



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Revisión de cantidades de obra
y movimientos de terracerías
utilizando el programa de Curva
Masa de la SICT**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Uriel Hernández Guevara

ASESOR DE INFORME

Ing. Guillermo Luis Lauro Esquivel Castañeda



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025

Contenido

Introducción	3
Información general del proyecto.....	6
Especificaciones del proyecto	6
Validaciones	8
Programa Curva Masa	10
Datos generales.....	13
Secciones de terreno.....	14
Alineamiento vertical	15
Ampliaciones y sobreelevaciones	20
Datos Geométricos.....	33
Datos de cortes	36
Espesores y tratamientos	38
Datos de terraplén	42
Análisis de movimientos de terracerías	45
Análisis de áreas en las secciones de construcción del programa cm.....	50
Movimiento de terracerías.....	57
Cálculo de Sobre acarreo	58
Préstamo de material.....	63
Cantidades de obra	75
Conclusiones.....	76
Referencias de estudio.....	78

Introducción

Al iniciar la revisión de un proyecto de terracerías para un tramo carretero, es fundamental presentar diversos archivos y validaciones para su correcta evaluación. El proyectista debe entregar al departamento de terracerías una carpeta que incluya el punto 1.5, según lo establecido en los términos de referencia, donde se detalla la disposición del proyecto. Esta carpeta debe contener el proyecto geométrico, los procesos electrónicos, los cálculos de movimientos de tierra y cantidades de obra, así como las secciones de construcción.

En cuanto a las validaciones, el proceso comienza con la topografía, la cual debe proporcionar en primera instancia la sección tipo aprobada, diseñada de acuerdo con el tipo de carretera definida. Posteriormente, se deben presentar los oficios de pasos para verificar que la elevación de la subrasante no supere ni afecte los accesos al poblado. Luego, se realizan estudios de geotecnia que generan una tabla denominada "Tabla de Curva Masa" y "Observaciones Particulares", las cuales indican los estratos, sus espesores, propiedades mecánicas y tratamientos correspondientes. Esta información es crucial para el uso adecuado del material de corte o préstamo, así como para la conformación de los taludes de corte y terraplén aprobados por el departamento de geotecnia.

En el área de pavimentos, se espera la entrega de la sección estructural aprobada y los estudios de tránsito.

Una vez entregadas las validaciones al departamento de terracerías, se inicia la revisión del proyecto con la ayuda del programa de curva masa proporcionado por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte.

Para que el programa pueda interpretar correctamente la información, es necesario cargar los datos de los procesos electrónicos. A continuación, se revisan los datos generales del proyecto, las secciones del terreno natural, el alineamiento horizontal, vertical y los datos geométricos, asegurando la correcta ubicación de las obras de drenaje y el cálculo de las sobreelevaciones y ampliaciones.

Asimismo, se verifica la información correspondiente a la OCM (Ordenada de Curva Masa), incluyendo la presencia de entronques u otras estructuras para suprimir volumen, ya que estas son objeto de una revisión independiente. También se revisan los comentarios en el apartado de notas adicionales. Finalmente, se ejecuta el programa para obtener los resultados, calcular las cantidades de obra y considerar tanto la clasificación como la cantidad de material a compensar o desperdiciar.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme brindado sus aulas, académicos, laboratorios y todos los recursos necesarios para enseñarme lo que es la ingeniería y los grandes alcances que esta disciplina puede tener.

A mis padres, que desde pequeño se han esforzado por darme la mejor educación, inscribiéndome en cursos adicionales de matemáticas e inglés, y siempre apoyándome en cada decisión que he tomado a lo largo de mi vida, sin importar los sacrificios que esto implicara. En ellos encuentro el ejemplo de buscar siempre lo mejor y tomar decisiones sabias.

A mi abuelita materna, que siempre se preocupa por mí y, sin importar la distancia, sigue al pendiente de mi bienestar.

A mis tías maternas, que constantemente me procuran, me apoyan y me ayudan a ampliar mi visión tanto en el ámbito laboral como en el personal.

A mi hermana, que cada día se esfuerza por ser mejor en todos los aspectos, inspirándome a superarme constantemente.

A mi hermano, que ha estado a mi lado, escuchándome y apoyándome a lo largo de mi carrera y mi vida.

A mis profesores de la facultad, por haberme brindado lo mejor de sí mismos, equipándome con las herramientas necesarias para desempeñarme correctamente en el ámbito laboral.

Gracias a todos ustedes por formar parte de este camino y contribuir a mi crecimiento personal y profesional.

Objetivo general

Evaluar exhaustivamente todos los aspectos técnicos y normativos del proyecto de terracerías para un tramo carretero, con el respaldo de las validaciones aprobadas por los departamentos correspondientes de la dirección técnica, con el fin de garantizar la correcta utilización de las cantidades de obra calculadas para su construcción. Esto permitirá optimizar los procesos constructivos y mejorar el control del uso del material.

Información general del proyecto

Este proyecto fue elaborado por un proyectista y entregado a la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT), de una modernización para cambiar de 7 metros de ancho de corona en el camino existente a 12 metros. El tramo se encuentra en la carretera Mex – 071 Aguascalientes Villa Hidalgo del km 19+000 al km 29+600 con una longitud de 10.6 km en el Estado de Aguascalientes para así satisfacer la necesidad las localidades aledañas.

Especificaciones del proyecto

Conceptos	Características	Unidad
	Del Tramo	
Carretera	"A2"	A
Velocidad de Proyecto	80	Km./hora
Ancho de Corona	12.00	m.
Ancho de Calzada	7.00	m.
Espesor de pavimento	0.38	m.
Curvatura Máxima	5.00	Grados
Pendiente Gobernadora	4.00	%
Pendiente Máxima	6.00	%

Tabla 1. Datos de proyecto. Elaboración propia.

Carretera:

MEX-071 AGUASCALIENTES – VILLA HIDALGO

TRAMO:

MEX-071 AGS-VILLA HGO

DEL KM A KM:

19+000.00 A 25+000.00

CIUDAD DE ORIGEN:

AGUASCALIENTES KILOMETRO 19+000.00

Para comenzar la revisión, el proyectista tendrá que proporcionar la siguiente información al departamento de terracerías.

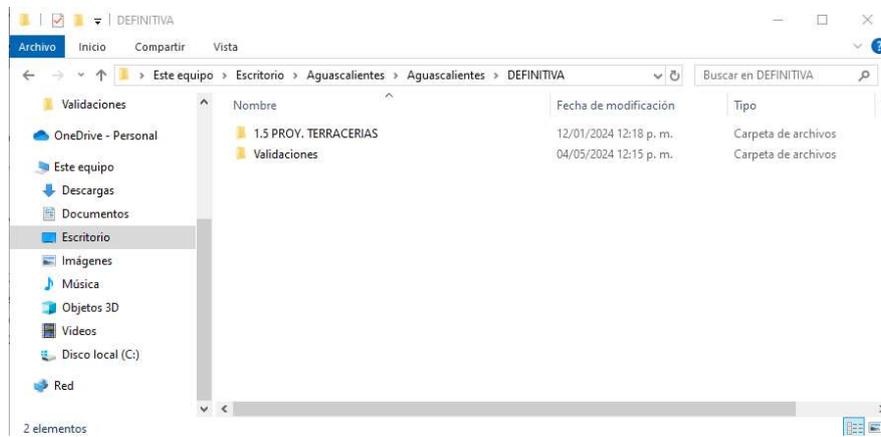


Imagen 1. Datos de entrada. Elaboración propia.

La carpeta 1.5 está asignada al proyecto de terracerías, según lo establecido en los términos y referencias proporcionados por la SICT. Después de esto, ubicaremos una carpeta de validaciones que contiene los estudios aprobados por cada departamento de la dirección técnica.

En la carpeta de Proyecto de terracerías tendrá que ir lo siguiente:

- Proyecto Geométrico
- Proceso Electrónico
- Movimiento de terracerías y cantidades de obra
- Proyecto de secciones de construcción

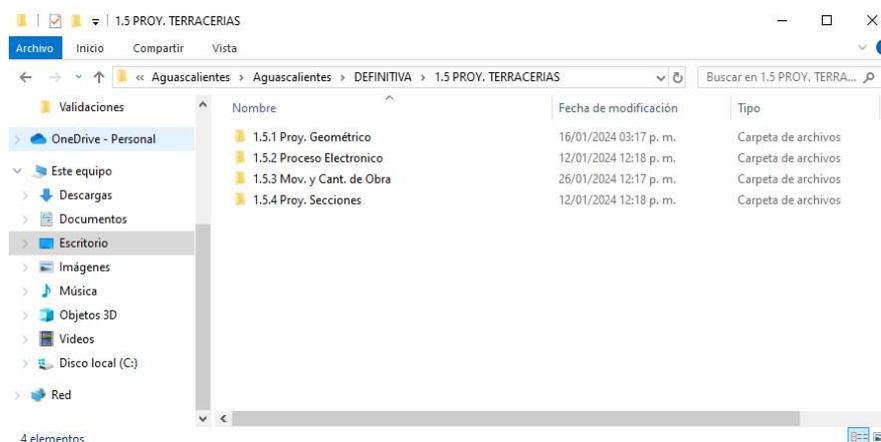


Imagen 2. Desglose de datos. Elaboración propia.

Validaciones

Y en la de validaciones lo siguiente:

Topografía

- Levantamiento topográfico
- Sección tipo aprobada
- Listado de pasos

Geotecnia

- Informe geotécnico
- Tabla de curva masa
- Observaciones particulares
- Bancos de préstamo

Pavimento

- Sección estructural
- Estudio de tránsito
- Diseño de pavimento

Drenaje

- Cálculo de obras de drenaje
- Subrasante mínima aprobada

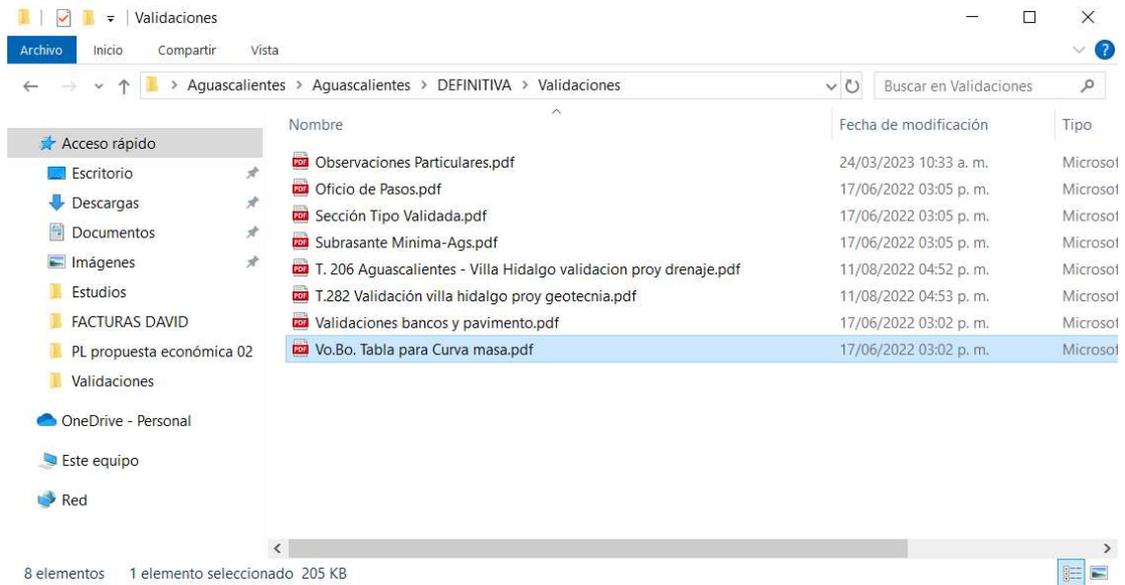


Imagen 3. Validaciones. Elaboración propia.

Una vez que contemos con los estudios previos que respalden la propuesta de diseño, iniciaremos el uso del programa de curva masa proporcionado por la SICT.

Programa Curva Masa

El programa está conformado por varios módulos interconectados bajo un programa central; la elección de uno de ellos puede hacerse mediante la navegación por los menús disponibles o a través de sus respectivos iconos.



Imagen 4. Programa CM. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Antes de comenzar la revisión, es necesario introducir el nombre del archivo y luego cargar los datos del proyecto. Esto permitirá que el programa los lea y procese correctamente.

En la parte inferior izquierda de la pantalla, se encuentran dos recuadros de color amarillo. Para saber qué datos ingresar en estos recuadros, es necesario abrir la carpeta de procesos electrónicos ubicada dentro de la carpeta denominada "1.5 Proy. Terracerías". Dentro de esta carpeta, encontraremos una subcarpeta llamada "Datos", de la cual deben copiarse todos los archivos. Es fundamental verificar la nomenclatura de cada archivo antes de continuar, ya que deben cumplir con una estructura específica.

Iniciales -> CM

Numero de trabajo -> 2205

Tramo a generar -> a1

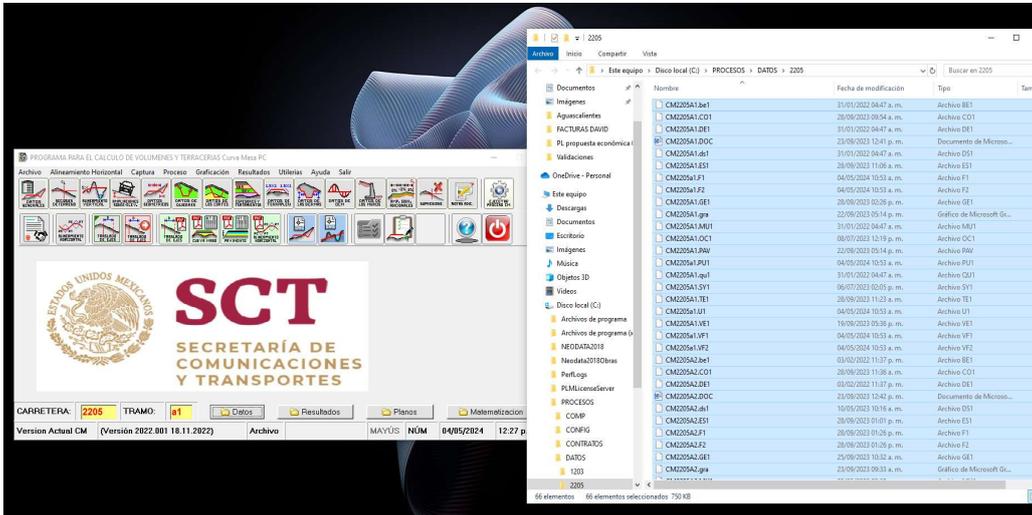


Imagen 5. Datos para procesar. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Una vez que hayamos cargado los datos en el programa, podremos ejecutarlo para iniciar la revisión. Para hacerlo, simplemente tenemos que hacer clic en el botón etiquetado como "Ejecutar proceso CM". Esto abrirá la siguiente ventana:

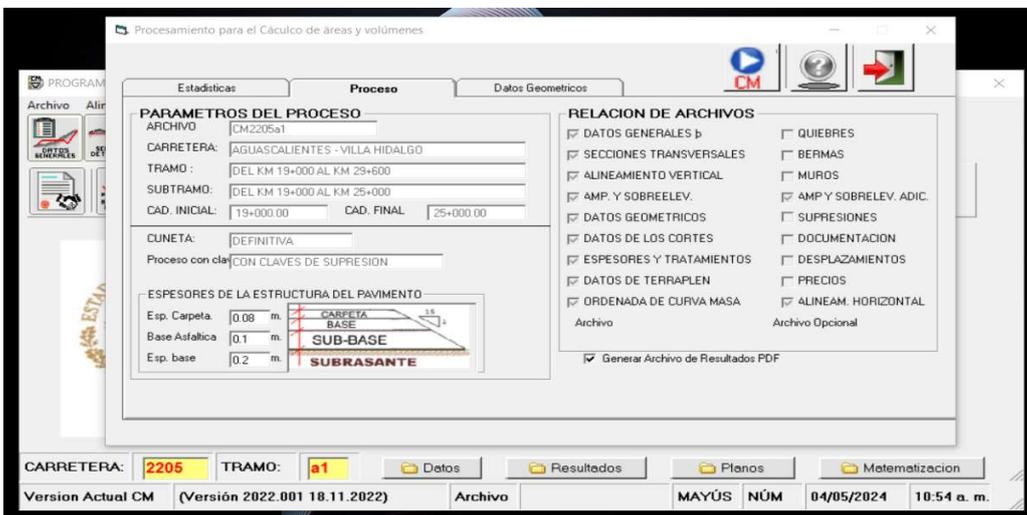


Imagen 6. Datos generales. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Y como podemos observar, el programa ha leído correctamente los datos del proyecto. Esto se evidenciará al mostrarnos el nombre de la carretera, sus tramos, el rango de kilómetros en los que se está trabajando, así como los espesores de la estructura del pavimento.

Entonces, podemos presionar el primer botón ubicado en la parte superior derecha para ejecutar los datos del proyecto e iniciar la revisión. 

Después de ejecutar el programa, aparecerán un par de notificaciones indicando que los datos ingresados se procesaron correctamente.

