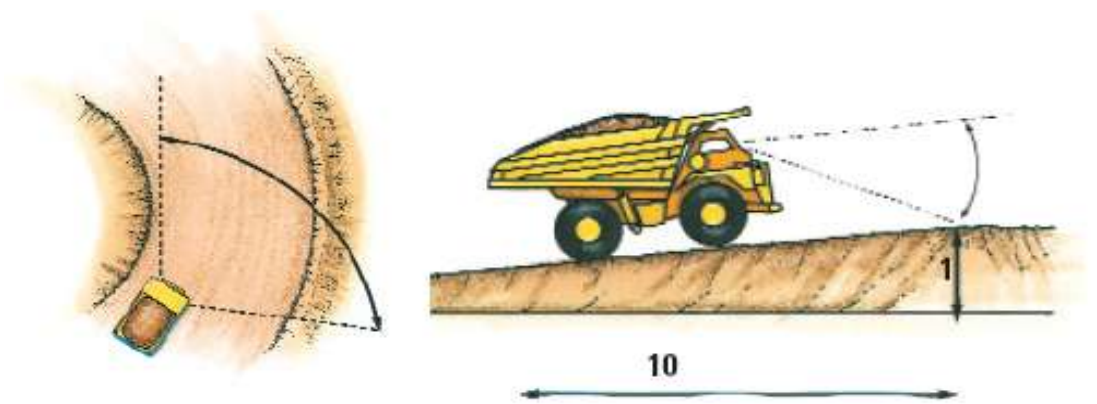


TEMA 3

FUNDAMENTOS

INGENIERILES



OPERACIONES MINERAS

TEMA 3. FUNDAMENTOS INGENIERILES

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

MEDICION DEL VOLUMEN (Montoya, 2004)

El volumen del material se define según el estado en que se halla al moverlo.

Las tres medidas de volumen son :

- m³ banco ----- Un metro cúbico de material como se encuentra en su estado natural.
- m³ suelto ----- Un metro cúbico de material expandido como resultado de haberlo movido.
- m³ compacto --Un metro cúbico de material cuyo volumen se ha reducido por compactación.

Para estimar la producción debe conocerse la relación entre el volumen de material en banco, material suelto y material compactado.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

VOLUMEN O PESO (Solanilla, 2003)

En el manejo del movimiento de tierra es necesario tener muy claro el concepto de la cantidad de material, ya sea para calcular la producción de una máquina, la cantidad total de material movido o el cobro por una cierta cantidad de material movido y/o procesado.

Existen cuatro maneras de medir la cantidad de material que se ha movido, tres son por volumen (m^3) y la otra es por peso (t):

- Volumen en banco (m^3B): volumen de material tal como se encuentra en su estado o condiciones naturales (in situ).
- Volumen suelto (m^3S): volumen del material suelto o expandido, como resultado de haber excavado o removido el material en su estado natural.
- Volumen compactado (m^3C): es el volumen de material después que se ha colocado y se ha reducido por compactación mecánica.
- Peso (kg o t): es la medida en kilogramos o toneladas del material trabajado. Este sistema da la medida mas exacta, pues lo único que se tiene que hacer es pesar el equipo con la carga del material y después descontar el peso del equipo.

CAMBIOS DE VOLUMEN (Cherné y González, 2002)

Los terrenos ya sean sueltos o rocas mas o menos fragmentadas, están constituidos por la agregación de partículas de tamaños muy variados. Entre estas partículas quedan huecos, ocupados por aire y agua.

Si mediante una acción mecánica variamos la ordenación de esas partículas, modificaremos así mismo el volumen de los huecos. Es decir, el volumen de una porción de material no es fijo, sino que depende de las acciones mecánicas a que lo sometamos. El volumen que ocupa en una situación dada se llama volumen aparente.

Esta es la razón por la que hablamos de densidad aparente, como cociente entre la masa de una porción de terreno y su volumen aparente:

