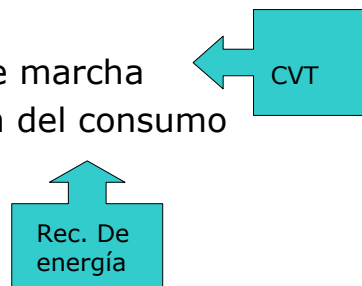


## XIX Encuentro Nacional del Fo.D.A.M.I

Utilización de sistemas continuos  
variables en conjunto con  
recuperadores de energía.

## Uso de reductores/Engranajes

- Modificar par torsor
- Obtener diferentes rangos de velocidades
- Condiciones
  - Suavidad de marcha
  - Disminución del consumo



## Evolución vehículos

### Visión Toyota

HV: Híbrido enchufable  
THS: Híbrido de 1ª generación  
HSD: Híbrido de 2ª generación  
FCHV: Vehículo de Hidrogeno  
EV: Vehículo eléctrico

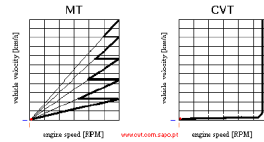


## Tendencias de las transmisiones y el futuro tecnológico

- Transmisiones de doble embrague (Dual-clutch transmissions (DCT))
- Transmisiones automáticas (Automatic transmissions (AT))
- Transmisiones continuas variables (Continuously variable transmissions (CVT/IVT))
- Transmisiones electrónicas (Transmission electronics/controls)
- Transmisiones para vehículos híbridos (HEV)

## Que es una CVT?

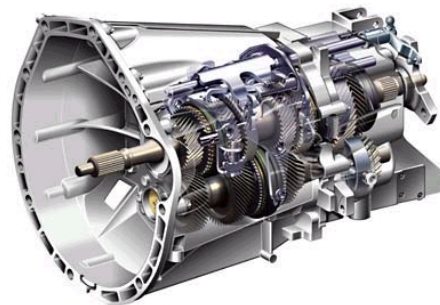
- Transmisión con relación variable en forma continua.
- Diferente al sistema de Engranajes (discontinua)
- Sin saltos, fricción  $\neq$  empuje



- CVT es IVT?
- Transmisión infinitamente variable

## Relaciones de transmisión (a 3000rpm) MT

|     |         |       |
|-----|---------|-------|
| 1st | 2.315:1 | 1,295 |
| 2nd | 1.568:1 | 1,913 |
| 3rd | 1.195:1 | 2,510 |
| 4th | 1.000:1 | 3,000 |
| 5th | 0.915:1 | 3,278 |



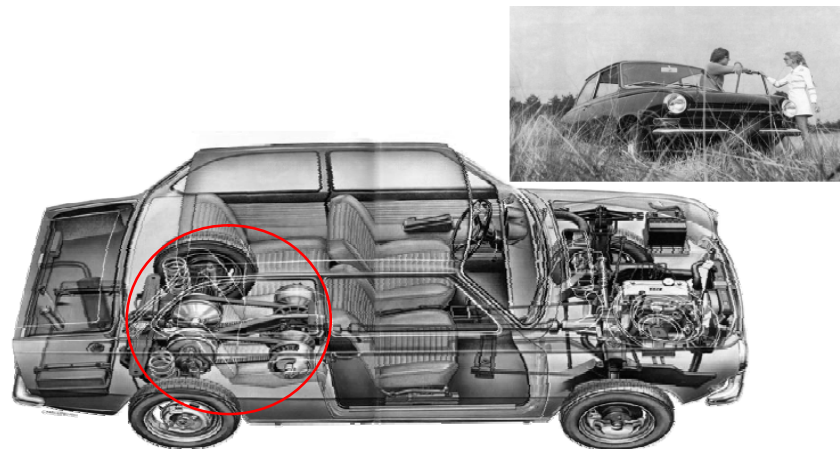
## Historia.....

---

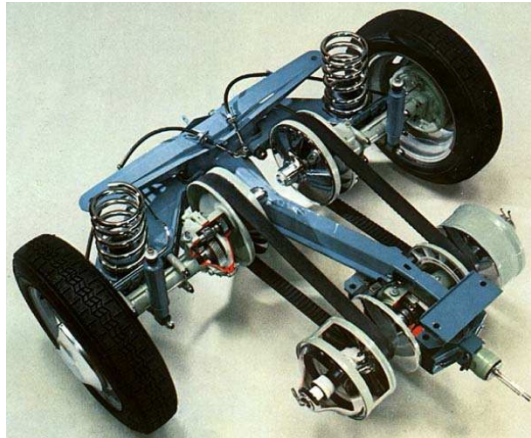
- 1490- Da Vinci esquematiza la idea de transmisión variable continua (CVT)
- 1886-Primera patente de CVT toroidal
- 1935- Adiel Dodge inscribe patente americana para CVT Toroidal
- 1958- DAF (Holanda) produce CVT para automóviles

