

Transmisiones Valtra Versu-Direct:

Dos transmisiones con muchos puntos de contacto... y grandes diferencias

PARTE 1.- VALTRA VERSU



Uno de los elementos clave que presentan los tractores de Valtra es la transmisión. Los modelos Versu ofrecen una Powershift, mientras que los modelos Direct cuentan con la nueva CVT exclusiva de la marca. Analicemos ambas.

PROF. PILAR LINARES
Cátedra ANSEMAT
Universidad Politécnica de Madrid

Las transmisiones CVT siguen aumentando su presencia en el mercado nacional. Ya sé, ya sé que estamos en Europa, que nuestras parcelas son como son, que hacemos mucho transporte con tractor... lo que quieren, pero el caso es que cada vez hay más y más, lo cual nos obliga a todos a entenderlas,

porque hay que aprovecharlas bien y sacarles todo el partido posible.

Valtra nos presenta ahora una nueva transmisión CVT con un reto: es CVT pero muy parecida a una Powershift, así que tengo el concepto modular, muchas cosas en común, pero ¡jojo!, cada una con su identidad propia. Iguales, pero distintas. Si vemos la imagen de la cabecera del artículo, tenemos que aceptar que parece haber pocas diferencias, pero como decía Spencer Tracy en 'La costilla de Adán':



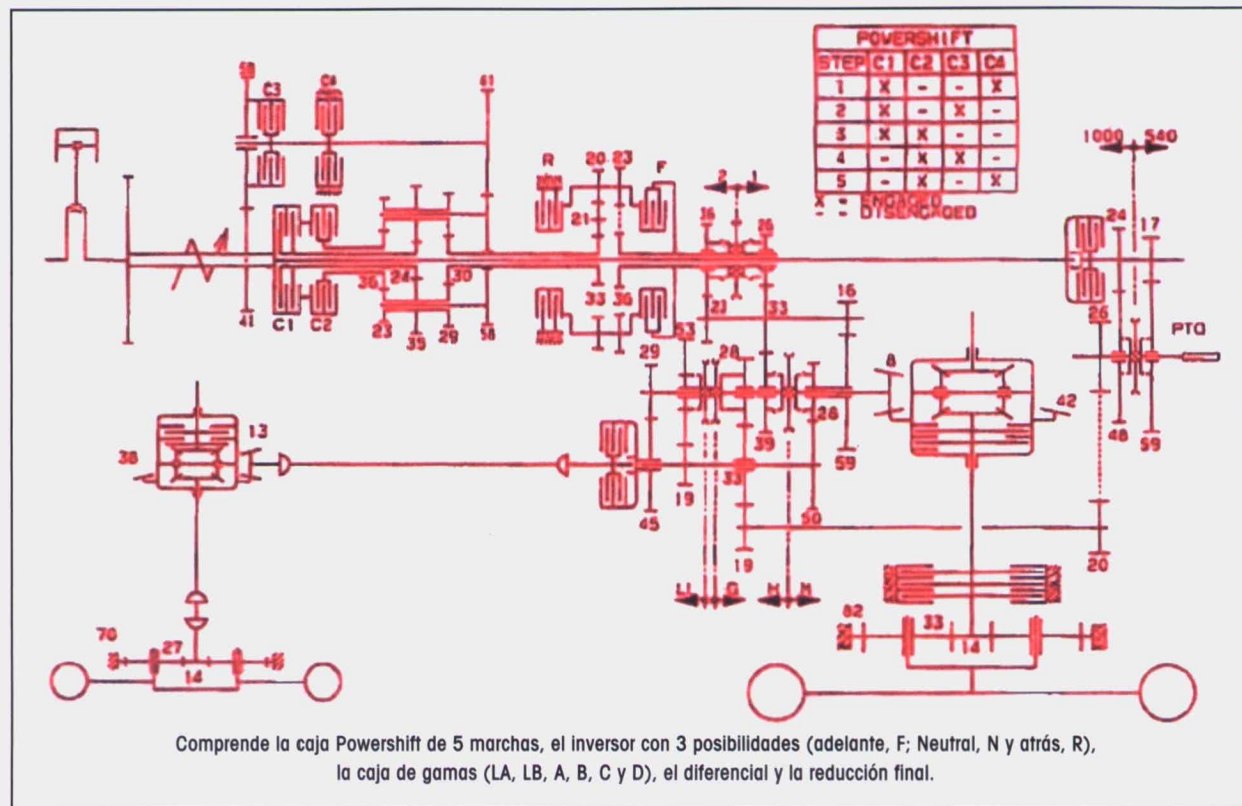
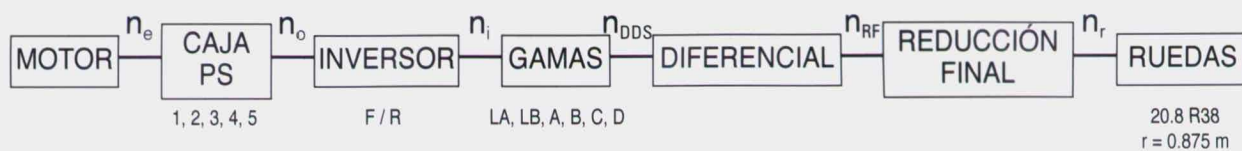
A la izquierda Valtra Versu, a la derecha Valtra Direct. La diferencia es el módulo hidrostático en la Direct, que en la Versu es un paquete de 2 embragues. Lo demás, prácticamente igual. Sin embargo, esa pequeña variación las hace muy diferentes.

