Caminos y Calles 1

MOVIMIENTO DE SUELOS

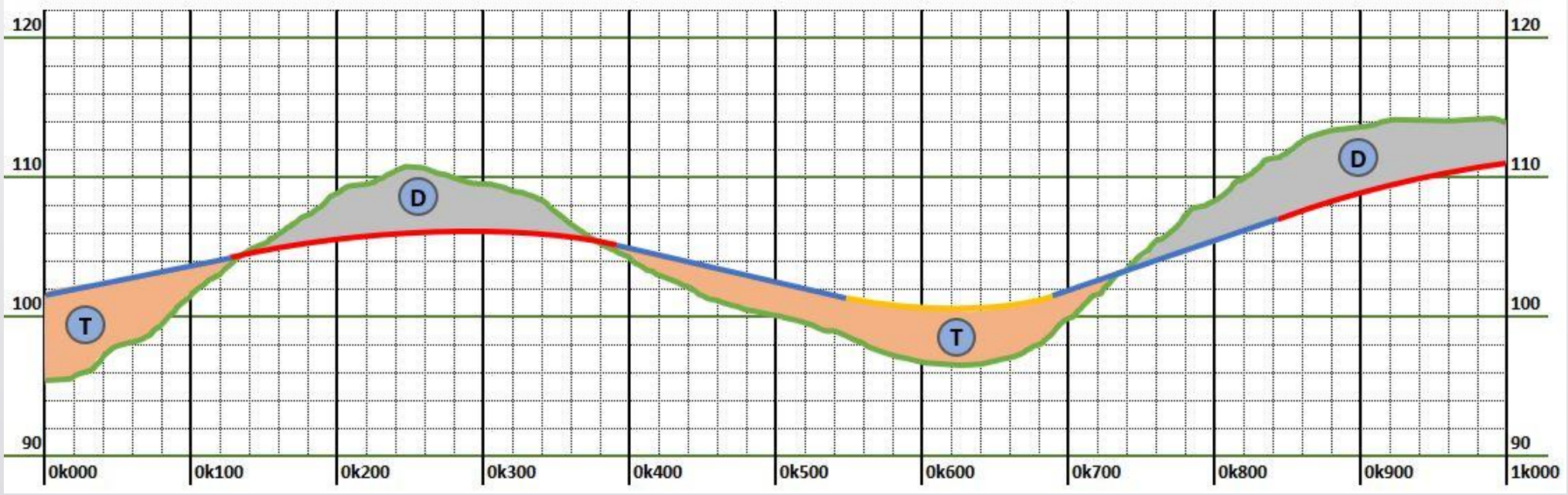
Ing. Eduardo Cacciali

Movimiento de Suelos - Introducción

Se define como **Movimiento de Suelos** u Obra de Suelos, al conjunto de tareas y construcciones necesarias para conformar la **infraestructura básica del camino**, desde el nivel del terreno natural hasta el nivel de la plataforma, **exceptuando las obras de drenaje**.

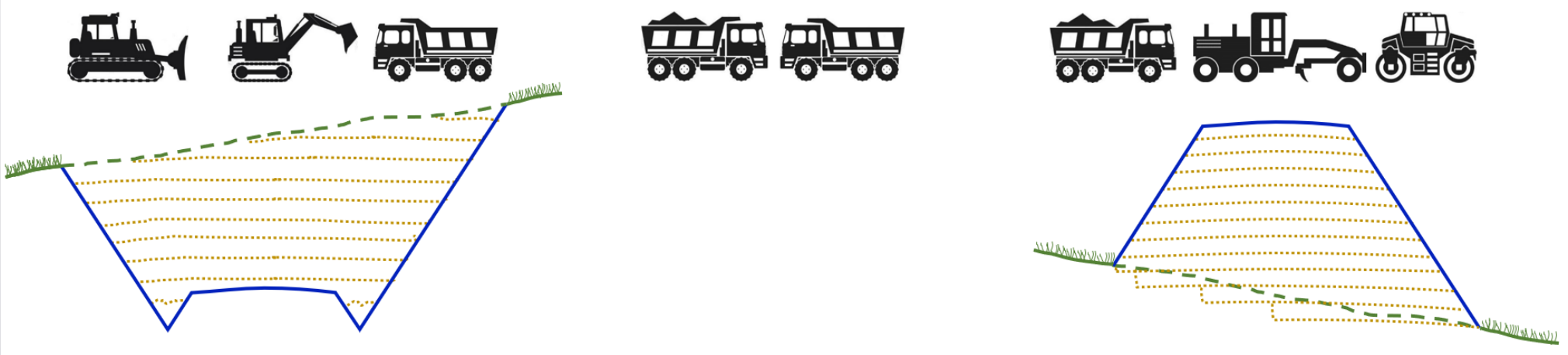
Movimiento de Suelos - Introducción

En una situación clásica, el Movimiento de Suelos (MdS) implica realizar una sucesión de excavaciones y rellenos (***Desmontes*** y ***Terraplenes***) en el terreno natural, para lograr la geometría del camino que ha sido definida en su diseño planimétrico y altimétrico.



Movimiento de Suelos - Introducción

En un Desmonte, para lograr el diseño definido del camino y sus cunetas, se deberá **excavar, cargar y extraer** el material del sitio. El material extraído se transportará hasta la zona de Terraplén o a una zona de Depósito en caso de ser desechable. En un Terraplén el material utilizado se deberá **descargar, tender y compactar** en sucesivas capas, hasta alcanzar una condición de poder soporte aceptable para brindar apoyo firme y estable al pavimento.

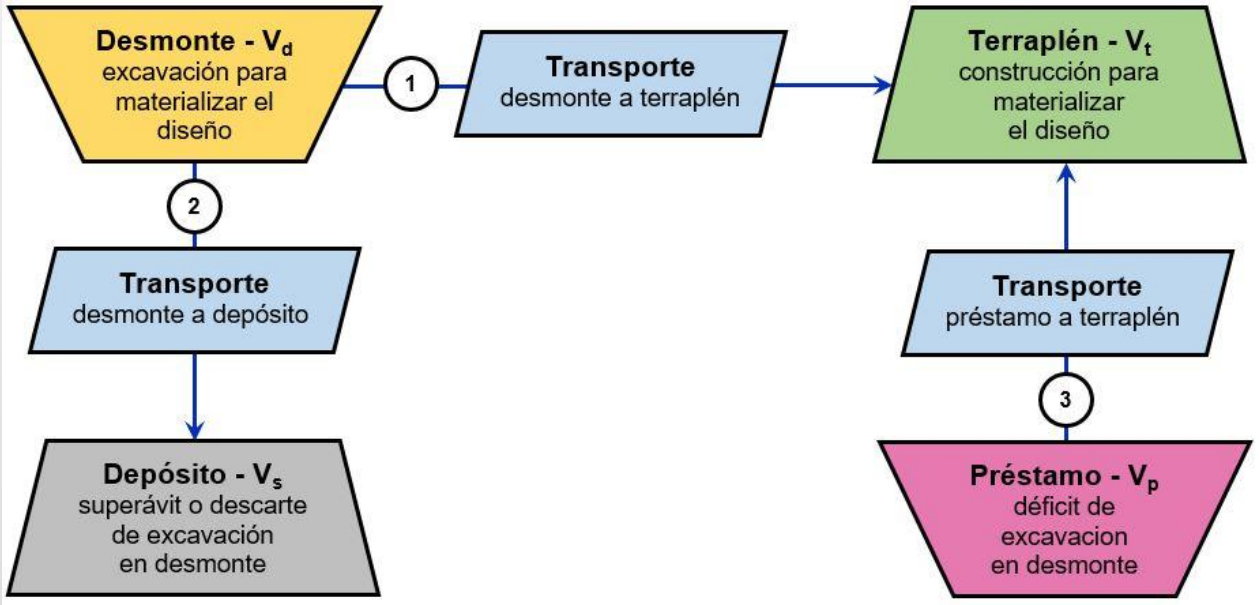


Movimiento de Suelos - Introducción

Estas tareas serán relativamente sencillas cuando el Proyecto se desarrolle dentro de una topografía llana u ondulada, con subsuelo firme. En cambio, la complejidad y costo de los trabajos se incrementará cuando el camino se desarrolle en terrenos inestables, escabrosos o con desmontes en roca.