## DAF 1958

---

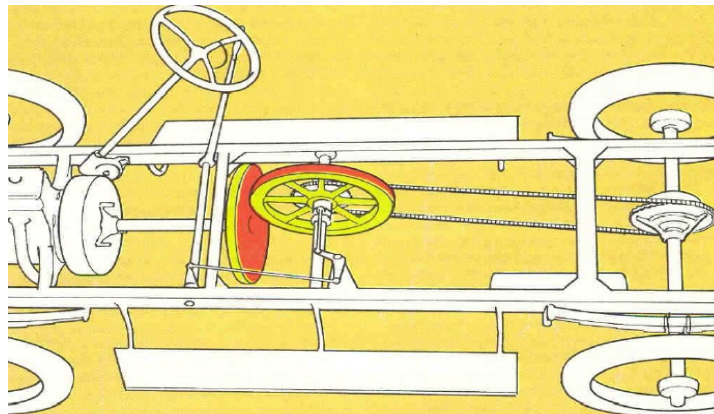


## Vista de la Transmisión



## Transmisión CVT.....FORD T

- 1920 apareció un variador por fricción

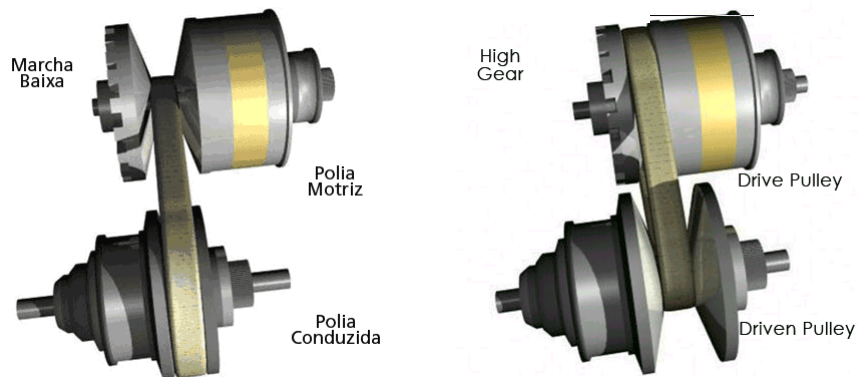


## CVT

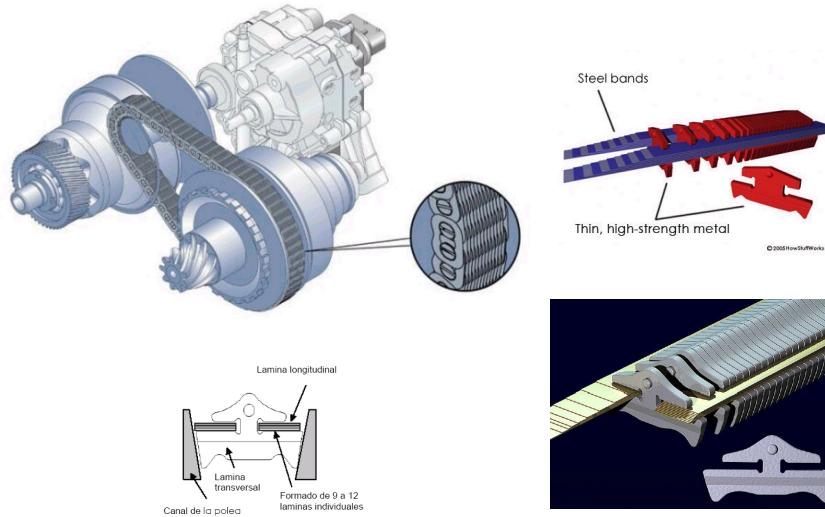
- Inconvenientes
  - correa sometida a elevadas tensiones
  - difícil no resbalamiento
  - solo pequeñas potencias (en los 80)