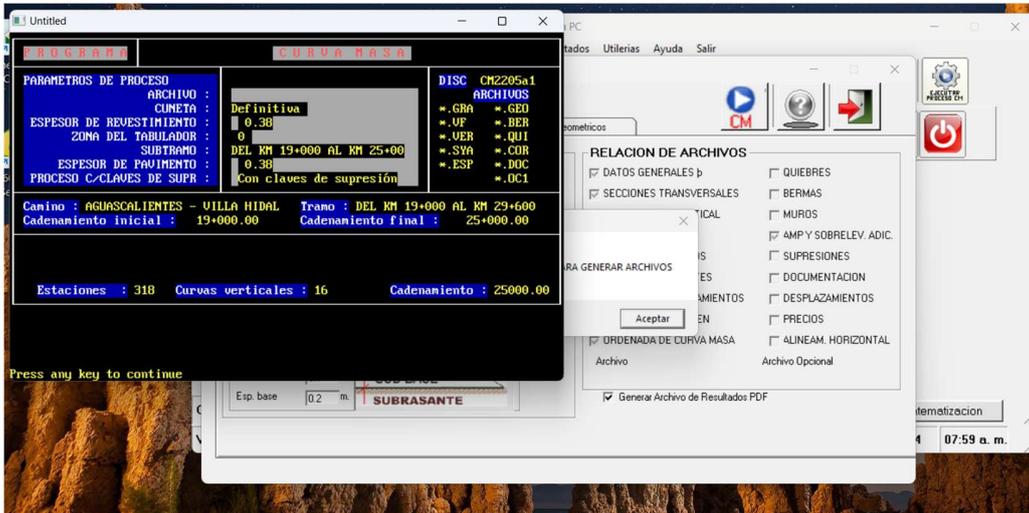


Imagen 7. Ejecución del programa. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

A continuación, podremos descargar los procesos electrónicos, que se generarán en un archivo PDF reflejando toda la información ingresada en el programa. Sin embargo, antes de darle validez a dicho archivo, debemos verificar que el proyecto cumpla con el manual de proyecto geométrico. Por lo tanto, comenzaremos la revisión de la siguiente manera:

Datos generales

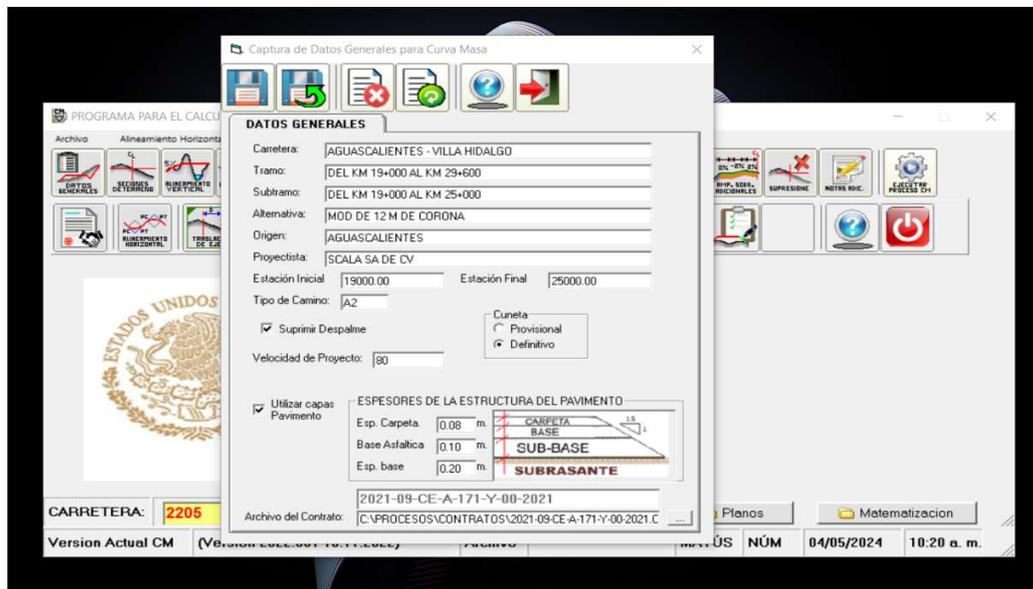


Imagen 8. Ventana datos generales. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Primero, debemos verificar que los datos generales de la obra sean correctos. Estos incluyen:

1. **Nombre de la obra**
2. **Tramo del proyecto:** Identificación precisa del tramo.
3. **Subtramo a ejecutar:** Especificar el subtramo.
4. **Alternativa propuesta:** En este caso, será una corona de 12 metros.
5. **Origen del tramo:** Para este proyecto, el origen es Aguascalientes.
6. **Projectista:** SCALA S.A. de C.V.
7. **Estación de inicio y fin del tramo:** Continuaremos con el tramo, iniciando en el km 19+000 y finalizando en el km 25+000.
8. **Tipo de camino:** Clasificado como A2 con una velocidad de proyecto de 80 km/h.
9. **Espesores de la estructura de pavimentos:** Es importante recalcar que estos deben estar previamente aprobados por el área de pavimentos de la Dirección General de Carreteras.

Una vez verificados estos datos, podemos proceder con la revisión y validación del proyecto.

Secciones de terreno

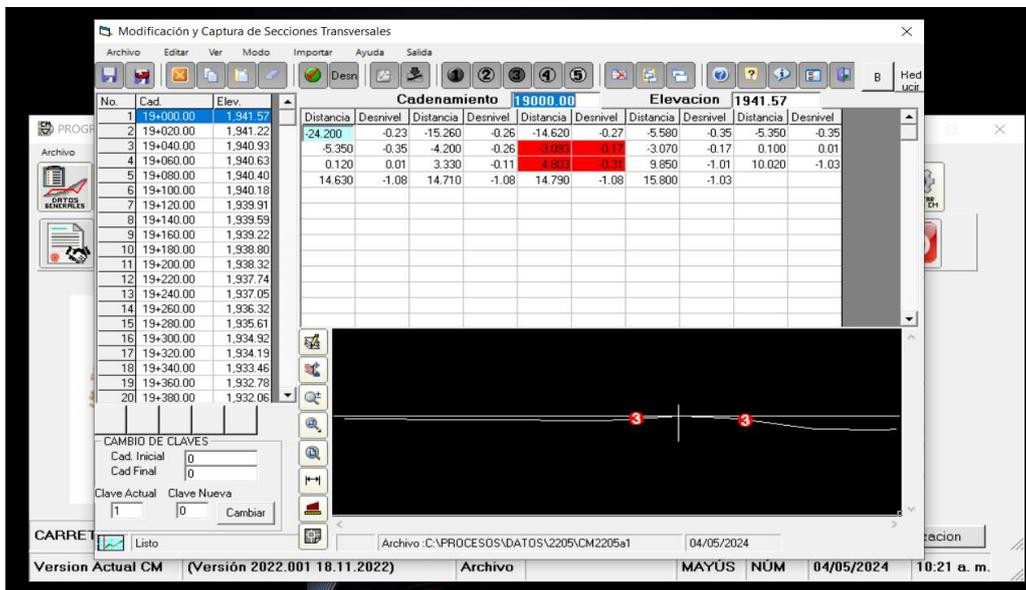


Imagen 9. Ventana de Secciones de construcción. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

En las secciones de terreno, el proyectista captura las secciones del TN. Para ello, es necesario que indique ciertas coordenadas en relación con el eje del proyecto. Estas coordenadas se expresarán en el formato: (Distancia, Desnivel).

Para comprender lo recibido, es necesario considerar lo siguiente: si un punto se encuentra a 3 metros del eje del proyecto con un desnivel de -0.23, se registrará y tomará en cuenta como referencia para delinear el estado de las secciones. Este punto debe ser previamente validado por el departamento de topografía, ya que generalmente se presentan las secciones levantadas en campo, las cuales se proyectan en Civil 3D para trazar la ruta deseada.

El departamento de terracerías llevará a cabo una revisión para garantizar que no existan irregularidades en las secciones de construcción. En caso de que existan claves de supresión activas, estas deberán ubicarse en los hombros del camino existente o en el lugar donde se requiera la supresión.

Alineamiento vertical

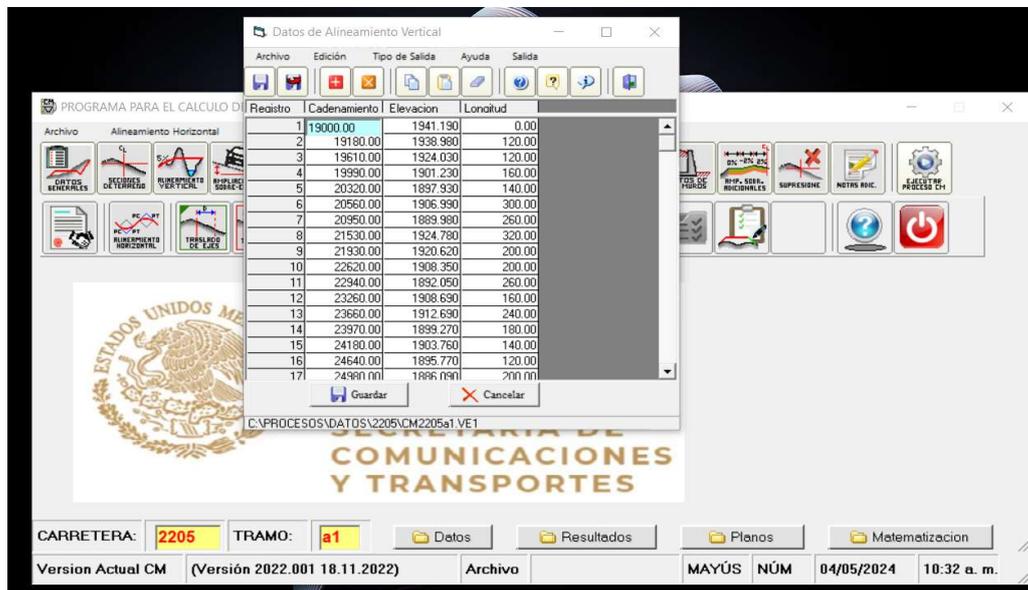


Imagen 10. Ventana de Alineamiento vertical. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Para comenzar con el alineamiento vertical, es importante comprender el significado de cada columna y los datos que proporciona. En la columna de “cadenamiento,” se indican los PIV (Puntos de Intersección de las Tangentes Verticales). La columna de “elevación” nos informa a qué altura se encuentra el PIV, y finalmente, en la columna de “longitud,” se especifica la longitud de la curva.

Ya comprendido lo anterior, podemos iniciar con la revisión del alineamiento vertical.

DATOS:

$$PIV_1 = 19 + 000.00$$

$$ELEVACIÓN_1 = 1941.19$$

$$LONG.DE CURVA_1 = 0$$

$$TIPO DE CAMINO_1 = A2$$

$$PIV_2 = 19 + 180.00$$

$$ELEVACIÓN_2 = 1938.98$$

$$LONG.DE CURVA_2 = 120.00$$

$$TIPO DE CAMINO_2 = A2$$

$$PIV_3 = 19 + 610.00$$

$$ELEVACIÓN_3 = 1924.03$$

$$LONG.DE CURVA_3 = 120.00$$

$$TIPO DE CAMINO_3 = A2$$

Pendiente de salida (%)

$$Pendiente \%_{1-2} = \frac{(1938.98 - 1941.19)}{(19180 - 19000)} * 100 = -1.23\%$$

$$Pendiente \%_{2-3} = \frac{(1924.03 - 1938.98)}{(19610 - 19180)} * 100 = -3.48\%$$

Al presentar dos pendientes negativas, podemos deducir que estamos ante una curva en **cresta**. Al contar con un camino tipo A2, debemos ser cuidadosos y verificar que no se presente ninguna pendiente que supere el 6%.

Diferencia de pendientes

$$A = (-1.23) - (-3.48) = \mathbf{2.25\%}$$

$$\mathbf{LONG.DE CURVA_2 = 120.00}$$

Cálculo de K empleada

K- Variación de longitud por unidad de Pendiente

$$K = \frac{L}{A}$$
$$K = \frac{120}{2.25} = \mathbf{53.36}$$

K obtuvo un valor de 53.36, por lo que debemos verificar en la siguiente tabla que este valor sea igual o superior a los valores mínimos establecidos en la tabla del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales del Manual de Proyecto Geométrico de 2018.

A2			
cresta		columpio	
70	31	80	31
71	32	82	32
72	33	83	33
73	34	85	34
73	35	87	35
74	36	88	36
75	37	90	37
76	38	92	38
77	39	93	39
78	40	95	40
78	41	97	41
79	42	98	42
80	43	100	43
81	44	101	44
81	45	102	45
82	46	103	46
83	47	104	47
84	48	105	48
84	49	106	49
85	50	107	50
86	51	108	51
86	52	109	52
87	53	110	53
88	54		
89	55		
89	56		
90	57		

Tabla 2 Valores mínimos del parámetro K. Elaboración propia con información del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

Se resaltó en color verde la velocidad a la que está proyectada la curva, junto con el valor mínimo del parámetro K, y en color amarillo el valor de K obtenido. Como se puede observar, la longitud de la curva también cumple con el mínimo requerido, superando el valor correspondiente a la velocidad de proyecto. Por lo tanto, se puede afirmar que la curva propuesta por el proyectista cumple con el parámetro K mínimo establecido en el *Manual de Proyecto Geométrico 2018* de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

Posteriormente, para verificar lo anterior, se programó un Excel que nos ayudará con los datos de cada una de las curvas cargadas anteriormente en el proyecto.

PIV	ELEV	LONG. DE CURVA	TIPO DE CAMINO	PENDIENTE DE SALIDA (%)	K EMPLEADA	CURVA EN CRESTA	CURVA EN COLUMPIO	LONGITUD DE CURVA	ESTADO
19+000.00	1941.19	0	A2	-1.23					
19+180.00	1938.98	120	A2	-3.48	53.36	87		195.66	CUMPLE
19+610.00	1924.03	120	A2	-6.00	47.56	84		219.52	CUMPLE
19+990.00	1901.23	160	A2	-1.00	32.00		82	265.00	CUMPLE
20+320.00	1897.93	140	A2	1.37	58.95		110	125.87	CUMPLE
20+560.00	1901.23	300	A2	-2.27	82.21	107		317.49	CUMPLE
20+950.00	1892.36	260	A2	5.59	33.06		83	416.79	CUMPLE
21+530.00	1924.78	320	A2	-1.04	48.27	84		576.78	CUMPLE
21+930.00	1920.62	200	A2	-1.78	270.91	110		64.23	CUMPLE
22+620.00	1908.35	200	A2	-3.62	108.85	110		159.85	CUMPLE
22+940.00	1896.78	260	A2	3.72	35.43		87	388.89	CUMPLE
23+260.00	1908.69	160	A2	1.00	58.78	91		236.80	CUMPLE
23+660.00	1912.69	240	A2	-3.59	52.28	86		399.36	CUMPLE
23+970.00	1901.56	180	A2	1.05	38.81		93	245.81	CUMPLE
24+180.00	1903.76	140	A2	-1.74	50.28	85		242.26	CUMPLE
24+640.00	1895.77	120	A2	-2.85	108.10	110		96.58	CUMPLE
24+980.00	1886.09	200	A2	-0.50	85.21		110	124.39	CUMPLE
25+100.00	1885.49	0	A2		0.00				CUMPLE

Tabla 3. Cálculo del valor k. Elaboración propia.

Al revisar cada una de las curvas verticales propuestas, podemos observar que todas cumplen con el valor mínimo de K. Por lo tanto, se procederá con la revisión del alineamiento horizontal.

Ampliaciones y sobreelevaciones

Al abrir la pestaña de ampliaciones y sobreelevaciones, obtendremos la siguiente tabla, donde se pueden observar varios datos del alineamiento horizontal. Podemos observar en la primera columna, los cadenamientos de inicio y fin de cada curva. Posteriormente, se observarán las sobreelevaciones y ampliaciones, que dependerán del sentido de la curva.

Registro	Cadenamiento	Sobre-Elevacion		Ampliación	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
1	19000.00	-2.00	-2.00	0.00	0.00
2	20280.00	-2.00	-2.00	0.00	0.00
3	20285.21	-2.00	-2.00	0.00	0.00
4	20315.21	0.00	-2.00	0.00	0.00
5	20337.71	1.50	-2.00	0.00	0.23
6	20345.21	2.00	-2.00	0.00	0.31
7	20360.21	3.00	-3.00	0.00	0.46
8	20507.64	3.00	-3.00	0.00	0.46
9	20522.64	2.00	-2.00	0.00	0.31
10	20530.14	1.50	-2.00	0.00	0.23
11	20552.64	0.00	-2.00	0.00	0.00
12	20582.64	-2.00	-2.00	0.00	0.00
13	20600.00	-2.00	-2.00	0.00	0.00
14	23320.00	-2.00	-2.00	0.00	0.00
15	23360.00	-2.00	0.10	0.00	0.00
16	23380.00	-2.00	0.10	0.00	0.00

Imagen 11. Ventana de Ampliaciones y Sobre elevaciones. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Para iniciar la revisión, es necesario calcular cada cadenamiento de la curva, así como la sobreelevación y ampliación correspondientes en cada punto. Este procedimiento agiliza el proceso de revisión, ya que, una vez obtenidos nuestros datos, solo será cuestión de compararlos con los del proyectista. Si los valores coinciden, podremos confirmar que los cálculos fueron correctos.

Cálculo de curvas horizontales

Curva no. 1	
Tipo de camino	A2
Tipo de curva	Circular simple
Grado de curvatura	1°00'
Sentido de la curva	Derecha
Velocidad de proyecto	80 km/h
Pc	20+337.710
Pt	20+530.14

Tabla 4. Datos de la curva no. 1. Elaboración propia.

Para poder verificar, necesitamos conocer los siguientes datos:

- Ampliación
- Sobreelevación
- Longitud de espiral

Para ello, tendremos que obtener nuestros datos de la siguiente tabla, empezando por nuestro grado de curvatura. En este caso, al ser 1°00', nos dirigiremos a la primera columna y buscaremos nuestro grado. Posteriormente, buscaremos nuestra velocidad de proyecto en la primera fila y, finalmente, los datos que intercepten son los que ocuparemos para el cálculo.