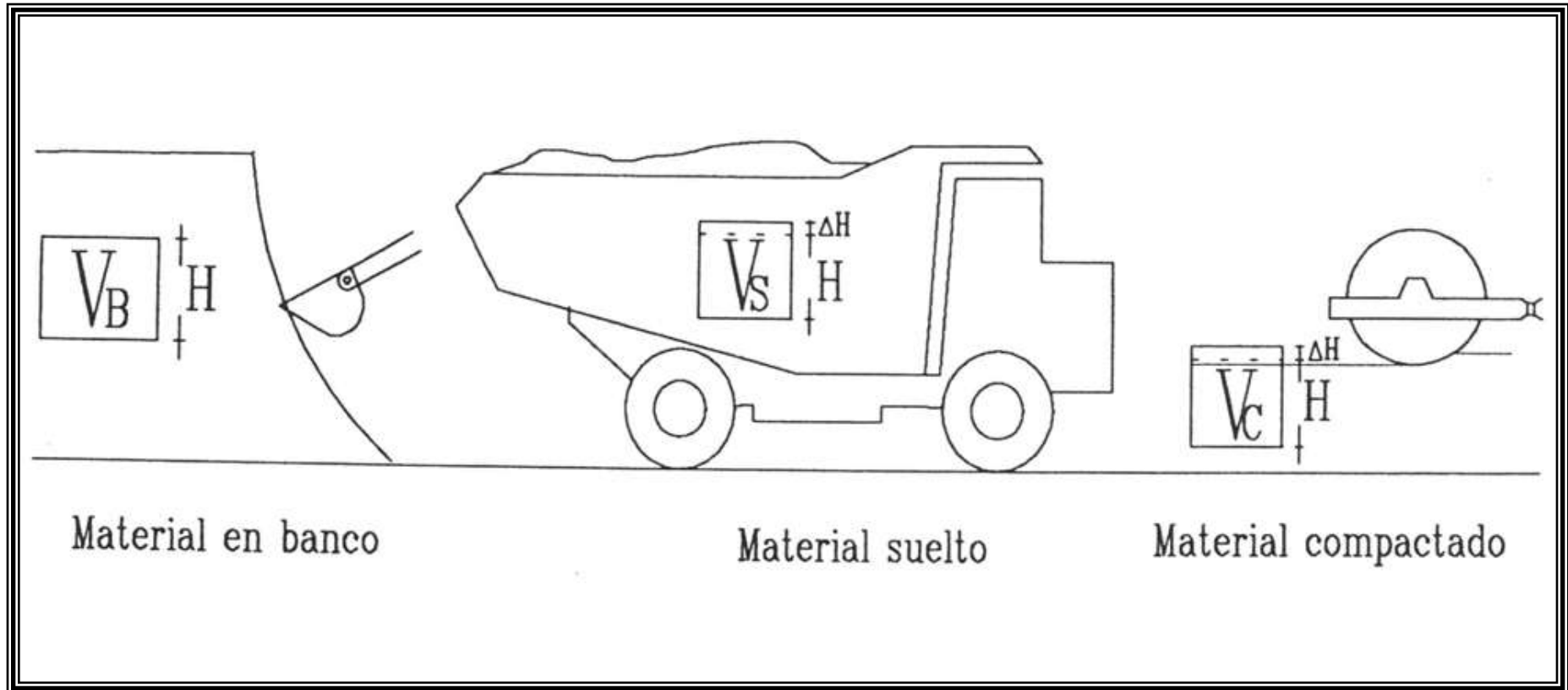
$$d_a = M / V_a$$

d_a :densidad aparente

V_a : volumen aparente

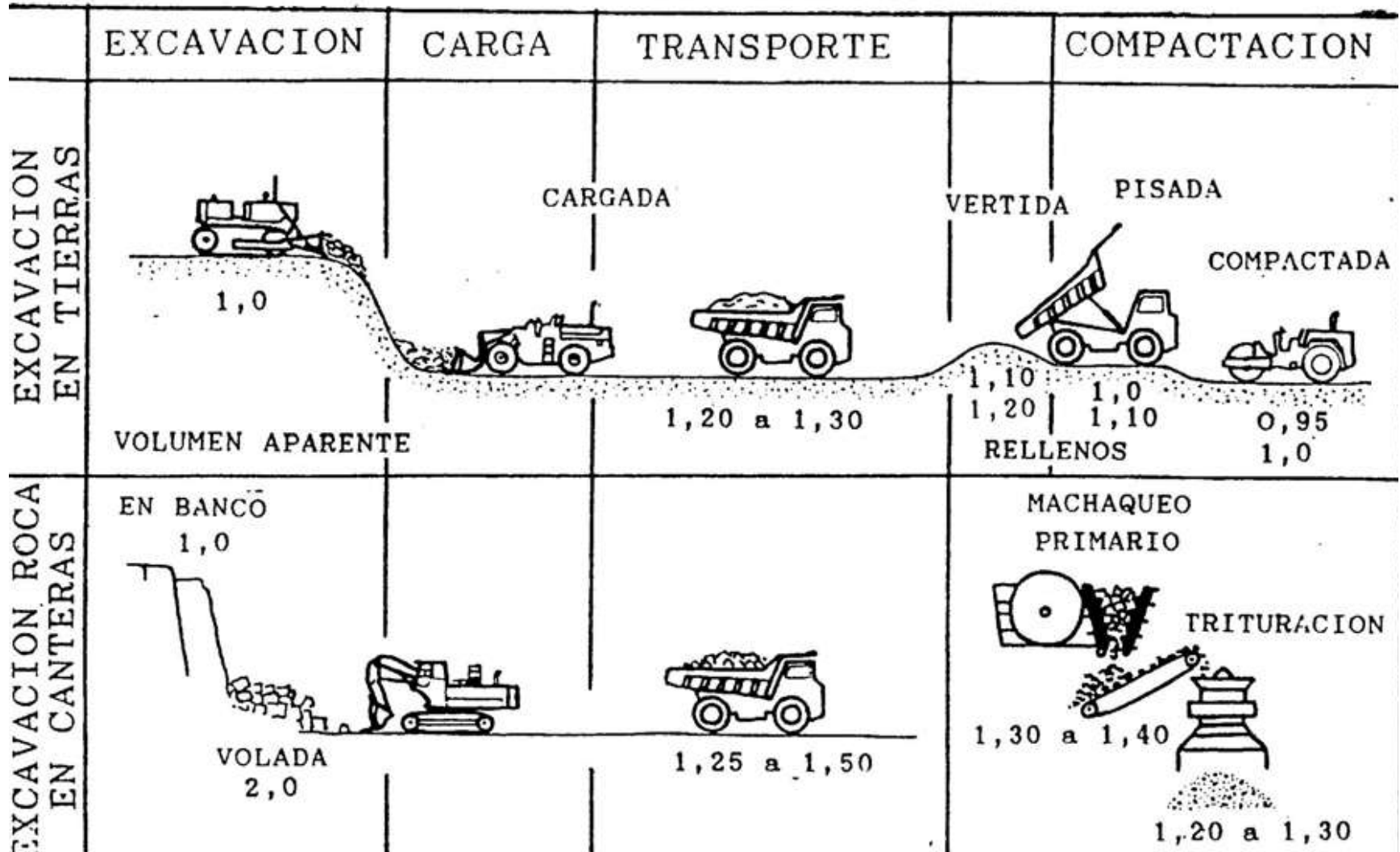
M: masa de las partículas mas masa de agua

CAMBIOS DE VOLUMEN. EJEMPLO GRÁFICO (Cherné y González, 2002)



CAMBIOS DE VOLUMEN. EJEMPLO GRÁFICO (Cherné y González, 2002)

VOLUMENES APARENTES



PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

FACTOR DE ESPONJAMIENTO O HINCHAMIENTO (Montoya, 2004)

Es el porcentaje de aumento en el volumen de un material en m^3 , después de que se saca de su estado original.

Cuando se excava, el material se quiebra en trozos de diferentes tamaños que causan la formación de bolsas de aire o espacios vacíos que reducen el peso por volumen.



PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

FACTOR DE ESPONJAMIENTO

Tomado de: MF2007 Desgarre y carga con excavadoras grandes. Foro Tucson, Texas (2007)

Mina, Capitaó do Mato Brazil



FACTOR DE ESPONJAMIENTO O HINCHAMIENTO (Cherné y González, 2002).

Al excavar el material en banco, éste resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen.

Este hecho ha de ser tenido en cuenta para calcular la producción de excavación y dimensionar adecuadamente los medios de transporte necesarios. En todo momento se debe saber si los volúmenes de material que se manejan corresponden al material en banco (Banco, bank, B) o al material ya excavado (Suelto, loose, S).

$$F_W = V_B / V_S = d_S / d_B$$

F_W : factor de esponjamiento

V_B : volumen que ocupa el material en banco

V_S : volumen que ocupa el material suelto

d_B : densidad en banco

d_S : densidad del material suelto.

Se tiene que:

$$M = d_S \times V_S = d_B \times V_B$$

EXPANSIÓN O DILATACIÓN (Solanilla, 2003)

Es el aumento en porcentaje de volumen de un material después de haberse movido o sacado de su estado natural u original. Este se debe a que después de mover el material, se fragmenta en partículas de tamaños diferentes que causan espacios vacíos o bolsas de aire y se disminuye el peso por volumen. Un metro cúbico de material en banco pesa mas que un metro cúbico del mismo material suelto.

$$1 + \text{DILATACIÓN} = V_S / V_B$$

por tanto:

$$V_S = (1 + \text{DILATACIÓN}) * V_B$$

Donde:

V_S : volumen suelto de material de un peso dado

V_B : volumen en banco de material del mismo peso dado

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

DENSIDAD DEL MATERIAL (Montoya, 2004)

Es el peso por unidad de volumen del material.

Los materiales tienen diversas densidades, según el tamaño de las partículas y el contenido de humedad, cuanto más denso sea el material mayor será el peso.

Densidad = peso / volumen = Kg / m³



DENSIDAD DEL MATERIAL (Solanilla, 2003)

La densidad es el peso por volumen del material (kg/m^3). Los materiales tienen varias densidades, según el tamaño de las partículas, el contenido de humedad y las variaciones de material. Cuanto mas denso sea el material, mayor será el peso por unidad de igual volumen.

$$\text{Densidad} = \text{Peso (kg)} / \text{Volumen (m}^3\text{)}$$

La densidad de un material cambia si está en banco o si está suelto. Una unidad cúbica en banco pesa mas que la misma unidad cúbica de material suelto, debido a la formación de bolsas de aire y los espacios de los fragmentos en el material suelto.



CONSIDERACIONES INGENIERILES

RESISTENCIA A LA RODADURA (Díaz del Río, 2007)

Se entiende como resistencia a la rodadura el esfuerzo que hay que vencer para mantener una velocidad constante del vehículo sobre un tipo de terreno dado. Se expresa en kilogramos por tonelada de peso.

Existen algunos coeficientes empleados en función del terreno atravesado. Se indican a continuación:

FACTORES TÍPICOS DE RESISTENCIA A LA RODADURA DE NEUMÁTICOS (SEGÚN CATERPILLAR)

TIPO DE CAMINO	Expresados en kg/t
Duro y llano (cementado o similar). No cede bajo el peso	20
Firme, ligeras ondulaciones (grava o macadam)	32,5
Ligeramente flexible bajo el peso. Arcilla dura en mediocres condiciones. Penetración aproximada de los neumáticos: 2-3 cm.	50
Tierra blanda, barriales o arenales	100 – 200

CONSIDERACIONES INGENIERILES

RESISTENCIA A LA RODADURA (Díaz del Río, 2007)

Otras fórmulas para el cálculo de la resistencia a la rodadura:

Experimentalmente se ha comprobado que para vencer las resistencias internas de la máquina hay que prever un mínimo de 20 kg/t. De igual forma, se ha comprobado que por cada 2,5 cm. de penetración de los neumáticos, se crea una resistencia adicional de 15 kg por cada tonelada de peso. Estos dos valores se suman para obtener el factor de resistencia a la rodadura.