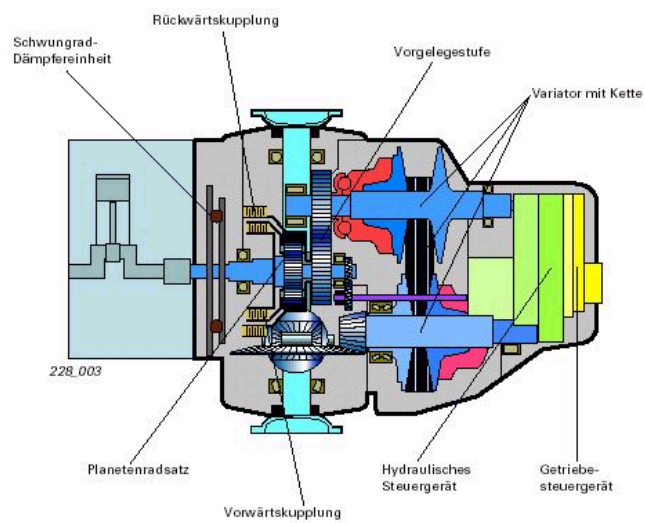
## Funcionamiento CVT



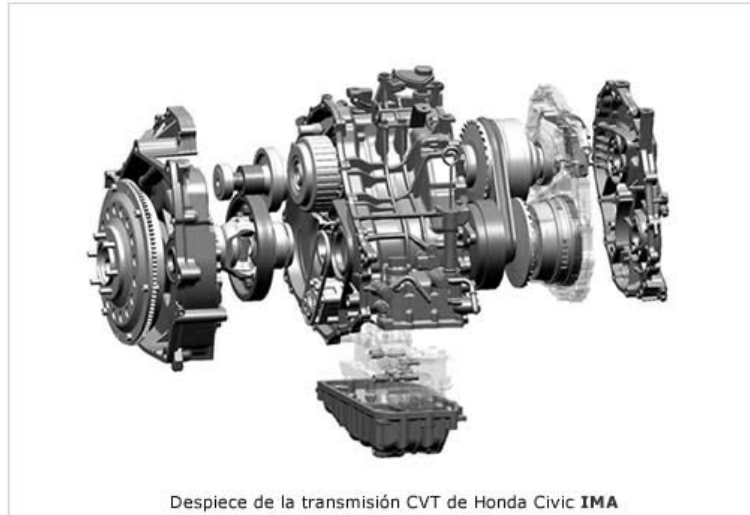
## Sistema de transmisión CVT



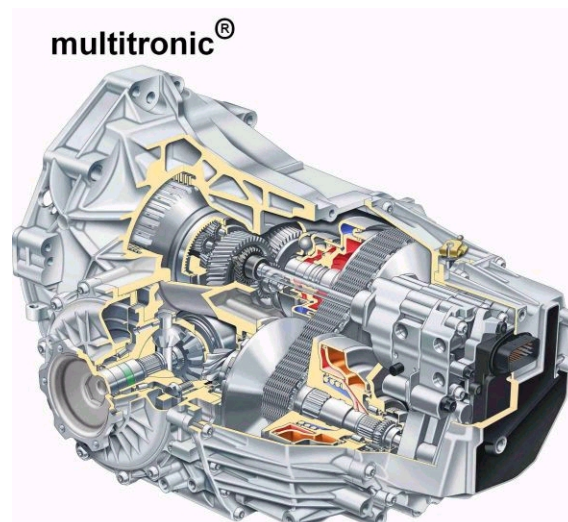
## Funcionamiento CVT



## Configuración típica CVT



## Caja CVT Multitronic



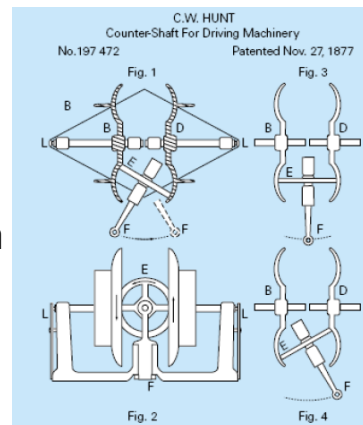
## CVT TOROIDAL (IVT)

Por qué?



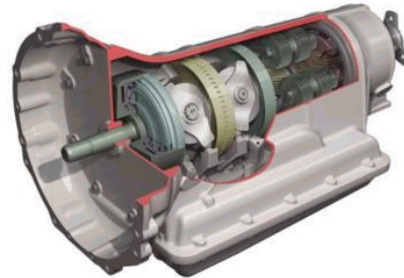
## CVT Toroidal

- No usa poleas
- Discos de fricción
- patente 197 472 en USA
- CVT toroidal completa fue la primera en utilizarse en automóviles