Movimiento de Suelos - Flujos básicos

Por lo tanto, el volumen, complejidad logística y costo del MdS amerita un análisis específico como parte del diseño geométrico de un camino. Un óptimo diseño debe minimizar el impacto material y ambiental que implica el MdS, representado en el siguiente **Esquema de Flujos Básicos**.



Movimiento de Suelos - Flujos básicos

El **Flujo 1** es el más **natural y eficiente** de los intervinientes en el MdS.

En este flujo el material excavado en el Desmonte (la fuente) se transporta hacia la zona de Terraplén (el destino) donde es procesado para materializar el diseño definido.

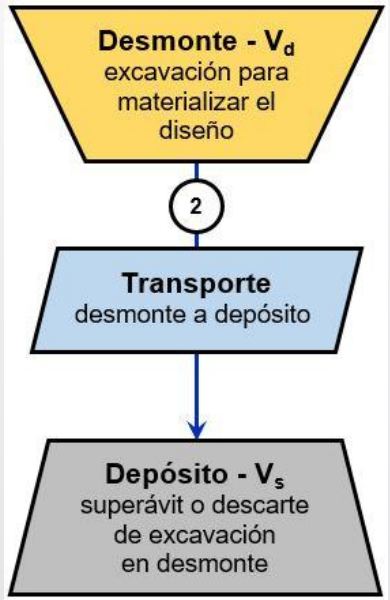
En este flujo el material transportado es 100% aprovechable en el Terraplén y la situación será óptima si además la **distancia de transporte** es corta, idealmente no mayor a 400 m en el estándar nacional.

Cuando la distancia entre Desmonte y Terraplén supera una determinada ***Distancia Máxima Económica de Transporte***, es más conveniente descartar el material de este Desmonte (destinándolo a una zona de ***Depósito***) y recurrir a una fuente de material más cercana al Terraplén (un ***Préstamo*** de suelos).

Movimiento de Suelos - Flujos básicos

El **Flujo 2** existirá solo cuando ocurra alguna de las siguientes situaciones:

a. El material extraído en el Desmonte **no es apto** para construir un Terraplén **o es útil** para un aprovechamiento más conveniente (para utilizar en el pavimento, por ejemplo).
b. El volumen de material útil extraído en los Desmontes es superior a la necesidad en los Terraplenes (**superávit global** de material).
c. La **distancia** entre un Desmonte y un Terraplén consumidor del material, es **mayor a la Distancia Máxima** Económica de Transporte.
d. Es **imposible o prohibido** el transporte entre Desmonte y Terraplén.

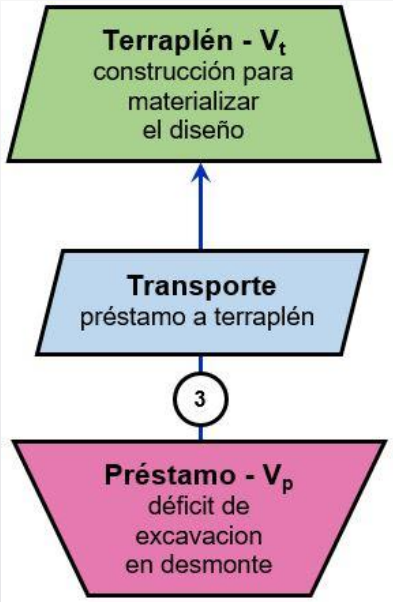


Así, el material involucrado en este flujo tendrá destino final en un sitio de Depósito. Además habrá un costo adicional de transporte y otro por consumo de una fuente sustituta de material (salvo en el caso b.),

Movimiento de Suelos - Flujos básicos

El **Flujo 3** existirá solo cuando ocurra alguna de las siguientes situaciones:

a. El volumen de material útil extraído en los Desmontes es inferior a la necesidad en los Terraplenes (**déficit global** de material).
b. La **distancia** entre un Desmonte y un Terraplén consumidor del material, es **mayor a la Distancia Máxima** Económica de Transporte.
c. Es **imposible o prohibido** el transporte entre Desmonte y Terraplén.



Así, el material involucrado en este flujo provendrá de una fuente sustituta de material (Préstamo) y no de un Desmonte.

En comparación con los Depósitos, suele ser más difícil concretar Préstamos, sea por su distancia al destino o por un precio impuesto por el propietario de la fuente. Atendiendo ello, **ocasionalmente se amplían los Desmontes** más allá de lo estrictamente definido por el diseño geométrico (***Préstamo en la faja***).

Movimiento de Suelos - Flujos básicos

Estos tres flujos involucran tareas diferentes, cuya ejecución se mide y paga considerando rubros específicos, que en la práctica del país son:

- **Flujo 1**:
  - Rubro ***Excavación no Clasificada***

    Con este rubro se pagan los trabajos de extracción y carga del material de Desmonte, transporte en una distancia no mayor a 400 m, limpieza, descarga, tendido, compactación y perfilado final en el Terraplén. El rubro se define por los m^3 de **excavación**. La cantidad o metraje a pagar se calcula como se describe más adelante. Al utilizar este rubro no se distinguen características variables de distintos materiales trabajados, considerando todos igualmente trabajables con el mismo fin.
  - Rubros ***Excavación en roca*** o ***Excavación Clasificada A, B o C***

    De modo similar al anterior, con este rubro se pagan los trabajos desde la extracción del material en el Desmonte hasta su disposición final, que dependerá de su uso o destino específico. El rubro se define por los m^3 de excavación.

Movimiento de Suelos - Flujos básicos

- **Flujo 2**:
  - Rubro ***Excavación no Clasificada a Depósito***

    Con este rubro se pagan los trabajos de extracción y carga del material de Desmonte, transporte **en la distancia que sea necesaria**, descarga y tendido (con una compactación regular) en el Depósito. El rubro se define por los m^3 de excavación. La cantidad o metraje a pagar se calcula como se describe más adelante. Considerando la exclusión de una compactación exigente, usualmente este rubro tiene un precio menor que el de Excavación no Clasificada.
- **Flujo 3**:
  - Rubro ***Excavación no Clasificada de Préstamo***

    Con este rubro se pagan los trabajos de extracción y carga del material de Préstamo, transporte **en la distancia que sea necesaria**, limpieza, descarga, tendido, compactación y perfilado final en el Terraplén. El rubro se define por los m^3 de excavación. Si el propietario de la fuente cobra algún precio por la extracción de material, este será un costo extra que estará incluido en el rubro.

Movimiento de Suelos - Flujos básicos

- **Flujo 1**:
  - Rubro **Sobretransporte de Suelos**

    Con este rubro se paga el costo extra de transporte de material proveniente de un Desmonte cuando el mismo supera la **Distancia Libre de Transporte** (400 m en el estándar nacional). El rubro se mide en m^3.km de material transportado, con el volumen medido en m^3 en el origen y la distancia medida entre los sitios de carga y descarga, descontando los 400 m de Distancia Libre. La cantidad o metraje a pagar se calcula como se describe más adelante.

Movimiento de Suelos - Variación de volumen

Algo muy importante para organizar correctamente el MdS es conocer la variación de volúmenes que se genera al trabajar los suelos.

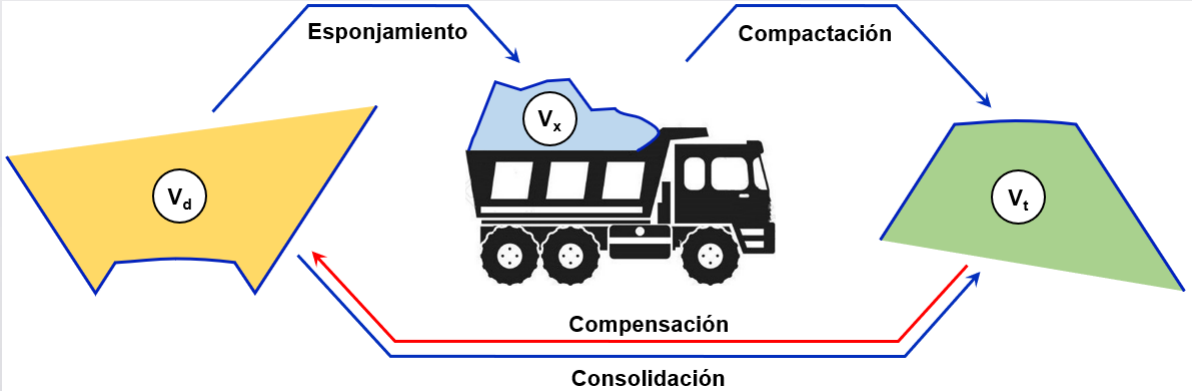
Al excavar en el Desmonte el material extraído en un volumen geométrico $\boldsymbol{V_d}$ ocupará un volumen $\boldsymbol{V_x}$ sobre camión mucho mayor (***Esponjamiento***).

