

3. GARCIA, L. y J. Rodríguez: "Proyecto para la realización de la exploración detallada del flanco noroeste del yacimiento Santa Lucía en 1977" (Archivos EGPR).
4. JALTURIN, N. y Samusenko: "Búsqueda 1:50 000 Santa Lucía-Castellano de 1969-1974" (Archivos EGPR).
5. LEYVA, M. L.: "Estudio mineragráfico de las menas del yacimiento Santa Lucía". Trabajo de Diploma 1979. Facultad de Tecnología "Ramon González Coro". CUPR.
6. LUNA, A.: "Particularidades geólogo-geoquímicas de la localización de la mineralización polimetálica en el campo menífero Santa Lucía-Castellano". Trabajo de Diploma 1978. Facultad de Tecnología "Ramon González Coro". CUPR.
7. MAKSIMOVA, G., N. Miloserdina y N. Eriomin: Breve curso de prospección geológica.
8. MURRAY, R. y Spiegel: Teoría y problemas de Estadística. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1977.
9. PSZCZOLKOWSKIA, G. R. y K. Piotrowska: "Resumen del texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Pinar del Río 1:250 000, 1975" (Archivo CNFG).
10. VOLOGDIN, N. y G. Dorofieva: "Estructura geológica y minerales útiles de la parte noroeste de la provincia de Pinar del Río 1961-1962" (Archivos EGPR).
11. YURPALOV, O.: "Informe con cálculos de reservas de las menas del yacimiento Santa Lucía, según los trabajos de exploración geológica preliminares 1969-1972" (Archivos EGPR).
12. ZHIDKOV, A. y N. Jalturin: "Mineralización estratiforme piritó-polimetálica". Revista La Minería en Cuba, no. 3, 1976.
13. Instrucciones sobre el cálculo de reservas y yacimientos minerales sólidos del Comité Estatal de Reservas de la URSS.

SOBRE LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES LATERITICOS EN LOS INDICES DE EXPLOTACION DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR

RESUMEN

En el trabajo se exponen los resultados de las investigaciones del transporte automotor relacionados con el aprovechamiento de la capacidad de carga de los camiones BelAZ-504 A; BelAZ-548; Aveling Bardford RD-50 y Berliet T-25 cuando acarrean materiales lateríticos.

En el mismo se establece la influencia de las características del material en los índices de explotación, en particular en el aprovechamiento de la capacidad de carga, el coeficiente de tara, la carga transportada y la potencia específica; se analiza la incidencia en estos índices de la relación entre el volumen de la cuchara de la excavadora y el de la cama del camión en las condiciones de los yacimientos lateríticos del nordeste de Holguín, así como algunas peculiaridades de la explotación de este tipo de transporte.

El trabajo forma parte de una investigación encaminada a la búsqueda de los parámetros racionales de una máquina para el transporte de lateritas.

О ВЛИЯНИИ СВОЙСТВ ЛАТЕРИТОВЫХ РУД НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Резюме

В работе приводятся результаты автомобильного транспорта связанные с рациональным использованием грузоподъемности автосамосвалов Белаз-540, Белаз-548, Авелин Берфорд РД-50 и Берлие Т-25 при транспортировке латеритовых материалов.

Устанавливается влияние свойств этих материалов на эксплуатационные показатели, на использование грузоподъемности, коэффициент тары, перевозимый груз и удельную мощность анализируется влияние на эти параметры отношений между объемами ковша и кузова самосвала в условиях латеритовых месторождений северо-востока провинции Ольгин и некоторые особенности эксплуатации этого вида транспорта.

Данная работа является частью исследования параметров рационального автосамосвала для транспортировки латеритовых руд.

SOBRE LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS MINERALES LATERITICOS EN LOS INDICES DE EXPLOTACION DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR

Ing. Rafael Pérez Barreto
Candidato a Doctor en Ciencias Técnicas
Profesor Titular del ISMMMoA

Ing. Osvaldo Quintana Romero
Docente del Departamento de Electromecánica del ISMMMoA

El transporte constituye un elemento de gran importancia en el proceso tecnológico de obtención de níquel, costoso e indispensable para garantizar el proceso de producción. Entre los diferentes tipos de transporte el automotor constituye un eslabón insustituible del esquema general de explotación de los yacimientos del nordeste de la provincia de Holguín. Las características de estos depósitos lateríticos poco profundos y muy extensos provocan un desplazamiento relativamente rápido del frente de trabajo que es compensado por la maniobrabilidad de este tipo de transporte.

En la Empresa "Comandante Pedro Sotto Alba" de Moa se acarrean alrededor de 4 500 000 t/km de mineral al año con camiones BelAZ 540 A con esquema combinado con transportador de banda, desde el frente de trabajo hasta la tolva del transportador y puede llegar hasta algo más de 8 000 000 t/km con tiro directo (sin transportador) con un costo aproximado de 0,17 pesos la t-km según datos de producción. Un esquema similar utilizan las empresas "Comandante René Ramos Latour" de Nicaro y la Planta de Níquel de Punta Gorda. La Empresa "Comandante Pedro Sotto Alba" y la Empresa Inversionista de la Planta de Níquel utilizan camiones BelAZ 540A de producción soviética mientras que la Empresa "Comandante René Ramos Latour" de

Nicaragua ha utilizado además camiones Berliet (Francia) y Aveling Bardford (Inglaterra).

Por otra parte es conocido que el incremento de la capacidad de carga de los camiones disminuye los costos de transportación [3]. Desde este punto de vista presentan especial interés el camión BelAZ 548 con una capacidad de carga de 40 t y el camión Aveling Bardford RD-50 de 45 t. Dos máquinas BelAZ 548 A se prueban en Cuba y se han adquirido varios camiones Aveling Bardford RD-50.

El transporte automotor se caracteriza por un considerable volumen de las reparaciones y los mantenimientos, lo que obliga a sostener una considerable reserva de piezas de repuesto. La existencia de máquinas diferentes en yacimientos con minerales y métodos de extracción similares dificulta la aplicación de una tecnología de mantenimiento y reparación única, entorpece la preparación de fuerza calificada, incrementa el volumen de los costos de piezas de repuesto almacenadas y en general encarece y, en ocasiones, pone en peligro el aseguramiento del proceso. Por estas causas la búsqueda de una máquina única capaz de responder a las exigencias tecnológicas del transporte de lateritas constituye una tarea de enorme importancia relacionada directamente con un problema principal estatal.

En el presente trabajo se analizan las posibilidades de los camiones BelAZ 540 A y 548 de fabricación soviética, Berliet T-25, francés, y Aveling Bardford RD-50, inglés, para el transporte de minerales en las condiciones de los yacimientos lateríticos con el objeto de obtener elementos para la solución de esta tarea.