Gc	10		20		30		40		50		60		70		80		90		100		110	
	Acc	Ac																				
0.25	7.09	0.09	7.10	0.10	7.11	0.11	7.13	0.13	7.14	0.14	7.16	0.16	7.17	0.17	7.19	0.19	7.20	0.20	7.22	0.22	7.23	0.23
0.50	7.14	0.09	7.16	0.16	7.18	0.18	7.20	0.20	7.23	0.23	7.25	0.25	7.27	0.27	7.29	0.29	7.31	0.31	7.33	0.33	7.35	0.35
0.75	7.20	0.20	7.22	0.22	7.25	0.25	7.27	0.27	7.30	0.30	7.32	0.32	7.35	0.35	7.38	0.38	7.40	0.40	7.43	0.43	7.45	0.45
1.00	7.25	0.25	7.28	0.28	7.31	0.31	7.34	0.34	7.37	0.37	7.40	0.40	7.43	0.43	7.46	0.46	7.49	0.49	7.52	0.52	7.55	0.55
1.25	7.30	0.30	7.34	0.34	7.37	0.37	7.40	0.40	7.44	0.44	7.47	0.47	7.50	0.50	7.54	0.54	7.57	0.57	7.60	0.60	7.63	0.63
1.50	7.36	0.36	7.39	0.39	7.43	0.43	7.47	0.47	7.50	0.50	7.54	0.54	7.58	0.58	7.61	0.61	7.65	0.65	7.68	0.68	7.72	0.72
1.75	7.41	0.41	7.45	0.45	7.49	0.49	7.53	0.53	7.57	0.57	7.61	0.61	7.65	0.65	7.68	0.68	7.72	0.72	7.76	0.76	7.80	0.80
2.00	7.46	0.46	7.51	0.51	7.55	0.55	7.59	0.59	7.63	0.63	7.67	0.67	7.71	0.71	7.76	0.76	7.80	0.80	7.84	0.84	7.88	0.88
2.25	7.52	0.52	7.56	0.56	7.61	0.61	7.65	0.65	7.69	0.69	7.74	0.74	7.78	0.78	7.83	0.83	7.87	0.87	7.92	0.92	7.96	0.96
2.50	7.57	0.57	7.62	0.62	7.66	0.66	7.71	0.71	7.76	0.76	7.80	0.80	7.85	0.85	7.90	0.90	7.94	0.94	7.99	0.99	8.04	1.04
2.75	7.62	0.62	7.67	0.67	7.72	0.72	7.77	0.77	7.82	0.82	7.87	0.87	7.92	0.92	7.97	0.97	8.01	1.01	8.06	1.06	8.11	1.11
3.00	7.67	0.67	7.73	0.73	7.78	0.78	7.83	0.83	7.88	0.88	7.93	0.93	7.98	0.98	8.03	1.03	8.08	1.08	8.14	1.14		
3.25	7.73	0.73	7.78	0.78	7.83	0.83	7.88	0.88	7.94	0.94	7.99	0.99	8.05	1.05	8.10	1.10	8.15	1.15	8.21	1.21		
3.50	7.78	0.78	7.84	0.84	7.89	0.89	7.95	0.95	8.00	1.00	8.06	1.06	8.12	1.12	8.18	1.18	8.23	1.23	8.29	1.29		
3.75	7.83	0.83	7.89	0.89	7.95	0.95	8.00	1.00	8.06	1.06	8.12	1.12	8.18	1.18	8.24	1.24	8.30	1.30	8.36	1.36		
4.00	7.88	0.88	7.94	0.94	8.00	1.00	8.06	1.06	8.12	1.12	8.18	1.18	8.24	1.24	8.30	1.30	8.36	1.36	8.42	1.42		
4.25	7.94	0.94	8.00	1.00	8.06	1.06	8.12	1.12	8.18	1.18	8.24	1.24	8.30	1.30	8.36	1.36	8.42	1.42				
4.50	7.99	0.99	8.05	1.05	8.11	1.11	8.18	1.18	8.24	1.24	8.30	1.30	8.36	1.36	8.43	1.43						
4.75	8.04	1.04	8.11	1.11	8.17	1.17	8.23	1.23	8.30	1.30	8.36	1.36	8.43	1.43	8.49	1.49						
5.00	8.09	1.09	8.16	1.16	8.23	1.23	8.29	1.29	8.36	1.36	8.42	1.42	8.49	1.49	8.56	1.56						
6.25	8.15	1.15	8.21	1.21	8.28	1.28	8.35	1.35	8.42	1.42	8.48	1.48	8.55	1.55	8.62	1.62						
6.50	8.20	1.20	8.27	1.27	8.34	1.34	8.41	1.41	8.47	1.47	8.54	1.54	8.61	1.61	8.68	1.68						
6.75	8.25	1.25	8.32	1.32	8.39	1.39	8.46	1.46	8.53	1.53	8.60	1.60	8.67	1.67								
7.00	8.30	1.30	8.37	1.37	8.45	1.45	8.52	1.52	8.59	1.59	8.66	1.66	8.74	1.74								
7.25	8.35	1.35	8.43	1.43	8.50	1.50	8.57	1.57	8.65	1.65	8.72	1.72	8.80	1.80								
7.50	8.41	1.41	8.48	1.48	8.56	1.56	8.63	1.63	8.71	1.71	8.78	1.78	8.86	1.86								
7.75	8.46	1.46	8.53	1.53	8.61	1.61	8.69	1.69	8.76	1.76	8.84	1.84	8.92	1.92								
8.00	8.51	1.51	8.59	1.59	8.67	1.67	8.74	1.74	8.82	1.82	8.90	1.90	8.98	1.98								
8.25	8.56	1.56	8.64	1.64	8.72	1.72	8.80	1.80	8.88	1.88	8.96	1.96	9.04	2.04								
8.50	8.61	1.61	8.69	1.69	8.78	1.78	8.86	1.86	8.94	1.94	9.02	2.02	9.10	2.10								

Imagen 12. Anchos de calzada en curva, considerando ancho de calzada en tangente de 7.0 m. para caminos tipo et y a. Obtenida del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

VELOCIDAD		80		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le
0° 15'	4583.68	0.19	2.00	45.00
0° 30'	2291.84	0.29	2.00	45.00
0° 45'	1527.89	0.38	2.30	45.00
1° 00'	1145.92	0.46	3.00	45.00
1° 15'	916.74	0.54	3.70	45.00
1° 30'	763.94	0.61	4.40	45.00
1° 45'	654.81	0.68	5.00	45.00
2° 00'	572.96	0.76	5.70	45.00
2° 15'	509.30	0.83	6.20	45.00
2° 30'	458.37	0.90	6.80	45.00
2° 45'	416.70	0.97	7.30	47.00
3° 00'	381.97	1.03	7.70	49.00

Tabla 5. Ampliación, Sobreelevación y longitud de espiral para una carretera tipo A2. Elaboración propia con información del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

Por lo tanto, obtenemos los siguientes datos:

Curva no. 1	
Ampliación (Ac)	0.46 m
Sobreelevación (Sc)	3.00 m
Longitud de espiral (Le)	45.00 m

Tabla 6. Valores de Amp, Sc y Le de la curva no. 1. Elaboración propia.

Y podremos seguir con el calculo

$$N = \left(\frac{b}{Sc} \right) Le$$

Bombeo (b):

- a) De menos dos por ciento (-2%) en carreteras tipo A, B, C, D pavimentadas.
- b) De menos tres por ciento (-3%) en carreteras tipo D y E revestidas.

Al estar hablando de una carretera tipo A pavimentada, se tuvo que utilizar un bombeo del **-2%**.

$$N = \left(\frac{-2}{3.00} \right) * 45.00 = \mathbf{30}$$

$$Lc = \mathbf{192.30 m}$$

$$\frac{1}{3}Lc = 64.143 m$$

$$\frac{1}{2}Le = 22.50 m$$

Con lo calculado anteriormente, podremos obtener los siguientes puntos:

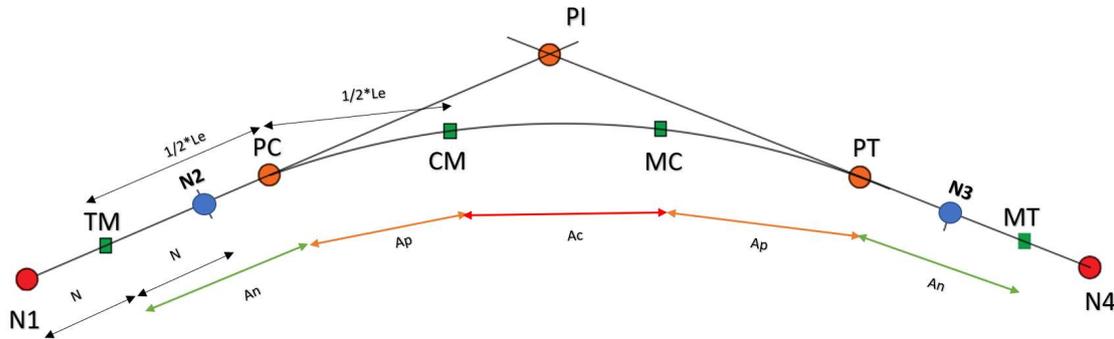


Imagen 13. Elementos de la curva circular. Elaboración propia con información del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

$$Pc = 20 + 337.71$$

$$Pt = 20 + 530.14$$

$$TM = Pc - \frac{1}{2}Le = (20 + 337.71) - 22.50 = \mathbf{20 + 315.21}$$

$$N1 = TM - N = (20 + 315.21) - 30 = \mathbf{20 + 285.21}$$

$$N2 = TM + N = (20 + 315.21) + 30 = \mathbf{20 + 345.21}$$

$$CM = Pc + \frac{1}{2}Le = (20 + 337.71) + 22.50 = \mathbf{20 + 360.21}$$

$$MT = Pt + \frac{1}{2}Le = (20 + 530.14) + 22.50 = \mathbf{20 + 552.64}$$

$$N4 = MT + N = (20 + 552.64) + 30 = \mathbf{20 + 582.64}$$

$$N3 = MT - N = (20 + 552.64) - 30 = \mathbf{20 + 522.64}$$

$$MC = Pt - \frac{1}{2}Le = (20 + 530.14) - 22.50 = \mathbf{20 + 507.64}$$

Ampliaciones:

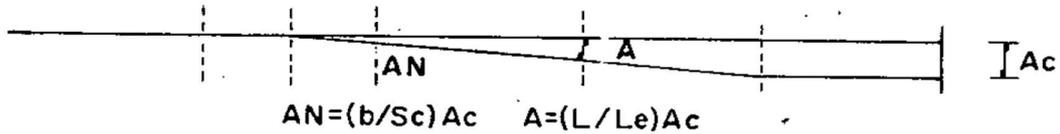


Imagen 14. Variación de la ampliación. Obtenida del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

$$AN = \frac{b}{Sc} * Ac = \frac{-2}{3.00} * 0.46 = 0.31$$

De primera instancia, tenemos que saber que los puntos donde se encontrará la sobreelevación y ampliación máxima serán del CM al MC. En estos puntos, mantendremos una ampliación de 0.46 m, como lo indica la norma. Posteriormente, en los puntos auxiliares (N2 y N3) tendremos la transición que, en este caso, sería de 0.31 m, como lo calculamos anteriormente.

Sobreelevaciones:

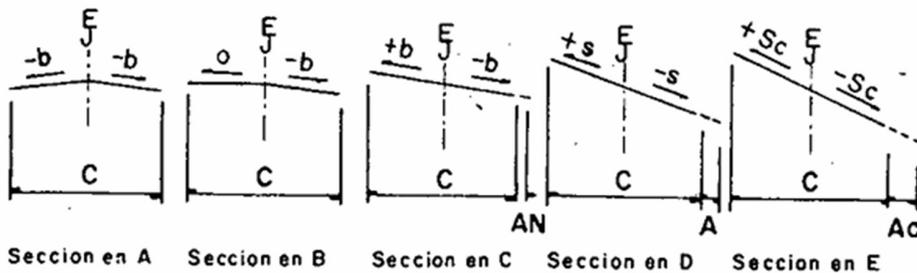


Imagen 15 Secciones transversales. Obtenida del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

En la imagen 15, podemos observar cómo sería la transición de la sobreelevación. Como mencionamos anteriormente, tuvieron que usar un bombeo del -2% debido a que tenemos un camino tipo A2m. En el N1 comenzaremos con un bombeo en ambos lados del -2%. Posteriormente, en el TM, empezaremos a balancearnos en la dirección en la que esté la curva. En este caso, al ser una curva hacia la derecha, el lado izquierdo pasará a cero y el derecho permanecerá en -2%. Siguiendo con N2, el lado izquierdo pasará a 2% y el derecho a -2%.

Finalmente, llegaremos al punto donde se encuentra la sobreelevación máxima, que en este caso sería 3% y -3%, desde el CM hasta el MC. Posteriormente, para los demás puntos, la curva volverá al bombeo de -2% y -2%, disminuyendo de manera simétrica con los puntos anteriores.

Y finalmente obtendríamos los siguientes resultados:

	ELEM	ESTACION	SOBRE -	SOBRE +	AMPL -	AMPL +
1	N1	20+285.21	-2.00	-2.00	0.00	0.00
2	TM	20+315.21	0.00	-2.00	0.00	0.00
3	N2	20+345.21	2.00	-2.00	0.00	0.31
4	CM	20+360.21	3.00	-3.00	0.00	0.46
5	MC	20+507.64	3.00	-3.00	0.00	0.46
6	N3	20+522.64	2.00	-2.00	0.00	0.31
7	MT	20+552.64	0.00	-2.00	0.00	0.00
8	N4	20+582.64	-2.00	-2.00	0.00	0.00

Tabla 7. Resultados de los elementos de la curva simple. Elaboración propia.

Curva no. 2	
Tipo de camino	A2
Tipo de curva	Curva con espiral
Grado de curvatura	5°00'
Sentido de la curva	Izquierda
Velocidad de proyecto	80 km/h
TE	23+965.03
EC	24+028.03
CE	24+204.67
ET	24+287.67

Tabla 8. Datos de la curva no. 2. Elaboración propia.

En este caso, nos encontramos con una curva con espiral. Aunque las distancias entre puntos cambiarán, el método de cálculo seguirá siendo similar. Procederemos a calcularla de la siguiente manera:

Incógnitas:

- Ampliación
- Sobreelevación
- Longitud de espiral

Por lo tanto, tendremos que buscar los valores correspondientes a cada uno de los puntos mencionados anteriormente en la imagen 12.

VELOCIDAD		80		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le
3° 00'	381.97	1.03	7.70	49.00
3° 15'	352.59	1.10	8.10	52.00
3° 30'	327.40	1.17	8.50	54.00
3° 45'	305.58	1.23	8.80	56.00
4° 00'	286.48	1.30	9.10	58.00
4° 15'	269.63	1.36	9.40	60.00
4° 30'	254.65	1.43	9.60	61.00
4° 45'	241.25	1.49	9.70	62.00
5° 00'	229.18	1.56	9.90	63.00

Tabla 9. Ampliación, Sobreelevación y longitud de espiral para una carretera tipo A2. Elaboración propia con

información del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

Por lo tanto, recibimos los siguientes datos:

Curva no. 2	
Ampliación (Ac)	1.56 m
Sobreelevación (Sc)	9.90 m
Longitud de espiral (Le)	63.00 m

Tabla 10. Valores de Amp, Sc y Le de la curva no. 1. Elaboración propia.

Y podremos seguir con la revisión:

$$N = \left(\frac{b}{Sc} \right) Le$$

Bombeo (b):

- a) De menos dos por ciento (-2%) en carreteras tipo A, B, C, D pavimentadas.
- b) De menos tres por ciento (-3%) en carreteras tipo D y E revestidas.

Al estar hablando de una carretera tipo A pavimentada, tuvieron que utilizar un bombeo del **-2%**.

$$N = \left(\frac{-2}{9.90} \right) * 63.00 = 12.73$$

Curva Circular Con Espirales

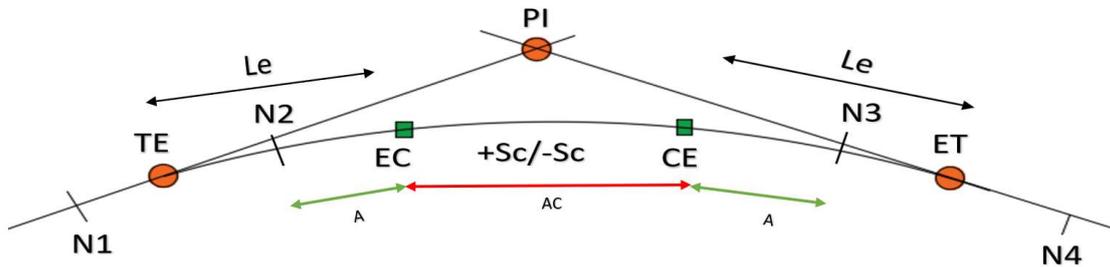


Imagen 16. Elementos de la curva circular con espirales. Elaboración propia con información del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

$$TE = 23 + 965.03$$

$$EC = 24 + 028.03$$

$$CE = 24 + 204.67$$

$$ET = 24 + 287.67$$

$$N1 = TE - N = (23 + 965.03) - 12.73 = \mathbf{23 + 952.30}$$

$$N2 = TE + N = (23 + 965.03) + 12.73 = \mathbf{23 + 977.76}$$

$$N3 = ET - N = (24 + 287.67) - 12.73 = \mathbf{24 + 254.94}$$

$$N4 = ET + N = (24 + 287.67) + 12.73 = \mathbf{24 + 280.40}$$

Ampliaciones:

$$AN = \frac{b}{Sc} * Ac = \frac{-2}{9.90} * 1.56 = \mathbf{0.32}$$

Finalmente, obtendremos los siguientes resultados, los cuales nos servirán para compararlos con los proporcionados por el contratista y verificar si realizó correctamente sus cálculos.:

GC	LADO	CAM. TIPO	VEL
05°00'	i	A2	80

TE =	23+965.03	Ac =	1.56
EC =	24+028.03	Sc =	9.90
CE =	24+204.67	Le =	63.00
ET =	24+267.67	N=	12.73

Tabla 11. Datos generales de la curva no. 2.

ELEM		ESTACION	SOBRE -	SOBRE +	AMPL -	AMPL +
9	N1	23+952.30	-2.00	-2.00	0.00	0.00
10	TE	23+965.03	-2.00	0.00	0.00	0.00
11	N2	23+977.76	-2.00	2.00	0.32	0.00
12	EC	24+028.03	-9.90	9.90	1.56	0.00
13	CE	24+204.67	-9.90	9.90	1.56	0.00
14	N3	24+254.94	-2.00	2.00	0.32	0.00
15	ET	24+267.67	-2.00	0.00	0.00	0.00
16	N4	24+280.40	-2.00	-2.00	0.00	0.00

Tabla 12. Resultados de los elementos de la curva simple con espirales. Elaboración propia.

Al contar con los cálculos de las curvas empleadas en el proyecto, tendremos que extraer los datos que presenta el programa de curva masa y pasarlos a una tabla, para compararlos con nuestros datos y, en dado caso de coincidir, podríamos afirmar que cumplen con el alineamiento horizontal.