Procesado el suelo durante la construcción del Terraplén, el volumen ocupado disminuirá (***Compactación***). El volumen final $\boldsymbol{V_t}$ suele ser menor al original $\boldsymbol{V_d}$, generándose una apreciable diferencia que requiere ***Compensación***.

Coeficientes

$$\text{de Esponjamiento } C_e = \frac{V_x}{V_d}$$

$$\text{de Compensación } C_c = \frac{V_d}{V_t}$$



Movimiento de Suelos - Variación de volumen

Para computar el movimiento de suelos se consideran los volúmenes aparentes en las distintas etapas.

La tabla adjunta presenta coeficientes de expansión y consolidación para tipo de suelo estándar.

Por ejemplo, con suelos arcillosos, para construir 1,00 m^3 de terraplén se requiere 1,11 m^3 en desmonte y 1,59 m^3 en camión.

Coeficientes de Esponjamiento y Consolidación de suelos (volúmenes aparentes)

Tipo de Suelo	En desmonte (en banco)	Suelto (en camión)	En terraplén (compactado)
Arena	1,00	1,11	0,95
	1,05	1,17	1,00
Tierra vegetal	1,00	1,25	0,90
	1,11	1,39	1,00
Arcillas	1,00	1,43	0,90
	1,11	1,59	1,00
Roca	1,00	1,50	1,30
	0,77	1,15	1,00

Trabajando suelos arcillosos (situación común en nuestro país) en la mayoría de los proyectos se considera un ***Coeficiente de Compensación 1,15*** y un ***Coeficiente de Esponjamiento 1,50*** (en lugar de 1,11 y 1,43) para contemplar el impacto de la limpieza de la capa de cobertura vegetal.

Movimiento de Suelos - Transporte

Distancia Máxima Económica de Transporte

Esta distancia máxima (***D_m***) se calcula considerando los precios de los rubros anteriores, igualando el costo de las dos alternativas:

a. Trasladar el material del Desmonte hasta el Terraplén en una distancia igual a ***D_m***
b. Descartar el material del Desmonte en un Depósito y sustituirlo con material proveniente de un Préstamo cercano al Terraplén

Siendo

- ***P_d*** - Precio del rubro Excavación no Clasificada
- ***P_s*** - Precio del rubro Excavación no Clasificada a Depósito
- ***P_p*** - Precio del rubro Excavación no Clasificada de Préstamo
- ***P_t*** - Precio del rubro Sobretransporte de Suelos

$$P_d + (D_m - 0{,}4) \cdot P_t = P_s + P_p \quad \Rightarrow \quad \boxed{D_m = 0{,}4 + \frac{(P_s + P_p - P_d)}{P_t}}$$

Movimiento de Suelos - Transporte

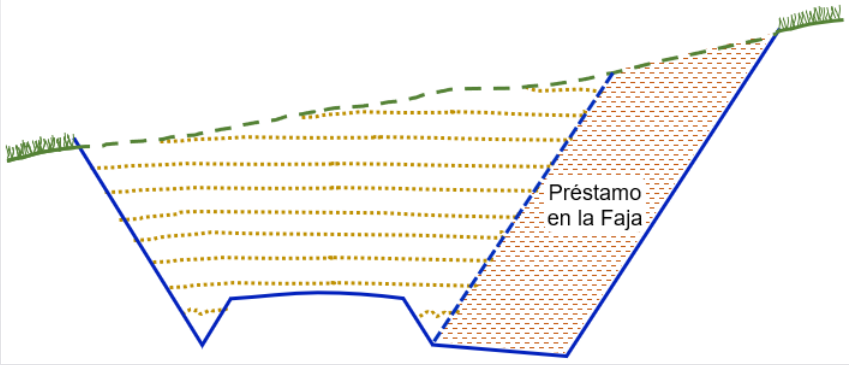
Distancia Máxima Económica de Transporte

Y por ejemplo, siendo

- P_d - 330 $/m^3
- P_s - 250 $/m^3
- P_p - 400 $/m^3
- P_t - 18 $/m^3.km

$$D_m = 0{,}4 + \frac{(250 + 400 - 330)}{18} = 18{,}2 \text{ km}$$

Atendiendo la D_m resultante, con estos precios de referencia del ejemplo, se observa la clara conveniencia de ampliar los desmontes del proyecto donde sea posible para evitar préstamos fuera de la zona de obra (***Préstamo en la faja***).

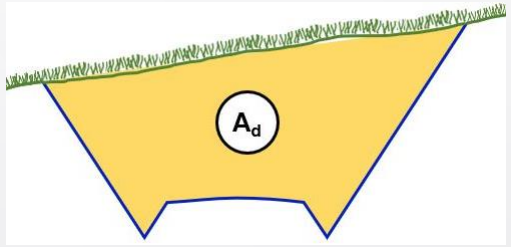


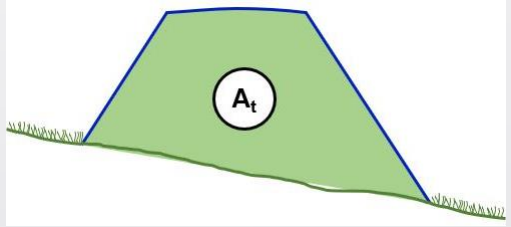
Movimiento de Suelos - Optimización logística

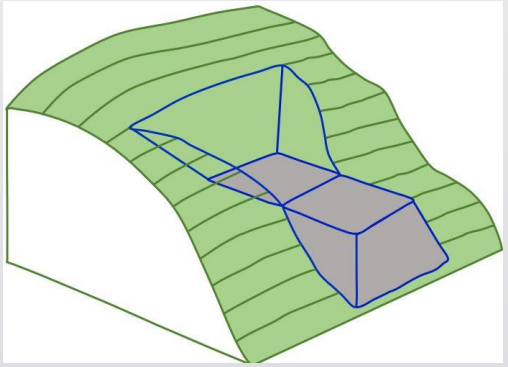
Habiendo definido las reglas de caracterización y pago de las tareas a realizar, corresponde analizar la logística del MdS para así comprender cómo y dónde optimizar el Proyecto desde ese punto de vista.

Para ello se sigue un procedimiento que consta de tres etapas:

- **Medición**: cálculo de las áreas y volúmenes de desmonte y terraplén a lo largo del Proyecto.
- **Diagrama de Masas**: ordenamiento de los resultados siguiendo una metodología específica.
- **Optimización**: definición de la Compensación óptima, de los Préstamos, Depósitos necesarios y del Sobretransporte resultante.



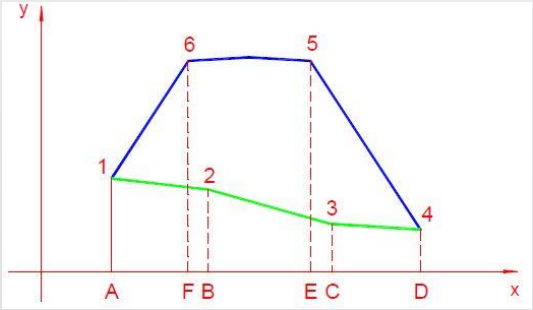




Movimiento de Suelos - Medición: Áreas

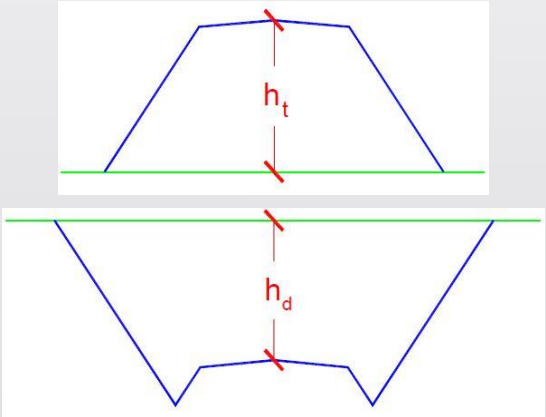
Para el **cálculo de áreas** se diagraman las sucesivas secciones transversales del proyecto de MdS ubicadas **cada 25 m y** también en aquellas ubicaciones intermedias **donde el terreno presente una discontinuidad importante**. La determinación de áreas (en m^2) históricamente se realizó con diversos métodos y hoy está automatizada por los software de diseño.