En la práctica del transporte automotor tiene gran importancia la relación existente entre la capacidad de carga de la máquina y el volumen de la cama; esta relación suele

disminuir cuando se carga con reboso la cama del camión, por encima de su capacidad geométrica. La correspondencia de esta relación con el peso volumétrico del material esponjado en la cama del camión permite el máximo aprovechamiento de su capacidad de carga. Una cama pequeña es eficaz para minerales pesados, pero con minerales ligeros encarece la transportación debido al empeoramiento del coeficiente de tara: relación existente entre el peso propio del camión y el peso de la carga.

En la Tabla 1 se muestran los valores del volumen geométrico de la cama, la capacidad de carga, el peso propio y el coeficiente nominal de tara de las cuatro máquinas analizadas.

TABLA 1. Algunas características técnicas nominales de los camiones analizados.

Camión	Volumen geométrico de la cama	Capacidad de carga	Peso propio	Coefficiente de tara
	m ³	t	t	
BelAZ 540 A	15,3	27	21	0,777
BelAZ 548	21,7	40	28	0,7
Berliet T-25	12	25	22,5	0,9
Aveling Bardford RD-50	23	45,3	39,9	0,88

El camión BelAZ 540 A tiene una capacidad de carga de 27 t con un volumen de la cama de 15,3 m³ que puede llegar a 19 cuando se carga con reboso. Este volumen del reboso se

obtiene para minerales con un ángulo de reposo de 35° y está determinado por las dimensiones de la cama. Para ángulos de reposo menores o caminos con pendientes este volumen disminuye algo. El ángulo de reposo de las lateritas níquelíferas como regla varía alrededor de esta magnitud y esto hace que en la práctica la relación existente entre la capacidad de la cama con reboso y el volumen geométrico de la misma (coeficiente de sobrevolumen) sea cercano al nominal (1,25). Tomando en consideración las pendientes de los caminos este coeficiente disminuye y aproximadamente se puede tomar igual a 1,22, lo que da una capacidad de la cama de $18,7 \text{ m}^3$.

En las condiciones de Moa, en períodos de sequía, cuando el mineral tiene una humedad del 23 %, el peso volumétrico del material esponjado es de $1,19 \text{ t/m}^3$ y el camión sólo puede transportar 22,2 t como máximo para un coeficiente real de tara de 0,92 y un coeficiente de utilización de la capacidad de carga de 0,82. En las condiciones de Nicaro con pesos volumétricos menores, el aprovechamiento de la capacidad de carga sería algo inferior.

Para esta máquina es posible aumentar el volumen de la cama hasta $23,8 \text{ m}^3$ que con reboso alcanzaría alrededor de 28 m^3 , lo que se logra mediante el ensanchamiento de la misma en 200 mm, el aumento de la altura de carga 300-400 mm y la colocación de una compuerta trasera. Una cama de estas características se utilizó en el BelAZ 7510 para la transportación del carbón. En este caso el centro de gravedad se eleva unos 200-250 mm. Se hace evidente que un mayor aprovechamiento de la cama del camión para los minerales lateríticos es posible con un volumen geométrico de alrededor de $18,5 \text{ m}^3$ lo que permitiría bajar el centro de gravedad del camión en comparación con el BelAZ 7510. Debe señalarse que estas máquinas utilizan transmisión hidromecánica que permite el establecimiento

de un régimen racional de trabajo de la misma, en función de las condiciones del camino y la magnitud de la carga, mediante la adecuación automática de la relación de transmisión en un intervalo de velocidades relativamente amplio y continuo lo que hace más económica la transportación.

El camión Berliet T-25 tiene una capacidad geométrica de la cama de 12 m^3 y la configuración de la misma permite utilizar aproximadamente el mismo coeficiente de 1,22 para el cálculo del reboso, lo que da un volumen total de $14,6 \text{ m}^3$. Con minerales de peso volumétrico de 1,19 permite una carga de 17,4 t y resulta un coeficiente real de tara de 1,29 y un coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga de 0,695. Esta característica empeora considerablemente los costos de transportación de minerales lateríticos con respecto a la anterior. Una variante de esta máquina es aceptada por los mecánicos como capaz de responder a las condiciones de explotación existentes; sin embargo, esto está determinado por el aumento de la potencia específica con respecto a la nominal al disminuir considerablemente la carga real. Por ejemplo en el camión T-25 al disminuir la capacidad de carga desde 25 t hasta 17,4 la potencia específica aumenta de 6,73 (nominal) a 8,07 hp/t (real). Esta situación será analizada más detalladamente en un próximo trabajo. Debe señalarse que la utilización de transmisión mecánica no permite mantener regímenes racionales de trabajo en función de las condiciones del camino y la carga en intervalos amplios de velocidades debido a que la transmisión es escalonada, lo que empeora los índices económicos de transportación y las condiciones de trabajo del conductor.

La comparación de la característica dinámica del camión Berliet T-52 con transmisión mecánica y del BelAZ 540 A con transmisión hidromecánica se muestra en la Figura 1.

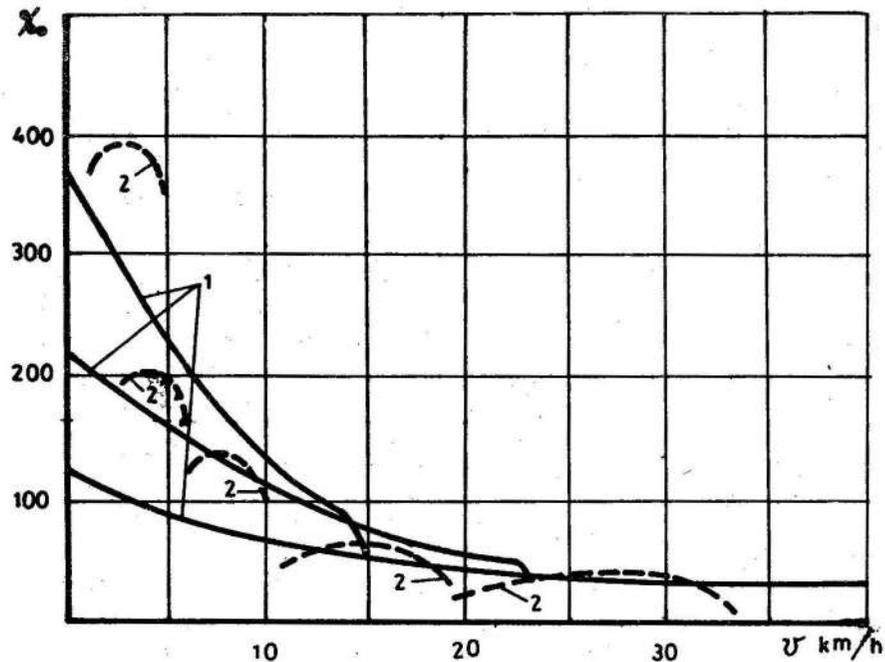


Fig. 1. Características dinámicas del camión BelAZ-540 A con transmisión hidromecánica y del camión Berliet T-25 con transmisión mecánica.
1. BelAZ-540 A; 2. Berliet T-25.

