ciudades con mayor facilidad, mejoras en servicios básicos existentes y la posibilidad de acceder a nuevos servicios.

El realizar la construcción de una carretera genera beneficios económicos y sociales ya que conecta zonas productivas en el marco industrial, comercial y agrícola de las ciudades conectadas.

Cuando la obra está correctamente planificada produce grandes beneficios en costos de operación de los vehículos, en tiempo y facilidad para el desplazamiento de los usuarios y con ello menos accidentes.



BIBLIOGRAFÍA

- Hudiel, I. S. (Octubre, 2011). *Diseño y Cálculo Geométrico de Viales - Alineamiento Horizontal*. Estelí, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- INAFED. (1 de Marzo de 2014). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. Obtenido de Generalidades del Estado de Querétaro: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM22queretaro/mediofisico.html>
- INAFED. (1 de Marzo de 2014). *Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México*. Obtenido de Generalidades de HUIMILPAN: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM22queretaro/municipios/22008a.html>
- INEGI. (1 de Enero de 2009). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de México en cifras, Querétaro: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=22>
- INEGI. (1 de Enero de 2014). *Cuentame*. Obtenido de Actividades Económicas : <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Queret/Economia/default.aspx?tema=ME&e=22>
- INEGI. (2014). *Encuesta Mensual sobre Empresas Comerciales*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. (1 de enero de 2015). *Cuentame*. Obtenido de Número de Habitantes en Querétaro: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/poblacion/default.aspx?tema=me&e=22>
- INEGI. (1 de Enero de 2015). *Cuentame* . Obtenido de División Municipal de Querétaro: http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=22
- INEGI. (2016). *Conociendo Querétaro*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. (1 de ENERO de 2017). *CUENTAME*. Obtenido de RELIEVE DE QUERETARO : <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=22>
- INEGI. (2017). *INDICADORES DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS*. AGUASCALIENTES: INEGI.
- INEGI. (2017). *INDICADORES DE ESTABLECIMIENTOS*. AGUASCALIENTES: INEGI.
- INEGI. (2017). *INDICADORES DEL SECTOR MANUFACTURERO*. AGUASCALIENTES: INEGI.
- Martinez, A. G. (11 de Julio de 2015). *PARA TODO MÉXICO*. Obtenido de Hidrología del Estado de Querétaro: <http://www.paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-queretaro/hidrologia-queretaro.html>
- SCT. (1984). *Normas De Servicios Tecnicos*. México.



SCT. (2016). *MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS*. México:
SCT.

Siete, P. (04 de octubre de 2000-2016). *EXPLORANDO MÉXICO*. Obtenido de Economía
en Querétaro: <http://www.explorandomexico.com.mx/state/21/Queretaro/economy>