Método analítico (base de cálculo)



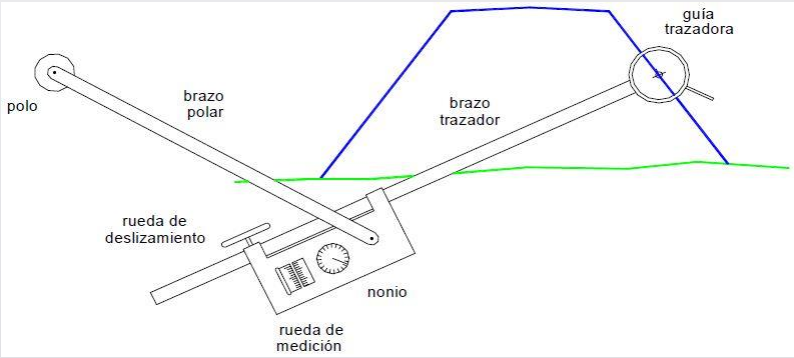
$$A = \frac{1}{2}\begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \cdots & x_n & x_1 \\ y_1 & y_2 & y_3 & \cdots & y_n & y_1 \end{vmatrix}$$

Método simplificado (terreno llano)



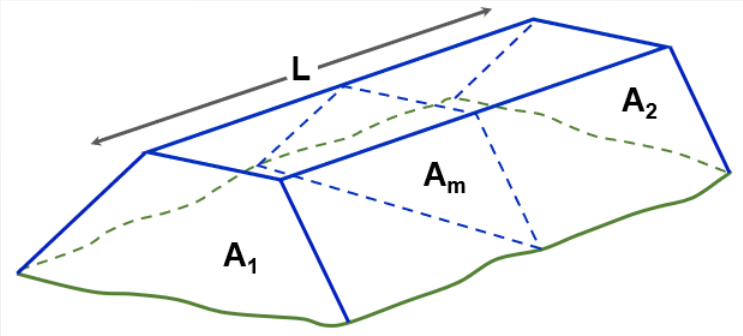
$$A = a.h^2 + b.h + c$$

Planímetro Polar de Amsler (medición mecánica directa)



Movimiento de Suelos - Medición: Volúmenes

Para el **cálculo de volúmenes** se asimila la geometría del MdS a una serie de prismoides generados entre cada par de secciones transversales consecutivas, con áreas A_1 y A_2, separadas una distancia L.



El volumen de un prismoide de este tipo se expresa con la siguiente fórmula, donde A_m es el área de la sección media (a distancia $L/2$).

$$V_{12} = L \frac{A_1 + 4\,A_m + A_2}{6}$$

Respetando la condición de que entre dos secciones consecutivas el terreno no presente una discontinuidad importante, la experiencia muestra que esta fórmula brinda **resultados muy aproximados a la realidad**, además de simplificarse al considera A_m como la semisuma de A_1 y A_2.

Movimiento de Suelos - Medición: Volúmenes

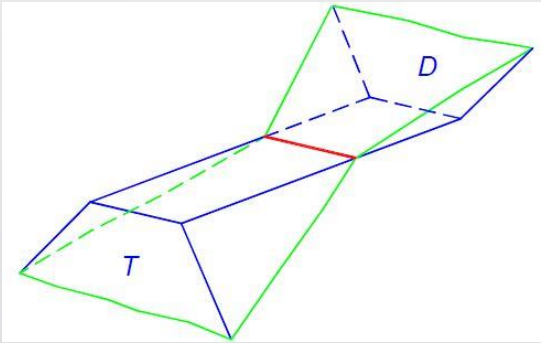
Con $A_m = \dfrac{A_1 + A_2}{2}$ ⇒ $\boxed{V_{12} = L\,\dfrac{A_1 + A_2}{2}}$

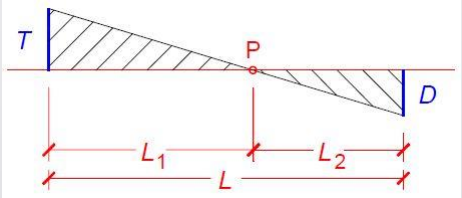
Con esta fórmula se realiza el cálculo de volúmenes, atendiendo todas las situaciones posibles de combinación de secciones.

Caso 1: Secciones Normales consecutivas de igual tipo

$$\boxed{V_d \text{ ó } V_t = L\,\frac{A_1 + A_2}{2}}$$

Caso 2: Secciones Normales consecutivas de distinto tipo





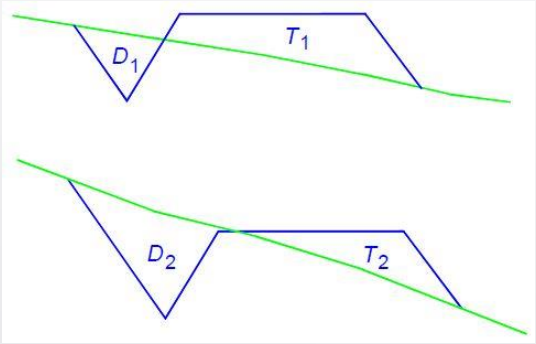
Considerando un área nula en el punto P, se aplica dos veces por separado el Caso 1

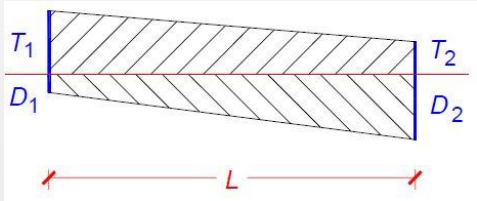
$$L_1 = L\,\frac{T}{T + D} \quad y \quad L_2 = L - L_1$$

$$\boxed{V_t = L_1\,\frac{T}{2}} \quad y \quad \boxed{V_d = L_2\,\frac{D}{2}}$$

Movimiento de Suelos - Medición: Volúmenes

Caso 3: Sección Mixta vs Sección Mixta de igual forma

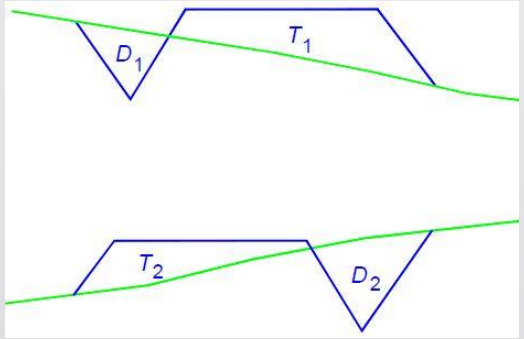


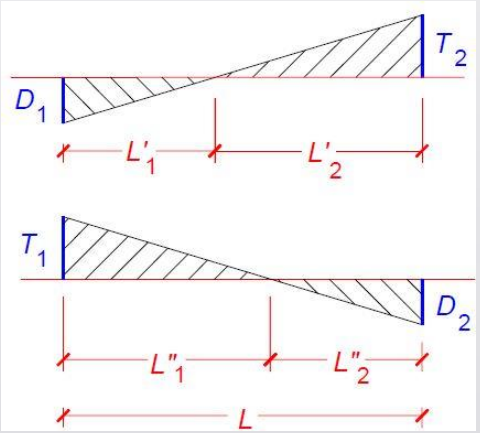


Se aplican dos veces las fórmulas del Caso 1

$$V_t = L\,\frac{T_1 + T_2}{2} \quad y \quad V_d = L\,\frac{D_1 + D_2}{2}$$

Caso 4: Sección Mixta vs Sección Mixta de forma inversa





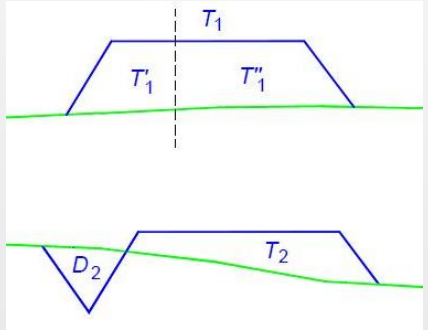
$$L'_1 = L\,\frac{D_1}{D_1 + T_2} \qquad L''_1 = L\,\frac{T_1}{T_1 + D_2} \qquad L'_2 = L - L'_1 \qquad L''_2 = L - L''_1$$