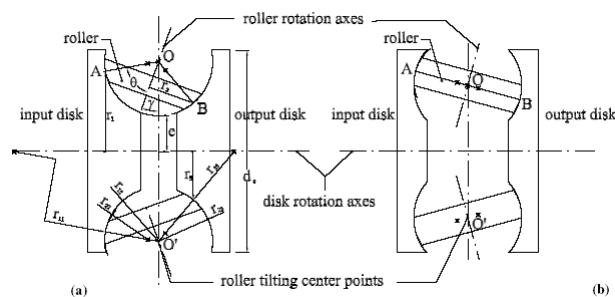
## Transmisiones toroidales (IVT)

- Desarrollo Mazda
- Antepasado FORD
- Problemas de lubricación
- problemas de limitación de torque

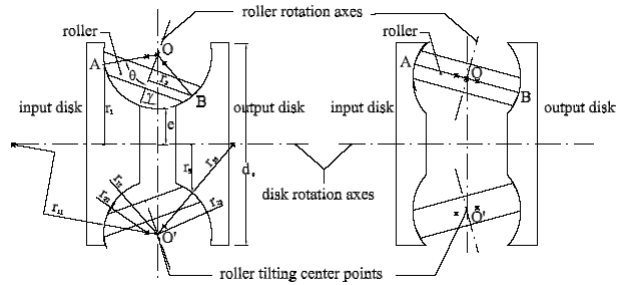


## CVT Toroidal “media” o “completa”

- prototipo de la CVT media toroidal se mostró en la patente de Jacob en 1932.



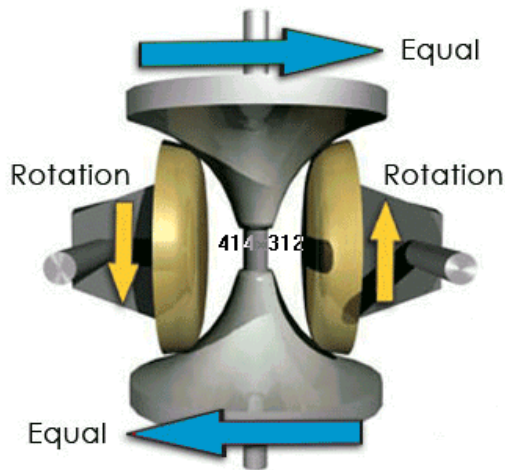
## CVT Media toroidal/ completa



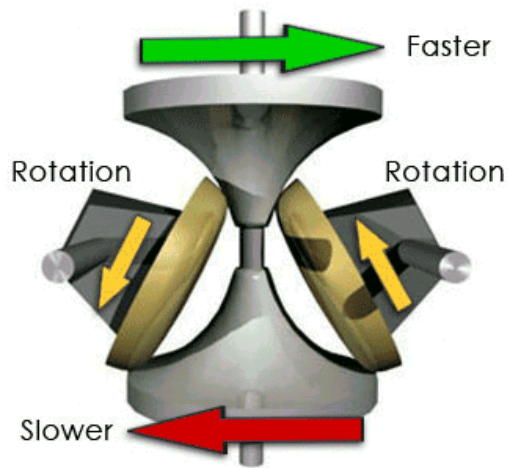
CVT geometric data

| Half toroidal CVT:                 | Full toroidal CVT                   |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| Cavity radius $r_0 = 40$ mm        | Cavity radius $r_0 = 40$ mm         |
| Roller curvature $r_{22} = 32$ mm  | Roller curvature $r_{22} = 26.4$ mm |
| Half cone-angle $\theta = \pi/3$   | Half cone-angle $\theta = \pi/2$    |
| Aspect ratio $k = e/r_0 = 0.625$   | Aspect ratio $k = e/r_0 = 0.25$     |
| Speed ratio range $\tau = 0.5-2.0$ | Speed ratio range $\tau = 0.5-2.0$  |