Datos del proyectista:

Cadenamiento	Sobreelevación		Ampliación	
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
20+285.21	-2	-2	0	0
20+315.21	0	-2	0	0
20+345.21	2	-2	0	0.31
20+360.21	3	-3	0	0.46
20+507.64	3	-3	0	0.46
20+522.64	2	-2	0	0.31
20+552.64	0	-2	0	0
20+582.64	-2	-2	0	0
23+952.30	-2	-2	0	0
23+965.03	-2	0	0	0
23+977.76	-2	2	0.32	0
24+028.03	-9.9	9.9	1.56	0
24+204.67	-9.9	9.9	1.56	0
24+254.94	-2	2	0.32	0
24+267.67	-2	0	0	0
24+280.40	-2	-2	0	0

Tabla 13. Amp y Sc calculados por el proyectista. Elaboración propia con información del programa CM de la SICT.

Datos calculados:

CURVA No	ELEM		ESTACION	SOBRE -	SOBRE +	AMPL -	AMPL +
1	1	N1	20+285.21	-2.00	-2.00	0.00	0.00
	2	TM	20+315.21	0.00	-2.00	0.00	0.00
	3	N2	20+345.21	2.00	-2.00	0.00	0.31
	4	CM	20+360.21	3.00	-3.00	0.00	0.46
	5	MC	20+507.64	3.00	-3.00	0.00	0.46
	6	N3	20+522.64	2.00	-2.00	0.00	0.31
	7	MT	20+552.64	0.00	-2.00	0.00	0.00
	8	N4	20+582.64	-2.00	-2.00	0.00	0.00
2	9	N1	23+952.30	-2.00	-2.00	0.00	0.00
	10	TE	23+965.03	-2.00	0.00	0.00	0.00
	11	N2	23+977.76	-2.00	2.00	0.32	0.00
	12	EC	24+028.03	-9.90	9.90	1.56	0.00
	13	CE	24+204.67	-9.90	9.90	1.56	0.00
	14	N3	24+254.94	-2.00	2.00	0.32	0.00
	15	ET	24+267.67	-2.00	0.00	0.00	0.00
	16	N4	24+280.40	-2.00	-2.00	0.00	0.00

Tabla 14. Elementos calculados por el proyectista. Elaboración propia con información del programa CM de la SICT.

Después de comparar cada cadenamiento, sobreelevación y ampliación de cada punto de las curvas, coincidimos en cada valor. Por lo tanto, podemos deducir que los datos del proyectista son correctos. Damos el visto bueno al alineamiento horizontal.

Datos Geométricos

Real	Cadenamiento	Semicorona		Ancho de cuneta		Talud de cuneta		Ancho de cuña	
		Iza.	Der.	Iza.	Der.	Iza.	Der.	Iza.	Der.
1	19000.00	3.10	3.30	1.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
2	19140.00	6.00	6.00	1.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
3	19400.00	6.00	6.00	1.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
4	24260.00	6.00	6.00	1.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
5	25020.00	6.00	6.00	1.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Imagen 17. Ventana de los datos geométricos. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Al abrir la tabla de datos geométricos, encontramos varias columnas: primero, el cadenamiento de aplicación; después, la semicorona. Al tratarse de una ampliación a un A2, se tuvieron que considerar 6 metros por lado respecto al eje del proyecto. A continuación, se detalla el ancho y talud de la cuneta, que debe ser de 1:3. Finalmente, se observa el ancho de la cuña, el cual deberá considerarse en secciones con un talud de altura superior a 2 metros.

Para corroborar que estos datos son correctos, será necesario revisar la sección tipo aprobada por geotecnia, por lo que procederemos a abrirla.

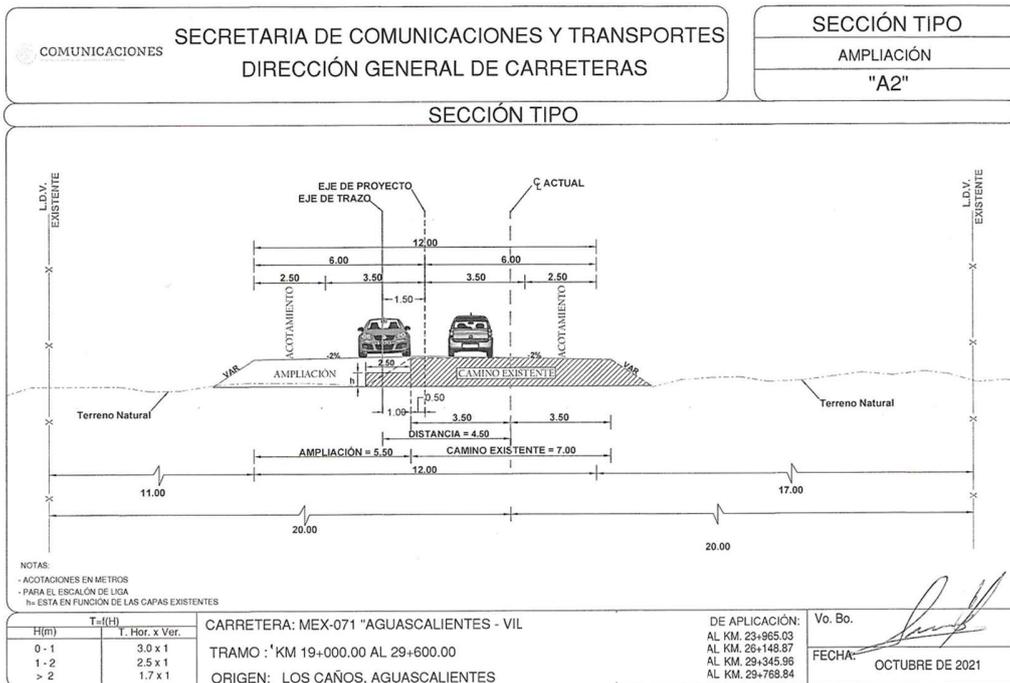


Imagen 18. Sección tipo. Obtenida de la información recibida por el proyectista.

Al revisar la sección tipo, se observa que se ha considerado el ancho de la semicorona; sin embargo, es necesario analizar el comportamiento de las alturas en las secciones disponibles. Para ello, se deberá seleccionar la siguiente opción en el programa CM:



Imagen 19. Programa curva masa. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Al seleccionar esa opción, se abrirá una ventana en la que el programa, con los datos con los que se alimentó, dibujará cada sección de construcción que tendremos. Por lo tanto, tendremos que revisar una por una para asegurarnos de que no tenga un comportamiento inusual.

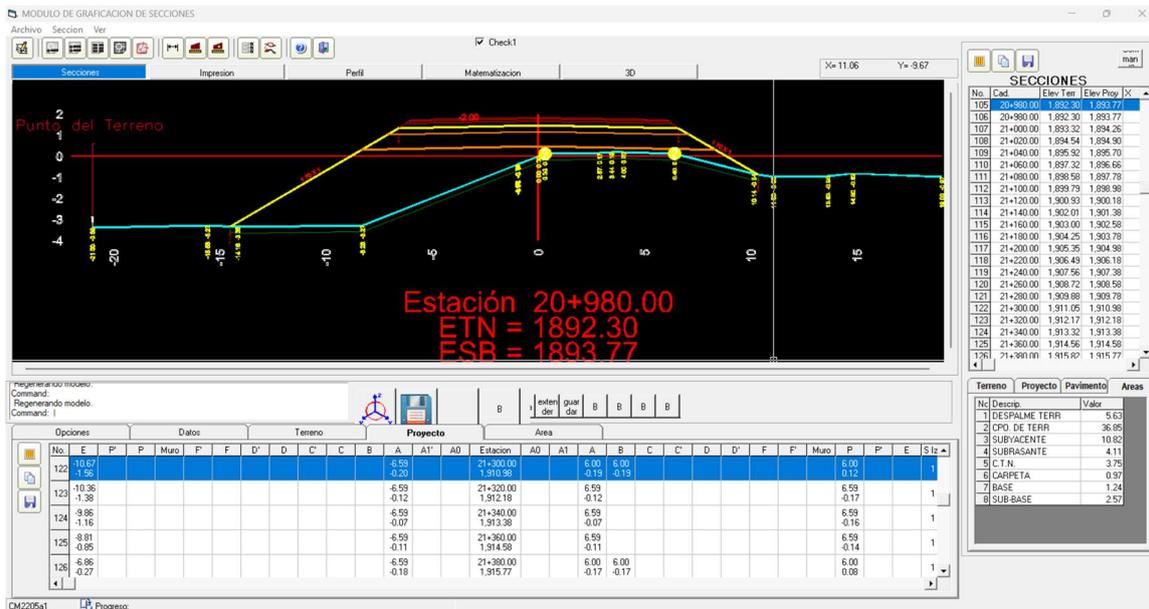


Imagen 20. Secciones de construcción. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Se identificó una sección con una altura superior a 2 metros del hombro respecto al terreno natural. En este caso, tendrán que considerar un ancho de cuña de 20 cm, así como modificar el ancho y talud de la cuneta, ya que recordemos que esta está en función de la altura del talud. Para estas situaciones, tendremos que indicar en los datos geométricos desde dónde y hasta dónde estamos considerando anchos de cuñas. Por esto, concluimos que el proyectista tendrá que revisar cada una de sus secciones y tener cuidado donde presenta este tipo de problemas, ya que no prestó atención a las secciones generadas.

Datos de cortes

Reo.	Cadenamiento	Espesor Despalme	Espesor	Estrato 2			Estrato 3			CJ	CM						
				Clasificación A	B	C	Talud Izo.	Der.	Coef.			Clasificación A	B	C	Talud Izo.	Der.	Coef.
1	19000.00	0.60	99.00	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
2	19620.00	0.60	99.00	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
3	19640.00	0.60	99.00	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
4	19700.00	0.60	99.00	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
5	19700.00	0.80	99.00	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
6	20360.00	0.80	99.00	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
7	20360.00	0.30	0.38	80	20	0	0.50	0.50	0.96	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
8	20640.00	0.30	0.38	80	20	0	0.50	0.50	0.96	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
9	20640.00	0.30	99.00	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
10	20980.00	0.30	99.00	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
11	20980.00	0.15	99.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
12	21260.00	0.15	99.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
13	21280.00	0.15	99.00	70	30	0	0.50	0.00	1.07	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
14	21400.00	0.15	99.00	70	30	0	0.50	0.00	1.07	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
15	21420.00	0.15	99.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
16	21540.00	0.15	99.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	3
17	21540.00	0.30	0.30	60	40	0	0.50	0.00	1.03	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
18	21740.00	0.30	0.30	60	40	0	0.50	0.00	1.03	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
19	21740.00	0.40	1.50	60	40	0	0.50	0.00	1.01	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
20	22540.00	0.40	1.50	60	40	0	0.50	0.00	1.01	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
21	22540.00	0.40	0.60	60	40	0	0.50	0.00	0.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	3
22	22640.00	0.40	0.60	60	40	0	0.50	0.00	0.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	3
23	22660.00	0.40	0.60	60	40	0	0.50	0.50	0.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	3
24	22840.00	0.40	0.60	60	40	0	0.50	0.50	0.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	3
25	22860.00	0.40	0.60	60	40	0	0.50	0.00	0.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	3
26	22940.00	0.40	0.60	60	40	0	0.50	0.00	0.00	70	30	0	0.50	0.50	1.07	0	3
27	22940.00	0.30	0.20	80	20	0	0.50	0.00	0.95	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
28	23000.00	0.30	0.20	80	20	0	0.50	0.00	0.95	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
29	23020.00	0.30	0.20	80	20	0	0.50	0.50	0.95	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
30	23980.00	0.30	0.20	80	20	0	0.50	0.50	0.95	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
31	23980.00	0.30	0.30	60	40	0	0.50	0.50	1.03	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
32	24400.00	0.30	0.30	60	40	0	0.50	0.50	1.03	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
33	24400.00	0.30	0.20	80	20	0	0.50	0.00	0.95	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
34	25180.00	0.30	0.20	80	20	0	0.50	0.00	0.95	0	60	40	0.50	0.50	1.10	0	3
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Imagen 21. Ventana de datos de corte. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

En la etapa de análisis de los datos de corte, es imprescindible que se hayan ingresado correctamente los datos en la tabla de curva masa. Estos datos son fundamentales para que el programa pueda realizar el cálculo de la curva masa y, posteriormente, para el cálculo de los movimientos de terracerías.

La tabla de curva masa está compuesta por varias columnas que detallan información específica. La primera columna muestra el cadenamiento de aplicación, que indica la posición específica en el proyecto. La segunda columna contiene el espesor del despalme. Posteriormente, se presenta el espesor del primer estrato. En algunos casos, este valor puede ser 99.99, lo que indica que el espesor del estrato es indefinido.

A continuación, se presenta la clasificación presupuestal, seguida del talud sugerido por el departamento de geotecnia. Posteriormente, se incluye el Coeficiente de Variación Volumetrica del estrato, con valores específicos para los estratos 2 y 3, si corresponde.

La columna de 'clave caja' permite ingresar un valor de 0 o 1: se utilizará 1 en caso de que el material se desperdicie, y 0 si se compensa. Por lo tanto, si el material tiene una observación marcada con 'C', la clave será 1; de lo contrario, se dejará en 0. Este dato debe verificarse en la hoja de curva masa para confirmar la existencia del material mencionado.

Finalmente, la columna CM, con una clave 3, indica la generación de tres curvas masa: una para los finos (subrasante y subyacente), otra para el terraplén (90%), y una última para el desperdicio.

Para asegurar la precisión de estos datos, se recomienda transferir la información a una hoja de cálculo en Excel y compararla con la curva masa proyectada. Este proceso de verificación garantiza que los datos se hayan proyectado correctamente y que no se presenten inconsistencias en los cálculos.

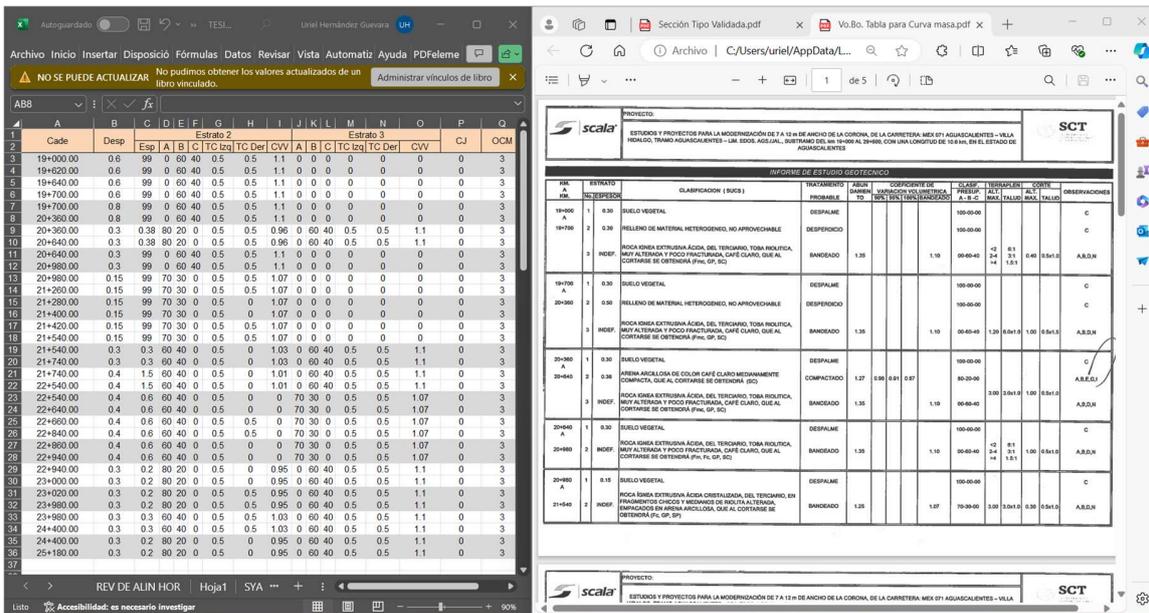


Imagen 22. Datos de corte. Elaborada con información recibida por el proyectista.

Después de revisar el vaciado de la curva masa, podemos observar que se ha realizado de manera correcta. Por lo tanto, podemos concluir que el apartado de datos de cortes está adecuadamente preparado para continuar con los espesores y tratamientos.

Espesores y tratamientos

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE VOLUMENES Y TERRACERIAS Curva Masa PC

Datos de Espesores y Tratamientos

Registro	Cadenamiento	ESPESORES			TRATAMIENTOS			
		Subrasante	Subyacente	Corte	Terrazo	Subras.	Subva.	Estrato - 2
1	19000.00	0.30	0.50	0.50	1	1	1	1
2	21680.00	0.30	0.50	0.50	1	1	1	1
3	21700.00	0.30	0.20	0.70	1	3	1	1
4	21880.00	0.30	0.20	0.70	1	3	1	1
5	21900.00	0.30	0.50	0.50	1	1	1	1
6	23320.00	0.30	0.50	0.50	1	1	1	1
7	23340.00	0.30	0.20	0.70	1	3	1	1
8	23700.00	0.30	0.20	0.70	1	3	1	1
9	23720.00	0.30	0.50	0.50	1	1	1	1
10	24760.00	0.30	0.50	0.50	1	1	1	1
11	24780.00	0.30	0.20	0.70	1	3	1	1
12	25180.00	0.30	0.20	0.70	1	3	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0

C:\PROCESOS\DATOS\2205\CM2205a1.ES1

CARRETERA: 2205 TRAMO: a1

Version Actual CM (Versión 2022.001 18.11.2022) Archivo MAYÚS NÚM 22/09/2024 08:44 a. m.

Imagen 23. Ventana de espesores y tratamientos. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

Para verificar que los espesores y tratamientos sean correctos, se deberá revisar las observaciones particulares de cada estrato. Posteriormente, será necesario consultar la tabla de observaciones particulares para confirmar los espesores y tratamientos aprobados por el departamento de geotecnia. A continuación, se procederá a abrir ambos archivos y analizar si los datos proyectados son correctos.