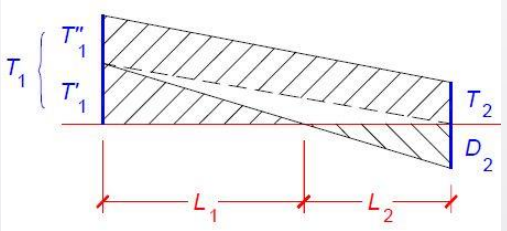
Se aplican dos veces las fórmulas del Caso 2

$$V_t = \frac{L''_1.T_1 + L'_2.T_2}{2} \qquad V_d = \frac{L'_1.D_1 + L''_2.D_2}{2}$$

Movimiento de Suelos - Medición: Volúmenes

Caso 5: Sección Normal vs Sección Mixta





Se resuelve considerando una combinación de los Casos 1 y 2

$$T'_1 = T_1 \frac{D_2}{T_2 + D_2} \qquad T''_1 = T_1 - T'_1$$

$$L_1 = L \frac{T'_1}{T'_1 + D_2} \qquad L_2 = L - L_1$$

Considerando una división ficta de la sección normal, se aplican por separado las fórmulas de los Casos 1 y 2

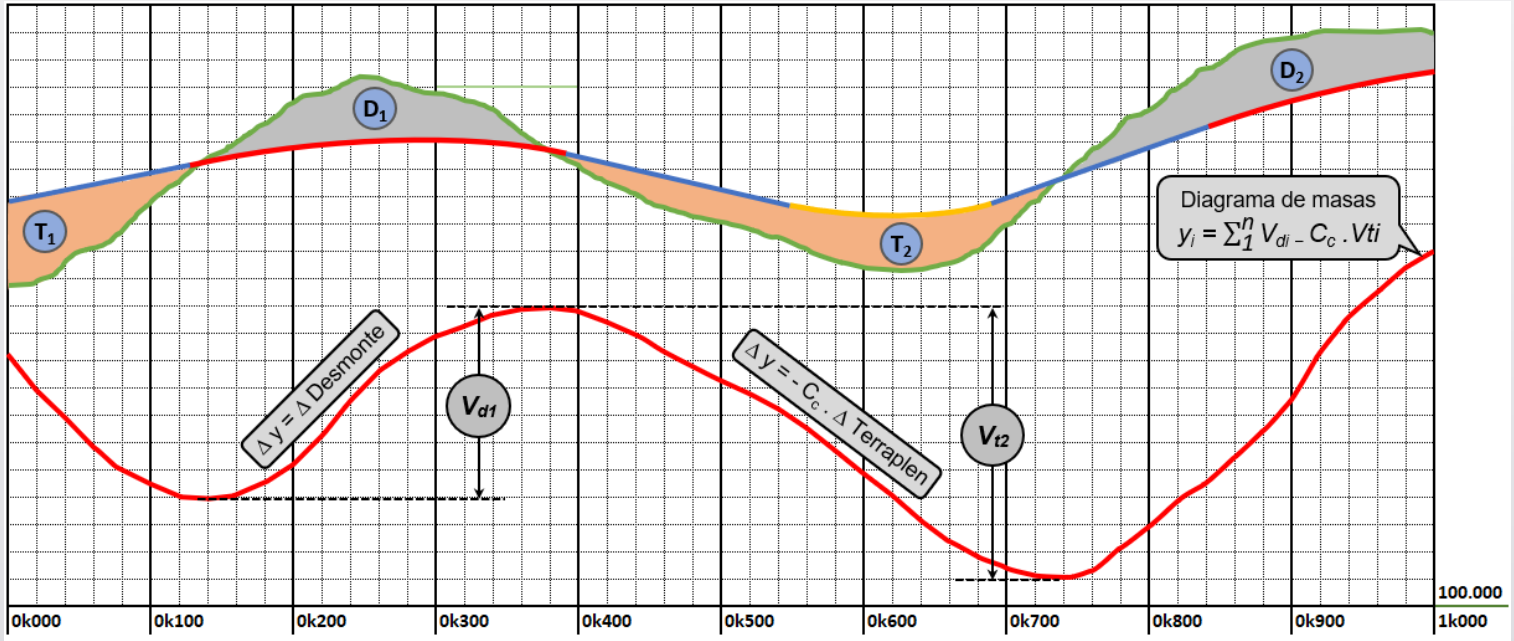
$$V_t = L_1 \frac{T'_1}{2} + L \frac{T''_1 + T_2}{2}$$

$$V_d = L_2 \frac{D_2}{2}$$

En la actualidad todos los software de diseño utilizados realizan este tipo de cálculos automáticamente, siguiendo estas mismas reglas u otras similares.

Movimiento de Suelos - Diagrama de Masas

Con los volúmenes calculados y el Coeficiente de Compensación C_e que corresponda, se construye el llamado **Diagrama de Masas** (o diagrama de Brückner), que representa el **balance de generación y consumo de suelos** (en desmontes y terraplenes).



Movimiento de Suelos - Diagrama de Masas

La máxima economía del MdS se obtendrá cuando la **suma de costos de excavación y transporte de suelos sea mínima** y este diagrama reúne un conjunto de propiedades que hacen posible optimizar estos costos.

El diagrama es la curva que refleja la acumulación de los volúmenes geométricos de desmonte menos los volúmenes de terraplén afectados por el coeficiente de compensación, **en cada progresiva** considerada.

$$y_i = \sum_{1}^{n} V_{di} - C_c \, . V_{ti}$$

Las ordenadas de esta curva se representan a partir de un valor arbitrario inicial (100.000 m^3 por ejemplo) suficientemente grande como para que no surjan valores negativos. La escala elegida normalmente es 1 cm = 200 m^3.

La curva **asciende cuando predomina el** volumen de **desmonte** sobre el de terraplén (incrementado) y **desciende en caso contrario**. A su vez la pendiente es indicativa de la magnitud del MdS entre determinadas progresivas.

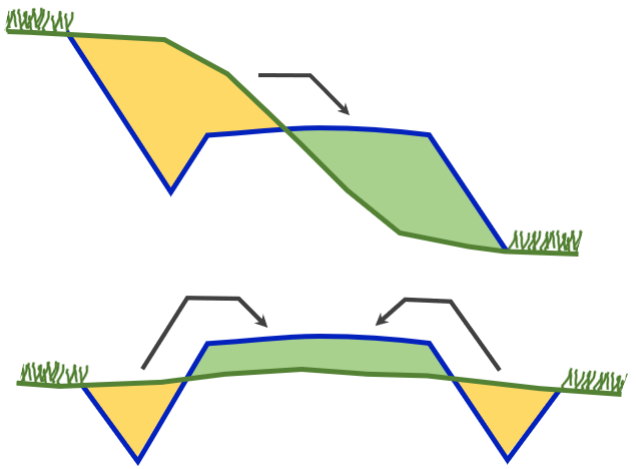
Movimiento de Suelos - Diagrama de Masas

Los puntos máximos de la curva se corresponden aproximadamente con los pasajes de desmonte a terraplén y los mínimos con el inicio de los desmontes.

La diferencia de ordenadas de la curva en los extremos de un tramo cualquiera representa la suma algebraica de todos los volúmenes de desmonte menos los de terraplén comprendidos en ese tramo, o sea el **saldo de volumen** de desmonte disponible (+) o de terraplén necesario (-).

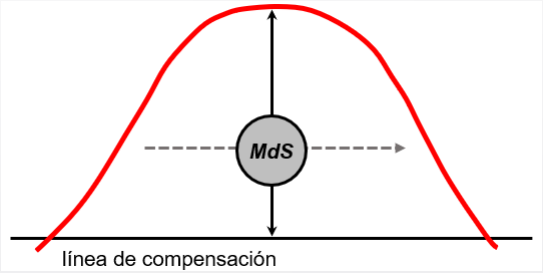
Debe tenerse presente que esta curva grafica **saldos de volúmenes**. Por lo tanto, que el diagrama se desarrolle horizontal no necesariamente implica que no haya movimiento de suelos.

Si se generan secciones mixtas compensadas transversalmente, hay movimiento de suelos (con transporte nulo) y el diagrama es horizontal.



Movimiento de Suelos - Diagrama de Masas

Si se traza una línea horizontal en el diagrama, en el tramo comprendido entre los puntos de intersección con la curva, los saldos de volúmenes de desmonte y de terraplén serán iguales.



Así, se dice que el **tramo está compensado**, y el volumen de MdS entre ambas secciones se calcula como la diferencia entre la ordenada máxima del diagrama y la ordenada de la horizontal, llamada ***Línea de Compensación***.