" ¡Viva la diferencia!" (él se refería a la que hay entre hombres y mujeres y, por cierto, los jóvenes que no hayan visto la película, remedien pronto esa deficiencia que hay en su vida, que eso sí que es grave).

Pues en eso de los retos estamos, en el que plantea el Editor de la revista para que todos nos enteremos de la nueva transmisión. Y se inicia el proceso conocido: proporciona una documentación que uno se lee con interés para que más bien le surjan más preguntas que respuestas. El siguiente paso es acudir a la empresa, que siempre colabora.

Tengo que destacar este punto porque la actitud de los técnicos de las empresas SIEMPRE es de colaboración absoluta. Proporcionan el material que se les pide, que, en este caso, suele ser el diagrama cinemático, (con sus engranajes identificados claramente por sus dienteitos) y la tabla de velocidades resultante. Ahora ya sólo queda aplicar tiempo y conocimientos para entender. Por ello, lo primero es agradecer a los técnicos de AGCO Iberia, S.A., en este caso, Carlos Villasante, José Ramón González y Víctor Gil su paciencia y buena disposición. Por ellos no ha quedado. Si luego no se entiende, no son los responsables, así que no duden en criticar al autor de estas letras.

FIGURA 1.- ESQUEMA DEL CONJUNTO DE LA TRANSMISIÓN VERSU



Valtra Versu

Para describir la transmisión CVT Valtra Direct, procede empezar por la Versu Powershift. A estas alturas de la película, a nadie se le escapa (espero) que Powershift significa cambio (*shift*) bajo carga o lo que es lo mismo, transmitiendo potencia (*power*), sin inte-

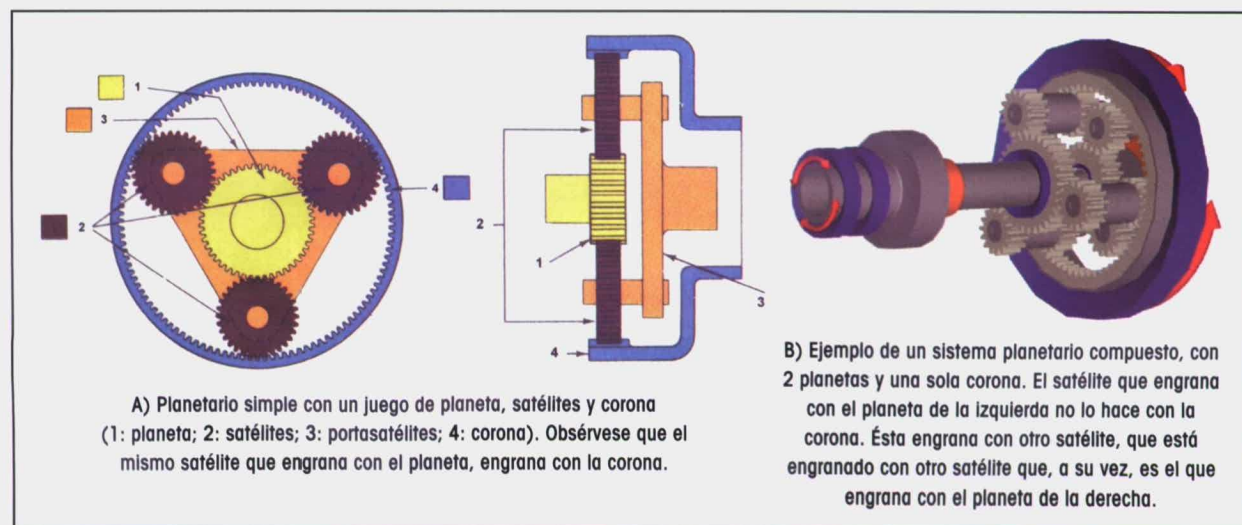
rrumpir la transmisión de la potencia del motor a las ruedas.