Otro método para calcular la resistencia a la rodadura está fundado en el uso de porcentajes determinados del peso de la máquina. Este método se basa en que la resistencia mínima es del orden del 2 por 100 del peso bruto del vehículo (sobre los neumáticos) y que la resistencia por cada 2,5 cm. de penetración de los neumáticos es igual al 1,5 por 100 del peso bruto del vehículo (0,6 por 100 por cada centímetro de penetración).

CONSIDERACIONES INGENIERILES

RESISTENCIA A LA RODADURA, RR, *Rolling resistance* (Solanilla, 2003)

Cuando una máquina con ruedas se ubica en un terreno blando o suave, tiende a hundirse, si se trata de mover debe vencer la resistencia que le opone el suelo para salir del hueco en el que se encuentra y así sucesivamente a medida que avanza, es como si estuviera constantemente subiendo una pendiente.

La Resistencia a la Rodadura (RR) es una medida de la fuerza que hay que vencer para conseguir la rotación de una rueda en el suelo. El valor de esta resistencia está relacionado con las condiciones del terreno, el peso y la carga de la máquina, mientras más se hunde la máquina en el suelo, mayor es la resistencia a la rodadura.

La experiencia ha mostrado que la resistencia mínima a la rodadura es aproximadamente del 2% del peso bruto de la máquina con llantas normales, y del 1.5% para camiones con llantas radiales o duales. También se ha observado que por cada pulgada (2.5 cm.) de penetración de las llantas, crea una resistencia adicional de 1.5% del peso bruto de la máquina (0.6% por cada centímetro de penetración).

CONSIDERACIONES INGENIERILES

RESISTENCIA A LA RODADURA, RR, Rolling resistance (Solanilla, 2003)

Combinando lo anterior se obtiene la siguiente fórmula:

Factor de resistencia a la rodadura = 2% del peso bruto de la máquina +
0.6% del peso bruto por cm de
penetración de las llantas.

Factor de resistencia a la rodadura = 2% del peso bruto de la máquina +
1.5% del peso bruto por pulgada de
penetración de las llantas.

No es necesario que haya penetración en el suelo para que la resistencia a la rodadura sea más del mínimo. Si la superficie cede bajo la carga, los efectos son casi los mismos, pues su resultado es similar al de subir una pendiente. En las superficies duras y lisas, con base bien compactada, la resistencia a la rodadura es mínima.

FACTORES DE RESISTENCIA AL RODAMIENTO

TIPO Y CONDICIONES DEL TERRENO	FACTOR (%)		
	LLANTAS		ORUGAS
	Corriente	Radial	
Arena suelta	10.0	10.0	2.0
Camino en asfalto, duro, liso, conservado, que no cede	2.0	1.5	0
Concreto	2.0	1.5	0
Gravilla compactada seca, sin material suelto, no cede	2.5	1.7	0
Gravilla sin compactación pero seca	3.0	2.5	0
Gravilla suelta	10.0	10.0	2.0
Camino en tierra, que se hunde bajo carga, con poca conservación con flexión y penetración de las llantas hasta de 1".	4.0	4.0	0
Camino en tierra, que se hunde bajo carga, con mala conservación, sin riesgo con flexión y penetración de las llantas de 2".	5.0	5.0	0
Camino blando irregular con surcos o canales sin estabilizar con flexión y penetración de las llantas de 4".	8.0	8.0	0
Camino blando irregular con surcos o canales sin estabilizar con flexión y penetración de las llantas de 8".	14.0	14.0	5.0
Camino muy blando irregular con fango sin flexión pero con penetración de las llantas de 12".	20.0	20.0	8.0

Fuente: Solanilla, 2003. Tomada de Caterpillar. Tabla 2.2, página 115

CONSIDERACIONES INGENIERILES

RESISTENCIA DEBIDA A LA TRASLACIÓN EN RAMPA O PENDIENTE (Díaz del Río, 2007)

Esta resistencia se expresa en kilogramos por tonelada y se estima en 10 kg/t por cada 1 por 100 de inclinación de la rampa. Puede comprenderse que cuando la pendiente es favorable, la resistencia por este motivo tiene signo negativo, y por tanto, es un movilizador más del vehículo.

RESISTENCIA POR AIRE

Cuando se hace avanzar un vehículo en contra del aire hay que tener en cuenta la resistencia que éste ofrece, para lo cual se dan fórmulas empíricas suficientemente aproximadas. La más empleada es:

$$R = K * S * v^2$$

Donde:

R: resultado del esfuerzo en kilogramos

K: coeficiente que varia entre 0,05 y 0,08

S: viene expresado en metros cuadrados y representa la superficie que ofrece resistencia al desplazamiento

v: es la velocidad de la máquina en metros por segundo

CONSIDERACIONES INGENIERILES

RESISTENCIA A LA PENDIENTE. RP. *Grade resistance* (Solanilla, 2003)

Es la fuerza de gravedad retardadora que se ejerce cuando un vehículo está ascendiendo una cuesta. Igualmente se puede definir como la fuerza que debe vencer la máquina cuando se desplaza cuesta arriba. En el terreno también se pueden encontrar las *ayudas en pendientes* y es la fuerza que favorece el movimiento de una máquina cuando se desplaza cuesta abajo.

La resistencia a la pendiente esta directamente relacionada con la inclinación y suele darse en porcentajes de inclinación o en un porcentaje del peso bruto de la máquina (PBM o *Gross vehicle weight GVW*). El más útil es el primero, es decir, que la resistencia a la pendiente se de cómo el porcentaje de la pendiente, explicado mas adelante.

Las pendientes cuesta arriba se denominan *adversas* y van precedidas por el signo (+), las descendentes también se llaman *favorables* y van precedidas por el signo (-).

CONSIDERACIONES INGENIERILES

RESISTENCIA A LA PENDIENTE. RP. *Grade resistance* (Solanilla, 2003)

En toda pendiente adversa cada tonelada del peso de la máquina genera una resistencia de 10 kg por cada 1% de inclinación, por lo tanto el factor de resistencia en pendiente es:

$$\text{Factor de resistencia en pendientes} = 10 \text{ kg/t} * \text{inclinación (\%)}$$

La resistencia o la ayuda en pendientes está relacionada directamente por el factor de resistencia en pendientes y el peso bruto de la máquina (PBM), por lo tanto:

$$\text{Resistencia en pendientes} = \text{factor de resistencia en pendientes} * \text{PBM (t)}$$

La resistencia en pendientes también se puede expresar en un porcentaje del PBM, con la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que 10 kg es el 1% de una tonelada:

$$\text{Resistencia en pendientes} = 1\% \text{ del PBM} * \% \text{ de inclinación}$$

CONSIDERACIONES INGENIERILES

TRACCIÓN (Solanilla, 2003)

La tracción es la fuerza propulsora desarrollada en las llantas u orugas al actuar sobre una superficie, se expresa como **la fuerza útil** en la barra de tiro (*drawbar pull*) o en las llantas o ruedas propulsoras o de tracción (*rimpull*).