Trazada una línea de compensación, si la onda del diagrama está por encima de ella el movimiento de suelos será en el sentido de las progresivas crecientes. En cambio, si la onda queda por debajo de la línea de compensación, entonces el transporte será hacia progresivas decrecientes.

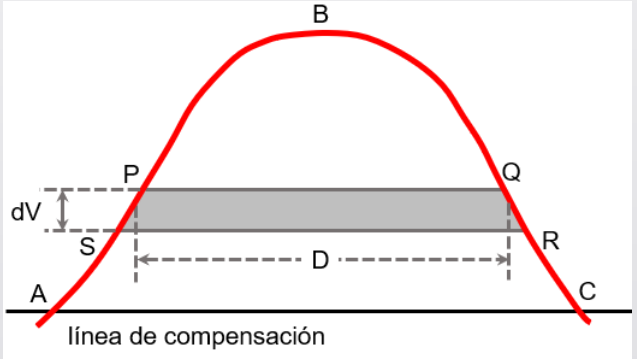
El diagrama y sus líneas de compensación servirán para determinar los volúmenes y las distancias de transporte de las excavaciones.

Movimiento de Suelos - Diagrama de Masas

Vemos entonces que el MdS puede organizarse de distinto modo, según dónde y cómo se elija ubicar las líneas de compensación.

Para evaluar completamente las implicancias en términos de costos, se define el ***Momento de Transporte***, que es el producto del volumen de material excavado por la distancia que se lo transporta hasta su destino (considerando en su centro de gravedad) y se expresa en m^3.km.

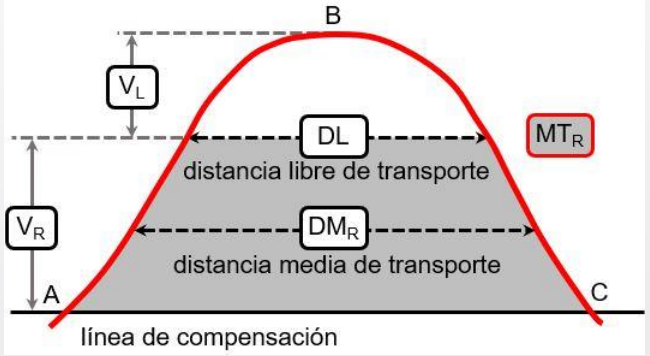
Si en el desmonte AB se considera un volumen elemental ***dV*** entre las ordenadas S y P del diagrama y este se transporta hasta el terraplén BC en la sección determinada por las ordenadas Q y R, el área del trapecio SPQR representa el Momento de Transporte del volumen ***dV***.



$$\textit{Momento de Transporte de } dV = \textit{Área } SPQR = dV \frac{PQ + SR}{2} = dV \,.\, \textit{Distancia media } D$$

Movimiento de Suelos - Diagrama de Masas

Recordemos que la forma de pago establece que está exento de pago el transporte de suelos dentro de la ***Distancia Libre de Transporte DL***. Así, dentro de esta onda del diagrama, queda exento de pago el transporte del volumen $\boldsymbol{V_L}$, delimitado dentro del diagrama por la distancia ***DL***.



Luego, hasta la línea de compensación resta el volumen de excavación $\boldsymbol{V_R}$, cuyo transporte hasta su destino en la zona de desmonte sí será objeto de pago en lo que su distancia de transporte exceda la distancia libre ***DL***.

Integrando en ***dV*** resulta que el área interna a la onda del diagrama comprendida entre la línea de compensación y la línea delimitada por la distancia de ***DL*** es el ***Momento de Transporte*** $\boldsymbol{MT_R}$ del volumen $\boldsymbol{V_R}$. A su vez se define como ***Distancia Media de Transporte*** $\boldsymbol{DM_R}$ al cociente entre $\boldsymbol{MT_R}$ y $\boldsymbol{V_R}$.

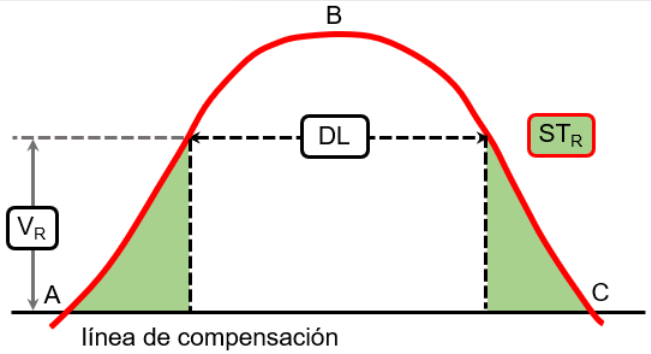
Movimiento de Suelos - Diagrama de Masas

Distancia Media de Transporte $DM_R = \dfrac{MT_R}{V_R}$

Luego, atendiendo que el pago del transporte de suelos se aplica cuando la distancia supera la distancia libre, se define la ***Distancia de Sobretransporte*** $\boldsymbol{DS_R}$ restando la distancia libre de la distancia media.

Distancia de Sobretransporte $DS_R = DM_R - DL$

Finalmente, se puede calcular el metraje o cantidad de ***Sobretransporte*** asociado al movimiento del volumen $\boldsymbol{V_R}$, multiplicando la distancia $\boldsymbol{DS_R}$ por el propio $\boldsymbol{V_R}$.

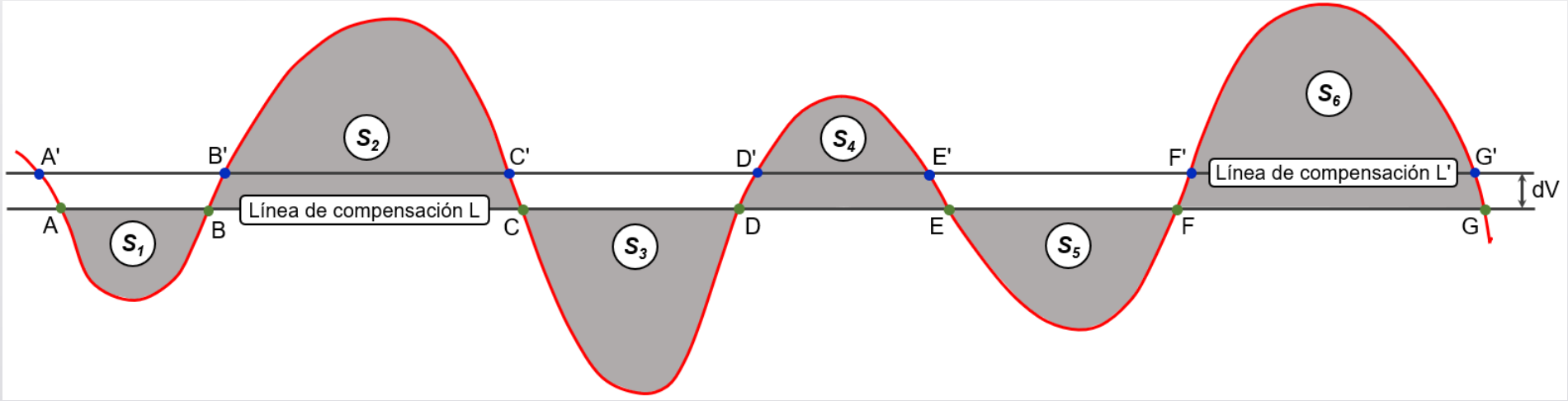


Sobretransporte $ST_R = (DM_R - DL).V_R = MT_R - DL.V_R$

Movimiento de Suelos - Optimización

El análisis teórico anterior se convierte en un problema práctico relevante al intentar **optimizar el MdS** atendiendo las múltiples líneas de compensación posibles y los resultantes flujos de transporte de suelos en distintas direcciones.