	PROYECTO:	
	ESTUDIOS Y PROYECTOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE 7 A 12 m DE ANCHO DE LA CORONA, DE LA CARRETERA: MEX 071 AGUASCALIENTES – VILLA HIDALGO, TRAMO AGUASCALIENTES – LIM. EDOS. AGSJAL., SUBTRAMO DEL km 19+000 AL 29+000, CON UNA LONGITUD DE 10.6 km, EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES	

INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO

KM. A KM.	ESTRATO No. ESPESOR	CLASIFICACION (SUCS)	TRATAMIENTO PROBABLE	ABUN DAMIENTO	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERVACIONES
					90%	95%	100%	BANDEADO		ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	TALUD	
19+000 A 19+700	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPALME						100-00-00				C
	2	0.30	RELLENO DE MATERIAL HETEROGENEO, NO APROVECHABLE	DESPERDICIO						100-00-00				C
	3	INDEF.	ROCA IGNEA EXTRUSIVA ACIDA, DEL TERCARIO, TOBA RIOLITICA, MUY ALTERADA Y POCO FRACTURADA, CAFÉ CLARO, QUE AL CORTARSE SE OBTENDRÁ (Fmc, GP, SC)	BANDEADO	1.35			1.10	00-60-40	<2 2-4 >4	6:1 3:1 1.5:1	0.40	0.5x1.0	A,B,D,N
19+700 A 20+360	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPALME						100-00-00				C
	2	0.50	RELLENO DE MATERIAL HETEROGENEO, NO APROVECHABLE	DESPERDICIO						100-00-00				C
	3	INDEF.	ROCA IGNEA EXTRUSIVA ACIDA, DEL TERCARIO, TOBA RIOLITICA, MUY ALTERADA Y POCO FRACTURADA, CAFÉ CLARO, QUE AL CORTARSE SE OBTENDRÁ (Fmc, GP, SC)	BANDEADO	1.35			1.10	00-60-40	1.20	6.0x1.0	1.00	0.5x1.5	A,B,D,N
20+360 A 20+640	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPALME						100-00-00				C
	2	0.38	ARENA ARCILLOSA DE COLOR CAFÉ CLARO MEDIANAMENTE COMPACTA, QUE AL CORTARSE SE OBTENDRÁ (SC)	COMPACTADO	1.27	0.98	0.91	0.87	80-20-00					A,B,E,G,I
	3	INDEF.	ROCA IGNEA EXTRUSIVA ACIDA, DEL TERCARIO, TOBA RIOLITICA, MUY ALTERADA Y POCO FRACTURADA, CAFÉ CLARO, QUE AL CORTARSE SE OBTENDRÁ (Fmc, GP, SC)	BANDEADO	1.35			1.10	00-60-40	3.00	3.0x1.0	1.00	0.5x1.0	A,B,D,N
20+640 A 20+980	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPALME						100-00-00				C
	2	INDEF.	ROCA IGNEA EXTRUSIVA ACIDA, DEL TERCARIO, TOBA RIOLITICA, MUY ALTERADA Y POCO FRACTURADA, CAFÉ CLARO, QUE AL CORTARSE SE OBTENDRÁ (Fm, Fc, GP, SC)	BANDEADO	1.35			1.10	00-60-40	<2 2-4 >4	6:1 3:1 1.5:1	1.00	0.5x1.0	A,B,D,N
20+980 A 21+540	1	0.15	SUELO VEGETAL	DESPALME						100-00-00				C
	2	INDEF.	ROCA IGNEA EXTRUSIVA ACIDA CRISTALIZADA, DEL TERCARIO, EN FRAGMENTOS CHICOS Y MEDIANOS DE RIOLITA ALTERADA, EMPACADOS EN ARENA ARCILLOSA, QUE AL CORTARSE SE OBTENDRÁ (Fc, GP, SP)	BANDEADO	1.25			1.07	70-30-00	3.00	3.0x1.0	0.30	0.5x1.0	A,B,D,N

Imagen 24. Informe de estudio geotécnico. Información recibida por el proyectista.

OBSERVACIONES

A.- En todos los casos el cuerpo del terraplén, se compactará al 90% o se bandeará según sea el caso las capas de transición y subrasante se compactarán al 95% y al 100% respectivamente; el grado de compactación se determinaran mediante las pruebas de AASHTO estándar.

B.- En todos los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno natural después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90% de su PVSM en una profundidad mínima de 0.20 m. o bandearse según sea el caso.

C.- Material que por sus características no debe utilizarse ni en construcción del cuerpo del terraplén.

D.- Material que por sus características solo puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, mismo que deberá compactarse al 90% de su PVSM o bandearse según sea el caso.

N.- En el caso de cortes y terraplenes formados en este material se deberá proyectar, capa de transición de 0.50 m. de espesor como mínimo / capa subrasante de 0.30 m. compactadas dichas capas al 95% y 100% de su PVSM respectivamente; ambas capas se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

Imagen 25. Observaciones particulares. Información recibida por el contratista.

CAMPO	DESCRIPCION
1 Caja	El material del estrato no sirve para formar esta capa y es necesario excavarlo y ya sea, depositarlo en una zona de desperdicio o, si sirve para formar una capa de menor compactación, enviarlo a otro sitio para formarla. Mientras, para la formación de la capa es necesario traer material de un banco. En este caso, se sugiere generar al menos dos ordenadas de curva masa.
2 Exacteco	El material sirve, se excava, acamellona, tiende y compacta para la formación de la capa.
3 C. C. C.	El material sirve, sin excavarlo sólo se compacta para formar la capa. (Compactación en la cama de los cortes).
4 Sin tratamiento	El material sirve y no es necesario cortar ni compactar

Imagen 26. Tratamientos. Obtenida del software CM de la SICT.

OBS. PARTICULAR	Espesores			Tratamientos	
	SBR	SBY cte	SBY Terr	Sbr E2	Sby E2
ABDN	0.30	0.50	0.50	1	1
ABEGI	0.30	0.20	0.70	1	3
ABCJ	0.30	0.70	0.70	1	1
ABFGM	0.30	0.70	0.70	2	3

Tabla 15. Espesores y tratamientos definidos. Elaboración propia.

Caden	Espesores			Tratamientos				Obs. E2	Obs. E3
	SBR	SBY cte	SBY Terr	Sbr E2	Sby E2	Sbr E3	Sby E3		
19+000.00	0.3	0.5	0.5	1	1	1	1	ABDN	ABDN
21+680.00	0.3	0.5	0.5	1	1	1	1		
21+700.00	0.3	0.2	0.7	1	3	1	1	ABEGI	ABDN
21+880.00	0.3	0.2	0.7	1	3	1	1		
21+900.00	0.3	0.5	0.5	1	1	1	1	ABDN	ABDN
23+320.00	0.3	0.5	0.5	1	1	1	1		
23+340.00	0.3	0.2	0.7	1	3	1	1	ABEGI	ABDN
23+700.00	0.3	0.2	0.7	1	3	1	1		
23+720.00	0.3	0.5	0.5	1	1	1	1	ABDN	ABDN
24+760.00	0.3	0.5	0.5	1	1	1	1		
24+780.00	0.3	0.2	0.7	1	3	1	1	ABEGI	ABDN
25+180.00	0.3	0.2	0.7	1	3	1	1		

Tabla 16. Espesores y tratamientos de todo el tramo. Elaboración propia.

Al revisar los espesores y tratamientos del proyectista con la curva masa y las observaciones particulares, podemos darle el visto bueno a este punto.

Datos de terraplén

Registro	Cadenamiento	TERRAPLEN 1		PEDRAPLEN				Esp. Caia	Comp.
		Izquierdo	Derecho	NAME	Ancho Berma	Pend. Berma	Talud.		
1	19000.00	0.01	0.01	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
2	19500.00	0.01	0.01	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
3	19520.00	0.01	1.70	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
4	19540.00	0.01	0.01	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
5	19640.00	0.01	0.01	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
6	19660.00	3.00	0.01	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
7	19720.00	3.00	0.01	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
8	19740.00	3.00	1.70	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
9	19860.00	3.00	1.70	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
10	19880.00	3.00	0.01	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
11	20280.00	3.00	0.01	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
12	20300.00	3.00	3.00	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
13	20560.00	3.00	3.00	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
14	20580.00	3.00	1.70	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
15	20860.00	3.00	1.70	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
16	20880.00	1.70	1.70	000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20

Imagen 27. Ventana de datos de terraplén. Elaboración propia con ayuda del software CM de la SICT.

El terraplén es una estructura elevada de tierra que se utiliza para nivelar terrenos y proporcionar estabilidad en la construcción de proyectos. Se construye en capas compactadas para asegurar su durabilidad y capacidad de carga. En los datos que tenemos que alimentar, es necesario verificar que se estén utilizando los datos presentados en la sección tipo, ya que estos deben haber sido aprobados por el departamento de geotecnia. Además, debemos tener cuidado, ya que en terraplenes con alturas superiores a 2 metros, es necesario incluir una berma de 20 cm. Por lo tanto, tendremos que revisar sección por sección para asegurar que se esté cumpliendo con esta especificación.

En el caso del pedraplén, este es un relleno estructural hecho de rocas que se utilizan para estabilizar terrenos inestables, mejorar el drenaje y evitar asentamientos. Incluye geotextiles para aumentar su eficiencia y se empleará únicamente cuando las observaciones particulares así lo indiquen. Dichas observaciones especificarán la profundidad requerida y la forma en que deberá colocarse. Por lo general, el pedraplén se utiliza cuando la tabla de curva masa presenta un NAME. Esto justifica el uso de agregado y geotextil, cuyo propósito es proteger la estructura del camino.

Las bermas son plataformas horizontales en taludes de terraplenes o pedraplenes que mejoran la estabilidad, controlan la erosión y facilitan el drenaje. Se usan en terrenos inestables, proyectos altos o zonas con lluvias intensas para prevenir deslizamientos y proteger las estructuras.

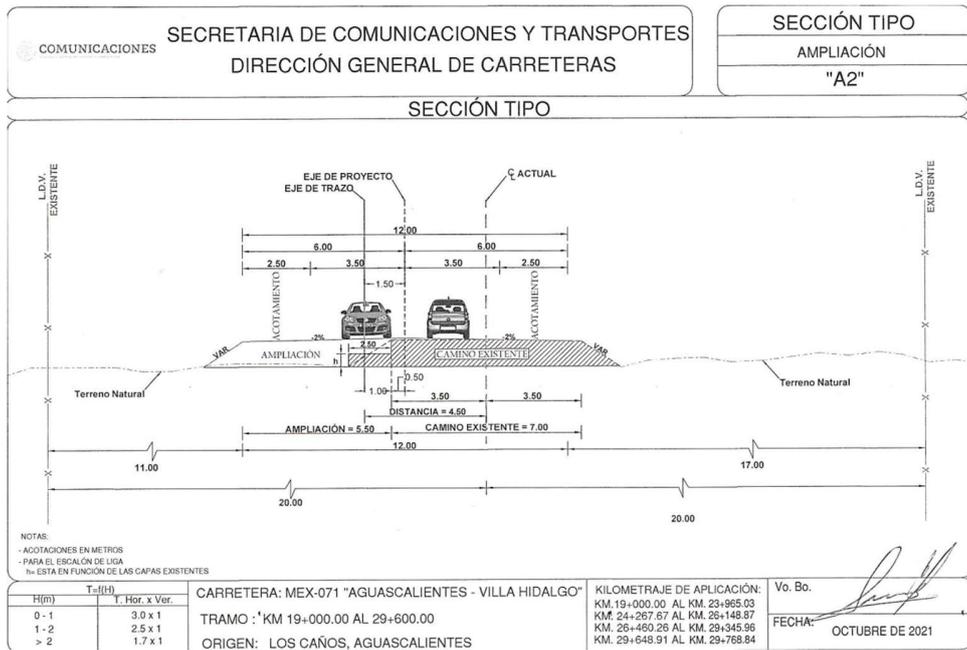


Imagen 28. Sección tipo. Datos de terraplén. Información recibida por el proyectista.

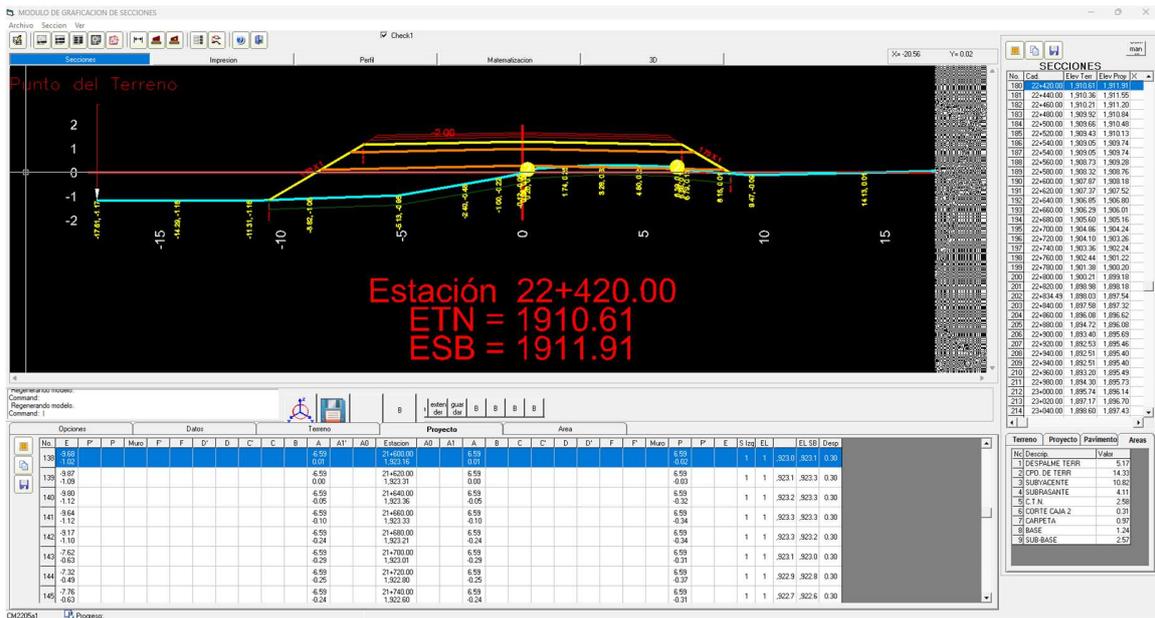


Imagen 29. Módulo de graficación de secciones. Talud en terraplén. Elaboración propia mediante el software CM de la SICT.

Después de revisar sección por sección y verificar la sección tipo, pudimos constatar que todas las secciones cumplen con los requisitos establecidos.

Análisis de movimientos de terracerías

Para poder comenzar la revisión de movimiento de terracerías y el cálculo de las cantidades de obra, es necesario aprender a interpretar los datos que nos proporciona el programa de curva masa. Esto nos permitirá llenar la siguiente tabla, que es el formato requerido por la SICT para sus volúmenes:

		COMUNICACIONES		SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	
		CARRETERA:		TRAMO: 0	
		DEL KM.: 0+000.00		AL KM.: 1+000.00	
		ORIGEN: 0			
CANTIDADES DE OBRA					
CANTIDADES DE OBRA	EXCAVACIONES	DESMONTE (PARA DENSIDAD 100% VEGETACIÓN TIPO)			Ha
		DESPALME		EN CORTE	0 m3
				EN TERRAPLÉN	0 m3
		TOTAL		0	m3
				MATERIAL "A"	0 m3
				MATERIAL "B"	0 m3
				MATERIAL "C"	0 m3
		CORTES Y EXCAVACIONES ADICIONALES		VOL. APROVECHADO	0 m3
				VOL. DESPERDICiado	0 m3
		CAJAS		VOL. APROVECHADO	0 m3
			VOL. DESPERDICiado	0 m3	
	ESCARIFICACIÓN		VOL. APROVECHADO	m3	
			VOL. DESPERDICiado	m3	
	ESCALONES DE LIGA		VOL. APROVECHADO	m3	
			VOL. DESPERDICiado	m3	
	DESPALME TOTAL			m3	
	DEL BANCO 1			m3	
	DEL BANCO 2			m3	
	DEL BANCO 3			m3	
	DEL BANCO 4			m3	
			PRÉSTAMO TOTAL	0 m3	
	LATERALES DENTRO DE LA FAJA DE:			m	
				m3	
				m3	
	DEL TERRENO NATURAL EN EL ÁREA DE DESPLANTE DE TERRAPLÉNES		A 90%	0 m3	
			A 95%	m3	
			A 95%	0 m3	
	DE LA CAMA DE LOS CORTES		A 100%	0 m3	
	DE TERRACERÍAS EXISTENTES		A 95%	m3	
			A 100%	m3	
	DE PAVIMENTOS EXISTENTES		A 95%	m3	
	DE TERRAPLÉNES CON O SIN CUÑA DE AFINAMIENTO		BANDEADO	0 m3	
			A 90%	0 m3	
			A 95%	0 m3	
			A 100%	0 m3	
			PEDRAPLEN Ó CAPA ROMPEDORA	0 m3	
	DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLÉNES CONSTRUIDA SOBRE MATERIAL NO COMP.		A 95% S / BANDEADO	0 m3	
			A 95% S / PEDRAPLEN	0 m3	
			A 100%	m3	
	DEL RELLENO DE LAS CAJAS EN CORTES		A 95%	0 m3	
		A 100%	0 m3		
ESCARIFICADO, ACAMELLONADO, TENDIDO Y COMPACTADO (EXACTECO)		A 95%	0 m3		
		A 100%	0 m3		
MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (APROVECHADO)					
m3 - Est		m3 - Hm	m3 - Km		
0		0	0		
MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (DESPERDICIO)					
m3 - Est		m3 - Hm	m3 - Km		
Ø		Ø	Ø		
MATERIAL PRODUCTO DE LOS PRÉSTAMOS DE BANCO					
m3 - Est		m3 - Hm	m3 - Km		
0		0	0		

Imagen 30. Cantidades de obra. Elaboración propia.