Observen el cuidado que he tenido para no decir "sin pisar el embrague" ya que ahora hay cambios *on the move* que permiten pulsar un botón y no pisar el embrague, pero en el fondo es lo mismo, porque al pulsar el botón se independiza el motor del resto de

la transmisión, es decir, se actúa sobre el embrague, aunque no sea sobre el pedal. Un instante, casi nada, oye, pero se independiza. Powershift es que NO se deja de transmitir potencia.

Pero no nos vayamos por los pedales y los botones, porque como me ponga así no terminamos nunca. Estábamos en que es una

FIGURA 2.- SISTEMA PLANETARIO



PS5 (5 marchas en la caja powershift). Luego lleva un inversor y una caja de gamas con 4 posibilidades (A, B, C y D), con la opción de disponer de dos gamas creeper o superlentas, LA y LB (ya saben, *creeps* arrastrarse) e incluso una opción para que la toma de fuerza gire una velocidad proporcional al avance, que la empresa llama G (*ground*, suelo) porque quiere de una manera intuitiva hacer ver que, con ella, la TDF gira en relación a la velocidad respecto al suelo. Esa opción es para las máquinas que deben distribuir producto y a las que les conviene que la toma de fuerza que mueve los mecanismos de distribución gire de acuerdo al camino recorrido y no en relación al régimen de giro del motor. Dejaremos en estas líneas en paz a la marcha 'G'.

Por supuesto, a continuación de la caja de cambios (que reuniría a las 3 subcajas mencionadas) viene el diferencial y la reducción final. En la Figura 1 aparece el esquema del conjunto de la transmisión motor-ruedas motrices.

En la opción estándar, la Valtra Versu, con su PS5, su inversor y su caja de 4 velocidades tendría 20 velocidades adelante y 20 atrás (30+30, en caso de tener también las dos *creeper*). Pasemos a descubrir tan interesante mundo.

Caja Powershift

La caja Powershift consiste en un sistema planetario compuesto

¡¡¡Sí!!! Tenían que aparecer los planetarios, que son los que nos permiten jugar a la PS ("powershift", no confundir con la *play*) a base de embragues amigos. En este caso son 4: C1, C2, C3 y C4 (lo de C es por el término inglés, *Clutch*, que significa embrague y que ya matizaremos luego en el caso del C4).

A CONTINUACIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS (QUE REUNIRÍA A LAS 3 SUBCAJAS MENCIONADAS) VIENE EL DIFERENCIAL Y LA REDUCCIÓN FINAL

Pero veamos, he puesto 'sistema planetario compuesto'. Eso es porque hay otros que son 'simples', que tienen 3 ejes y 3 elementos dentados (Figura 2): UN planeta (engranaje central con dentado exterior); UN juego de satélites (engranajes con dentado exterior) y UNA corona (engranaje con dentado interior). En el sistema planetario simple, los saté-