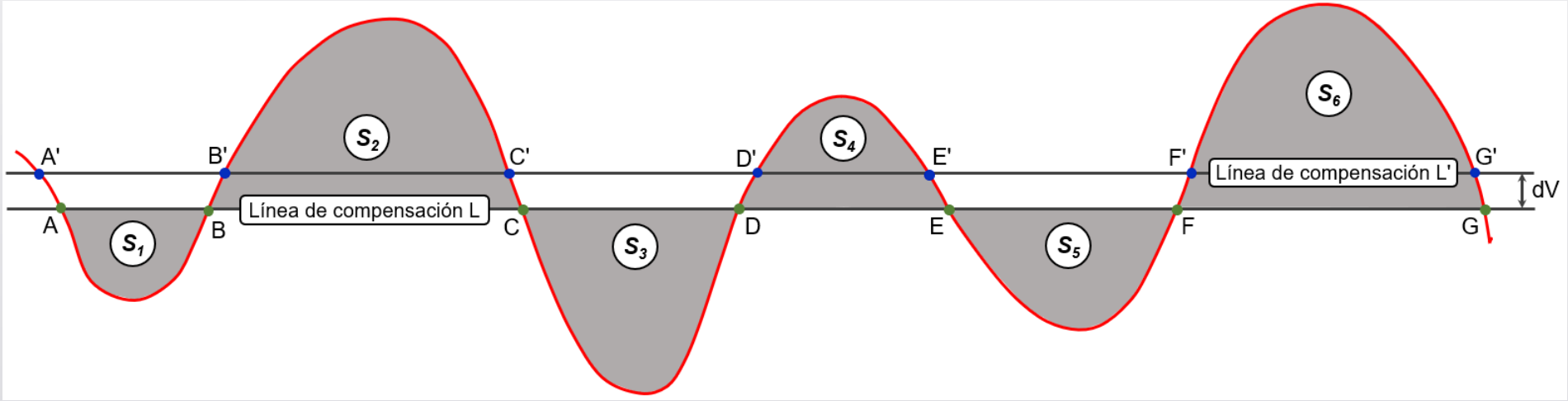
Esto se logra hallando el **mínimo momento total de transporte** o sea, la mínima área encerrada por el diagrama y la línea de compensación.



Movimiento de Suelos - Optimización

En general son convenientes líneas de compensación para tramos largos, siempre dentro de la Distancia Máxima de Transporte Económico.

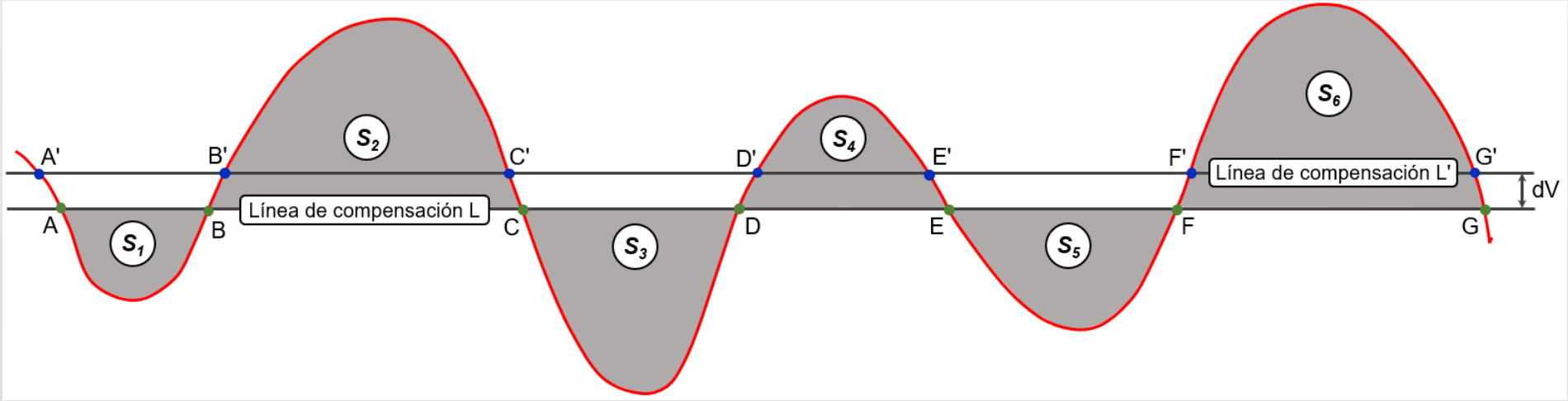
Aplicando una línea de compensación L, las áreas S_1, S_2 …S_6 de las ondas del diagrama miden los momentos de transporte de los suelos en cada una de ellas y la suma de estas áreas es lo que se debe minimizar (más allá de la aplicación posterior del descuento por la distancia libre de transporte).



Movimiento de Suelos - Optimización

Multiplicada la suma de estas áreas por el precio unitario de transporte P_t resulta en el costo total del transporte en el tramo: $P_t\ (S_1 + S_2 + \ldots + S_6)$.

Si se cambia a una línea de compensación L' a distancia diferencial ***dV*** las áreas referidas se modifican, las S_1, S_3, S_5 creciendo y las S_2, S_4 y S_6 disminuyendo. Siendo ***dV*** un diferencial, puede asumirse las variaciones de áreas como el área de rectángulos con altura ***dV*** y bases iguales a las bases de cada onda.

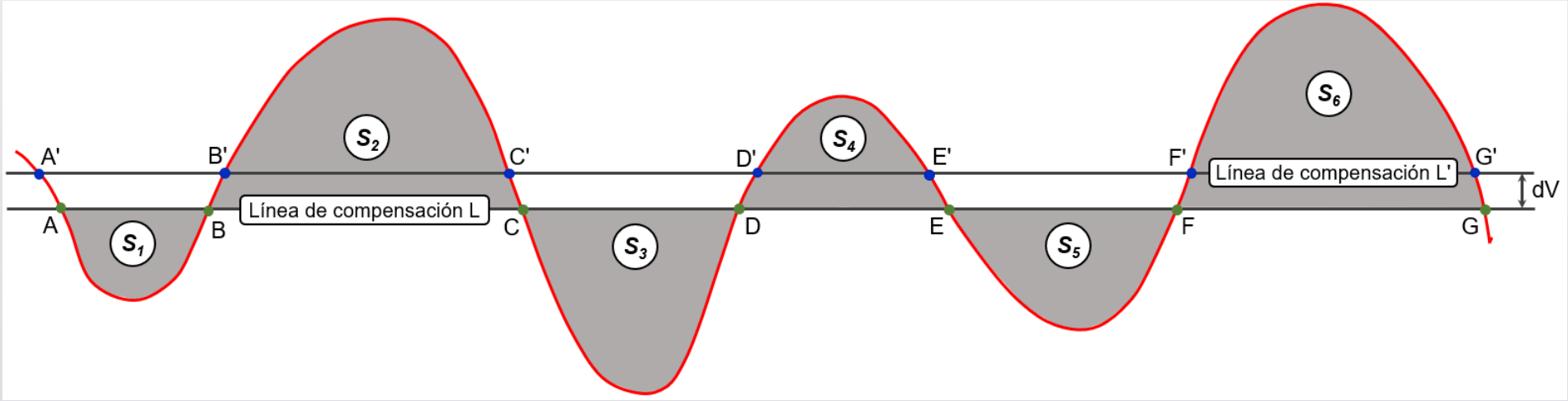


Movimiento de Suelos - Optimización

La variación diferencial del costo de transporte será entonces equivalente al neto de estas variaciones de área por el precio unitario $\boldsymbol{P_t}$.

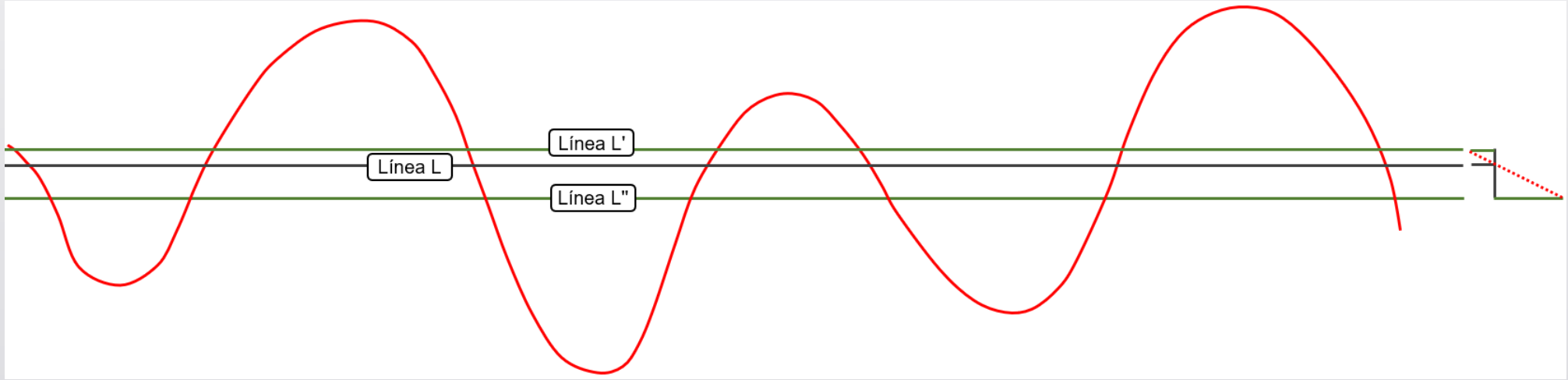
$$dC = P_t \,.\, dV \,.\, (AB + CD + EF - BC - CD - FG)$$

Para minimizar el costo debe ser $\boldsymbol{dC/dV} = 0$, lo que resulta al igualar la suma de bases por encima y debajo del diagrama $(AB + CD + EF = BC + CD + FG)$.