SCT

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

Camino : AGUASCALIENTES - VILLA HIDALGO
 Tramo : DEL KM 19+000 AL KM 29+600
 Subtramo : DEL KM 19+000 AL KM 25+000
 Alternat. : MOD DE 12 M DE CORONA
 Origen : AGUASCALIENTES

Proyectista : SCALA SA DE CV
 Archivo : CM2205A1
 Fecha : jueves 28 de septiembre de 2021
 No Contrato : 2021-09-CE-A-171-Y-00-2021

VOLUMENES DE CONSTRUCCION

Hoja No : 1

ESTACION	DESPALME		CORTE ESTRATO		CORTE CAJA		C.C.C.				RELLENO CAJA				ExAcTeCo		Recort		
	CORTE	TERR	2	3	2	3	CTN	95%	100%	CAJA	PEDRAPL	CUERPO	SBY	SBR	95%	100%		95%	100%
19000.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19020.00	12	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	14	6	0	0	0	0	0
19040.00	22	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	26	11	0	0	0	0	0
19060.00	31	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	36	16	0	0	0	0	0
19080.00	40	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	47	20	0	0	0	0	0
19100.00	51	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	59	25	0	0	0	0	0
19120.00	61	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	71	31	0	0	0	0	0
19140.00	71	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	82	35	0	0	0	0	0
19160.00	48	27	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	87	37	0	0	0	0	0
19180.00	28	46	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	87	37	0	0	0	0	0
19200.00	55	19	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0	87	37	0	0	0	0	0
19220.00	76	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	88	38	0	0	0	0	0
19240.00	73	4	0	0	68	0	0	0	0	0	0	0	90	39	0	0	0	0	0
19260.00	64	14	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	91	39	0	0	0	0	0
19280.00	58	20	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	91	39	0	0	0	0	0
19300.00	63	15	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	91	39	0	0	0	0	0
19320.00	68	11	0	0	68	0	0	0	0	0	0	0	91	39	0	0	0	0	0
19340.00	69	9	0	0	72	0	0	0	0	0	0	0	91	39	0	0	0	0	0
19360.00	69	9	0	0	72	0	0	0	0	0	0	0	91	39	0	0	0	0	0
19380.00	65	13	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	91	39	0	0	0	0	0
19400.00	56	21	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	91	39	0	0	0	0	0
19420.00	64	37	0	0	77	0	0	0	0	0	0	0	118	51	0	0	0	0	0
19440.00	100	24	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0	144	62	0	0	0	0	0
19460.00	148	0	25	0	117	0	0	0	0	0	0	0	152	65	14	7	0	0	0
19480.00	173	0	35	0	141	0	0	0	0	0	0	0	171	73	20	10	0	0	0
19500.00	152	0	14	0	137	0	0	0	0	0	0	0	160	69	8	5	0	0	0
19520.00	138	18	9	0	142	0	0	0	0	0	0	0	168	71	5	4	0	0	0
19540.00	154	18	5	0	165	0	0	0	0	0	0	0	194	83	3	2	0	0	0
19560.00	144	0	0	0	152	0	0	0	0	0	0	0	168	72	0	0	0	0	0
19580.00	122	0	0	0	138	0	0	0	0	0	0	0	143	61	0	0	0	0	0
19600.00	122	0	97	0	160	0	0	0	0	0	0	0	143	61	45	19	0	0	0
19620.00	124	0	195	0	173	0	0	0	0	0	0	0	144	62	89	38	0	0	0
19640.00	104	0	195	0	127	0	0	0	0	0	0	0	122	52	87	37	0	0	0
19660.00	53	41	192	0	68	0	0	0	0	0	0	1	108	43	88	38	0	0	0
19680.00	21	88	184	0	47	0	0	0	0	0	0	11	122	44	88	38	0	0	0
19700.00	13	104	166	0	30	0	0	0	0	0	0	30	125	44	88	38	0	0	0
19720.00	3	134	146	0	5	0	12	0	0	0	0	54	114	44	88	38	0	0	0
19740.00	0	128	69	0	58	0	28	0	0	0	0	63	155	63	44	19	0	0	0
19760.00	0	161	0	0	106	0	39	0	0	0	0	136	216	83	0	0	0	0	0
19780.00	0	185	0	0	95	0	46	0	0	0	0	213	223	84	0	0	0	0	0
19800.00	0	176	0	0	85	0	44	0	0	0	0	176	221	84	0	0	0	0	0
19820.00	0	158	0	0	77	0	39	0	0	0	0	82	216	84	0	0	0	0	0
19840.00	0	139	0	0	82	0	33	0	0	0	0	44	205	82	0	0	0	0	0
19860.00	28	107	0	0	108	0	25	0	0	0	0	24	203	82	0	0	0	0	0
19880.00	58	74	69	0	84	0	11	0	0	0	0	6	158	64	44	19	0	0	0
19900.00	75	46	69	0	41	0	0	0	0	0	0	0	106	43	44	19	0	0	0
19920.00	108	22	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	112	42	0	0	0	0	0
19940.00	70	93	0	0	27	0	21	0	0	0	0	113	120	43	0	0	0	0	0
19960.00	6	182	0	0	3	0	44	0	0	0	0	227	122	43	0	0	0	0	0
19980.00	1	185	0	0	3	0	43	0	0	0	0	188	122	43	0	0	0	0	0
20000.00	8	159	0	0	4	0	37	0	0	0	0	103	122	43	0	0	0	0	0
SUMAS	3069	2487	1470	0	3665	0	422	0	0	0	0	1471	6099	2484	755	331	0	0	0

SUMAS DEL KILOMETRO	19000.00	AL KILOMETRO	20000.00																
material A	0	material B	3081	material C	2054														

Imagen 32. Procesos electrónicos. Volúmenes de construcción. Elaboración propia mediante el software de CM de la SICT.

SCT

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

Camino : AGUASCALIENTES - VILLA HIDALGO
Tramo : DEL KM 19+000 AL KM 29+600
Subtramo : DEL KM 19+000 AL KM 25+000
Alternat. : MOD DE 12 M DE CORONA
Origen : AGUASCALIENTES

Proyectista : SCALA SA DE CV
Archivo : CM2205A1
Fecha : jueves 28 de septiembre de 202
No Contrato : 2021-09-CE-A-171-Y-00-2021

VOLUMENES DE CONSTRUCCION Hoja No : 1

ESTACION	CORTE TERR	CORTE ESTRATO		CORTE CAJA		CTN	C.C.C.		CAJA PEDRAPL	CUERPO	SBY	SBR	RELLENO CAJA		ExAcTeCo		Recort
		2	3	2	3		95%	100%					95%	100%	95%	100%	
S U M A S D E L K I L O M E T R O 19000.00 A L K I L O M E T R O 20000.00																	
3069	2487	1470	0	3665	0	422	0	0	0	1471	6099	2484	755	331	0	0	0
material A	0	material B	3081	material C	2054												

Imagen 33. Procesos electrónicos. Resumen de los volúmenes de construcción. Elaboración propia mediante el software de CM de la SICT.

Para comprender adecuadamente los volúmenes mostrados previamente, es fundamental entender cómo funciona y distribuye los volúmenes el programa CM.

Análisis de áreas en las secciones de construcción del programa cm

Este análisis tiene como propósito mostrar las consideraciones y zonas que refleja el programa Curva-Masa, con el fin de comparar las volumetrías de terracerías al emplear otros programas o al realizar verificaciones.

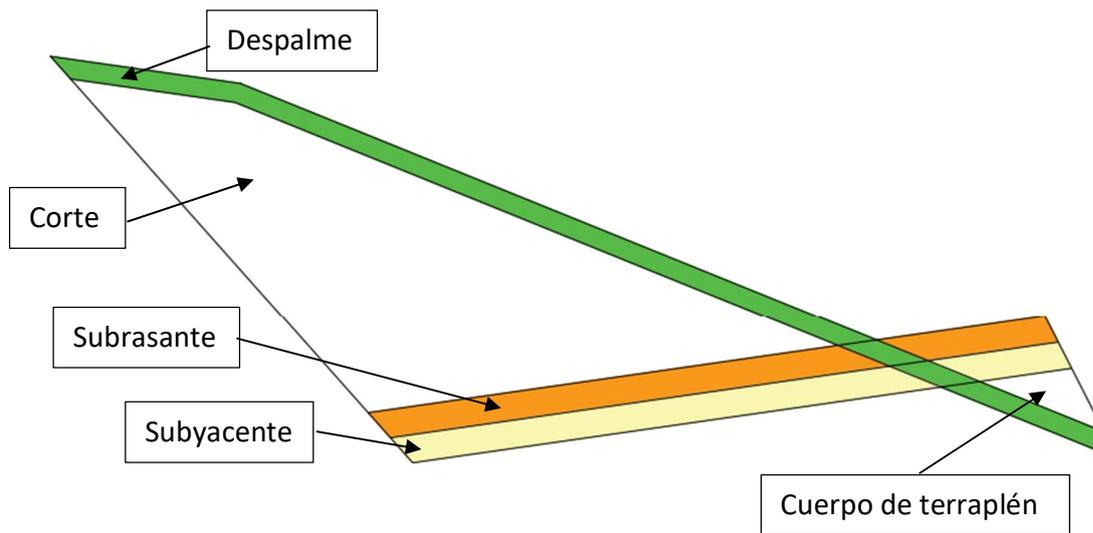


Imagen 34. Análisis de áreas. Elaboración propia.

Cuerpo De Terraplén

Esta área abarca la superficie que se encuentra debajo de la capa subyacente, incluyendo también la zona de despalme que quede por debajo de esta.

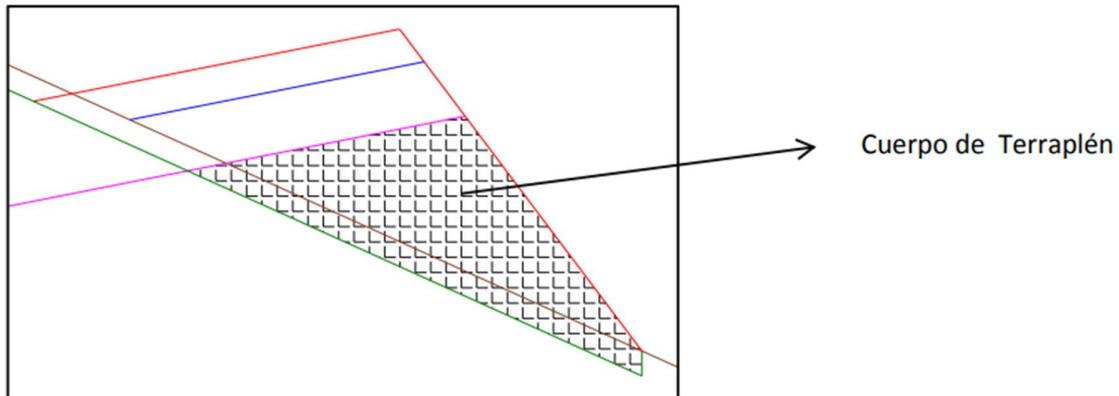


Imagen 36. Cuerpo de terraplén en programa CM. Elaboración propia.

Compactación De Terreno Natural (C.T.N)

Esta área se define por la línea vertical que surge de la intersección entre el límite inferior de la capa subyacente y la línea de despalme.

Nota: Generalmente, la C.T.N. (Compacidad Total Nominal) es de 20 cm. Por lo tanto, cuando el despalme tiene este mismo espesor, dicha área se confirma o valida fácilmente, ya que el programa Curva-Masa no traza la línea que marca el límite de esa compactación.

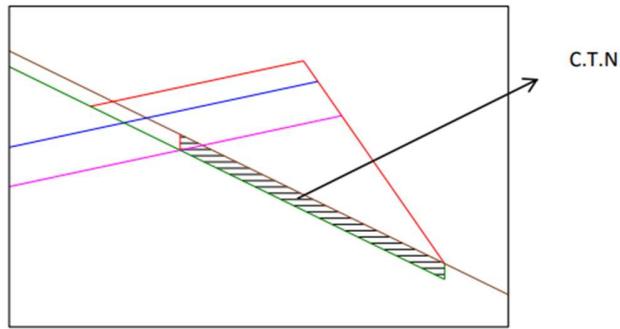


Imagen 37. C.T.N. en programa CM. Elaboración propia.

Subyacente Y Subrasante

Esta área se define por la línea vertical que resulta de la intersección entre el límite superior de la capa subrasante y la línea de despalme.

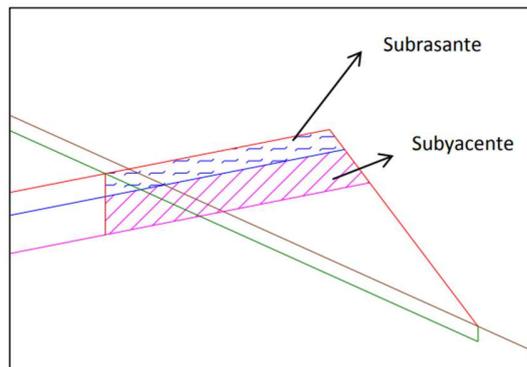


Imagen 38. SBR Y SBY en programa CM. Elaboración propia.

Caja 95% Y Caja 100%

El área de caja al 95% corresponde a la subyacente, mientras que la de 100% se refiere a la subrasante. Esta nomenclatura busca distinguir las áreas que componen el corte de terreno. Ambas áreas complementan el total de las capas, partiendo de la línea vertical trazada en el esquema para reflejar las consideraciones del programa Curva-Masa.

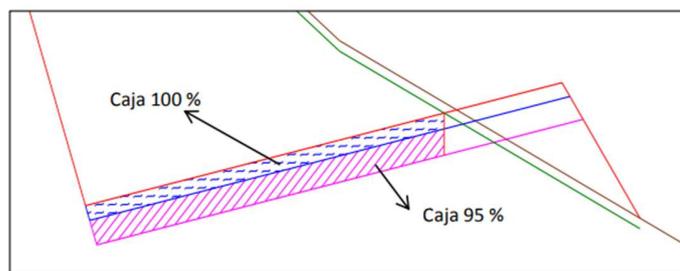


Imagen 39. Caja 100% y 95% en programa CM. Elaboración propia.

Corte 2

El área del corte 2 corresponde a la superficie del corte en el segundo estrato, incorporando tanto la capa subyacente (caja 95%) como la subrasante (caja 100%), según las consideraciones mencionadas anteriormente. Sin embargo, esta superficie excluye el área de despalme generada dentro de dicha zona.

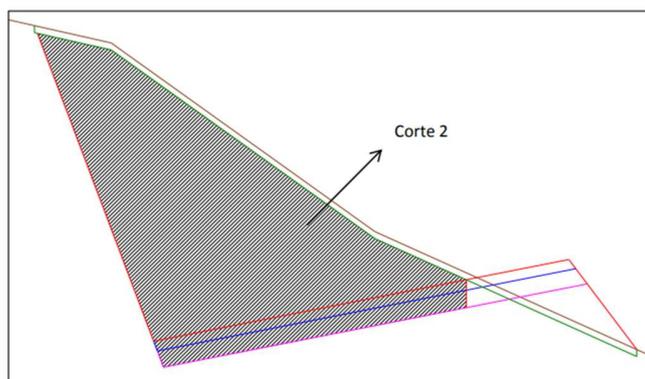


Imagen 40. Corte 2 en programa CM. Elaboración propia.

Nota: En secciones con tres estratos, se registra una leyenda con el nombre "corte 3". Sin embargo, Curva-Masa no traza los límites entre estos dos estratos, lo que impide su comprobación gráfica directa con el dibujo generado por el programa. Para verificarlo, sería necesario dibujar una línea adicional que represente el espesor del estrato en cuestión.

Otra forma de validar estas áreas es asegurarse de que la suma del corte 2 y corte 3 coincida con el total de las áreas achuradas en la imagen proporcionada.

Corte Caja 2

El área de corte de la caja 2 corresponde a la superficie ubicada entre el despalme y la línea vertical que marca los límites de las capas de subrasante y subyacente, tanto de la caja como del terraplén, tal como se muestra en la imagen.

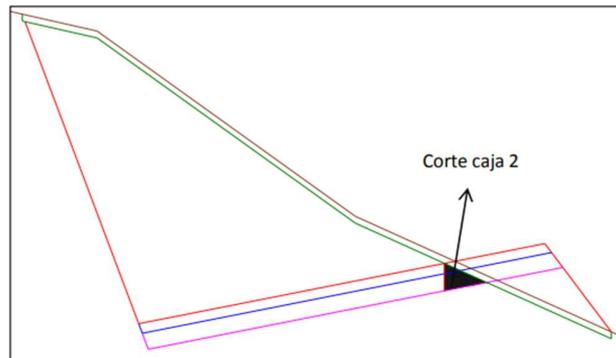


Imagen 41. Corte caja 2 en programa CM. Elaboración propia.

Nota: Cuando tenemos secciones con tres estratos, se reporta una leyenda bajo el nombre de "Corte Caja 3". La curva masa no traza los límites entre estos dos estratos, por lo que no es posible verificar gráficamente mediante el dibujo generado por el programa; se requeriría trazar una nueva línea con el espesor correspondiente a dicho estrato. Otra forma de verificar estas áreas es que la suma de las áreas de "Corte Caja 2" más "Corte Caja 3" debe coincidir con la suma total de las áreas sombreadas en esta imagen.

El área total de corte es la suma de "Corte 2" más "Corte Caja 2".