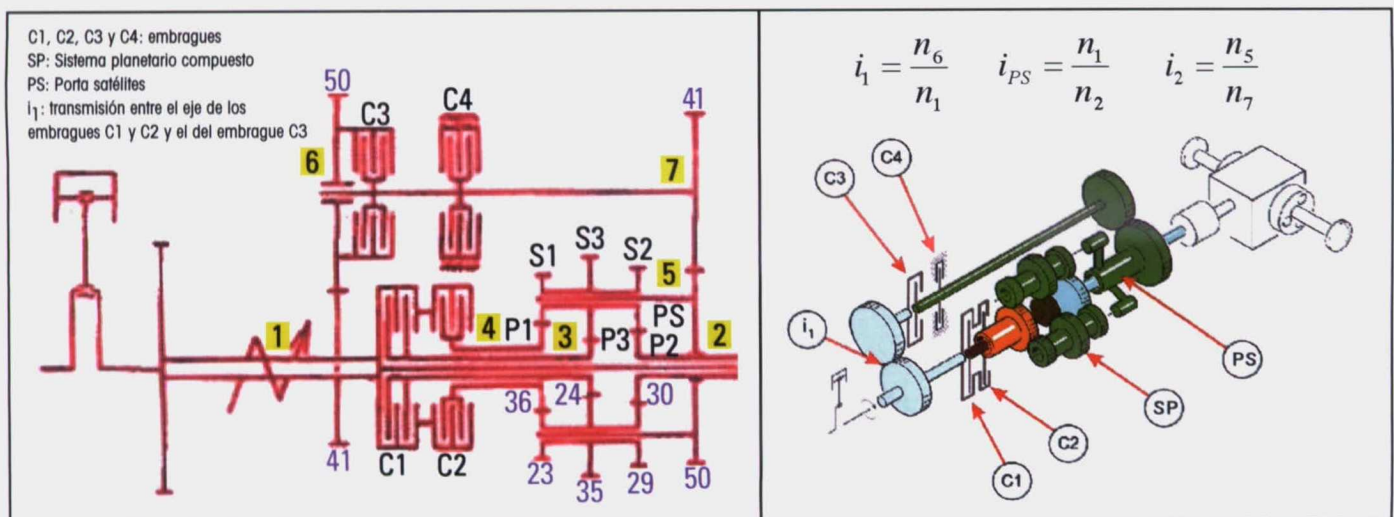
lites engranan con el planeta y con la corona y tienen sus ejes montados en la única pieza no dentada, UN portasatélites.

Por cierto, en este apartado reivindicamos la independencia respecto a la terminología anglosajona que llama *sun* (sol) al planeta; *planet* (planeta) a los satélites, *ring* (anillo) a la corona y *carrier* (portador) al portasatélites. Pues en un sistema planetario SIMPLE no hay más que un juego de cada, pero en los compuestos hay mucha más libertad. El satélite que engrana con un planeta puede que no sea el que engrane con la corona, o puede haber 2 planetas, cada uno engranado a sus satélites, puede no haber corona, puede haber más de 3 ejes, puede... Imaginación al poder y sálvese quien pueda. Como ejemplo, ver la Figura 2. El único problema es calcular las relaciones entre los diversos ejes que hay, pero para eso están las aulas y la teoría.

La PS (powershift) de la transmisión Versu tiene 7 ejes (figura 3), 3 planetas (P1, P3 y P2), 3 juegos de satélites (S1, S3 y S2), un único portasatélites, PS (Buff, no confundir Powershift PS con Portasatélites PS, *please*) y 4 embragues (ejem...). No hay coronas.

Tal y como se ve en la figura, el movimiento entra por el eje 1 y lo primero que hace es dar movimiento al eje 6, situado en paralelo, a través de una pareja de engranajes.

FIGURA 3.- LA PS DE LA TRANSMISIÓN VERSU



Luego continúa hasta la pareja de embragues C1 y C2. La salida es por el eje 2, que es solidario al planeta P2. El portasatélites soporta el eje de los 3 juegos de satélites y lleva también un engranaje (el verde de 58 dientes) en toma constante con otro (de 41) situado en el eje 7. Por su parte, el eje 6 se prolonga en una parte del embrague C3.

Recordemos que un embrague son dos discos, cada uno solidario a un eje. Cuando los discos están empaquetados, giran a la misma velocidad, al igual que los ejes asociados. Cuando no actúa el embrague, los dos ejes son independientes uno del otro. Pues la otra parte del embrague C3 está unida al eje 7 y también pertenecen a este eje un juego de discos del 'embrague' C4. El otro juego de discos de C4 esta unido a una parte fija de la transmisión (así que realmente no habría que llamarle embrague, como vengo medio reguñendo, sino freno, pero bueno, no seamos quisquillosos). En el sistema planetario, la actuación del embrague C1 transmite el movimiento del eje de entrada al planeta P1 y el embrague C2, al planeta P3.

Pues ya está. Con saber que embragues actúan en cada momento, ya sabemos las relaciones de transmisión que se consiguen en la caja. En las Figuras 4 a 8 aparecen los esquemas de funcionamiento en las 5 marchas. Veamos dos de ellas detenidamente.