Movimiento de Suelos - Optimización

Actualmente pueden aplicarse distintos métodos para definir la posición óptima de la línea de compensación. Un método tradicional gráfico consiste en ubicar dos líneas de prueba (L' y L'') próximas a la buscada (L). Para cada una se mide la diferencia ***d*** entre la suma de bases para ondas superiores e inferiores, representando gráficamente esas diferencias (en un sentido y el opuesto). La posición de L se deduce interpolando para definir cual ***d*** = 0.



Movimiento de Suelos - Optimización

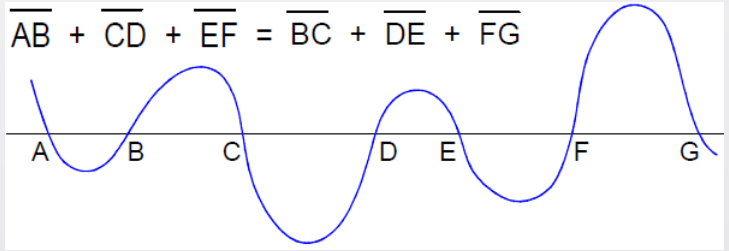
Finalmente, al analizar una Diagrama de Masas de un proyecto real, se encontrarán situaciones muy diversas, que se analizan y resuelven aplicando las siguientes **Reglas <u>Generales</u> de Compensación**:

1. No se efectuarán compensaciones que impliquen el cruce de cursos de agua u otros obstáculos relevantes, a menos que exista un puente o paso seguro capaz de **soportar el tránsito de obra**.
2. No se efectuarán compensaciones que impliquen un Sobretransporte a distancia mayor a la **Distancia Máxima Económica de Transporte**.
3. Se identificarán y medirán los volúmenes de desmonte con **destino a Depósito**, sea por tratarse de material desechable, mejor aprovechable para otros fines, superavitario o excesivamente distante de los terraplenes donde podría ser útil.
4. Del mismo modo se identificarán y medirán los volúmenes con **origen de Préstamo** necesarios debido al déficit de material útil y cercano para construir los terraplenes.

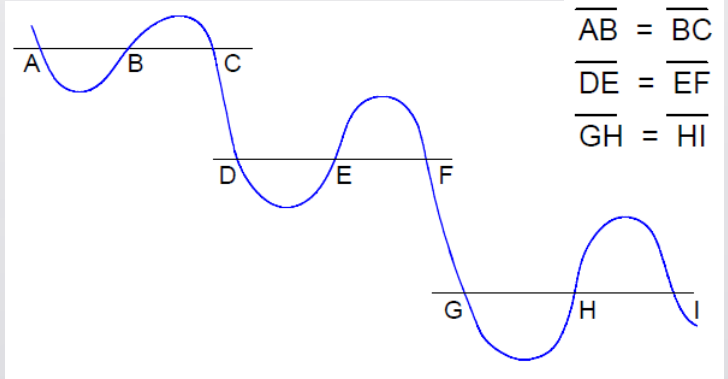
Movimiento de Suelos - Optimización

Con esta primera parte del análisis queda definido el **Balance General de Usos y Fuentes** de suelos. Partiendo de este balance, el proceso continua buscando optimizar el movimiento y transporte de suelos excavados en desmontes con destino de uso en los terraplenes.

5. En caso que el diagrama lo permita se buscará una horizontal única definida por la **igualdad de la suma de las bases** de los bucles superiores con la suma de las bases de los inferiores.

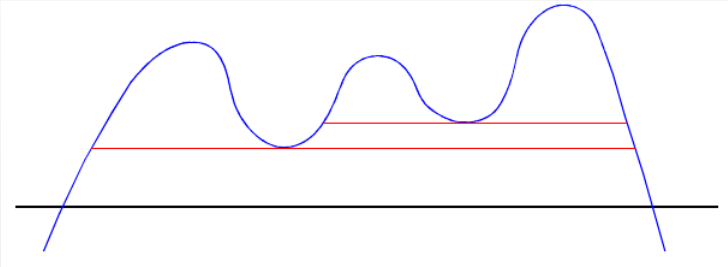


6. Cuando exista una tendencia marcada de déficit o superávit, se buscará una **serie de horizontales escalonadas** en un mismo sentido, cada una de las cuales comprenda dos sectores alternados con las bases iguales.

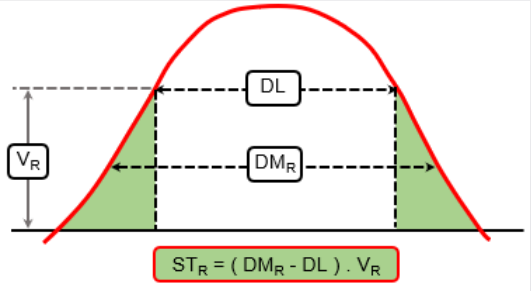


Movimiento de Suelos - Optimización

7. Cuando alguno de los sectores definidos por la compensación principal abarque más de una onda, se trazarán **líneas de compensación secundarias tangentes interiores** a la curva. Se consigue así una distribución más conveniente.



8. En todo sector de compensación que genere Sobretransporte, se discriminará la fracción libre de transporte, además de **determinar la distancia media y el Sobretransporte** correspondiente.

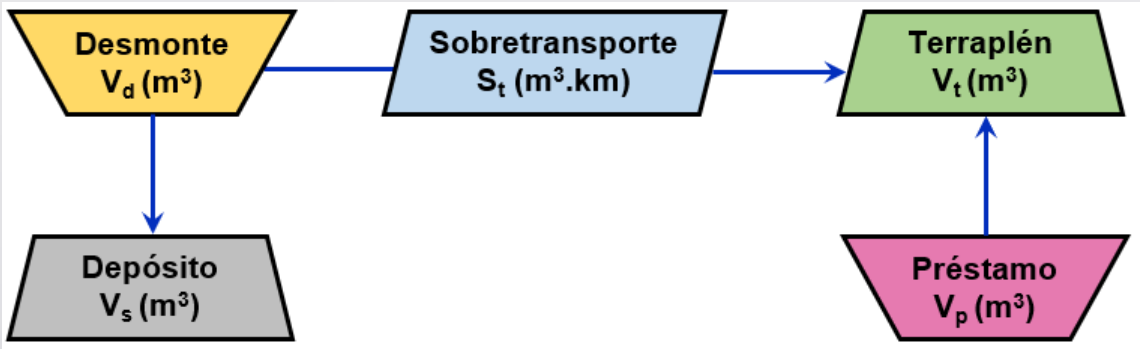


Estas reglas de definen como <u>generales</u> debido a que en muchas situaciones reales de proyecto no siempre está clara una única e indiscutible optimización. Esto además de que la logística y costo del MdS también dependerá de los equipos disponibles por el constructor a cargo de la obra.

Movimiento de Suelos - Presupuesto

La combinación de todas estas reglas determinará un resultado final de metrajes o cantidades (***Q_i***) de los cuatro rubros básicos del MdS, que con sus precios unitarios (***P_i***) componen el ***Presupuesto del MdS***, a saber:

- ***P_1 , Q_1*** : Excavación no Clasificada
- ***P_2 , Q_2*** : Excavación no Clasificada a Depósito
- ***P_3 , Q_3*** : Excavación no Clasificada de Préstamo
- ***P_4 , Q_4*** : Sobretransporte de Suelos



Presupuesto MdS $= \sum P_i \,.\, Q_i$

siendo:

$Q_1 = V_d - V_s = C_c \,.\, V_t - V_p$ $[m^3]$

$Q_2 = V_s$; $Q_3 = V_p$ $[m^3]$

$Q_4 = S_t$ $[m^3.km]$