Existe una relación entre la fuerza de tracción, la velocidad de desplazamiento y la RPM del motor; si se tiene una transmisión directa (lo que comúnmente se conoce como caja de cambios), se puede hacer una tabla donde se relaciona el cambio en el que se encuentra la transmisión, la velocidad de desplazamiento, la fuerza máxima de tracción y las fuerzas nominales de tracción. La siguiente es ejemplo de dicha tabla:

Cambio o marcha	Velocidad de desplazamiento Km/hr	Fuerza máxima de tracción kg.	Fuerza nominal de tracción kg.
Primera	2.5	34 500	27 600
Segunda	3.5	-	19 700
Tercera	4.9	-	14 100
Cuarta	6.4	-	10 780
Quinta	8.9	-	7 670
Sexta	12.9	-	5 350

Fuente: solanilla (2003) Pág.. 121.

CONSIDERACIONES INGENIERILES

COEFICIENTE DE TRACCIÓN (Solanilla, 2003)

La relación en cualquier tipo de terreno entre la fuerza máxima de tiro de la máquina y el peso total en las llantas propulsoras u orugas, se llama **Coefficiente de tracción**.

Fuerza máxima de tiro (*drawball pull* ó *Rimpull*)

Coefficiente de Tracción = -----

Peso total en las llantas propulsoras u orugas

Las máquinas de tracción en todos los ejes o las de orugas, tienen el 100% del peso para la tracción y así son capaces de tener mayor fuerza de tracción disponible que una máquina con tracción en un solo eje.



CONSIDERACIONES INGENIERILES

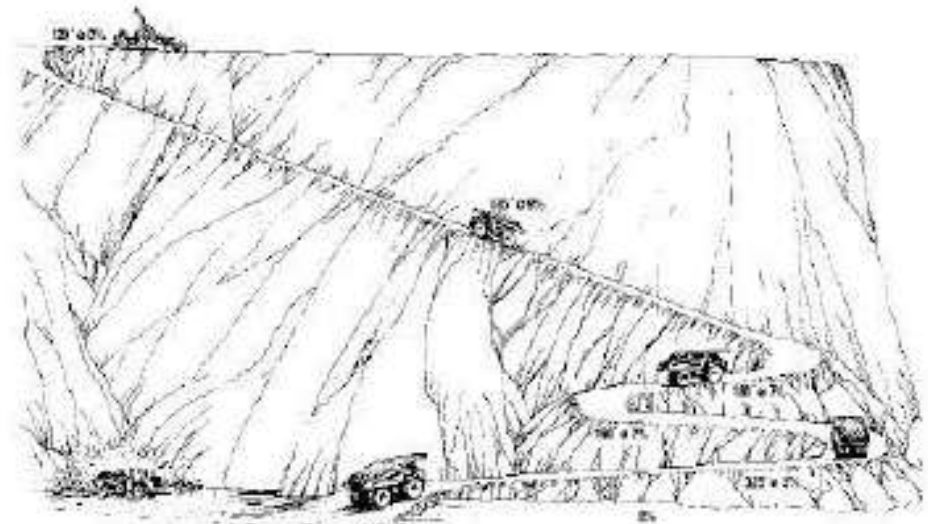
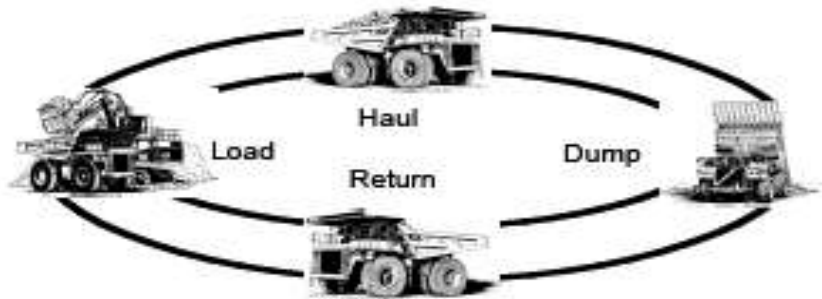
COEFICIENTES DE TRACCIÓN (Solanilla, 2003)

MATERIAL DEL PISO	FACTORES DE TRACCIÓN	
	LLANTAS	ORUGAS
ARENA HUMEDA	.40	.50
ARENA SECA	.20	.30
ARENA SUELTA	.27	.30
ASFALTO	.90	-
CAMINO EN GREDA HUMEDA	.45	.70
CAMINO EN GREDA SECA	.55	.90
CANTERA	.65	.55
CARBÓN	.45	.60
CONCRETO	.90	.45
GRAVILLA SUELTA	.35	.50
TERRENO LODOSO .25	.25	
TIERRA FIRME	.55	.90
TIERRA SUELTA	.45	.60
TIERRA SUELTA SECA	.40	.60

Tomado de Solanilla (2003), Tabla 2.3, Pág.. 122

CONSIDERACIONES INGENIERILES

CICLOS DE ACARREO-RETORNO. TIEMPOS DE CICLOS



Tomado de: MF2007 Administración de Caminos de acarreo. Foro Tucson, Texas (2007)

Tema 3. Operaciones Mineras.
Profesora Aurora Piña

CONSIDERACIONES INGENIERILES

ALGUNAS DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Tipo de suelo	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad
Capa vegetal	300 - 700	100 - 300	1,7 - 2,4
Arena seca	400 - 1.200	100 - 500	1,5 - 1,7
Arena mojada	1.500 - 4.000	400 - 1200	1,9 - 2,1
Arcilla	1.100 - 2.500	200 - 800	2,0 - 2,4
Marga	2.000 - 3.000	750 - 1.500	2,1 - 2,6
Piedra arenisca	3.000 - 4.500	1.200 - 2.800	2,1 - 2,4
Caliza	3.500 - 6.000	2.000 - 3.300	2,4 - 2,7
Creta	2.300 - 2.600	1.100 - 1.300	1,8 - 2,3
Dolomita	3.500 - 6.500	1.900 - 3.600	2,1 - 2,3
Sal	4.500 - 5.500	2.500 - 3.100	2,1 - 2,3
Carbón	2.200 - 2.700	1.000 - 1.400	1,3 - 1,8
Basalto	5.000 - 6.000	2.800 - 3.400	2,7 - 3,1
Granito	4.500 - 6.000	2.500 - 3.300	2,5 - 2,7

Tomado de: MF2007 Desgarre y carga con excavadoras grandes. Foro Tucson, Texas (2007)

CONSIDERACIONES INGENIERILES

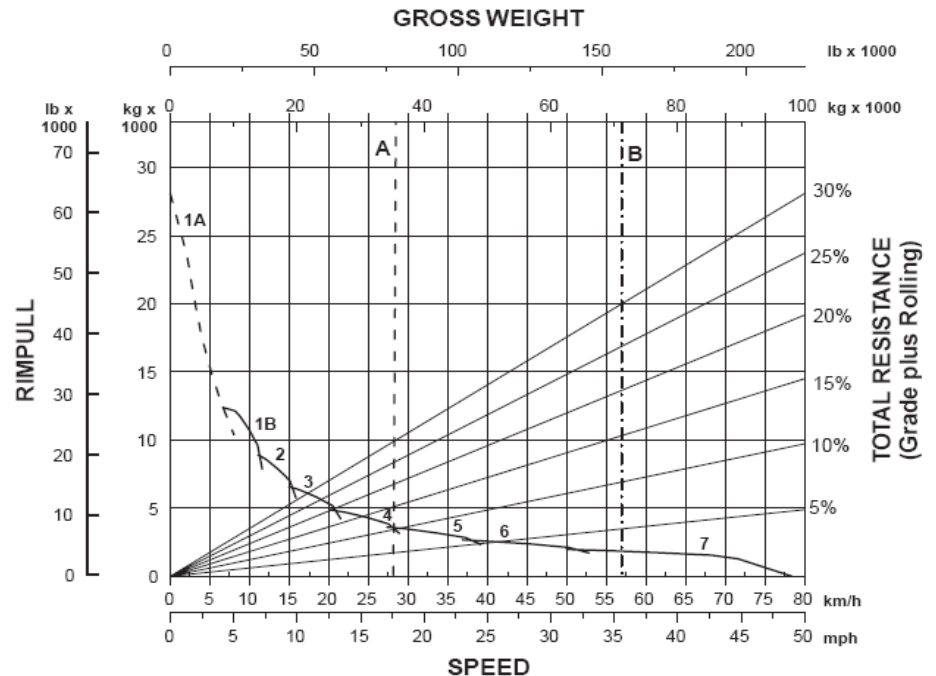
Uso de las graficas de camiones (Solanilla, 2003)

La explicación de la gráfica es la siguiente:

- En la escala superior derecha se encuentra el peso bruto del camión, que puede ser vacío o cargado.
- En la escala izquierda (FT) está la fuerza de tracción en los cauchos.
- En la escala derecha (RT), la resistencia total en %.
- En la escala inferior, la velocidad máxima de desplazamiento.
- Las curvas internas F1, F2, F3, F4,... son las diferentes marchas o cambios del camión.