Gama Powershift 1 (PS1)

Según la tabla de embragues, actúan C1 y C4. Al actuar C1, el movimiento entra en el sistema planetario compuesto por el planeta P3, engranado al satélite S3. Por otra parte, al actuar el embrague C4, el eje 7 está parado y, por

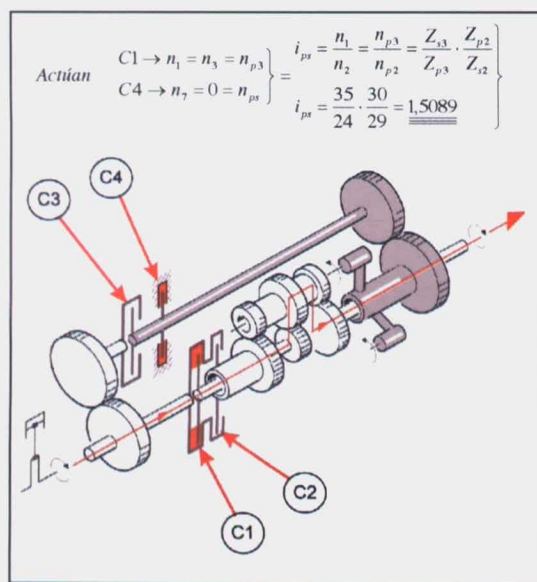


UN EMBRAGUE SON DOS DISCOS, CADA UNO SOLIDARIO A UN EJE. CUANDO LOS DISCOS ESTÁN EMPAQUETADOS GIRAN A LA MISMA VELOCIDAD, AL IGUAL QUE LOS EJES ASOCIADOS

consiguiente, el portasatélites PS, también. Está claro que el movimiento del eje 1 se transmite al eje 6, pero como el embrague C3 no actúa, ésta es una vía muerta. Lo mismo pasa con el planeta P1. Se mueve, claro que se mueve, arrastrado por el satélite S1, que

está en el mismo eje que S3, pero es otra vía muerta. La salida de la caja es por el eje 2, en el que se encuentra el planeta P2, engranado con el satélite S2. En resumen, la transmisión va del eje 1 a C1 y P3, engranado con S3, que está en el mismo eje que S2, engranado con P2, situado en el eje de salida 2.

FIGURA 4.- TRANSMISIÓN VALTRA VERSU. CAJA POWERSHIFT. MARCHA PS1



LA CAJA DE GAMAS ES UNA CAJA SENCILLA QUE TIENE COMO PECULIARIDAD QUE CADA GAMA EXIGE MOVER DOS ÓRGANOS DE MANIOBRA

puesto con 3 ejes activos. Hay que conocer la relación entre ellos (ya dije que a tirar de teoría toca). En este caso, voy a pedir un voto de confianza, más que nada porque si hago la deducción de la relación entre los 3 ejes, a) no sigue nadie leyendo y b) la editorial no publica el artículo. Esta relación es:

$$i_{ps} = \frac{n_{pi}}{n_{p2}} = \frac{1}{\frac{\lambda_{si}}{\lambda_{pi}} + i_1 \cdot i_2 \left(1 - \frac{\lambda_{si}}{\lambda_{pi}}\right)}$$

Siendo:

$$\lambda_{si} = \frac{Z_{s2}}{Z_{s1}} \quad \lambda_{pi} = \frac{Z_{p2}}{Z_{p1}}$$

A título de ejemplo, en PS2, tendríamos:

$$\frac{Z_{p1}=36}{Z_{s1}=23} \quad \frac{Z_{p3}=24}{Z_{s3}=35} \quad \frac{Z_{p2}=30}{Z_{s2}=29}$$

$$\lambda_{s3} = \frac{Z_{s2}}{Z_{s3}} = \frac{29}{35} \quad \lambda_{p3} = \frac{Z_{p2}}{Z_{p3}} = \frac{30}{24}$$

$$i_1 = \frac{n_6}{n_1} = \frac{41}{58} \quad i_2 = \frac{n_5}{n_7} = \frac{41}{58}$$

$$i_{ps} = \frac{1}{\frac{29/35}{30/24} + \frac{41}{58} \cdot \frac{41}{58} \left(1 - \frac{29/35}{30/24}\right)} = 1,2029$$

Así, con todas. Por cierto, en la marcha PS3, la relación es 1. Al actuar C1 y C2, todo el sistema se 'empaqueta' y gira a la misma velocidad.

Gamas Powershift 'pares' (PS2 y PS4)

Las marchas 'pares', PS2 y PS4 tienen como característica común que no actúa C4, con lo que el portasatélites NO está parado. Por tanto, nos encontramos con un sistema planetario com-

i_1 es la relación entre el eje de entrada (n_1) y el eje 6; i_2 , la relación entre el eje 7 (n_7) y el del portasatélites, (n_5) que recibe movimiento del eje 7.