CANTIDADES DE OBRA

EXCAVACIONES	DESMONTE (PARA DENSIDAD 100% VEGETACIÓN TIPO)			6.00	Ha	
	DESPALME		EN CORTE	3,063	m ³	
			EN TERRAPLÉN	2,487	m ³	
	TOTAL	5,135	m ³	MATERIAL "A"	0	m ³
				MATERIAL "B"	3,081	m ³
				MATERIAL "C"	2,054	m ³
	CORTES Y EXCAVACIONES ADICIONALES		VOL. APROVECHADO	1,470	m ³	
			VOL. DESPERDICIADO	0	m ³	
	CAJAS		VOL. APROVECHADO	3,665	m ³	
			VOL. DESPERDICIADO	0	m ³	
ESCARIFICACIÓN		VOL. APROVECHADO		m ³		
		VOL. DESPERDICIADO		m ³		
ESCALONES DE LIGA		VOL. APROVECHADO		m ³		
		VOL. DESPERDICIADO		m ³		
PRÉSTAMO	DESPALME TOTAL				m ³	
	DEL BANCO 1	m ³	MATERIAL "A"	0	m ³	
	DEL BANCO 2	m ³	MATERIAL "B"	0	m ³	
	DEL BANCO 3	m ³	MATERIAL "C"	0	m ³	
	DEL BANCO 4	m ³	PRÉSTAMO TOTAL	0	m ³	
LATERALES DENTRO DE LA FAJA DE:					m	
COMPACTACIONES	DEL TERRENO NATURAL EN EL ÁREA DE DESPLANTE DE TERRAPLÉNES		A 90%	422	m ³	
			A 95%		m ³	
	DE LA CAMA DE LOS CORTES		A 95%	0	m ³	
			A 100%	0	m ³	
	DE TERRACERÍAS EXISTENTES		A 95%		m ³	
			A 100%		m ³	
	DE PAVIMENTOS EXISTENTES		A 95%		m ³	
FORMACIÓN	DE TERRAPLÉNES CON O SIN CUÑA DE AFINAMIENTO		BANDEADO	0	m ³	
			A 90%	1,471	m ³	
			A 95%	6,099	m ³	
			A 100%	2,484	m ³	
			PEDRAPLEN O CAPA ROMPÉDO	0	m ³	
	DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLÉNES CONSTRUIDA SOBRE MATERIAL NO COMP.		A 95% S/ BANDEADO	0	m ³	
			A 95% S/ PEDRAPLÉN	0	m ³	
			A 100%		m ³	
	DEL RELLENO DE LAS CAJAS EN CORTES		A 95%	755	m ³	
			A 100%	331	m ³	
ESCARIFICADO, ACAMELLONADO, TENDIDO Y COMPACTADO (EXACTECO)		A 95%	0	m ³		
		A 100%	0	m ³		
SOBREACARREOS	MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (APROVECHADO)					
	m ³ - Est	m ³ - Hm	m ³ - Km			
	0	0	0			
	MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (DESPERDICIO)					
	m ³ - Est	m ³ - Hm	m ³ - Km			
	0	0	0			
	MATERIAL PRODUCTO DE LOS PRÉSTAMOS DE BANCO					
	m ³ - Est	m ³ - Hm	m ³ - Km			
	0	0	0			

Imagen 42. Distribución de las cantidades de obra en programa CM. Elaboración propia.

Movimiento de terracerías

Cálculo de Sobre acarreo

Fórmula para calcular los sobre acarreo:

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO (S/A)} = \frac{DIF (OCM 2 - OCM 1)}{CVV} * DIST$$

S/A: Sobre acarreo

OCM 2: Ordenada Curva Masa 2

OCM 1: Ordenada Curva Masa 1

CVV: Coeficiente de variación volumétrica

Dist: Distancia de pago

Distancia de pago

Dividir	0-20	A/L
20	20-100 m	EST
100	120-1000 m	HM
1000	>1000 m	KM

Imagen 43. Distancia de pago. Obtenida del MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018 (Tercera edición).

Ejemplo:

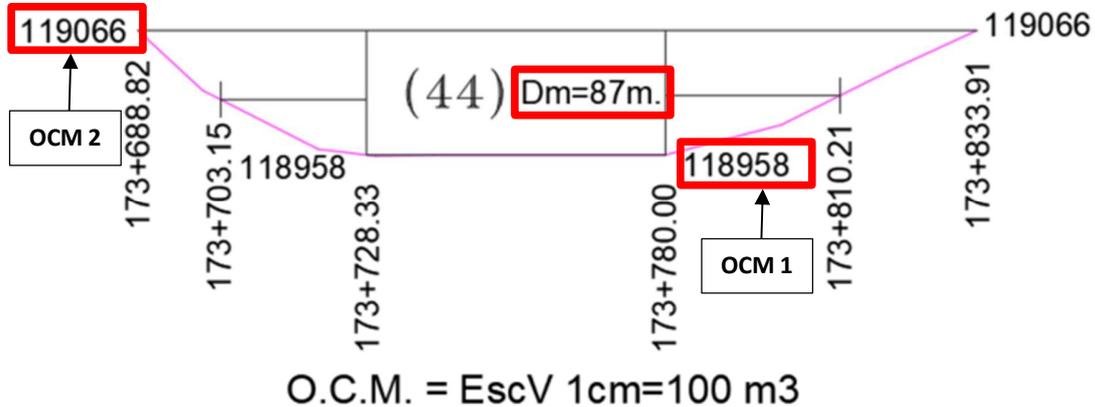


Imagen 44. Diagrama de sobre acarreo. Elaboración propia.

- 1.-) 0.40 m. Suelo vegetal. Despalme. Clasificació: 100-00-00. Observaciones C.
- 2.-) Indef. Arena fina limosa con muy pocas gravas, de color café, húmeda y medianamente compacta (SM). Compactado. Coeficientes $90\%=0.96$, $95\%=0.91$, $100\%=0.86$. Clasificación: 70-30-00. Talud de corte=1.0:1. Observaciones: A,B,F,G,M.

Imagen 45. Información de geotecnia. Elaboración propia.

Cálculo de Sobre acarreo

Datos:

- OCM 2: 119066
- OCM 1: 118958
- CVV: 0.96
- Dm: 87 m

$$\text{Distancia de pago} = \frac{87}{20} = 5 \text{ Est}$$

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO} \left(\frac{S}{A} \right) = \frac{(119066 - 118958)}{0.96} * 5 \text{ Est}$$

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO} \left(\frac{S}{A} \right) = 565 \text{ m}^3 - \text{Est}$$

Posteriormente se verificarán los sobre acarreo correspondientes del km 19+000 al km 20+000.

Datos:

Movimiento: **D-1**

OCM 2: 104290

OCM 1: 100000

CVV: 1.10

Distancia: 5070 m

Es necesario convertir la distancia media a distancia de pago. Según la tabla correspondiente, si el valor supera los 1000, se dividirá entre 1000 para obtener la medida en kilómetros.

Al efectuar la división, el resultado siempre se redondeará al número entero siguiente

$$\text{Distancia de pago} = \frac{5070}{1000} = 5.07 = 6 \text{ km}$$

Posteriormente, se procederá con el cálculo del sobre acarreo.

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO} = \frac{(104290 - 100000)}{1.10} * 6 \text{ km}$$

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO} = 23,400 \text{ m}^3\text{-km}$$

Datos:

Movimiento: **1**

OCM 2: 104485

OCM 1: 104290

CVV: 1.10

Distancia: 44 m

$$\text{Distancia de pago} = \frac{44}{20} = 2.20 = 3 \text{ Est}$$

Posteriormente, se procederá con el cálculo del sobre acarreo.

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO} = \frac{(104485 - 104290)}{1.10} * 3 \text{ Est}$$

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO} = 531 \text{ m}^3\text{-Est}$$

Datos:

Movimiento: 2

OCM 2: 104736

OCM 1: 104290

CVV: 1.10

Distancia: 68 m

$$\text{Distancia de pago} = \frac{44}{20} = 3.4 = 4 \text{ Est}$$

Posteriormente, se procederá con el cálculo del sobre acarreo.

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO} = \frac{(104736 - 104290)}{1.10} * 4 \text{ Est}$$

$$\text{PAGO DE SOBRECARRERO} = 1,620 \text{ m}^3\text{-Est}$$

Para agilizar los cálculos, se programaron hojas donde, al ingresar los datos de la siguiente manera:

Se obtienen los resultados:

DISTANCIA MEDIA		SOBREACARREOS										
D=	5,070 m.	(D-1 **)	S/A =	4,290 m3.	/	1.10	X	6.00	KM	=	23,400	m3-Km
D=	44 m.	(1)	S/A =	195 m3.	/	1.10	X	3.00	EST	=	531	m3-EST
D=	68 m.	(2)	S/A =	446 m3.	/	1.10	X	4.00	EST	=	1,620	m3-EST
<h1>Página 1</h1>												
m3 - EST (APROYECHADO)			m3 - Hm (APROYECHADO)				m3 - Km (APROYECHADO)					
2,151												
m3 - EST (DESPERDICIO)			m3 - Hm (DESPERDICIO)				m3 - Km (DESPERDICIO)					
							23,400					
<small>NOTA: ** MOVIMIENTOS DE DESPERDICIO</small>												

Imagen 47. Resultado del S/A en desperdicio. Elaboración propia.

Préstamo de material

Después analizaremos los préstamos de material, los cuales utilizaremos para formar la capa de subyacente y subrasante.

Comenzaremos con la revisión del primer kilómetro, que comprende del km 19+000 al km 20+000.

Primero, revisaremos los datos del banco, incluyendo su ubicación, los estratos presentes, el volumen aprovechable y las características del material disponible.

PRÉSTAMO DE MATERIAL PARA: TERRAPLÉN, SUBYACENTE Y SUBRASANTE
UBICACIÓN: BANCO "MAGAYANES" EN KM 26+100, DESVIACIÓN
IZQUIERDA A 6,450 MTS. CON RESPECTO AL CAMINO EN ESTUDIO.
1.-0.30m. SUELO VEGETAL DESPALME CLASIF. 100-00-00
2.-INDEF. ARENA ARCILLOSA DE COLOR CAFÉ CLARO CON POCAS GRAVAS (SC)
C.V.V. 90%=1.01 95%=0.96 100%=0.91 CLASIF. 60-40-00
DIMENSIONES: LARGO: 180.00 m. ANCHO 120.00 m. ESPESOR 8.00 m.
VOLUMEN APROVECHABLE: 172,800 m³

Imagen 48. Ubicación del banco. Información proporcionada por el contratista.

Diagrama de préstamo para la formación de la capa subrasante y capa subyacente del km 19+000 al km 25+000

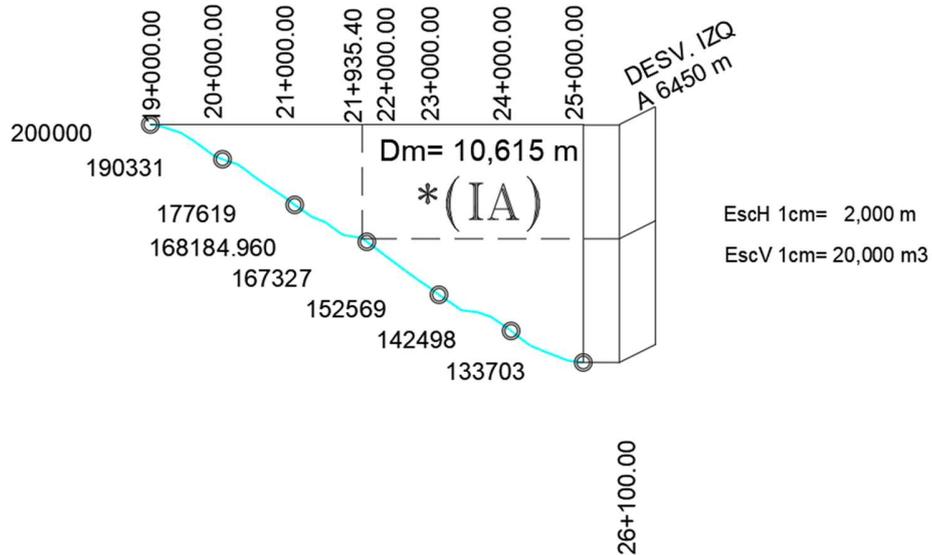


Imagen 49. Diagrama de préstamo. Información proporcionada por el contratista.

Al calcular el volumen de préstamo correspondiente al tramo del km 19+000 al km 20+000, debemos revisar las ordenadas específicas para este segmento. Sin embargo, dado que estamos utilizando el diagrama de préstamo para las capas de SBR y SBY, es importante considerar que, al obtener la diferencia de las ordenadas, el volumen resultante será la suma de ambas capas. Por ello, es necesario determinar cuánto volumen corresponde a cada una. Para esto, tendremos que volver a los volúmenes de construcción obtenidos previamente mediante los procesos electrónicos y desglosar los volúmenes requeridos para cada capa de forma individual.

$$\text{SBR} = \frac{2,815}{0.91} = 3,093 \text{ M3}$$

Distancia media del banco: 10,615 m

$$\text{Distancia de pago} = \frac{10,615}{1,000} = 11 \text{ km}$$

$$\text{SOBREACARREO} = (7,140 \text{ m3} + 3,093 \text{ m3}) * 11 \text{ km} = \mathbf{112,563 \text{ m3-km}}$$

Para mayor practicidad, se programaron hojas de cálculo en Excel, las cuales quedan de la siguiente manera:

DE KM A KM	MOV No.	DE EST A EST	DISTANCIA MEDIA	MOV No.	OCM SUP	OCM INF	VOL PREST	MOV No.	BANCO	CPO TERR	95				100			SUMATORIA PARA PRESTAMO			TOTAL PREST	VERIFICACION	COMPROB
											SBY	SBR	SBY	SBR	90%	95%	100%						
19+000.00	IA1	19+000.00	20+000.00	10615	IA1	200000	190331	9669	IA1	1	0	6099	2484	755	331	0	6854	2815	9669	BIEN	0		
																				BIEN			
																				BIEN			
																				BIEN			
																				BIEN			
																				BIEN			
																				BIEN			
20+000.00																							

Imagen 51. Captura de movimientos y OCM. Elaboración propia.



COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
DIRECCIÓN TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTO DE CARRETERAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
OFICINA DE TERRACERÍAS

PRÉSTAMO DE BANCO
CLASIFICACIONES Y ACARREOS

CARRETERA: 0 TRAMO: 19+000-25+000 ORIGEN: 0	DE KM: 19+000.00 A KM: 20+000.00 ALTERNATIVA:	
IA1	PRÉSTAMO DEL BANCO : MAGAYANES A: IZQUIERDA DE ESTACIÓN: 6+450.00 CLASIFICACIÓN: A 60% B 40% C 0% DE KM : 19+000.00 A KM : 20+000.00	PRÉSTAMO DEL BANCO : A: DE ESTACIÓN: CLASIFICACIÓN: A B C DE KM : 0+000.00 A KM : 0+000.00
GEOMÉTRICO EN EL TERRAPLÉN = 9,669 m3. COMPACTADO A 100% = $\frac{2,815}{0.91} = 3,093 \text{ m3}$ COMPACTADO A 95% = $\frac{6,854}{0.96} = 7,140 \text{ m3}$ COMPACTADO A 90% = $\frac{0}{1.01} = 0 \text{ m3}$ GEOMÉTRICO EN EL PRÉSTAMO = 10,233 m3. DISTANCIA MEDIA = 10,615 m		GEOMÉTRICO EN EL TERRAPLÉN = COMPACTADO A 100% = = COMPACTADO A 95% = = COMPACTADO A 90% = = GEOMÉTRICO EN EL PRÉSTAMO = DISTANCIA MEDIA =
S/A = 10,233 m3. X 11.0 KM = 112,563 m3-KM A = 6,140 B = 4,093 C = 0		STA = X = A = B = C =

Imagen 52. Cálculo de S/A en desperdicio. Elaboración propia.

En resumen, solo se obtuvieron estos movimientos de terracerías desde el km 19+000 hasta el km 20+000.

		DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS		MOVIMIENTOS DE TERRACERÍAS			
		COMUNICACIONES		CAMINO:			
		DIRECCIÓN TÉCNICA		TRAMO: 19+000-25+000			
		DIRECCIÓN DE PROYECTO DE CARRETERAS		ORIGEN:			
		DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PROYECTOS		DE KM: 19+000.00			
		OFICINA DE TERRACERÍAS		A KM: 20+000.00			
	MOVIMIENTO No.	VOLÚMEN GEOMÉTRICO m3	DISTANCIA DE SOBRECARRERO m.	DISTANCIA DE PAGO		VOLÚMEN DISTANCIA	
				CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
SOBRECARREROS	(D-1 **)	3,900	5,070	6.00	KM	23,400	m3-Km
	(1)	177	44	3.00	EST	531	m3-EST
	(2)	405	68	4.00	EST	1,620	m3-EST
PRÉSTAMOS	(IA1)	10,233	10,615	11.00	KM	112,563	m3-KM

Página 1

NOTA: ** MOVIMIENTOS DE DESPERDICIO.

Imagen 53. Resumen de S/A. Elaboración propia.

Ya que obtuvimos los movimientos de terracerías, deberemos ingresar estos volúmenes en la tabla de cantidades de obra. Al inicio, solo vaciamos las cantidades que nos fueron proporcionadas por el proceso electrónico.

CANTIDADES DE OBRA

EXCAVACIONES	DESMONTE (PARA DENSIDAD 100% VEGETACION TIPO)		6.00	Ha	
	DESPALME		3,069	m ³	
			2,487	m ³	
	TOTAL		5,135	m ³	
			0	m ³	
			3,081	m ³	
			2,054	m ³	
	CORTES Y EXCAVACIONES ADICIONALES		1,470	m ³	
			0	m ³	
	CAJAS		3,665	m ³	
		0	m ³		
ESCARIFICACION			m ³		
			m ³		
ESCALONES DE LIGA			m ³		
			m ³		
PRESTAMO	DESPALME TOTAL			m ³	
	DEL BANCO 1	10,233	m ³	6,140	m ³
	DEL BANCO 2		m ³	4,093	m ³
	DEL BANCO 3		m ³	0	m ³
	DEL BANCO 4		m ³		m ³
PRESTAMO TOTAL		10,233	m ³		
TERRACERIAS	LATERALES DENTRO DE LA FAJA DE:			m	
				m	
	DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE DE TERRAPLENES		A 80%:	422	m ³
			A 95%:		m ³
			A 95%:	0	m ³
	DE LA CAMA DE LOS CORTES		A 100%:	0	m ³
			A 95%:		m ³
	DE TERRACERIAS EXISTENTES		A 100%:		m ³
			A 95%:		m ³
	DE PAVIMENTOS EXISTENTES		A 95%:		m ³
FORMACION	DE TERRAPLENES CON O SIN CUÑA DE AFINAMIENTO		BANDEADO	0	m ³
			A 90%:	1,471	m ³
			A 95%:	6,099	m ³
			A 100%:	2,484	m ³
			PEDRAPLEN O CAPA ROMPEO	0	m ³
	DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLENES CONSTRUIDA SOBRE MATERIAL NO COMP.		A 95% S / BANDEADO	0	m ³
			A 95% S / PEDRAPLEN	0	m ³
			A 100%:		m ³
	DEL RELLENO DE LAS CAJAS EN CORTES		A 95%:	755	m ³
			A 100%:	331	m ³
ESCARIFICADO, ACAMELLONADO, TENDIDO Y COMPACTADO (EXACTECO)		A 95%:	0	m ³	
		A 100%:	0	m ³	
SOBRE CARREROS	MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (APROVECHADO)				
	m ³ - Est	m ³ - Hm	m ³ - Km		
	2,151	0	0		
	MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (DESPERDICIADO)				
	m ³ - Est	m ³ - Hm	m ³ - Km		
	0	0	23,400		
	MATERIAL PRODUCTO DE LOS PRESTAMOS DE BANCO				
	m ³ - Est	m ³ - Hm	m ³ - Km		
	0	0	112,563		

Imagen 54. Vacío de volumen. Elaboración propia.