769D Rimpull-Speed-Gradeability
● 18.00R33 Tires

Construction & Mining Trucks



KEY

1A — 1st Gear (Torque Converter)
1B — 1st Gear
2 — 2nd Gear
3 — 3rd Gear
4 — 4th Gear
5 — 5th Gear
6 — 6th Gear
7 — 7th Gear

KEY

A — Empty 33 545 kg (73,800 lb)
B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

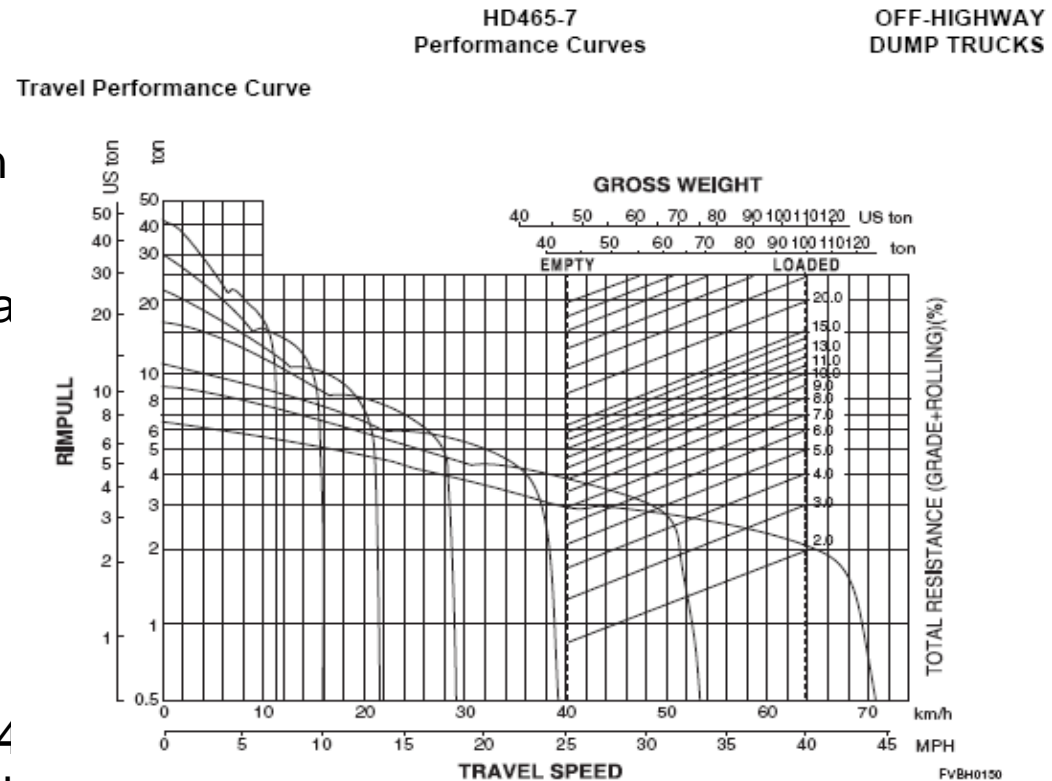
Fuente: Handbook CAT-36

CONSIDERACIONES INGENIERILES

Uso de las graficas de camiones (Solanilla, 2003)

La explicación de la gráfica es la siguiente:

- En la escala superior derecha se encuentra el peso bruto del camión que puede ser vacío o cargado.
- En la escala izquierda (FT) está la fuerza de tracción en los cauchos.
- En la escala derecha (RT), la resistencia total en %.
- En la escala inferior, la velocidad máxima de desplazamiento.
- Las curvas internas F1, F2, F3, F4 son las diferentes marchas o cambios del camión.



Fuente: Handbook Komatsu Edition 26

CONSIDERACIONES INGENIERILES

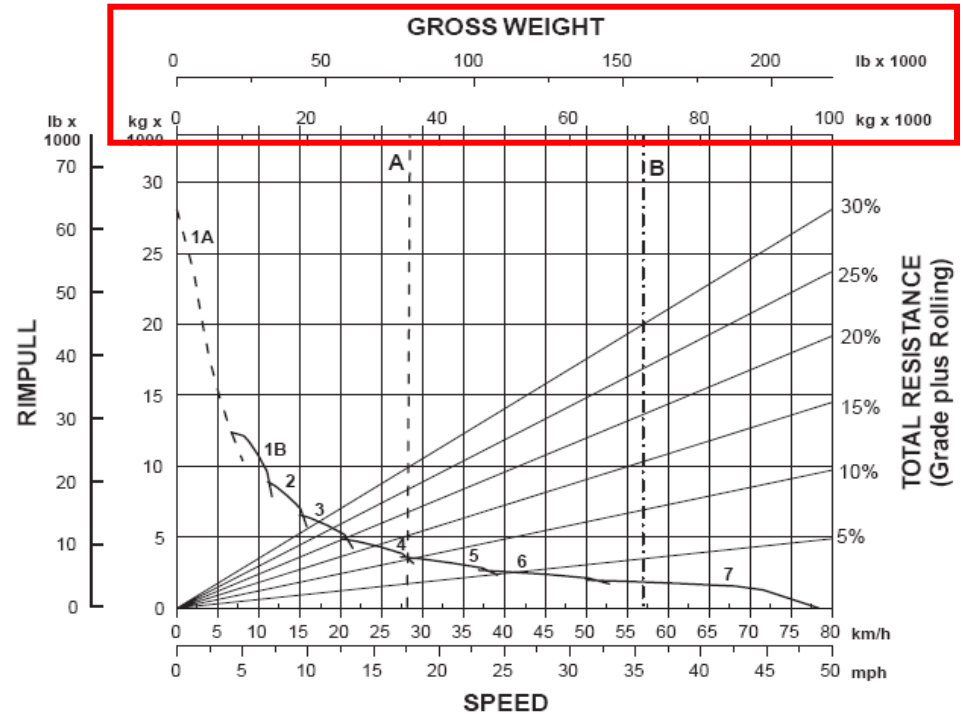
Uso de las graficas de camiones (Solanilla, 2003)

Procedimiento:

1. Determinar el peso bruto del camión, cargado o vacío. Se ubica este dato en la escala de peso bruto de la parte superior derecha, que para este caso se llamará el punto A.