El incremento de la capacidad de carga constituye una de las principales vías para disminuir los costos del transporte automotor y desde este punto de vista, como se señaló anteriormente, tienen interés los camiones BelAZ 548 de fabricación soviética y el Aveling Bardford RD-50, inglés, que se ensayan actualmente en Cuba.

El camión BelAZ 548 tiene una capacidad de carga de 40 t y un volumen geométrico de la cama de $21,7 \text{ m}^3$ que utilizando un coeficiente de sobrevolumen aproximado de 1,22 permite un volumen con rebose para minerales lateríticos de $26,5 \text{ m}^3$ aproximadamente, lo que le posibilita al camión cargar,

con minerales de $1,19 \text{ t/m}^3$ de peso volumétrico, 31,6 t como máximo para un coeficiente de tara de 0,885 y un coeficiente de utilización de la capacidad de carga de 0,79.

El camión Aveling Berdford RD-50 tiene una configuración de la cama diferente siendo algo más ancha y menos profunda, lo que hace que el coeficiente de sobrevolumen real sea ligeramente mayor y para los minerales lateríticos se puede utilizar aproximadamente 1,26, lo que da un volumen total de la cama de 29 m^3 ; para este material permite cargar 34,5 t y como en los casos anteriores algo más para los materiales más pesados. El coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga es en este caso de 0,76 y el coeficiente real de tara 1,16.

En las Figuras 2, 3, 4, 5 y 6 se muestran los valores de la carga total (Q), el coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga (K_c), el coeficiente de tara (K_t), la potencia específica total (K_p) y la potencia específica por tonelada de mineral (K_m), para los cuatro camiones que se comparan, en función del peso volumétrico del material, sin tener en cuenta la disminución del aprovechamiento de la cama del camión determinado por la interrelación cuchara-camión.

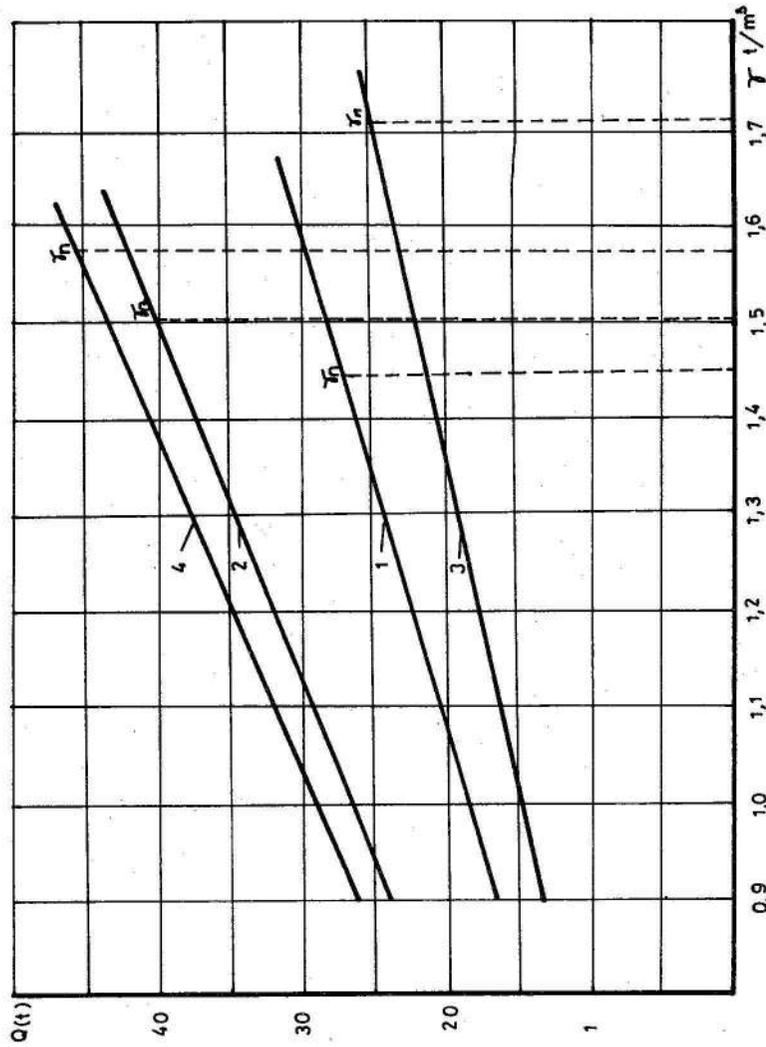


Fig. 2. Capacidad de carga en función del peso volumétrico del material.
 1. BelAZ-540 A; 2. BelAZ-548; 3. Berliet T-25;
 4. Aveling Bardford RD-50.

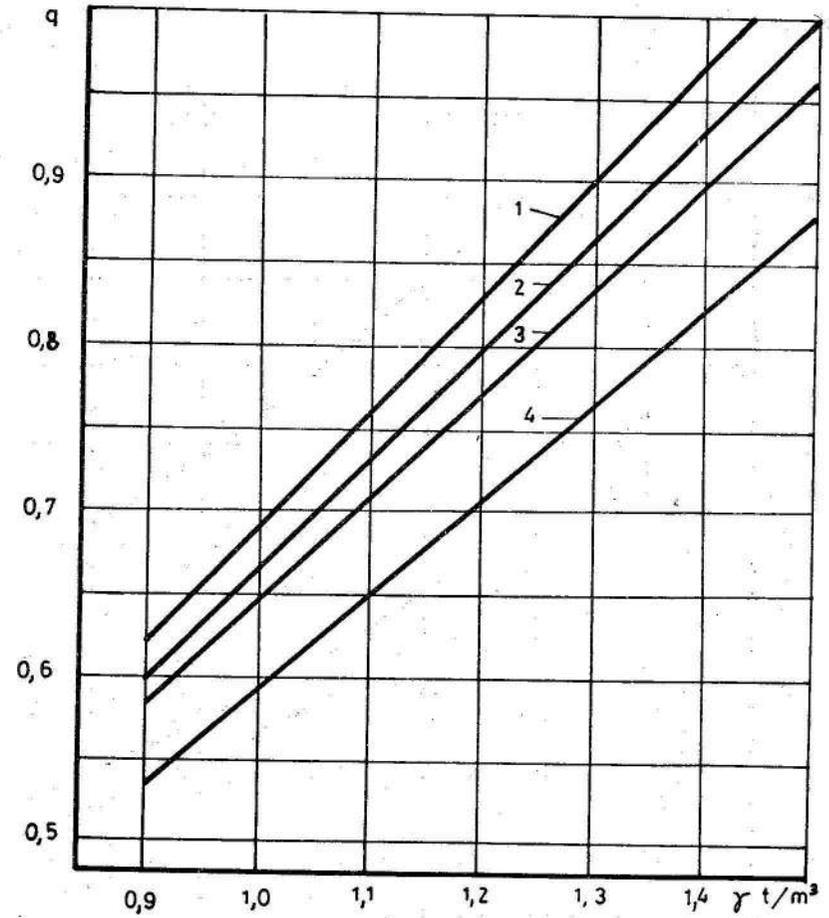


Fig. 3. Aprovechamiento de la capacidad de carga en función del peso volumétrico del material.
 1. BelAZ-540 A; 2. BelAZ-548; 3. Berliet T-25;
 4. Aveling Bardford RD-50.

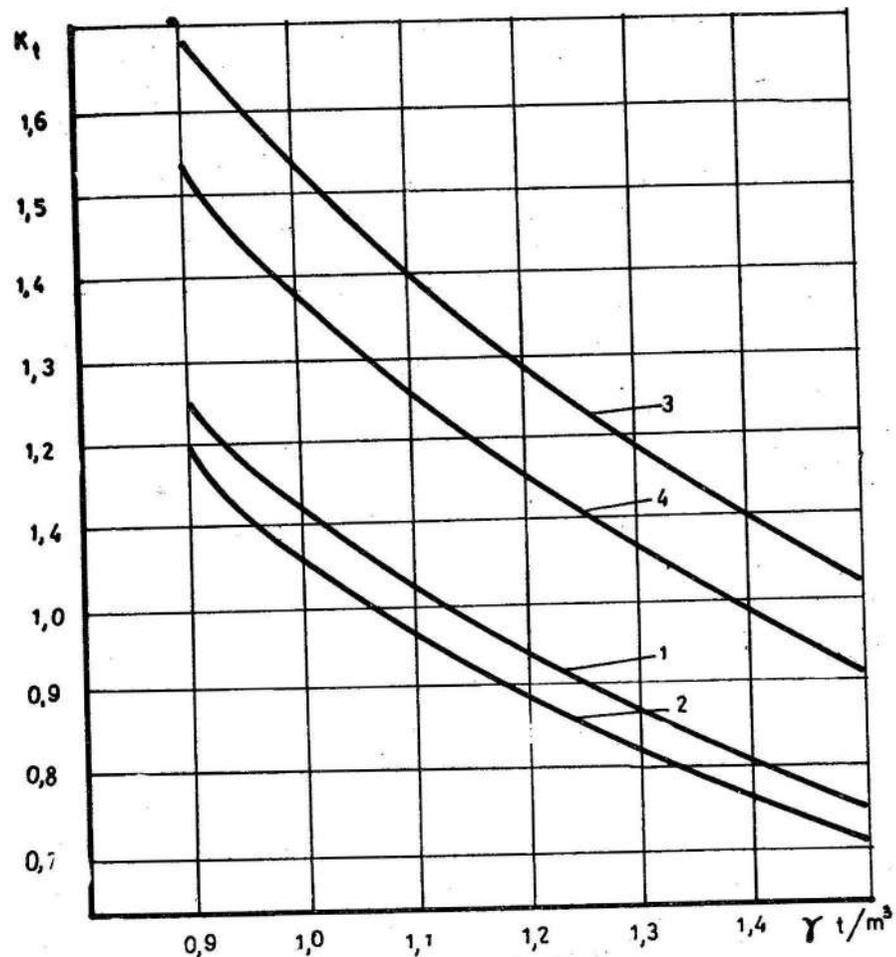


Fig. 4. Coeficiente de tara en función del peso volumétrico del material.
 1. BelAZ-540 A; 2. BelAZ-548; 3. Berliet T-25;
 4. Aveling Bardford RD-50.

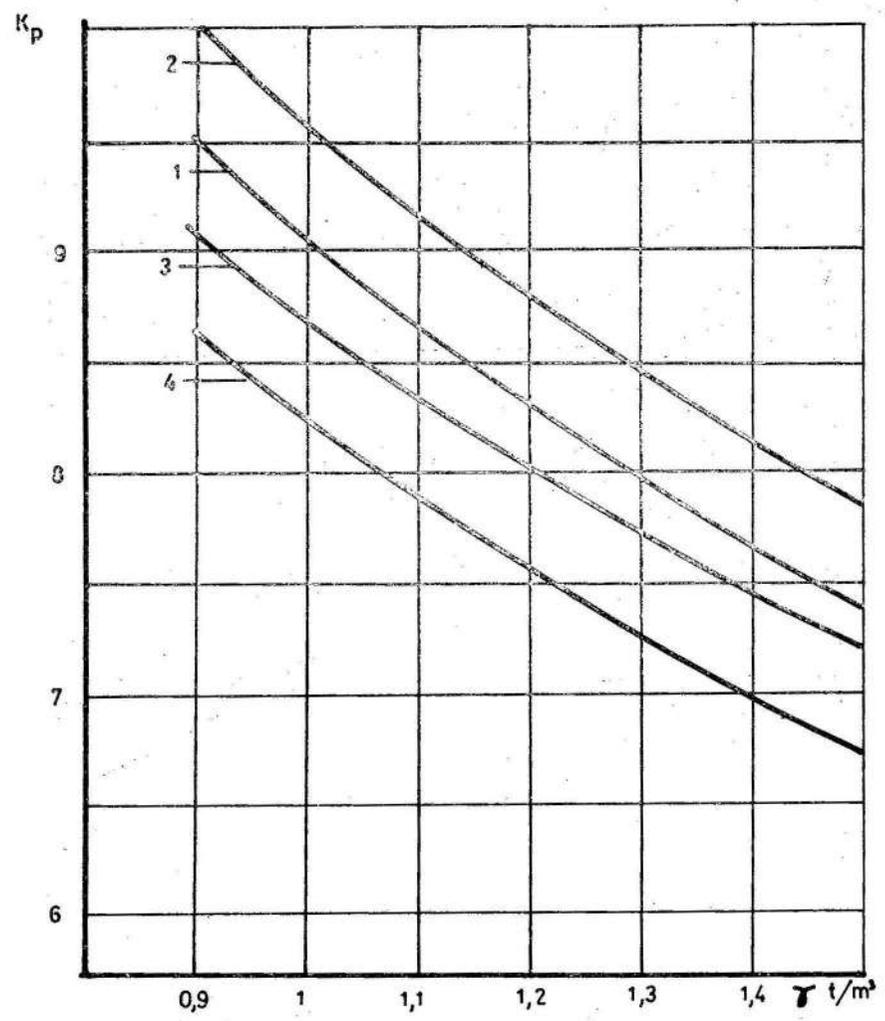


Fig. 5. Potencia específica total en función del peso volumétrico del material.
 1. BelAZ-540 A; 2. BelAZ-548; 3. Berliet T-25;
 4. Aveling Bardford RD-50.

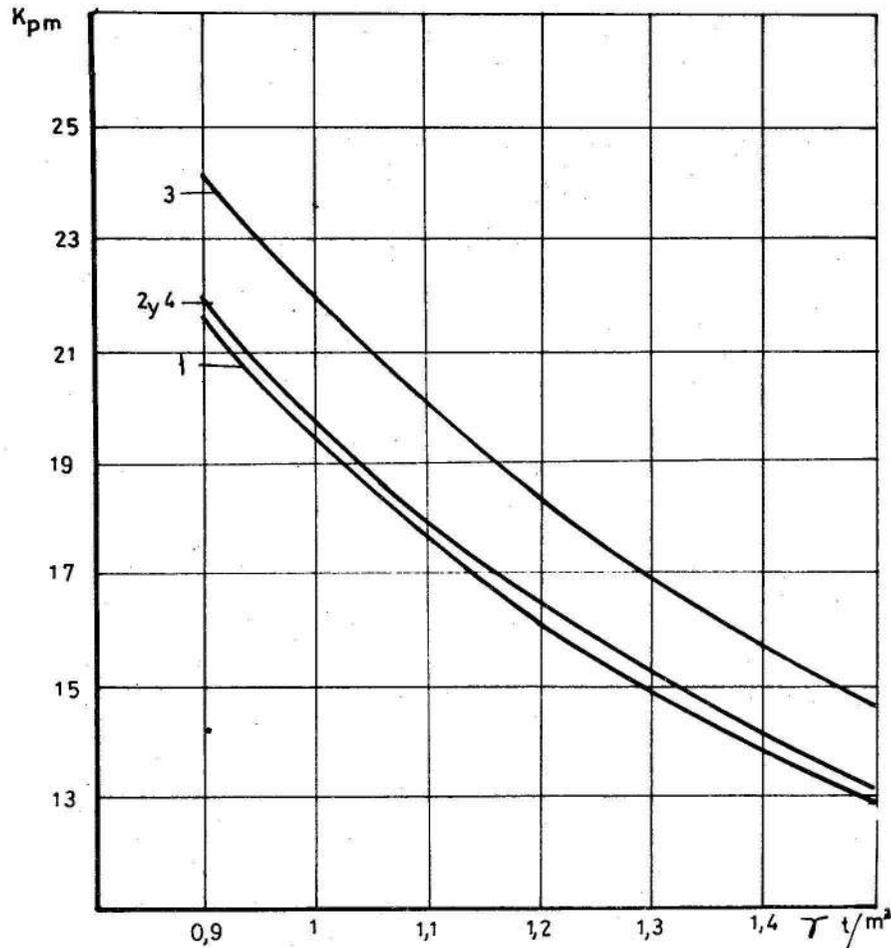


Fig. 6. Potencia específica por tonelada de material transportado en función del peso volumétrico.
 1. BelAZ-540 A; 2. BelAZ 548; 3. Berliet T-25;
 4. Aveling Bardford RD-50.

Como se ve, tanto la carga total como el aprovechamiento de la capacidad de carga y la potencia específica total son muy superiores en el camión BelAZ 540 A con respecto al Berliet T-25. Mientras que el coeficiente de tara y la potencia específica por tonelada de mineral transportada son inferiores.

Si se compara el BelAZ 548 A con el Aveling Bardford RD-50 que tienen una capacidad de carga superior se evidencia que tanto el coeficiente de utilización de la capacidad de carga como la potencia específica total son superiores en el primero mientras que el coeficiente de tara es muy inferior y la potencia específica por tonelada de mineral transportada es muy parecida.

Comoquiera que la carga del mineral en los camiones se realiza mediante excavadoras (del tipo de cuchara de arrastre), estas tienen una influencia directa en el trabajo de la máquina de transporte. Si la capacidad de la cuchara es del mismo orden de la capacidad de la cama del camión se obtiene un mayor uso de estos últimos, pero se incrementa su número, disminuye el tiempo de utilización real de la excavadora, máquinas únicas y costosas, y aumentan considerablemente los costos de transportación; además, la carga de una gran masa de mineral está limitada por la potencia del yacimiento y la descarga por la resistencia de la propia máquina. Por otra parte, si la capacidad de la cuchara constituye menos de un 8-10 % de la del camión, disminuye el rendimiento del parque de camiones debido al tiempo que estos permanecen en el proceso de carga. Se hace indispensable que la interrelación entre las capacidades de la cuchara y de la cama sea tal que se logre una mayor utilización de las máquinas con el menor costo. En esta interrelación influye tanto la distancia del tiro como la cantidad de mineral que se cae del camión en el proceso de carga. Esta problemática ha sido

investigada por diferentes autores y se refleja en la literatura [1, 2 y 3].

Sin embargo, la interrelación pala-camión influye considerablemente en la utilización de la capacidad de carga del camión y esta a su vez depende en gran medida del peso volumétrico del mineral transportado; por esta causa es limitado hablar de la relación pala-camión en general y se hace necesario relacionarla con las características del yacimiento y el mineral.

En nuestros yacimientos lateríticos se utilizan, para la carga del mineral, excavadoras tipo ESH 4/40, ESH 4/40 M con cucharas de 4 m^3 y últimamente ha comenzado a utilizarse la ESH 6/45 a la que se le pueden instalar cucharas de 5 o 6 m^3 y quedan algunas excavadoras con cucharas de $3,5 \text{ m}^3$. El incremento de la capacidad de la excavadora aumenta considerablemente la productividad del trabajo pero obliga a analizar la capacidad de carga de los camiones, aumenta las pérdidas y el empobrecimiento en el proceso de extracción y está limitado por la potencia del yacimiento.

En múltiples investigaciones realizadas se ha demostrado que el número de cucharas necesarias para cargar el camión con el cual se tiene un rendimiento económico aceptable se encuentra entre 4 o 5 como mínimo y 8 o 10 cucharas como máximo, aunque estas afirmaciones no tienen en cuenta las características del mineral transportado. Es decir, son válidas para la mejor utilización de las máquinas existentes pero no permiten determinar los parámetros racionales de los mismos en condiciones específicas, en particular en la extracción de lateritas. Según nuestros cálculos para cargar con materiales lateríticos el camión BelAZ 540A con la excavadora ESH 4/40 son necesarias 4,1 cucharas tomando un coeficiente de llenado de la cuchara (K_{11}) igual

a 1,14. En la práctica se carga con 4 cucharas, lo que da una utilización del volumen de la cama del camión de 0,96 que unido a la disminución de la capacidad de carga del camión provocada por el bajo peso volumétrico del material nos da un coeficiente de utilización de la capacidad de carga del mismo de 0,785. Cuando el peso volumétrico del mineral disminuye se tiende a echar una quinta cuchara en aquellos camiones equipados con suplementos laterales, no obstante esto provoca que caiga mineral del camión y en la práctica aumenta muy poco la utilización de la capacidad de carga del mismo.

En la Tabla 2 se muestran estos resultados para los cuatro tipos de camiones que se analizan calculados para un peso volumétrico del mineral de $1,19 \text{ t/m}^3$ y un coeficiente de llenado de la cuchara de 1,14.

En las Figuras 7, 8, 9 y 10 se muestran los resultados de la Tabla 2 generalizados para un intervalo de pesos volumétricos probable en nuestros minerales lateríticos esponjados.

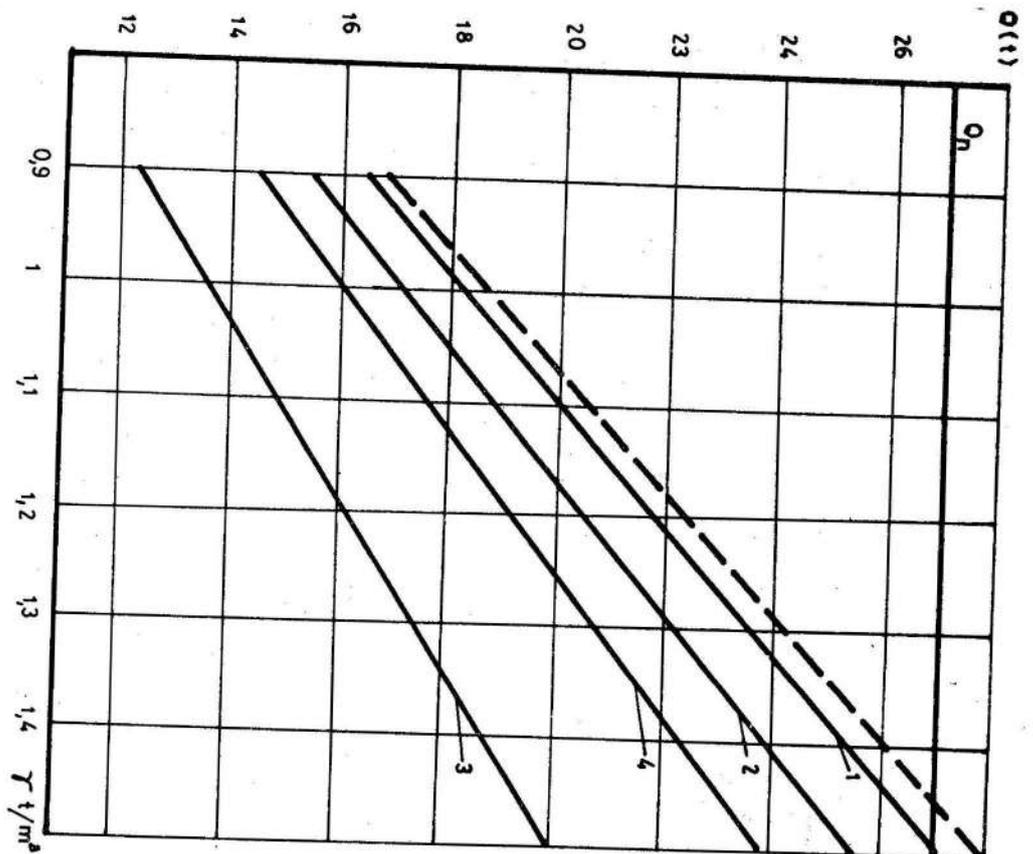
En períodos de lluvia cuando los caminos están muy enfangados las ruedas se hunden y en la parte delantera el camino se abulta y forma una ondulación conocida comúnmente en la producción por "sapo" que crea una resistencia adicional en muchos casos insuperables por la máquina cargada. Para vencerlas con el mismo tipo de neumático es importante la potencia específica de la máquina.

Con el objeto de disminuir la carga total y con ello aumentar la potencia específica se carga una cuchara menos lo que permite superar la resistencia del camino, pero empeora aún más el aprovechamiento de la capacidad de la carga del camión.

TABLA 2. Resultados del cálculo sobre la influencia del volumen de la cuchara en la explotación de los camiones.

Tipo de camión	Tipo de cuchara	Relación pala-camión	No. real de cuchara	Coeffic. utiliz. del volumen de la cama	Coeffic. util. capac. carga	Coeffic. de tara	Coeffic. potenc.
BelAZ-540 A	4	4,1	4	0,97	0,8	0,97	8,4
	5	3,28	3	0,91	0,75	1,03	8,7
	6	2,74	2	0,73	0,6	1,3	9,9
	3,5	4,68	4	0,854	0,7	1,1	9
BelAZ-548	4	5,8	5	0,86	0,67	1,04	9,45
	5	4,65	4	0,86	0,67	1,04	9,45
	6	3,88	3	0,774	0,61	1,14	9,92
	3,5	6,65	6	0,9	0,71	1	9,3
Berliet T-25	4	3,2	3	0,935	0,65	1,38	8,25
	5	2,56	2	0,75	0,54	1,67	8,9
	6	2,14	2	0,935	0,65	1,38	8,25
	3,5	3,6	3	0,83	0,57	1,57	8,7
Aveling Bardford RD-50	4	6,35	6	0,945	0,72	1,22	7,9
	5	5,1	5	0,985	0,75	1,17	7,66
	6	4,25	4	0,945	0,72	1,22	7,9
	3,5	7,28	7	0,96	0,73	1,2	7,75

Fig. 7. Carga real del camión BelAZ 540 A en función del peso volumétrico del material cuando se carga con cucharas de diferentes capacidades:
Cuchara de 1. 4 m³; 2. 5 m³; 3. 6 m³; 4. 3,5 m³.
Línea discontinua: completamente lleno.



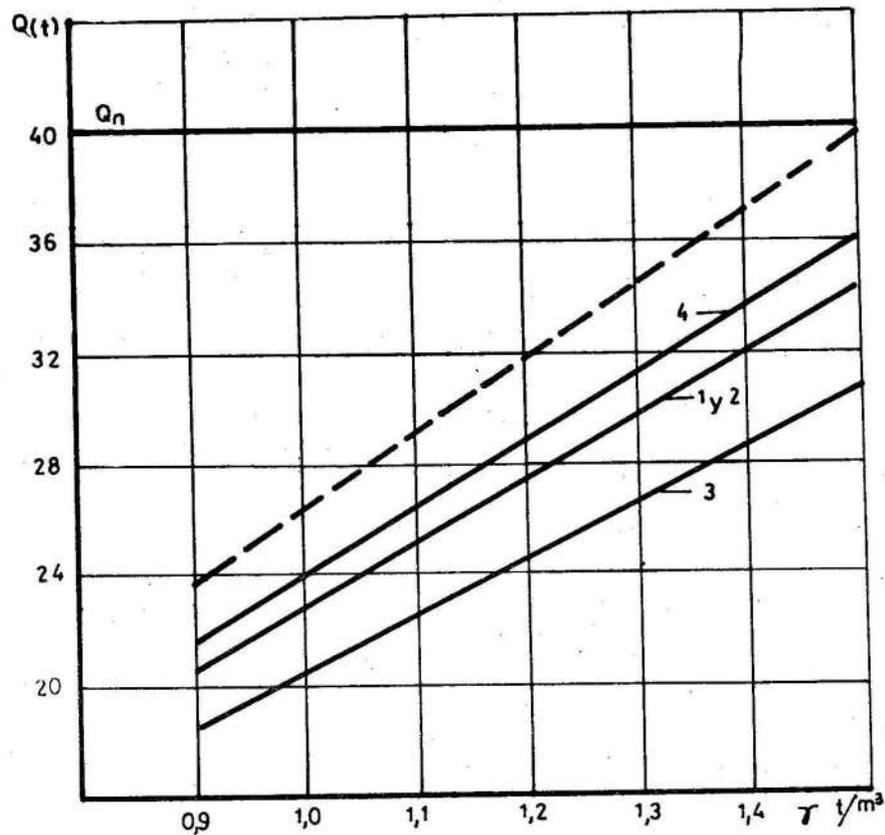


Fig. 8. Carga real del camión BelAZ-548 en función del peso volumétrico del material cuando se carga con cucharas de diferentes capacidades.

Cuchara de: 1. 4 m³; 2. 5 m³; 3. 6 m³; 4. 3,5 m³.
Línea discontinua: completamente lleno.

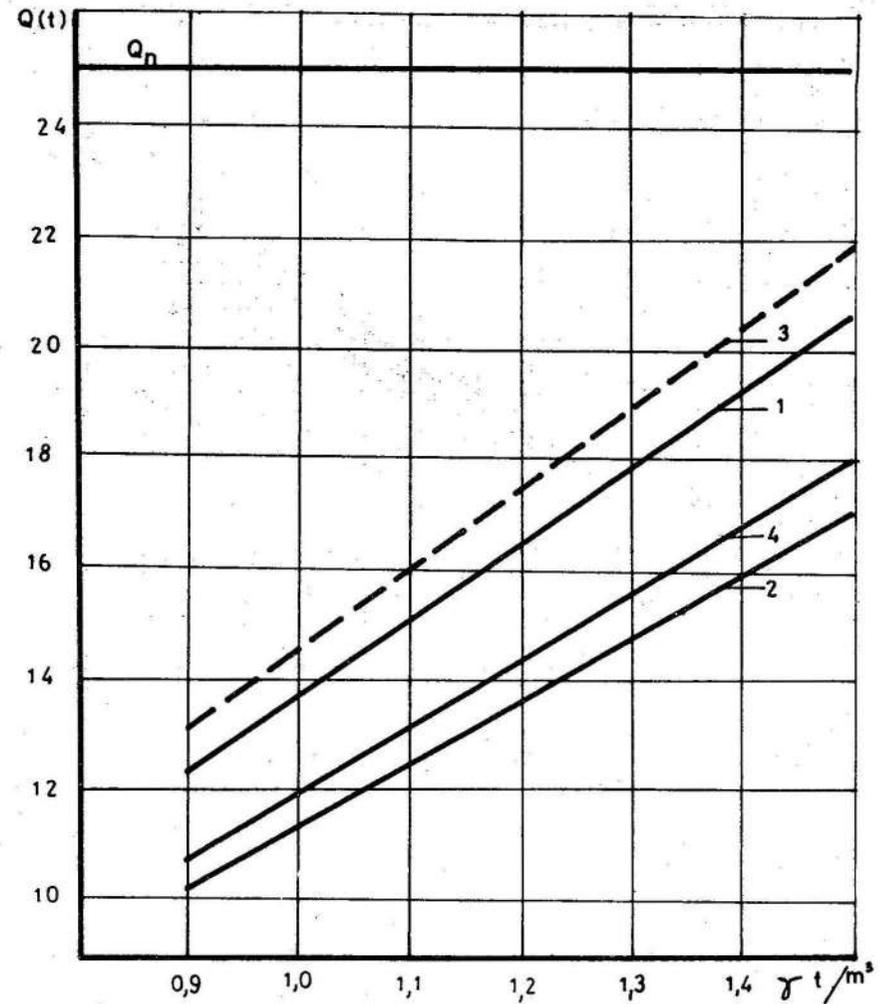


Fig. 9. Carga real del camión Berliet T-25 en función del peso volumétrico del material cuando se carga con cucharas de diferentes capacidades.

Cuchara de: 1. 4 m³; 2. 5 m³; 3. 6 m³; 4. 3,5 m³.
Línea discontinua: completamente lleno.

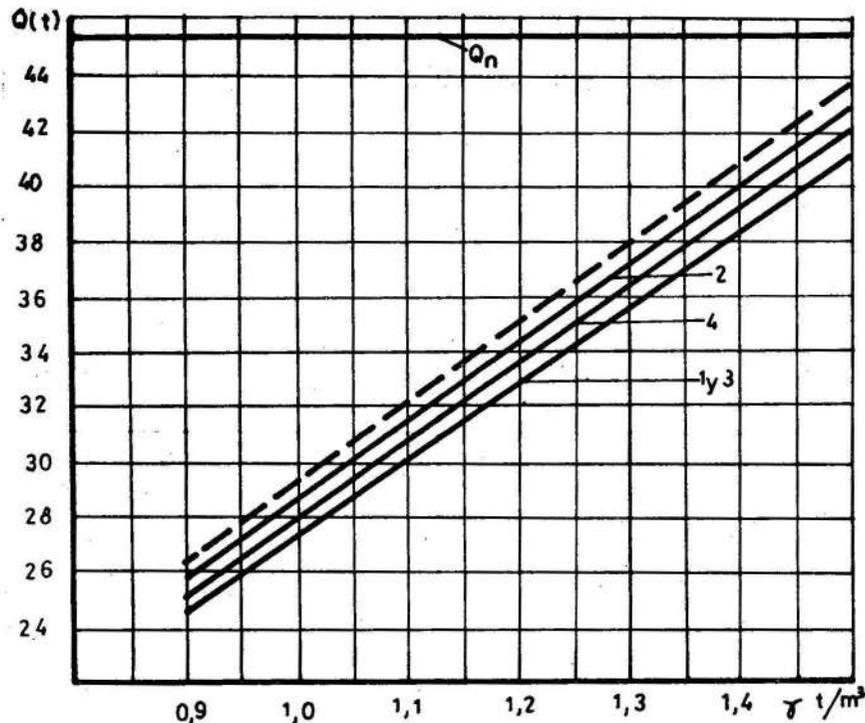


Fig. 10. Carga real del camión Aveling Bardford RD-50 en función del peso volumétrico del material cuando se carga con cucharas de diferentes capacidades.

Cuchara de: 1. 4 m³; 2. 5 m³; 3. 6 m³; 4. 3,5 m³.
Línea discontinua: completamente lleno.

Para aprovechar algo más la capacidad de carga de los camiones BelAZ 540 A se han colocado suplementos laterales que aumentan el volumen de la cama pero desplazan el centro de gravedad del camión y no dejan clara su influencia en el trabajo de los cilindros de suspensión y volteo.

La eficacia de estos suplementos está determinada por la posibilidad de echar una cuchara más y no es la misma para las distintas capacidades. En el caso de la cuchara de 3,5 m³ mejora considerablemente el aprovechamiento de la

capacidad de carga ya que permite incrementarla en una cuchara completa sin que se caiga el mineral del camión en el proceso de llenado. Cierta mejoría se logra con la cuchara de 6 m³ aunque aumenta ligeramente la caída del mineral. En la cuchara de 5 m³ la caída del mineral es aún mayor y muy grande en la cuchara de 4 m³ con la que los suplementos prácticamente ayudan muy poco.

Según los cálculos la utilización de suplementos en el BelAZ 548 aumenta considerablemente el aprovechamiento de la capacidad de carga, en particular con las cucharas de 6 m³ donde este coeficiente pasa de 0,61 a 0,815 y mejora la relación pala-camión al aumentar el número de cucharas de 3 a 4. En la cuchara de 4 m³ el coeficiente varía de 0,67 a 0,81. En la de 5 m³ pasa de 0,675 a 0,84 aunque en este caso se incrementa la posibilidad de que se derrame el mineral por fuera de la cama. Por último en la cuchara de 3,5 m³ pasa de 0,71 a 0,83. La probabilidad de derramar mineral con esta cuchara es inferior a la de la cuchara de 5 m³ pero mayor que las cucharas de 6 y 4 m³. Es decir, la utilización de suplementos hace racional la utilización de la cuchara de 6 m³ para el camión BelAZ 548 desde el punto de vista del aprovechamiento de la capacidad de carga y de la disminución del número de camiones necesarios, así como del mejoramiento de los índices energéticos de la excavadora ESH 6/45.

Debe señalarse que el esquema tecnológico actual obliga a obtener cantidades de minerales diferentes en los distintos frentes para obtener un material adecuado a las exigencias del proceso de producción, lo que limita el aprovechamiento intensivo de algunas excavadoras: las que se encuentran en los frentes complementarios. En este caso el número de camiones máximo estaría unido a la excavadora del frente principal determinado por las características del mineral.

Debido al bajo peso volumétrico del mineral la capacidad de carga de la excavadora con el volumen nominal de la cuchara no se aprovecha al máximo lo que empeora los índices energéticos del trabajo de la misma.

Los análisis muestran que es posible cierto incremento del volumen de la cuchara capaz de asimilarlos la excavadora con la reserva de potencia determinada por las características del mineral, con el objeto de determinar el volumen racional de la cuchara en los límites dados que han calculado los valores de la cuchara para las diferentes excavadoras y los distintos camiones. Estos valores se muestran en la Tabla 3 conjuntamente con el valor de la relación pala-camión que se obtiene para estos nuevos volúmenes.

TABLA 3. Capacidades de la cuchara racionalizadas para los camiones y excavadores utilizados en la extracción de lateritas.

Tipo de excavadora	Tipo de camión	Volumen racionalizado de la cuchara m ³	Relación cuchara-camión
ESH 4/40	BelAZ-540 A	4,1	4
	BelAZ-548	4,65	5
	Berliet T-25	4,25	3
	Aveling Bardford RD-50	4,25	6
ESH 6/45 5 m ³ (6 m ³)	BelAZ-540 A	5,45 (8,2)	3 (2)
	BelAZ-548	5,8 (7,75)	4 (3)
	Berliet T-25	6,4 (6,4)	2 (2)
	Aveling Bardford RD-50	5,1 (6,35)	5 (4)
	BelAZ-540 A	4,1	4
	BelAZ-548	3,88	6
	Berliet T-25	4,25	3
	Aveling Bardford RD-50	3,64	7

CONCLUSIONES

El incremento de los volúmenes de extracción de materiales lateríticos justifica el estudio de los parámetros racionales de una máquina unificada que permita mejorar los índices técnico-económicos, simplifique la organización de las reparaciones, racionalice la cantidad y variedad de piezas de repuesto almacenadas, disminuya los costos y aumente la productividad del transporte automotor.

El estudio realizado muestra que las características de los materiales lateríticos no están en correspondencia con algunos de los indicadores de las máquinas analizadas.

La determinación de los valores reales del aprovechamiento de la capacidad de carga, el coeficiente de tara, la potencia específica total y la potencia específica por tonelada de material transportado ha permitido evidenciar las ventajas de los camiones BelAZ con respecto a las otras máquinas analizadas.

Los resultados muestran la necesidad de diseñar una cama sobre la base del camión BelAZ para el transporte de materiales lateríticos con perspectivas de su construcción en el país.

La relación entre los volúmenes de la cuchara y de la cama influye considerablemente en el aprovechamiento integral del camión y de la excavadora. Las características de los materiales lateríticos influyen en las relaciones racionales e introducen variaciones con respecto a los datos de la literatura técnica. En el trabajo se han establecido las peculiaridades de la utilización de cada camión analizado con las cucharas existentes en la producción.

Para cargar racionalmente el camión BelAZ 548 con la cama de fábrica con una cuchara de 6 m³ es indispensable la colocación de aditamentos suplementarios.

En el trabajo se han determinado volúmenes racionales de la cuchara por cada camión. Los resultados muestran la posibilidad de diseñar una cuchara en correspondencia con los parámetros del camión y las características técnico-mineras del yacimiento con perspectivas de fabricación en Cuba.

Los resultados muestran considerables reservas en el proceso de carga y transporte para la disminución de los costos y el incremento de la productividad así como el aseguramiento de un efecto económico apreciable.

REFERENCIAS

1. ANDREYEV, A. B.: Máquinas de transporte y complejos automatizados en las canteras. Ed. Nieldra, Moscú, 1975 (en ruso).
2. SPIVAKOVSKIY, A. O. y otros: Máquinas y complejos de transporte en las canteras. Ed. Nieldra, Moscú, 1978 (en ruso).
3. VASILYEV, M. V.: Fundamentos científicos del proyecto y explotación del transporte automotor en las canteras. Filial del Ural de la Academia de Ciencias de la URSS. Sverdlov, 1962 (en ruso).