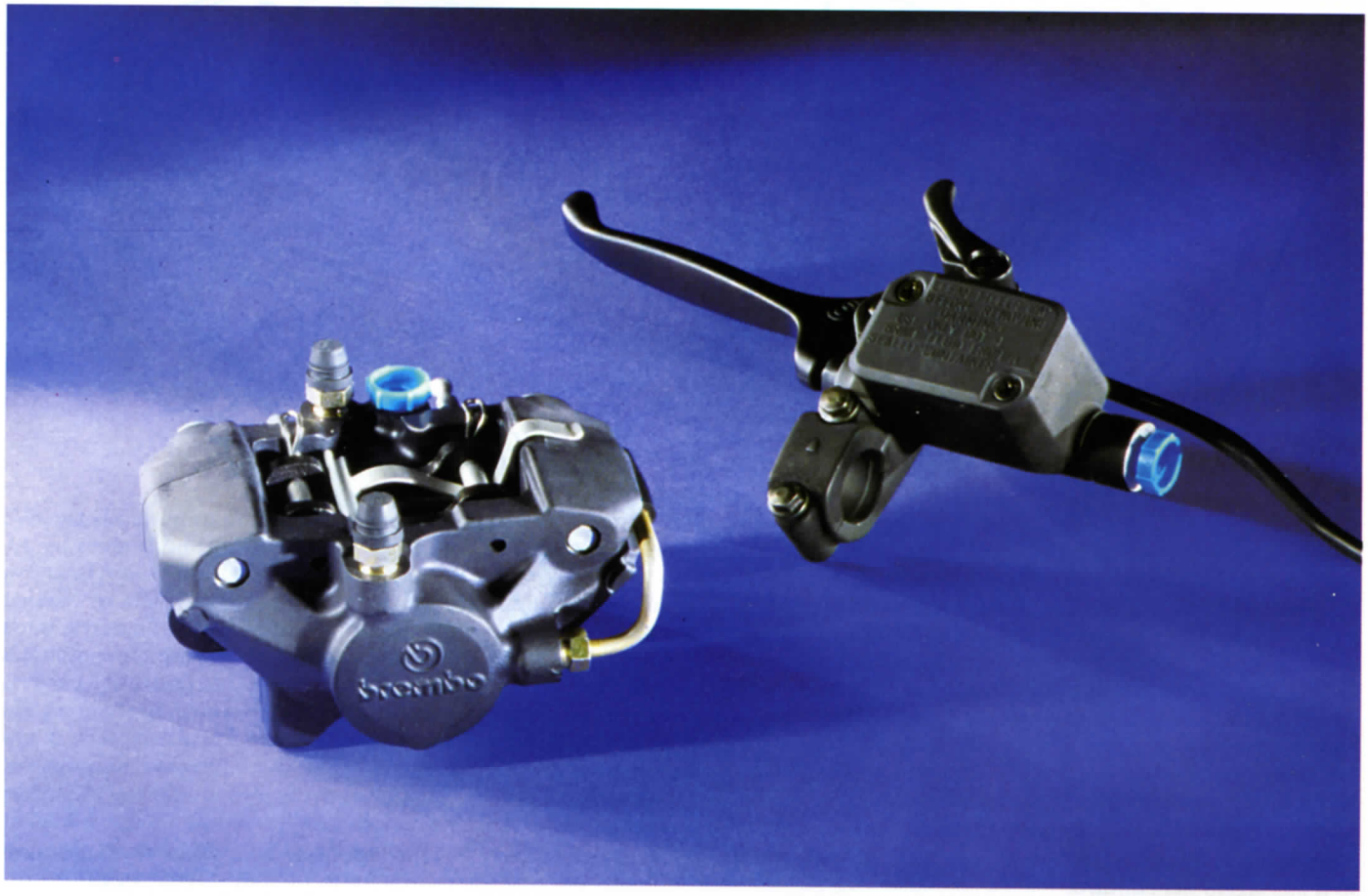
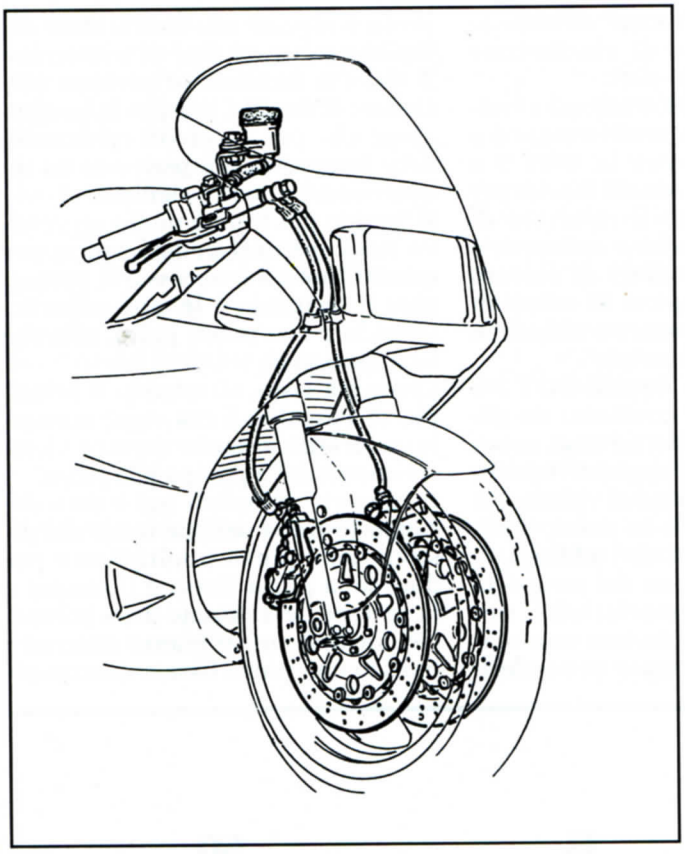
IL MANUALE DEI FRENI

IL LIQUIDO DEI FRENI E LA TRASMISSIONE DELLA FORZA

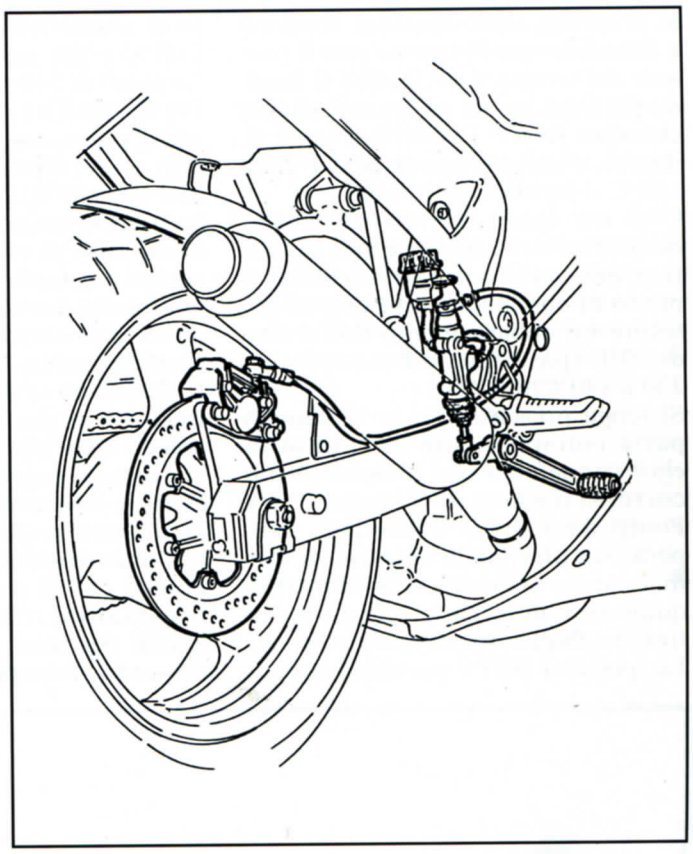
Le proprietà dei fluidi impiegati nei moderni circuiti idraulici. Le norme DOT e i punti di ebollizione "secco" e "umido". Rapporto meccanico, totale e caratteristiche dell'impianto.

Il liquido dei freni è chiamato a svolgere un compito molto impegnativo.
Esso infatti non si deve limitare a "trasmettere" una pressione dell'ordine di varie decine di bar senza accusare variazioni volumetriche degne di nota (i liquidi sono perfettamente incomprimibili solo in linea teorica!), ma deve essere in grado di lavorare a temperature elevate senza dar luogo a formazione di gas e deve scorrere bene anche a temperature molto basse.
Non solo, ma il liquido dei freni deve anche possedere adeguate proprietà lubrificanti (nel circuito sono presenti alcune parti mobili che devono poter sempre scorrere agevolmente), non deve essere corrosivo nè interagire chimicamente con i metalli e con gli elastomeri con i quali sono realizzati gli elementi di tenuta di pompa e pinze e le tubazioni flessibili.
Esso deve presentare un basso punto di congelamento (inferiore a -40°C)

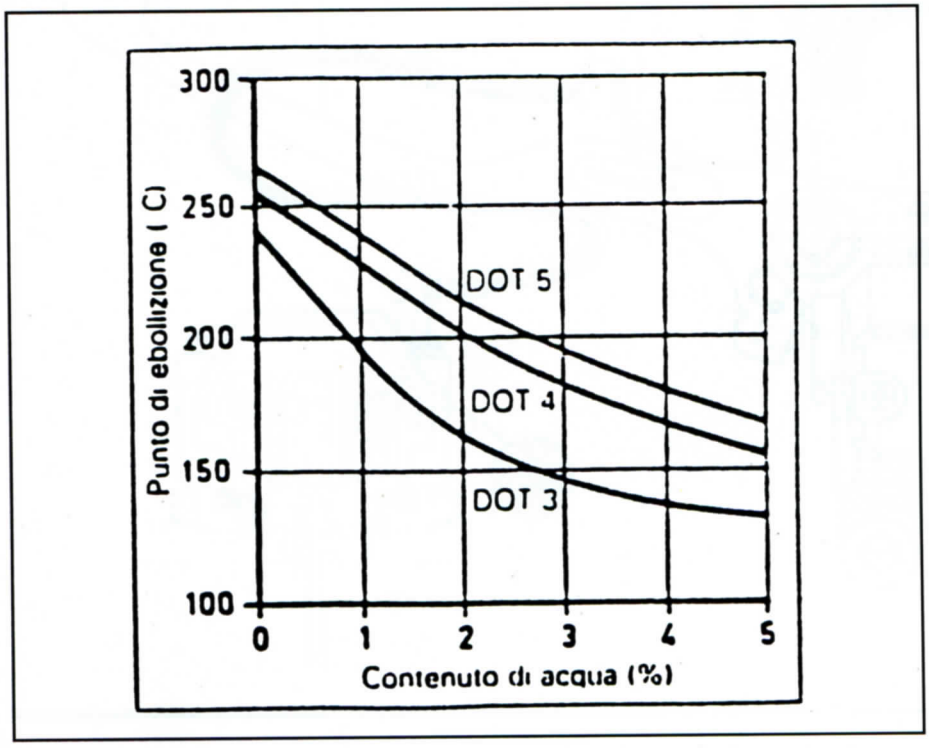




Impianto frenante a doppio disco flottante di una moderna moto sportiva di grossa cilindrata. La pompa deve idealmente essere collocata nel punto più alto del circuito.



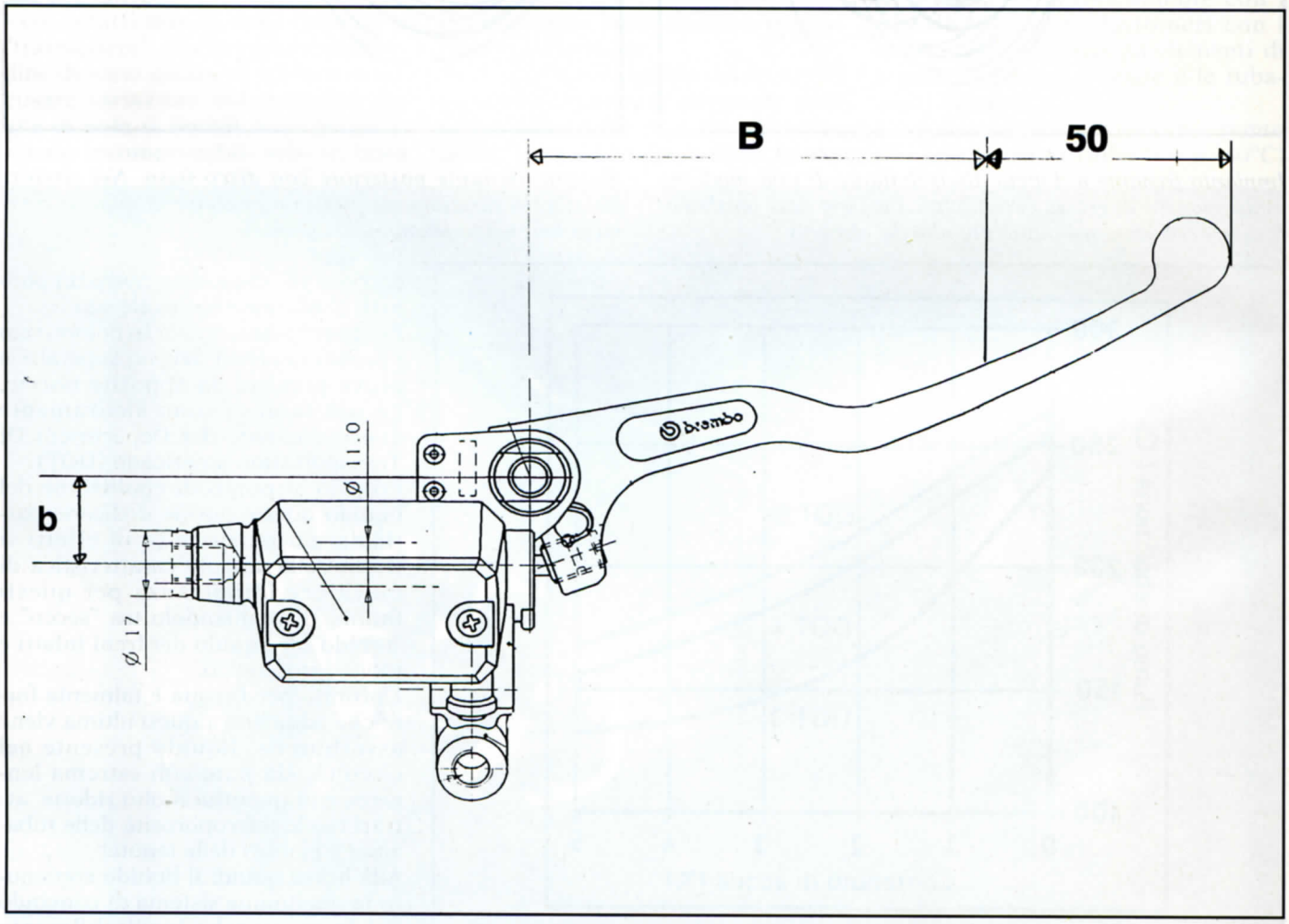
Sistema frenante posteriore con disco fisso. Nei circuiti idraulici si raggiungono pressioni massime di qualche decina di bar, nel funzionamento normale.



Il grafico mostra l'aumento del punto di ebollizione, per tre diversi liquidi dei freni, al crescere del contenuto d'acqua.

e, come già visto, deve avere un punto di ebollizione molto elevato.
Per poter essere messi in commercio i liquidi dei freni devono superare le prove previste da apposite norme. Le più famose sono sicuramente quelle emanate dal Department Of Transportation americano (DOT).
Proprio al punto di ebollizione del liquido queste norme dedicano particolare attenzione (e in effetti si tratta della singola caratteristica di maggiore importanza per questi fluidi), distinguendolo tra "secco" e "umido". Il liquido dei freni infatti è molto igroscopico.
L'affinità per l'acqua è talmente forte che addirittura quest'ultima viene assorbita dal liquido presente nel circuito, sia pure con estrema lentezza e in quantità molto ridotte, attraverso le microporosità delle tubazioni e i labbri delle tenute!
Alla lunga quindi il liquido contenuto in qualunque sistema di comando dei freni assorbe inevitabilmente una certa quantità di acqua, cosa che determina un sensibile scadimento delle sue caratteristiche. Pure

le proprietà anticorrosione tendono a decadere sensibilmente con il passare del tempo. Con l'acqua il liquido dei freni forma un legame di tipo chimico, finché l'assorbimento è limitato, e questo impedisce che già a 100°C si formino delle bolle.
Con un quantitativo di acqua dell'ordine del 3,5% (si tratta in pratica del massimo ammissibile) il punto di ebollizione può comunque subire un abbassamento dell'ordine di 90°C (passando, ad esempio, da 230 a 140°C).
Si tenga presente che in italiano si parla comunemente di "punto di ebollizione" ma che a rigore è più corretto parlare di "Vapour Lock Point" dato che si tratta della temperatura alla quale iniziano a formarsi delle bolle di gas in seno al liquido (e non si ha la completa entrata in ebollizione di quest'ultimo).
La specifica DOT 3 prevede un punto di ebollizione "secco" di almeno 205°C e un punto di ebollizione "umido" di 140°C (o più).
Per la specifica DOT 4 tali valori minimi passano rispettivamente a 230°C e 155°C e per la DOT 5 a 260°C e 180°C. Gli attuali liquidi per freni costituiscono il risultato di molti anni di ricerche e sviluppo, e vanno ritenuti prodotti di elevato contenuto tecnologico. Si tratta di miscele di varie sostanze chimiche accuratamente "bilanciate".
Il fluido-base dei liquidi DOT 3 e DOT 4 è in genere costituito da glicoli ed etere glicolico; ad esso, come già detto, vengono aggiunti lubrificanti e, in quantità assai ridotta (in media attorno al 3% in peso), inibitori di corrosione ed altri additivi.
Poiché con il passare del tempo le prestazioni caratteristiche dei liquidi per freni subiscono uno scadimento, è importante procedere periodicamente alla sostituzione del liquido stesso al fine di mantenere il sistema frenante in perfetta efficienza. Il liquido, sia per la sostituzione che per eventuali rabbocchi, deve sempre essere prelevato da un contenitore nuovo e sigillato.
Il liquido per freni è molto aggressivo nei confronti della vernice; per questo motivo è necessario proteggere il serbatoio e le altre superfici verniciate con panni puliti, allorché lo si maneggia.
Come già visto, sfruttando il principio di Pascal la forza viene aumentata idraulicamente mentre viene trasmessa dalla pompa alla pinza.
Il rapporto idraulico (η_i) è dato dal rapporto tra la sezione totale dei pistoni della pinza (moltiplicare per due, se la pinza stessa è flottante) e la sezione del flottante della pompa.
Nel caso di un impianto anteriore bidisco con pinze fisse a quattro pi-



Il rapporto meccanico è dato dal rapporto tra il braccio della leva sul quale agisce la mano (la forza si considera applicata a una distanza di 50 mm dalla estremità della leva stessa) e quello che aziona il flottante della pompa ($\eta_m = \frac{B}{b}$).

stoncini con diametro differenziato (30 e 34 mm) e con pompa da 16 mm (diametro del flottante), il rapporto idraulico si ottiene procedendo come segue.
Sezione totale dei pistoncini delle due pinze:

$$\frac{34^2 \cdot \pi}{4} + \frac{30^2 \cdot \pi}{4} \cdot 4 = 6{,}459 \text{ mm}^2$$

Sezione del flottante della pompa:

$$\frac{16^2 \cdot \pi}{4} = 201 \text{ mm}^2$$

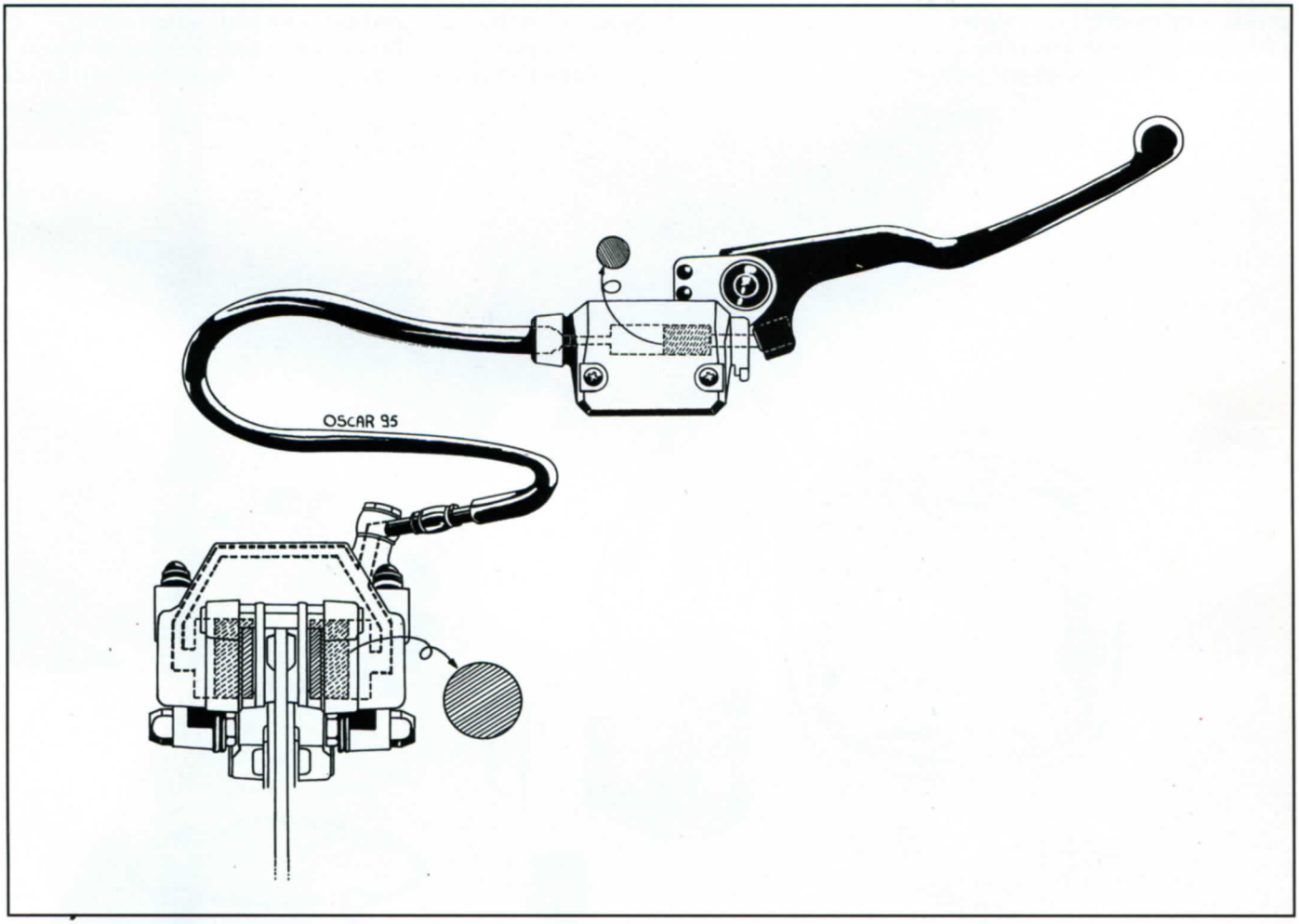
Il rapporto idraulico è quindi uguale a:

$$\eta_i = \frac{6459}{201} = 32{,}13$$

A questa moltiplicazione della forza occorre aggiungere quella ottenuta meccanicamente (sempre a scapito dello spostamento), tramite la leva della pompa.
Il rapporto meccanico (η_m) è dato dal rapporto tra i due bracci della leva (quello sul quale agisce la mano del pilota e quello che aziona l'estremità del flottante).
Per convenzione, la forza esercitata dalla mano si considera concentrata in un punto posto a 50 mm di distanza dalla estremità esterna della leva.
Il rapporto meccanico è in genere dell'ordine di 4,0 ÷ 5,3.
Il rapporto totale (η_t) è costituito dal prodotto del rapporto idraulico e del rapporto meccanico:

$$\eta_t = \eta_i \cdot \eta_m$$

Per avere un buon compromesso tra forza di azionamento e corsa della leva, in genere η_t ha valori compresi tra 60 e 170. Come logico, più alto è il rapporto totale e minore risulta la forza che deve essere esercitata sulla leva (ma maggiore risulta la corsa), e viceversa.
Questo dato non è comunque sufficiente a caratterizzare un impianto frenante; occorre infatti tenere in debito conto anche altri fattori, ossia l'assorbimento volumetrico delle tubazioni e delle pinze, l'effetto della corsa a vuoto della pompa, l'ergonomia della leva (se essa è troppo distante dal manubrio si ha la sensazione che la forza di azionamento sia maggiore!), le caratteristiche del materiale d'attrito e il diametro dei dischi (anche in rapporto alle dimensioni della ruota). ■



L'incremento della forza che si ottiene idraulicamente è legato al rapporto tra la sezione totale dei pistoni della pinza e quella del flottante della pompa. Il prodotto del rapporto idraulico per quello meccanico costituisce il rapporto totale di moltiplicazione della forza.