769D Rimpull-Speed-Gradeability
● 18.00R33 Tires

Construction & Mining Trucks



KEY
1A — 1st Gear (Torque Converter)
1B — 1st Gear
2 — 2nd Gear
3 — 3rd Gear
4 — 4th Gear
5 — 5th Gear
6 — 6th Gear
7 — 7th Gear

KEY
A — Empty 33 545 kg (73,800 lb)
B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

Tema 3. C
Profe:

Fuente: Handbook CAT-36

CONSIDERACIONES INGENIERILES

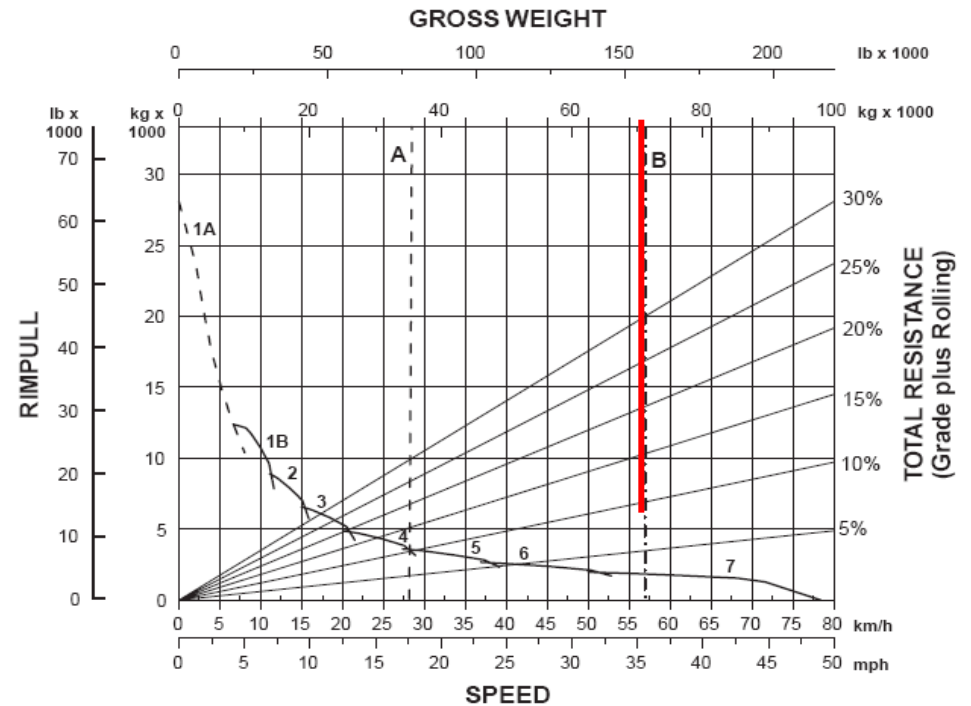
Uso de las graficas de camiones (Solanilla, 2003)

Procedimiento:

2. A partir del punto A se baja una línea vertical hasta cruzarla con la línea respectiva de resistencia total, que se ha determinado anteriormente, y allí se marca el punto B.

769D Rimpull-Speed-Gradeability
● 18.00R33 Tires

Construction & Mining Trucks



KEY

- 1A — 1st Gear (Torque Converter)
- 1B — 1st Gear
- 2 — 2nd Gear
- 3 — 3rd Gear
- 4 — 4th Gear
- 5 — 5th Gear
- 6 — 6th Gear
- 7 — 7th Gear

KEY

- A — Empty 33 545 kg (73,800 lb)
- B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

CONSIDERACIONES INGENIERILES

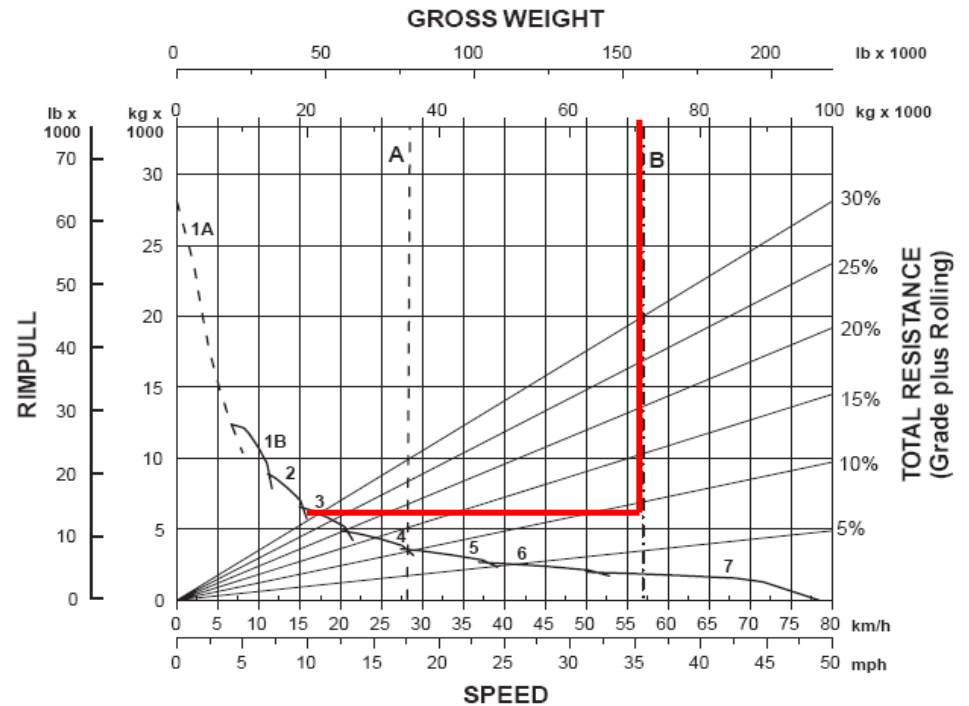
Uso de las graficas de camiones (Solanilla, 2003)

Procedimiento:

- Desde el punto B se desplaza horizontalmente hasta cruzarse con la curva de las marchas y se marca el punto C.

769D Rimpull-Speed-Gradeability
● 18.00R33 Tires

Construction & Mining Trucks



KEY
 1A — 1st Gear (Torque Converter)
 1B — 1st Gear
 2 — 2nd Gear
 3 — 3rd Gear
 4 — 4th Gear
 5 — 5th Gear
 6 — 6th Gear
 7 — 7th Gear

KEY
 A — Empty 33 545 kg (73,800 lb)
 B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

CONSIDERACIONES INGENIERILES

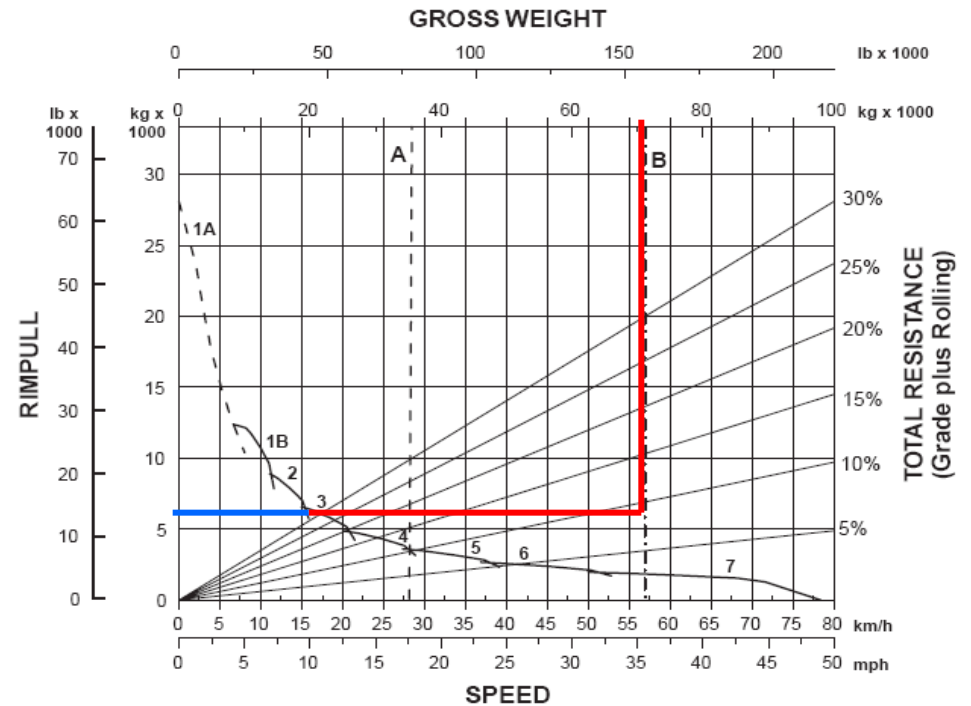
Uso de las graficas de camiones (Solanilla, 2003)

Procedimiento:

- Si desde el punto C se sigue desplazando horizontalmente, se encontrará en la escala de la izquierda la fuerza de tracción respectiva, punto E.

769D Rimpull-Speed-Gradeability
● 18.00R33 Tires

Construction & Mining Trucks



KEY

- 1A — 1st Gear (Torque Converter)
- 1B — 1st Gear
- 2 — 2nd Gear
- 3 — 3rd Gear
- 4 — 4th Gear
- 5 — 5th Gear
- 6 — 6th Gear
- 7 — 7th Gear

KEY

- A — Empty 33 545 kg (73,800 lb)
- B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

CONSIDERACIONES INGENIERILES

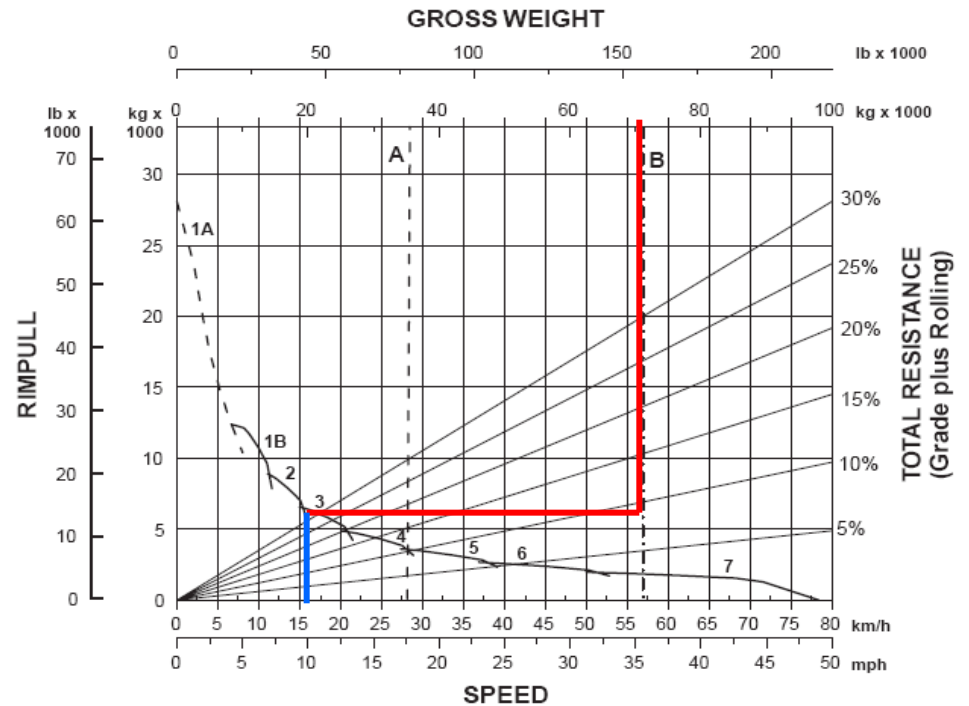
Uso de las graficas de camiones (Solanilla, 2003)

Procedimiento:

5. Pero si desde el punto C, se baja verticalmente hasta encontrar la escala de la velocidad de desplazamiento, allí se obtendrá el dato de la velocidad del camión, cargado o vacío, punto D, dependiendo del peso bruto determinado al inicio de este proceso.

769D Rimpull-Speed-Gradeability
● 18.00R33 Tires

Construction & Mining Trucks



KEY
1A — 1st Gear (Torque Converter)
1B — 1st Gear
2 — 2nd Gear
3 — 3rd Gear
4 — 4th Gear
5 — 5th Gear
6 — 6th Gear
7 — 7th Gear

KEY
A — Empty 33 545 kg (73,800 lb)
B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

CONSIDERACIONES INGENIERILES

Criterios a tener en cuenta (Solanilla, 2003. pp.182-183)

El valor de la velocidad promedio encontrado se aplica en condiciones normales de operación, este factor puede afectarse si se encuentran factores indeseables en la vía, como los que se numeran a continuación y que en lo posible se deben eliminar porque retardan el desplazamiento del camión y afectan su rendimiento:

- Demasiadas curvas en el camino o curvas muy cerradas.
- Partes de la vía con poca visibilidad.
- Transito de vehículos por caminos angostos.
- Cruces con otros caminos, ferrocarril o puentes angostos.
- Caminos con pisos muy blandos, lisos, con mucha pendiente, entre otros, donde varían mucho las resistencias totales.
- Pobre mantenimiento de la carretera, sobre todo con muchos baches o huecos.
- Poca habilidad y experiencia de los conductores.

CONSIDERACIONES INGENIERILES

Criterios a tener en cuenta (Solanilla, 2003. pp.183-184)

Cuando el valor de la resistencia total es positivo, usamos los criterios anteriores. Pero puede ocurrir que tengamos valores negativos, en cuyo caso se debe utilizar la gráfica de rendimiento del freno que nos da la velocidad máxima y la marcha o cambio mas adecuado para descender en una forma segura por una pendiente y a una distancia determinada.

Estas graficas son especificas para cada modelo y cada fabricante, por lo tanto se mostrará una de ellas y cómo se interpreta, igualmente hay que tener el peso bruto del camión cargado o vacío y el valor de la resistencia total.

La explicación de la grafica es la siguiente:

- En la escala superior se ubica el peso bruto del camión, que puede ser vacío o cargado.
- En la escala de la derecha (RT) está la resistencia total en %, puede observarse que estos valores son negativos.
- En la escala inferior, la velocidad máxima de desplazamiento.
- Las curvas internas F1, F2, F3, F4, F5, F6, son las diferentes marchas o cambios de un camión.

CONSIDERACIONES INGENIERILES

Uso de las graficas de camiones 2 (Solanilla, 2003)

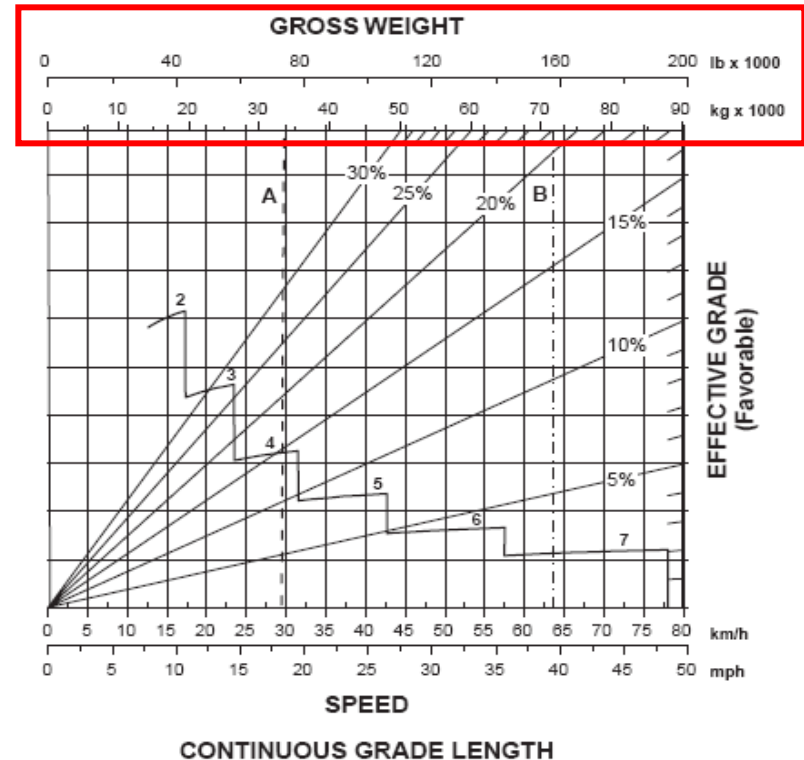
Construction & Mining Trucks

769D Brake Performance

● Continuous Grade Retarding

Procedimiento:

1. Se determina el peso bruto del camión, cargado o vacío, para posteriormente averiguar la velocidad de desplazamiento cargado o vacío. Este dato se ubica en la escala de peso bruto de la parte superior, pero para este caso se llamará el punto A.



KEY

- 2 — 2nd Gear
- 3 — 3rd Gear
- 4 — 4th Gear
- 5 — 5th Gear
- 6 — 6th Gear
- 7 — 7th Gear

KEY

- A — Empty 30 800 kg (67,800 lb)
- B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

CONSIDERACIONES INGENIERILES

Uso de las graficas de camiones 2 (Solanilla, 2003)

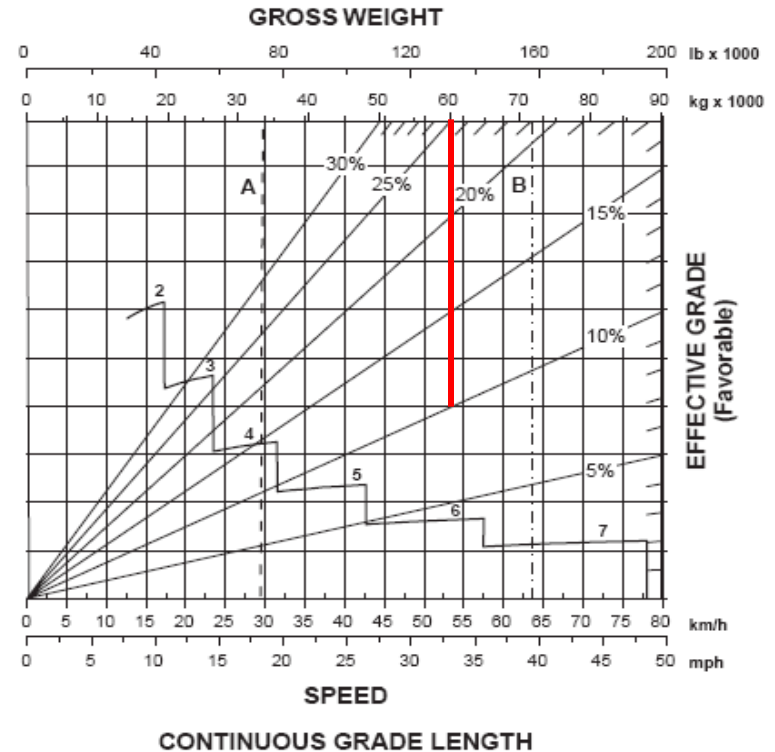
Construction & Mining Trucks

769D Brake Performance

● Continuous Grade Retarding

Procedimiento:

2. A partir del punto A se baja una línea vertical hasta cruzarla con la línea respectiva de resistencia total, y allí se marca el punto B.



KEY

- 2 — 2nd Gear
- 3 — 3rd Gear
- 4 — 4th Gear
- 5 — 5th Gear
- 6 — 6th Gear
- 7 — 7th Gear

KEY

- A — Empty 30 800 kg (67,800 lb)
- B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

CONSIDERACIONES INGENIERILES

Uso de las graficas de camiones 2 (Solanilla, 2003)

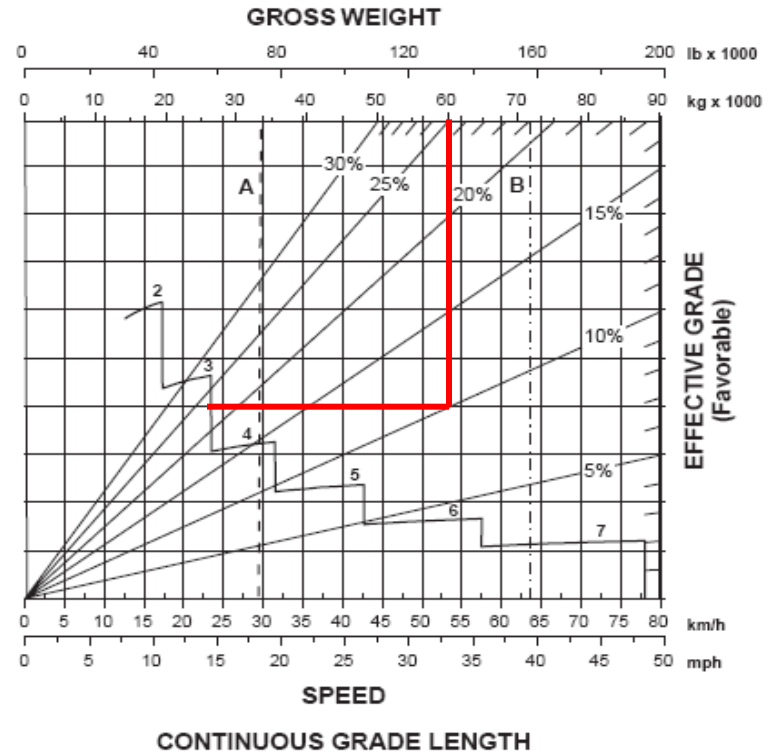
Construction & Mining Trucks

769D Brake Performance

● Continuous Grade Retarding

Procedimiento:

3. Del punto B se desplaza horizontalmente hasta el cruce con la curva de las marchas, en este caso es F4 y se marca el punto C.



KEY

- 2 — 2nd Gear
- 3 — 3rd Gear
- 4 — 4th Gear
- 5 — 5th Gear
- 6 — 6th Gear
- 7 — 7th Gear

KEY

- A — Empty 30 800 kg (67,800 lb)
- B — Max GMW 71 400 kg (157,000 lb)

PROBLEMAS DE RESISTENCIA A LA RODADURA Y TRACCIÓN.

1.- ¿Qué fuerza de tracción utilizable en la barra de tiro puede ejercer un tractor de orugas que pesa 26 800 kg si va a trabajar en tierra suelta?

$$\begin{aligned} \text{fuerza de tracción utilizable} &= \text{coeficiente de tracción} * \text{peso de las orugas} \\ &= 0.60 * 26\ 800 \text{ kg} = \mathbf{16\ 080 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Si se necesita mover una carga mayor de los 16 080 kg el tractor no podría moverla y sus orugas patinarían.

Hacer el mismo problema si el material es tierra firme ó carbón



CONSIDERACIONES INGENIERILES

Key Performance Indicators (KPI) [Índices claves de producción]

Fuente: SME 2007. Washington Group

EQUIPMENT LOSSES

Calendar Time (CT)			
Available Time (AT)			Down Time (DT)
Utilized Time (UT)		Operating Standby (OS)	Planned Loss (PL)
Operating Time (OT)	Operating Delay (OD)		

Figure 6. Equipment Performance Tracking System (2)

The following KPIs are calculated by EPS:

Production KPIs

$$\text{Availability (A\%)} = \frac{AT}{CT} \quad (A)$$

$$\text{Use of Availability (UA\%)} = \frac{UT}{AT} \quad (B)$$

$$\text{Operating Efficiency (OE\%)} = \frac{OT}{UT} \quad (C)$$

$$\text{Utilization (U\%)} = A\% \times UA\% \times OE\% = \frac{UT}{CT} \quad (D)$$

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Production}}{OT} \quad (E)$$

$$\text{Integrity} = \frac{UT}{UT+BL} \quad (F)$$