El inversor

No nos vamos a detener en esta caja, que daría para entretenerse un poco, pero resistiré la tentación Dejemos la marcha atrás y la posición 'neutral' (similar a pisar el embrague, ya saben) y nos quedamos con las marchas adelante, con relación de transmisión 1.

ACTÚA	Si	Pi
C1	S3	P3
C2	S1	P1

TRANSMISIÓN VALTRA VERSU. CAJA POWERSHIFT

FIGURA 5.- MARCHA PS2

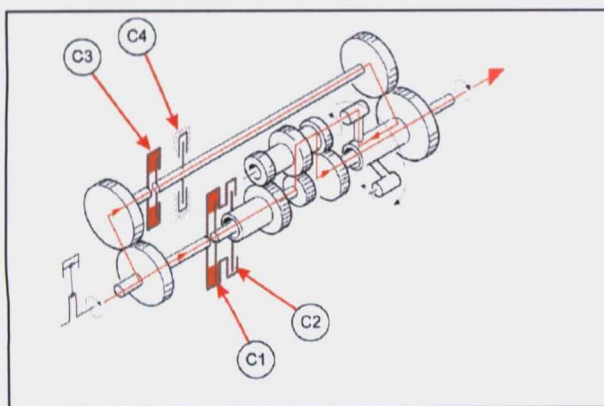


FIGURA 6.- MARCHA PS3

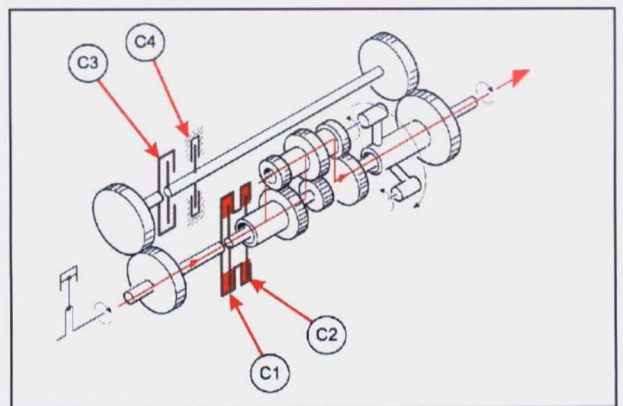


FIGURA 7.- MARCHA PS4

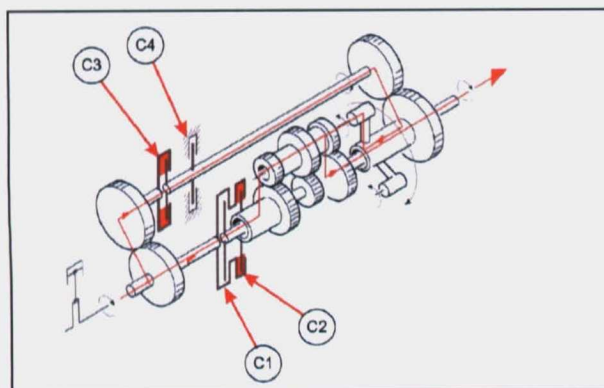


FIGURA 8.- MARCHA PS5

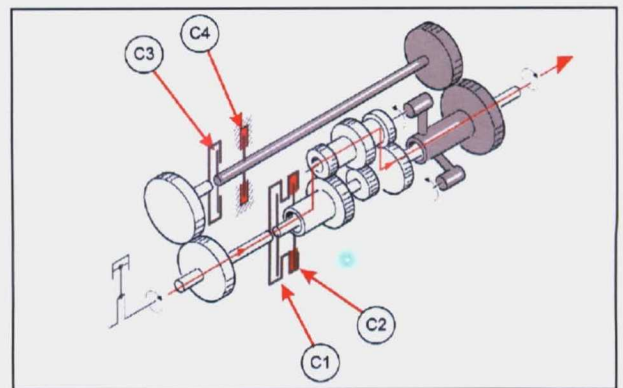
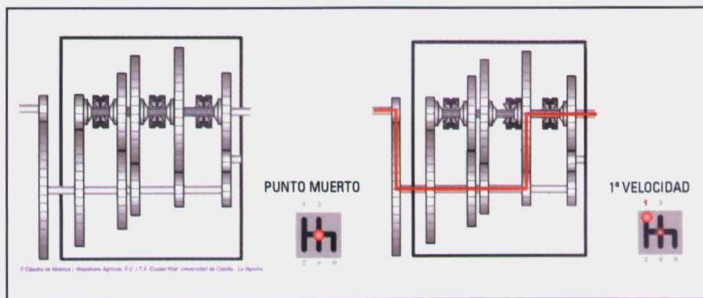