Ahora que ya verificamos las cantidades de obra para el primer kilómetro, procederemos a obtener las cantidades para los siguientes 5 km. Sin embargo, dado que ya tenemos las hojas de cálculo programadas, solo ingresamos nuestros datos y obtenemos los valores de manera más sencilla.

Del km 20+000 al km 21+000

Ingresamos los datos obtenidos del proceso electrónico a nuestra hoja de calculo

DE	20+000.00	ESTACION	DESP CORTE	DESP TERR	CORTE 2	ESTRATO 3	CORTE 2	CAJA 3	C.T.N.	C 95%	C.C 100%	CAJA	PEDRAPL	CUERPO TERR	SBY TERR	SBR TERR	RELLENO 95%	CAJA 100%	Ex Ac 95%	Te Co 100%	Recort Pavime
2			1207	3000	4572	2515	2078	479	634	0	0	0	0	3845	5531	2188	3465	1528	0	0	0
		material	A		materia	IB	m	atena	IC												
			APROVECHADO		7887		2557			% capa de trans	0.00		CAJ DESP	C SI PEDR	COMPACTADO						
			DESPERDICIO																		
			MATERIAL A		1181		MATERIAL B		5197				MATERIAL C		3266						
			MATERIAL A		1181		MATERIAL B		5197				MATERIAL C		3266						
					0.12245956				0.53888428												
			VERF TOTAL CORTE		9644		VERF TOTAL PRESP		9644												

Imagen 55. Hoja de cálculo para cantidades de obra. Elaboración propia.

Con ello, procedemos a rellenar nuestra tabla de cantidades de obra:

COMUNICACIONES SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		CARRETERA: 0			
		TRAMO: 19-000-25-000			
		DEL KM.: 20+000.00	AL KM.: 21+000.00		
		ORIGEN: 0			
CANTIDADES DE OBRA					
CANTIDADES DE OBRA	EXCAVACIONES	DESMONTE (PARA DENSIDAD 100% VEGETACIÓN TIPO)		6,00 Ha	
		DESPALME		EN CORTE 1,207 m3	
				EN TERRAPLÉN 3,000 m3	
		TOTAL		MATERIAL "A" 1,181 m3	
		9,644 m3		MATERIAL "B" 5,197 m3	
				MATERIAL "C" 3,266 m3	
		CORTES Y EXCAVACIONES ADICIONALES		VOL. APROVECHADO 7,087 m3	
				VOL. DESPERDICADO 0 m3	
		CAJAS		VOL. APROVECHADO 2,557 m3	
				VOL. DESPERDICADO 0 m3	
	ESCARIFICACIÓN		VOL. APROVECHADO m3		
			VOL. DESPERDICADO m3		
	ESCALONES DE LIGA		VOL. APROVECHADO m3		
			VOL. DESPERDICADO m3		
	DESPALME TOTAL		m3		
	PRÉSTAMO		DEL BANCO 1	13,455 m3	MATERIAL "A" 8,073 m3
			DEL BANCO 2	m3	MATERIAL "B" 5,382 m3
			DEL BANCO 3	m3	MATERIAL "C" 0 m3
			DEL BANCO 4	m3	PRÉSTAMO TOTAL 13,455 m3
			LATERALES DENTRO DE LA FAJA DE:		m
COMPACTACIONES		DEL TERRENO NATURAL EN EL ÁREA DE DESPLANTE DE TERRAPLÉNES		A 90% 634 m3	
				A 95% m3	
		DE LA CAMA DE LOS CORTES		A 95% 0 m3	
				A 100% 0 m3	
		DE TERRACERÍAS EXISTENTES		A 95% m3	
				A 100% m3	
FORMACIÓN		DE TERRAPLÉNES CON O SIN CUÑA DE AFINAMIENTO		BANDEADO 0 m3	
				A 90% 3,845 m3	
				A 95% 5,531 m3	
				A 100% 2,188 m3	
				PEDRAPLÉN Ó CAPA ROMPEDORA 0 m3	
		DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLÉNES CONSTRUIDA SOBRE MATERIAL NO COMP.		A 95% S / BANDEADO 0 m3	
				A 95% S / PEDRAPLÉN 0 m3	
				A 100% m3	
DEL RELLENO DE LAS CAJAS EN CORTES		A 95% 3,465 m3			
		A 100% 1,528 m3			
ESCARIFICADO, ACAMELLONADO, TENDIDO Y COMPACTADO (EXACTECO)		A 95% 0 m3			
		A 100% 0 m3			
SOBREACARREOS		MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (APROVECHADO)			
		m3 - Est	m3 - Hm	m3 - Km	
		5,913	0	0	
		MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (DESPERDICIO)			
		m3 - Est	m3 - Hm	m3 - Km	
		0	0	29,770	
		MATERIAL PRODUCTO DE LOS PRÉSTAMOS DE BANCO			
		m3 - Est	m3 - Hm	m3 - Km	
		0	0	148,005	

Imagen 56. Llenado de volumen con calculo anterior. Elaboración propia.

Sobre acarreo:

HOJA DE DATOS		CAMINO: 0						
		TRAMO: 19+000-25+000						
		ORIGEN: 0						
		DE EST. 20+000.00	A EST 21+000.00					
DE EST. A EST.	MOVIMIENTO	DSP	ORDENADAS	RESTA	C.V.V.	VOL. GEOMETRICO	DISTANCIA	PAGO
20+000.00 - 21+000.00	3		104290 104150	140	1.10	127	97	EST
	D-2	**	104930 104290	640	1.10	582	4306	KM
	4		105086 104930	156	1.10	142	28	EST
	5		104930 104663	267	1.10	243	27	EST
	D-3	**	112317 104930	7387	1.10	6715	3947	KM
	6		113557 112317	1240	1.10	1127	77	EST
Página 2								

NOTA: USAR ** EN LA BANDA DE "DSP" (DESPERDICIO).

Imagen 57. S/A del Km 20+000 al 21+000. Elaboración propia.



CÁLCULO DE SOBRECARREROS

CAMINO: 0
TRAMO: 19+000-25+000
ORIGEN: 0
DE ESTACIÓN : 20+000.00 A ESTACIÓN: 21+000.00

DISTANCIA MEDIA		SOBRECARREROS									
D=	97 m.	(3)	S/A =	140 m3.	/	1.10	X	5.00	EST =	635	m3-EST
D=	4,306 m.	(D-2 **)	S/A =	640 m3.	/	1.10	X	5.00	KM =	2,910	m3-Km
D=	28 m.	(4)	S/A =	156 m3.	/	1.10	X	2.00	EST =	284	m3-EST
D=	27 m.	(5)	S/A =	267 m3.	/	1.10	X	2.00	EST =	486	m3-EST
D=	3,947 m.	(D-3 **)	S/A =	7,387 m3.	/	1.10	X	4.00	KM =	26,860	m3-Km
D=	77 m.	(6)	S/A =	1,240 m3.	/	1.10	X	4.00	EST =	4,508	m3-EST

Página 10

m3 - EST (APROVECHADO)	m3 - Hm (APROVECHADO)	m3 - Km (APROVECHADO)
5,913		
m3 - EST (DESPERDICIO)	m3 - Hm (DESPERDICIO)	m3 - Km (DESPERDICIO)
		29,770

NOTA: ** MOVIMIENTOS DE DESPERDICIO.

Imagen 58. Cálculo de S/A del km 20+000 al km21+000. Elaboración propia.

Prestamos:

	IA2	20+000.00	21+000.00	10615	IA2	190331	177619	12712	IA2	1	5531	2188	3465	1528	0	8996	3716	12712	BIEN
20+000.00																			BIEN
																			BIEN
																			BIEN
																			BIEN
																			BIEN
21+000.00																			BIEN

Imagen 59. Cálculo de préstamo del km 20+000 al km21+000. Elaboración propia.

PRÉSTAMO DE BANCO

CLASIFICACIONES Y ACARREOS

CARRETERA:	0	DE KM :	20+000.00
TRAMO:	19+000-25+000	A KM :	21+000.00
ORIGEN :	0	ALTERNATIVA :	

IA2	PRÉSTAMO DEL BANCO : MAGAYANES				PRÉSTAMO DEL BANCO :						
	A :	IZQUIERDA	DE ESTACIÓN:		6+450.00	A :		DE ESTACIÓN:			
	CLASIFICACIÓN:		A		B	C	CLASIFICACIÓN:		A	B	C
			60%		40%	0%					
DE KM :	20+000.00	A KM :	21+000.00	DE KM :	0+000.00	A KM :	0+000.00				
GEOMÉTRICO EN EL TERRAPLÉN =	12,712 m3.			GEOMÉTRICO EN EL TERRAPLÉN =							
COMPACTADO A 100% =	$\frac{3,716}{0.91}$	=	4,084 m3	COMPACTADO A 100% =		=					
COMPACTADO A 95% =	$\frac{8,996}{0.96}$	=	9,371 m3	COMPACTADO A 95% =		=					
COMPACTADO A 90% =	$\frac{0}{1.01}$	=	0 m3	COMPACTADO A 90% =		=					
GEOMÉTRICO EN EL PRÉSTAMO =	13,455 m3.			GEOMÉTRICO EN EL PRÉSTAMO =							
DISTANCIA MEDIA =	10,615 m			DISTANCIA MEDIA =							
S / A =	13,455 m3.	X	11.0 KM =	148,005 m3-KM	S / A =	X	=				
A =	8,073	B =	5,382	C =	0	A =		B =		C =	

Imagen 60. Resumen del préstamo de banco. Elaboración propia.

Resumen del movimiento de terracerías

		DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS		MOVIMIENTOS DE TERRACERÍAS			
		DIRECCIÓN TÉCNICA SUBDIRECCIÓN DE PROYECTO DE CARRETERAS DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PROYECTOS OFICINA DE TERRACERÍAS		CAMINO: 0			
				TRAMO: 19+000-25+000			
				ORIGEN: 0			
				DE KM: 20+000.00		A KM: 21+000.00	
	MOVIMIENTO No.	VOLÚMEN GEOMÉTRICO m3	DISTANCIA DE SOBRECARRERO m.	DISTANCIA DE PAGO		VOLÚMEN DISTANCIA	
				CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
SOBREACARREOS	(3)	127	97	5.00	EST	635	m3-EST
	(D-2 **)	582	4,306	5.00	KM	2,910	m3-Km
	(4)	142	28	2.00	EST	284	m3-EST
	(5)	243	27	2.00	EST	486	m3-EST
	(D-3 **)	6,715	3,947	4.00	KM	26,860	m3-Km
	(6)	1,127	77	4.00	EST	4,508	m3-EST
PRÉSTAMOS	(IA2)	13,455	10,615	11.00	KM	148,005	m3-KM

Página 2

NOTA: ** MOVIMIENTOS DE DESPERDICIO.

Imagen 61. Movimiento de terracerías. Elaboración propia.

Posteriormente, tendremos que revisar los siguientes kilómetros de la misma manera.

Cantidades de obra

Para concluir, tendremos que elaborar la tabla de cantidades de obra del tramo completo, que, en resumen, será la sumatoria de todas las anteriores, esta tabla se comparó con la presentada por la empresa y coincidió.

COMUNICACIONES		SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
CARRETERA: 0		TRAMO: 19+000-25+000		
DEL KM.: 19+000.00		AL KM.: 25+000.00		
ORIGEN: 0				
CANTIDADES DE OBRA				
CANTIDADES DE OBRA	EXCAVACIONES	DESMONTE (PARA DENSIDAD 100% VEGETACIÓN TIPO)		36.00 Ha
		DESPALME		7,016 m3
		TOTAL		44,909 m3
		EN CORTE		7,016 m3
		EN TERRAPLÉN		15,478 m3
		MATERIAL "A"		12,086 m3
		MATERIAL "B"		21,817 m3
		MATERIAL "C"		11,006 m3
		CORTES Y EXCAVACIONES ADICIONALES		VOL. APROVECHADO 30,933 m3
				VOL. DESPERDICADO 0 m3
	CAJAS		VOL. APROVECHADO 13,976 m3	
			VOL. DESPERDICADO 0 m3	
	ESCARIFICACIÓN		VOL. APROVECHADO m3	
			VOL. DESPERDICADO m3	
	ESCALONES DE LIGA		VOL. APROVECHADO 0 m3	
			VOL. DESPERDICADO 0 m3	
	DESPALME TOTAL			m3
	PRESTAMO			
	DEL BANCO 1		70,215 m3	MATERIAL "A" 42,129 m3
	DEL BANCO 2		m3	MATERIAL "B" 28,086 m3
	DEL BANCO 3		m3	MATERIAL "C" 0 m3
	DEL BANCO 4		m3	PRÉSTAMO TOTAL 70,215 m3
	LATERALES DENTRO DE LA FAJA DE:			m3
				m3
	COMPACTACIONES			
	DEL TERRENO NATURAL EN EL ÁREA DE DESPLANTE DE TERRAPLÉNES		A 90%	4,804 m3
			A 95%	m3
	DE LA CAMA DE LOS CORTES		A 95%	462 m3
		A 100%	0 m3	
DE TERRACERÍAS EXISTENTES		A 95%	m3	
		A 100%	m3	
DE PAVIMENTOS EXISTENTES		A 95%	m3	
FORMACIÓN				
DE TERRAPLÉNES CON O SIN CUÑA DE AFINAMIENTO		BANDEADO	0 m3	
		A 90%	24,225 m3	
		A 95%	33,187 m3	
		A 100%	14,423 m3	
		PEDRAPLEN Ó CAPA ROMPÉDORA	0 m3	
DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLÉNES CONSTRUIDA SOBRE MATERIAL NO COMP.		A 95% S / BANDEADO	0 m3	
		A 95% S / PEDRAPLÉN	0 m3	
		A 100%	m3	
DEL RELLENO DE LAS CAJAS EN CORTES		A 95%	12,917 m3	
		A 100%	5,770 m3	
ESCARIFICADO, ACAMELLONADO, TENDIDO Y COMPACTADO (EXACTECO)		A 95%	0 m3	
		A 100%	0 m3	
SOBRECARREOS				
MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (APROVECHADO)				
m3 - Est		m3 - Hm	m3 - Km	
18,061		16,104	0	
MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES (DESPERDICIO)				
m3 - Est		m3 - Hm	m3 - Km	
0		0	36,711	
MATERIAL PRODUCTO DE LOS PRÉSTAMOS DE BANCO				
m3 - Est		m3 - Hm	m3 - Km	
0		0	772,365	

Imagen 62. Cantidades de obra final. Elaboración propia.

Conclusiones

Datos generales: **Cumplió**

Secciones del terreno: **Cumplió**

Alineamiento vertical: **Cumplió**

Ampliaciones y sobreelevaciones: **Cumplió**

Datos geométricos: **Cumplió**

Datos de los cortes: **Cumplió**

Espesores y tratamientos: **Cumplió**

Datos generales: **Cumplió**

Datos de terraplén: **Cumplió**

Datos generales: **Cumplió**

Movimiento de terracerías: **Cumplió**

Cantidades de obra: **Cumplió**

Para una correcta revisión de las cantidades de obra, fue necesario evaluar ciertos criterios antes de la obtención de la volumetría, los cuales han sido mencionados anteriormente. Estos criterios debieron ser revisados por diversos departamentos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte. Sin embargo, es el departamento de terracerías el que otorga el último visto bueno, dado que cualquier cambio en las elevaciones, ya sea en el alineamiento vertical o horizontal, puede afectar el movimiento de terracerías. También es fundamental seguir los espesores y tratamientos indicados por el departamento de geotecnia, ya que no considerar estas recomendaciones podría resultar en alteraciones en los movimientos.

Al haber cumplido con los puntos mencionados, se calculó y se determinó que la proyectista realizó de manera correcta el cálculo del sobreacarreo, utilizando los OCM correspondientes a cada kilómetro y los CVV que indicaba la geotecnia, tanto en compensaciones como en préstamos para la formación de diversas capas. Por último, se pudo leer de manera adecuada los volúmenes

que arrojan los procesos electrónicos, lo que permite presentar, tanto por kilómetro como por tramo completo, el material que se ha considerado, teniendo en cuenta los movimientos que se llevarán a cabo. Por lo tanto, el departamento de terracerías otorga el visto bueno a este proyecto ejecutivo.

Referencias de estudio

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). (2018). *Manual de proyecto geométrico de carreteras* (3ª ed.). México: SICT.

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). (2017). *Manual de proyecto geométrico de carreteras* (2ª ed.). México: SICT.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (1991). *Manual de proyecto geométrico de carreteras* (4ª reimp.). México: SCT.

Esquivel Castañeda, Guillermo. *Apuntes de proyecto geométricos de carreteras*. 1983.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2001). *Roadside design guide* (3ª ed.). Washington, D.C.: AASHTO.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2016). *Proyecto de obras complementarias de drenaje*. México: SCT.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (1984). *Normas de servicios técnicos: Proyecto geométrico*. México: SCT.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2011). *A policy on geometric design of highways and streets* (6ª ed.). Washington, D.C.: AASHTO.

Instituto Mexicano del Transporte (IMT). (2018). *Normatividad en proyecto geométrico para carreteras de montaña*. Querétaro: IMT.

Federal Highway Administration (FHWA). (2013). *Highway functional classification: Concepts, criteria and procedures*. Washington, D.C.: FHWA.

Ministerio de Fomento. (2011). *Guía de diseño de taludes y laderas en infraestructuras viarias*. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica.