

TRANSPORTE DE CARGA A GRANDES DISTANCIAS:  
EL MERCADO POTENCIAL PARA DUCTOS

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes  
Profesor Asociado del Departamento de  
Ingeniería Industrial de la PUC/RJ

Resumen

En Brasil, por ser poco conocido el transporte por ductos, es importante que se establezca un sistema de informaciones, a nivel nacional e internacional, sobre gasoductos; ductos para el transporte de líquidos; ductos con "slurry"; ductos neumáticos; ductos con cápsulas neumáticas y ductos con hidro-cápsulas, de modo que el potencial de cada una de estas tecnologías se torne accesible para aplicaciones prácticas.

Con relación a la capacidad de la industria nacional de producir válvulas, bombas, empaquetaduras y otras componentes para ductos, se sabe que la oferta depende exclusivamente de la demanda, insumo indispensable para la organización de la oferta. Como insumo para la formulación de tal política, es de gran importancia para el país el desarrollo de estudios cuyos objetivos sean: la identificación del mercado potencial para el transporte por ductos y la formulación de medidas para el desarrollo de una industria nacional de ductos.

El transporte por ductos en Brasil carece de una política basada en la comprensión de las reales ventajas de los ductos, en relación a las demás modalidades de transportes. Ventajas que se dan en una economía inflacionaria como la nuestra, donde la energía eléctrica es relativamente barata y en donde se debe buscar efectuar el transporte de carga minimizando el consumo de derivados del petróleo.

## INTRODUCCIÓN

Los ductos son uno de los más antiguos medios de transporte que la humanidad conoce. En la antigua china, por ejemplo, se transportaba agua a través de troncos de bambú. Tubulaciones de agua y drenajes eran empleados en el mundo romano. Egipcios, griegos y, en nuestro continente, los aztecas, fabricaban caños de barro y de plomo. Son innumerables los vestigios de ductos encontrados en trabajos arqueológicos.

Fué en el siglo XIX, entretanto, especialmente en Inglaterra y Estados Unidos, que varias innovaciones tecnológicas levaran el transporte por ductos a escala industrial (1). De esa manera, además de los conocidos gasoductos, hasta el fin de aquel siglo las siguientes tecnologías ductoviárias ya habían sido concebidas y puestas en práctica: (1) ductos para el transporte de líquidos; (2) ductos para el transporte de "slurry", o sea, de la pasta resultante del transporte de sólidos en medio líquido; (3) ductos neumáticos, en los cuales la carga sólida es transportada por la fuerza del aire comprimido; y, finalmente, (4) ductos con neumocápsulas en los cuales la carga es acondicionada en cápsulas que son transportadas por la fuerza del aire comprimido.

Ya en el presente siglo - década de 50 -, se concebía en el Canadá una nueva forma de transporte por ductos: los ductos con hidro-cápsulas, siendo, como el nombre lo indica, el agua el medio de transporte para las cápsulas.

Hoy, prácticamente en el mundo entero, se tiene ya una razonable experiencia con el transporte por ductos, al grado de saberse hasta qué punto una determinada carga es posible de ser transportada por esta modalidad de transporte, tanto del punto de vista técnico, como económico y ambiental. En principio, son normalmente asociadas al transporte por ductos las siguientes ventajas:

- (a) el transporte por ductos representa un costo total menor con respecto a las demás modalidades de transporte, toda vez que el costo de capital inicial corresponde, en promedio, aproximadamente a 70% del costo total, mientras que

los 30% restantes corresponden, principalmente, a los gastos provenientes del consumo de energía eléctrica. - esta ventaja es particularmente atractiva cuando la economía de un país es inflacionaria;

- (b) utilizando basicamente energía eléctrica apenas, los ductos consumen, directamente, mucho menor cantidad de energía que las demás modalidades de transporte;
- (c) la operación de un ducto es prácticamente continua, generalmente sin influencia de condiciones climáticas y atmosféricas, y de grande seguridad y confiabilidad;
- (d) el transporte por ductos es silencioso y no poluyente, siendo muy reducida la posibilidad de filtración de una carga contaminadora;
- (e) cuando los ductos son subterráneos, contribuyen para descongestionar los demás medios de transporte, en tanto que el suelo de superficie continúa teniendo uso productivo, salvo cuando la carga es contaminante, situación que exige un sistema especial de minimización de riesgos de accidentes;
- (f) aumentando las condiciones de seguridad de la carga, el transporte por ductos minimiza las pérdidas, robos y danos a la misma, además de disminuir el tiempo de viaje, por tratarse - en la mayoría de las veces - de un transporte especializado;
- (g) a pesar de ser mínima la cantidad de mano de obra necesaria para la operación de un ducto, un programa de construcción de ductos es una rica fuente generadora de nuevos empleos.

La relativamente alta inversión inicial de capital en la fase de construcción de un ducto, requiere que el análisis de viabilidad económico-financiera sea muy bien hecho, de manera tal que se evite la prematura obsolescencia de la infraestructura instalada. Entretanto, una vez vencida esa etapa y garantizados los recursos financieros, el ducto se destaca de otras modalidades, por las ventajas anteriormente citadas.

Resumiendo, una industria ductoviaria es generalmente de gran importancia en términos económicos, de número de empleos proporcionados, de volumen de carga transportada y de alcan-

ce geográfico. Cuanto mayor el volumen de carga a ser transportado y cuanto mayor la distancia de transporte de tal carga, mayor la ventaja del ducto sobre las otras modalidades de transporte.

En el Brasil, entretanto - excluyend los gasodutos -, apenas 2,5% aproximadamente de nuestra carga, expresada en toneladas-kilómetro, son transportados por ductos de larga distancia. Existe sin embargo un número expresivo de recursos naturales nacionales que podrían ser transportados por ductos con grandes ventajas, principalmente con gran eficiencia y comodidad, en relación a las demás modalidades de transporte.

Es de gran importancia para el país el desarrollo de estudios detallados, cuyos objetivos sean la identificación del mercado potencial para el transporte por ductos y la formulación de medidas para el desarrollo de una industria ductoviaria nacional. La necesidad de este estudio, de máxima prioridad, fué bien percibida por el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico(CNPq), que lo incluyó en su Acción Programada para el Sector de Transportes(2).

Por serem poco conocidas en Brasil, las características del transporte por ductos - con excepción del transporte de derivados del petróleo, con el cual la PETROBRAS tiene una experiencia respetable - , es importante que se establezca un sistema de informaciones, a nivel nacional e internacional, sobre gasoductos, ductos para el transporte de líquidos, ductos con "slurry", ductos neumáticos, ductos con neumo-cápsulas y ductos con hidro-cápsulas, de manera tal que los ingenieros de transporte puedan percibir el potencial de cada una de esas tecnologías, en sus aplicaciones prácticas.

Con relación a la capacidad de la industria nacional de producir componentes para ductos tales como válvulas, bombas, y empaquetaduras, es sabido que la oferta depende exclusivamente de la demanda, es decir, la industria brasileña está capacitada para producir tales equipamientos, pero es fundamental que sea explicitada una política nacional para el sector; esta política permitirá el equacionamiento de la demanda, insumo indispensable para la organización de la oferta.

En resumen, el transporte por ductos en el Brasil carece esencialmente de una política basada en la comprensión de las ventajas reales de los ductos con relación a las demás modalidades de transporte; ventajas que son relevantes en una economía inflacionaria como la nuestra, en la que la energía eléctrica es relativamente barata y en la que se debe procurar realizar el transporte de carga minimizando el consumo de derivados del petróleo.

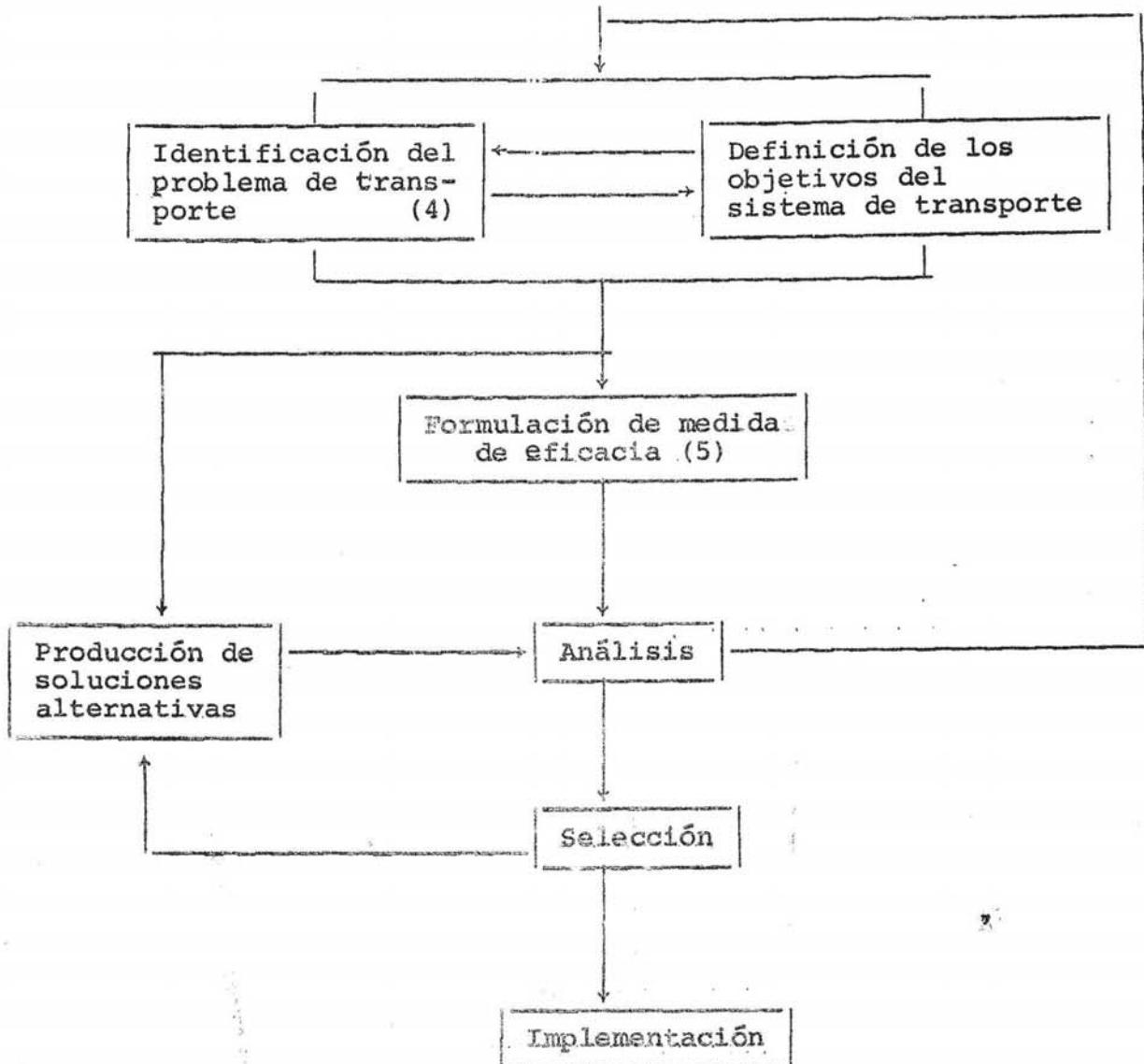
Como nueva tecnología de transportes que son, al me-nos en el escenario brasileño, es fundamental que los ductos sean concebidos no como nuevos antefactos o equipamientos sino, por el contrario, como componentes del sistema nacional de transportes. Es, por consiguiente, en el marco de referencia del análisis de tal sistema, expuesto en líneas generales en la sección siguiente, que el mercado potencial para los ductos deberá ser identificado, en sus elementos más significativos.

## II - EL CUADRO DE REFERENCIA DE ANALISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTES

Dado que los sistemas de transporte son altamente complejos, toda vez que involucran un número considerable de variables y parámetros, es necesario que se tenga una metodología para la resolución del problema objeto de estudio. A pesar de no poder llegar a una solución óptima, es deseable intentar llegar a una solución de acuerdo a una morfología de estudio organizada mediante un método científico (3).

Así como un método científico es un proceso para resolver problemas de pesquisa científica, el proceso de análisis del sistema de transporte es una metodología apropiada para abordar sistemas complejos. Ese segundo proceso tiene como base el primero y su estructura está indicada a seguir:

;



La fase de análisis propiamente dicha, es aquella en la cual la demanda futura es prevista, los impactos son previstos y cada solución alternativa es evaluada de acuerdo a diferentes criterios, estando estos intimamente correlacionados con los objetivos del sistema. Estos últimos nada mas son que expresiones de los diferentes intereses involucrados en el proceso de planeación. Pueden darse, a manera de ejemplo, los siguientes criterios:

- (I) Número de pasajeros-kilómetros instalados por el sistema;
- (II) Variación en la emisión de contaminantes atmosféricos;

- (III) Viabilidad financiera;
- (IV) Confiabilidad del sistema;
- (V) Acceso de grupos de baja renta al sistema;
- (VI) Costo de operación de la flota de vehículos, etc.

Uno de los resultados del análisis puede ser la re-identificación del problema de transporte, así com la redefinición de los objetivos del sistema, obtenida mediante una mejor percepción de su comportamiento y de su interacción con el medio ambiente.

Es principalmente en la fase de análisis que modelos matemáticos de complejidades diferentes - notadamente modelos de demanda, de flujos en redes y de evaluación de soluciones alternativas - pueden ser empleados, no obstante que el uso de tales modelos no constituya la esencia de un buen análisis del sistema (6).

La selección es el proceso cuyo objetivo es la decisión en lo referente al qué hacer para solucionar el problema apreciado. A lo largo de ese proceso nuevas soluciones pueden ser producidas y el proceso de análisis repetido, hasta llegar a un consenso.

El paso siguiente es la implementación, que consiste en la programación y ejecución de proyectos específicos.

Ese proceso analítico es una metodología relativamente organizada, de la cual se dispone para la planificación de intervenciones en el sistema. En la práctica sus elementos interactúan unos con otros, constituyendo el diagrama anterior una representación simplificada.

La planificación es dinámica, toda vez que los problemas nunca son totalmente resueltos. Modificaciones en un sistema complejo como el sistema de transportes llevan tiempo para ser implementadas. Por tanto, a medida en que modificaciones específicas vayan siendo implantadas, el contexto del problema se transformará. De esa manera, los propósitos objetivos pueden mudar y nuevas soluciones deberán ser encontradas.

Enunciase a seguir la presentación de las principales características de las tecnologías de transportación por ductos, cuyo conocimiento es esencial para una primera estimativa

del mercado potencial que interesa al presente trabajo.

### III - CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DUCTOS

Conforme fué mencionado anteriormente, los ductos pu eden ser clasificados de acuerdo con los siguientes tipos:

- gasoductos;
- ductos para el transporte de líquidos;
- ductos con "slurry";
- ductos neumáticos;
- ductos con cápsulas, subdividiéndose en:
  - . neumo-cáspulas;
  - . hidro-cáspulas.

El cuadro 1 permite la identificación de las principales características de los seis diferentes tipos de ductos (ver página 14).

Teniendo en mente esas características principales, en la siguiente sección se delinea el mercado potencial para cada tecnología de transporte por ductos en el Brasil y se indica también la manera mediante la cual un proceso de planificación estratégica podrá ser utilizado como instrumental para atender a dicha demanda.

### IV - MERCADO POTENCIAL Y ESBOZO DE PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NACIONAL DE DUCTOS

La distribución modal en el transporte de carga en el Brasil era la siguiente en 1981, en porcentajes referentes a tonelaje-kilómetro:

Carretera (estimativa)	59,8 %
Ferrocarril	23,2 %
Navegación interior y de cabotaje	13,5 %
Transporte aéreo doméstico	0,3 %
Ductos (incluye carga transportada por gasoductos)	3,2 %

Estas datos indican que la economía brasileña depende fundamentalmente del óleo diesel, oriundo del petróleo, el cual es importado en grande mayoría. Es dentro de una linea de preocupación en minimizar el consumo de energía en el transporte de carga, que se destaca el transporte por ductos, por su eficiencia, inclusiva energética.

A semejanza de otros países, el Brasil no dispone de matrices O-D para las diferentes modalidades de transporte y para todas las principales cargas. No obstante que la inexistencia de tales matrices contribuya a frustrar a los técnicos menos experimentados, los cuales desearían poder intentar calibrar los modelos de demanda representados en los libros de tex-to de Ingeniería de Transportes, se debe observar que, el mismo que se pudiese, a partir de datos actuales, llegar a la previ-sión de las matrices futuras, son tantas, tan importantes y sobretodo tan imprevisibles las variables - principalmente políticas - que influyen en el proceso de producción y consumo del transporte de carga, que no es posible normalmente prever dichas matrices, con un mínimo de confiabilidad.

Mucho más importante que prever tales matrices es, ci-ertamente, entender las fuentes de demanda: como las decisiones, en lo relativo a la localización de las unidades de producción, a la organización de la producción en sí y las propias actitudes de productores y consumidores influyen cualitativa - mente el proceso de transporte de carga.

Por otro lado, encuestas del GEIPOT permiten el conocimiento de las grandes líneas de intereses interregionales para las principales cargas. Además, una vez que se conocen las características de transporte de las principales cargas transportadas en el Brasil, así como las principales características de las tecnologías de transporte por ductos presentadas en la sección anterior, se puede estimar que el mercado potencial para ductos en Brasil es el representado por el cuadro 2 ( ver pág. 15 ). Sin duda alguna, consideraciones como las de transferencia de tecnología y nacionalización de la misma deben tener peso importante en procesos específicos de elección.

Conforme puede observarse todavía, los problemas rela

tivos al transporte de carga en el Brasil dependen mucho mas de la disponibilidad de recursos financieros y de cuestiones legales e institucionales. En el caso particular del transporte por ductos, además de las necesidades apremiantes de perfeccionar la legislación existente y de tornar efectiva una coordinación interministerial, es preciso equipar a la industria nacional, especialmente en lo concerniente a la fabricación de válvulas y bombas aplicables y equipos de prueba para levantamiento de parámetros de proyectos. Tal como hoy se presenta, esa industria no puede entrar con confianza al mercado. Existiendo, entretanto, un firme compromiso para con la optimización del transporte de cargas, hay indiscutiblemente un enorme potencial para el transporte por ductos de larga distancia. Una vez percibido ese potencial, se debe estructurar una planificación estratégica para los sectores industrial y de transportes, relativos a ductos de larga distancia.

Dicha planificación estratégica será, sin duda, la mejor forma de abordar el problema del transporte de carga. Através de ese estilo de planificación, se reconoce que: 1º) el problema posee un carácter sistémico, es decir, una variedad de aspectos interconectados entre si; y 2º) dadas las incertidumbres inherentes al problema, es necesario pensar en función de estrategias alternativas, estando por lo menos cada una de ellas asociada a un escenario.

Siendo así, después de la producción de los escenarios, la próxima etapa de un proceso de planificación estratégica consiste en la identificación de la mejor estrategia para cada futuro escenario del sistema apreciado. Síguese a dicha identificación un conjunto de recomendaciones para la implementación de opciones tácticas. La suma de todas las opciones tácticas adaptadas en el transcurso del período de planificación se deberá constituir en la mejor estrategia para el escenario que se va revelando se pasar el tiempo. Las estrategias previamente identificadas sirven, por tanto, de directrices para la generación de opciones tácticas.

Mediante la planificación estratégica, obtiénesse un poderoso instrumental para relacionar las mejores respuestas del sistema de transporte de carga a las modificaciones rela-

tivas a su ambiente. El proceso es flexible y permite una ágil interconexión entre planes operacionales, programas de medio plazo y presupuestos. Tanto el sector privado o el público se han servido de tal proceso con retornos palpables, y la literatura pertinente ha crecido considerablemente en los últimos años.

Uno de los resultados cruciales de la planificación estratégica consiste en la identificación de los objetivos del sistema. Estos naturalmente dependerán del escenario considerado y, en la medida en que un determinado escenario vaya siendo descubierto, los objetivos podrán variar en el tiempo.

En el caso del transporte seguro y eficiente de cargas, algunos de los principales componentes de una dada estrategia serían los siguientes: entrenamiento de recursos humanos; responsabilidad e implicaciones legales; limitaciones y necesidades tecnológicas, análisis de riesgos; reglamentación del movimiento y almacenamiento; y estructuras de flujo de información procurando obtener respuestas inmediatas en caso de accidentes. Es fundamental que cada estrategia sea identificada a través de la interacción de los grupos de interés directa o indirectamente vinculados al problema, tales como transportadores y técnicos del sector público, representantes de la industria y del público, etc. Conforme se mencionó antes, dentro de la óptica de la planificación estratégica, la reglamentación es uno de los componentes de una estrategia producida. A lo largo del tiempo, a medida que nuevas relaciones entre el sistema de transporte de cargas y su ambiente van siendo aprehendidas, la propia reglamentación deberá ser re-evaluada.

Por otra parte, todo y cualquier esfuerzo hecho en el sentido de implementar el proceso de planificación estratégica del transporte de carga, sólo será efectivo si de él participan no solamente los gerentes del sistema, sino también los expedidores, productores de tecnología, fabricantes de productos transportados, sindicatos, grupos comunitarios, etc.

Resumiendo, el proceso de planificación estratégica que se propone deberá tener las siguientes características

principales:

- (a) Será sistémico, es decir, llevará en cuenta los diversos aspectos del transporte de carga a grandes distancias por medio de ductos, así como sus interrelaciones;
- (b) Será participativo, o sea, reflejará las percepciones que los diferentes grupos de interés tienen o tendrán del problema;
- (c) Será continuo y dinámico, partiendo del sistema que existe actualmente, yendo en dirección a escenarios futuros alternativos.

Finalmente, siguiendo el ejemplo de estudios ya existentes en el Brasil acerca de la viabilidad de transportar algunas pocas cargas seleccionadas (7) por medio de ductos, se recomienda que sean realizados más estudios referidos a otras cargas específicas.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente texto fué preparado gracias al auxilio concedido por el CNPq (Proceso 40.4178/82), al cual el autor agradece, así como a Manuel Campos Souza Neto, alumno del curso de Maestría en Ingeniería de la Producción - Área de Sistema de Transportes - del Departamento de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro, por el levantamiento de datos efectuado para este trabajo.

REFERENCIAS

- (1) Para una historia suscinta del desarrollo tecnológico del transporte por medio de ductos, consultese el Anexo V del "Estudo Preliminar do Emprego de Dutovias no Transporte do Álcool" (GEIPOT, Ministério dos Transportes, Brasília, 1982).
- (2) "Ação Programada em Ciência e Tecnologia - Transporte" (SEPLAN, CNPq, Brasília, 1982).
- (3) Siguiendo la epistemología de Bachelard (Bachelard, Gaston - Le Nouel Sprit Scientifique, P.U.F., Paris, 1934), el cual admite aquí no existir un único método científico, habiendo tantos cuantos fueren los caminos del conocimiento.
- (4) O sea, identificación de las necesidades de ajustamiento del sistema a su ambiente.
- (5) Las medidas de eficacia son medidas de ajustamiento del sistema a su ambiente. Tómese, por ejemplo, el caso de una empresa fabricante de refrescos que posee su propia flota distribuidora. El problema de transporte de la empresa, en su forma mas simple, es distribuir los refrescos atendiendo satisfactoriamente la demanda a un costo total -distribución mas almacenamiento -mínimo. Siendo así, los objetivos del sistema de transporte o, lo que es lo mismo, de distribución, de la empresa, son: (a) maximizar la capacidad del sistema de atender la demanda; y (b) minimizar el costo total asociado al proceso de distribución y almacenamiento. La demanda de refrescos pertenece al ambiente del sistema de transporte; un indicador de satisfacción de la demanda seria, por tanto, una medida de eficacia del sistema.
- (6) Sobre la previsión de la demanda de transporte, el libro de Kanafani (Kanafani, Adib, Transportation Demand Analysis. McGraw-Hill, (1983) muy probablemente constituye la obra más completa hasta hoy publicada.
- (7) Consultese, por ejemplo, el "Estudo Preliminar do Emprego de Dutovias no Transporte do Álcool" (GEIPOT, Ministério dos Transportes, Brasília, 1982).

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DUCTOS

Características de las tecnologías de ductos	Ductos con Cápsulas			
	Gasoductos	Ductos para el Transporte de Líquidos	Ductos con "Slurry"	Ductos Neumáticos
Cuanto al desarrollo tecnológico relativo	Amplio Desarrollo	Amplio Desarrollo	Amplio Desarrollo	Amplio Desarrollo
Carga transportada	Gas, mezcla gaseosa o gasosa-líquida	Líquido, mezcla líquido-gaseosa o líquido-líquida	Sólido pastoso	Sólido
Líquido fluido	Gas o líquido	Gas o líquido	Líquido	Gas
Carga original	Gas	Líquido	Sólido	Sólido
Cargas usuales	En principio cualquier gas	Agua, petróleo y sus derivados, ácidos, alcohol, hidróxidos, de tritus humanos	Carbón, mineral de hierro, fosfato, pez, etc.	Alfalfa, algodón, soya, trigo, sal, desechos, maíz, etc.
Potencial para el transporte de cargas a grandes distancias	Grande	Grande	Grande	Pequeño

## ESTADOS UNIDOS EN EXPRESIÓN DE CAUDAL Y TIPO DE MERCADO EN BRASIL

TIPOS DE MERCADOS MÁS IMPORTANTES EN BRASIL	CARACTERES MÁS SIGNIFICATIVOS EN BRASIL	Cochurio		Prix Liquidez		Neumá- tico CDS		Neumá- tico Cápsulas		Hidro- cápsulas	
		✓	✓✓✓✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓✓
Hierro Gusa											
Mineral de Hierro											
Laminados planos											
Laminados no planos											
Cemento											
Automóviles y Vehículos											
Rocas Calcáreas											
Harina de Soya											
Tierra											
Fertilizante											
Gasolina											
Aceite Diesel											
Queroseno de Aviación											
Aceite Combustible											
Carne Bovina											
Camiones											
Ganado para abasto											
Alcohol											
Maiz											
Grano de Soya											
Aceite de Soya											
Sai											
Carván Vegetal											
Caryón Mineral											
Arroz con cáscara											
Arroz											
Gipsita											
Petróleo											
Jugo de Naranja											
Café											
Azúcar											