FIGURA 9.- ESQUEMA DE UNA CAJA AL CAMBIAR CON DOS SINCRONIZADORES



La caja de gamas

Después del inversor nos encontramos con la caja de gamas. Es una caja sencilla que, sin embargo, tiene como peculiaridad que cada gama exige mover dos órganos de maniobra. Me explico. Vamos a centrarnos en las marchas A, B, C y D. Son 4. Lo normal sería tener dos órganos de maniobra y esta caja tiene, en efecto, sus dos sincronizadores para gobernarlas. Lo habitual sería que, en punto muerto, los dos sincronizadores estuvieran sin acoplarse a ninguna pareja para hacerla activa y que cuando queremos seleccionar una marcha, UN sincronizador se desplazara, quedando el otro quietecito en punto muerto. Así moviendo un sincronizador a izquierda y derecha se tendrían dos marchas. Después, ése se queda en pun-

to muerto y con el otro se consiguen las otras.

En la Figura 9 se puede ver una caja de este tipo, en la que, como novedad, hay un sincronizador que sólo vale para una marcha (el de la derecha que se usa para la marcha atrás). Corresponde a una animación realizada por los profesores de la Escuela de Ciudad Real, a los que agradecemos su trabajo. En la parte derecha de la figura está marcada la transmisión en la primera velocidad. La secuencia de cambio para esta caja con 5 marchas es la indicada en el cuadro inferior:

Sizquierda	Scentro	Sderecha	Marcha
PM	Derecha	PM	1
PM	Izquierda	PM	2
Derecha	PM	PM	3
Izquierda	PM	PM	4
PM	PM	Derecha	R

FIGURA 10.- VELOCIDADES DE AVANCE Y RELACIONES DEL CAMBIO

Marcha	it	Velocidad
LA1	1266,16	0,573
LA2	1009,57	0,719
LA3	839,29	0,865
LA4	667,86	1,087
LA5	554,70	1,308
LB1	637,34	1,139
LB2	508,19	1,428
LB3	422,47	1,718
LB4	336,18	2,159
LB5	279,22	2,599
A1	254,19	2,855
A2	202,68	3,581
A3	168,49	4,307
A4	134,08	5,413
A5	111,36	6,517
B1	127,95	5,672
B2	102,02	7,113
B3	84,81	8,557
B4	67,49	10,753
B5	56,05	12,947
C1	81,47	8,908
C2	64,96	11,172
C3	54,00	13,439
C4	42,97	16,888
C5	35,69	20,334
D1	41,01	17,697
D2	32,70	22,195
D3	27,18	26,698
D4	21,63	33,551
D5	17,97	40,396

$v_t \text{ (km/h)} = 3,6 \frac{2\pi \cdot n_e \cdot r_i}{60 \cdot i_t}$

 $n = 2200 \text{ rev/min}$
 $20,8R38 \text{ r (m)} = 0,875$

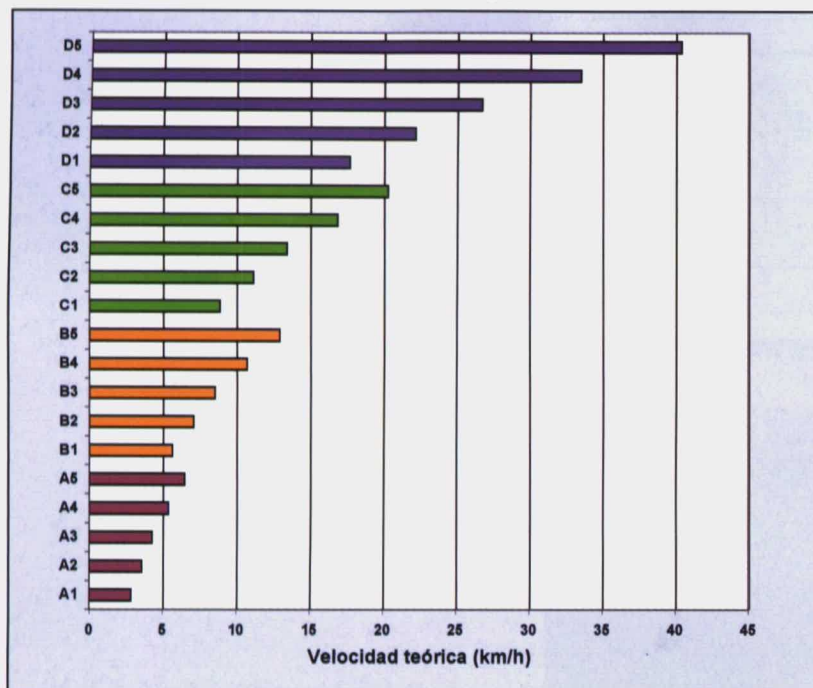
1	$(35/24) \cdot (30/29)$	4	$(23/36) \cdot (30/29)$
2	$\frac{1}{\frac{(29/35)}{(30/24)} + \frac{41}{58} \cdot \frac{41}{58} \left(1 - \frac{29/35}{30/24}\right)}$		$\frac{1}{\frac{(29/23)}{(30/36)} + \frac{41}{58} \cdot \frac{41}{58} \left(1 - \frac{29/23}{30/36}\right)}$
3	1		

LA1	$(33/26) \cdot (59/16) \cdot (50/28) \cdot (53/19)$		
LA2	$(23/36) \cdot (59/16) \cdot (50/28) \cdot (53/19)$		
A (M1)	$(33/26) \cdot (59/16)$		
B (M2)	$(23/36) \cdot (59/16)$	$i_{INV} (F) =$	1
C (M3)	$(33/26) \cdot (39/33)$	$i_{DIF} =$	42/8
D (M4)	$(23/36) \cdot (39/33)$	$i_{RF} =$	$(82+14)/14$

Fijémonos en que, de esta manera, en cada marcha hay una pareja de engranajes activa. Pero la VERSU no es así.

La caja de gamas utiliza dos sincronizadores (parte central de la fig. 1). Uno selecciona las 'marchas' 1 y 2 según se desplace a la derecha o a la izquierda el sincronizador de la parte superior. El otro (situado en la

FIGURA 11.- DIAGRAMA DE VELOCIDADES VALTRA VERSU



parte inferior derecha) gobierna las 'marchas' M y H (medium y high), de manera que las gamas A, B, C y D son la combinación de ambos órganos de maniobra y en realidad, la gama A es la M1; la B, la M2; la C, la H1 y la D, la H2. La secuencia se indica en el cuadro inferior:

Como consecuencia de la forma de actuar, si hay una marcha seleccionada, nunca hay un sincronizador en punto muerto y para conseguir la gama deseada, tienen que actuar los dos sincronizadores y dos parejas de engranajes.

CAJA DE GAMAS (VERSU)

Sincronizador Superior	Sincronizador Inferior	Marcha
Derecha	Derecha	A (M1)
Izquierda	Derecha	B (M2)
Derecha	Izquierda	C (M3)
Izquierda	Izquierda	D (M4)

PARA CONSEGUIR LA GAMA DESEADA TIENEN QUE ACTUAR LOS DOS SINCRONIZADORES Y LAS DOS PAREJAS DE ENGRANAJES

Puente trasero

Salimos de la caja de gamas por el eje DDS (differential drive shaft) o eje de accionamiento del diferencial. Es lo que antes llamábamos 'secundario' pero a ver quién es el guapo que llama ahora secundario a un eje teniendo varias cajas de cambios puestas en serie. El diferencial consigue una relación de 5,25 con la pareja 8 (piñón de ataque a la corona) 42 (corona). Y la reducción final... es otro sistema planetario, en este caso simple, con entrada por el planeta y salida por el portasatélites, con la corona frenada, es decir, una reducción de:

$$i_{RF} = \frac{Z_c + Z_p}{Z_p} = \frac{82 + 14}{14} = 6,857$$

Siendo Z_c y Z_p los números de dientes de la corona y el planeta, respectivamente.

Diagrama de velocidades

Pues ya está. Ya tenemos completita la caja. Para que no sea tan lioso, he dejado fuera las reptantes 'gamas creeper' y la tabla resultante es la que aparece en la Figura 10, con su gráfica en la Figura 11.

Conviene destacar que, en cada momento hay 3 embragues actuando (dos en la caja PS y uno en el inversor) y dos sincronizadores en la caja de gamas. Nunca olvidemos que, como en todo, en la técnica " *el que algo quiere, algo le cuesta*" y las cajas actuales tienen prestaciones increíbles, pero exigen muchos elementos, casi todos accionados hidráulicamente, para conseguirlo. ■