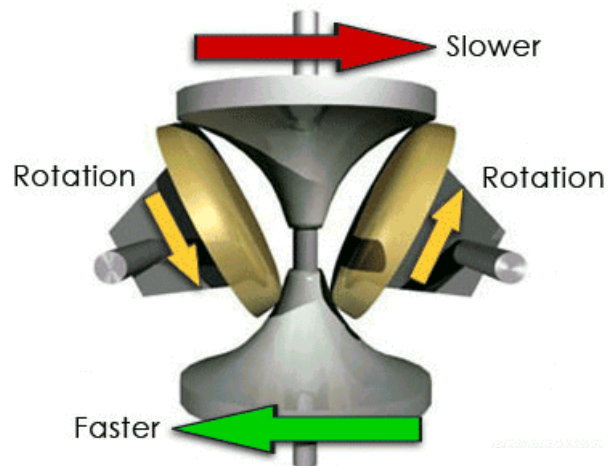
## Función del toroide



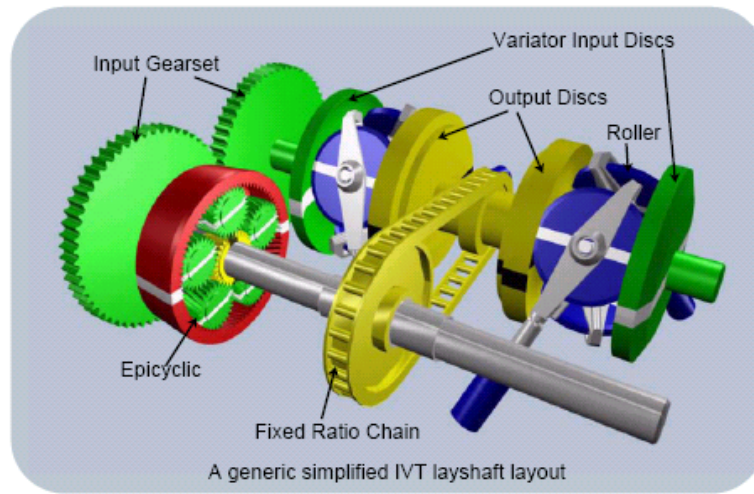
## Función del toroide



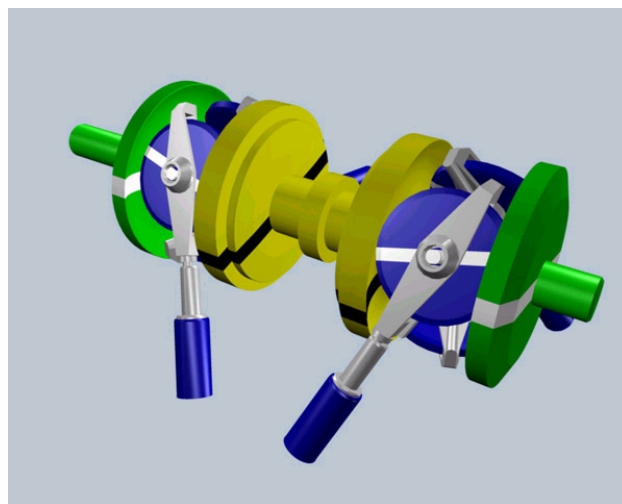
## Función del toroide



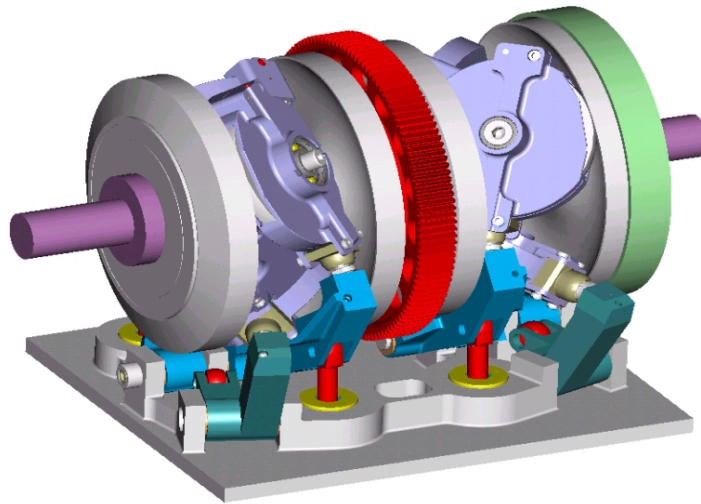
## Conjunto caja Toroidal IVT



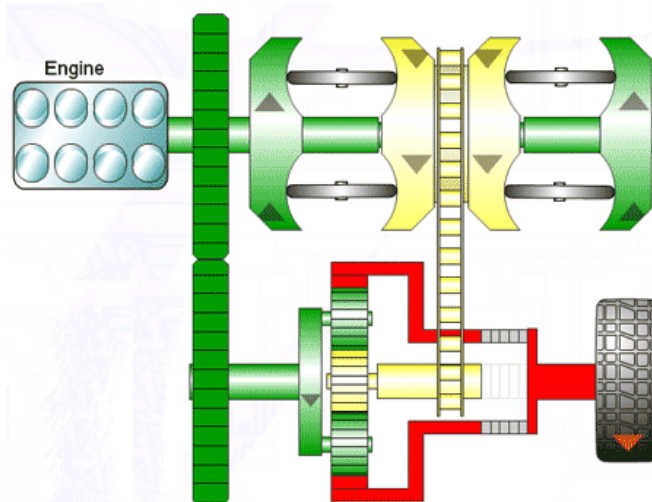
## Conjunto toroidal



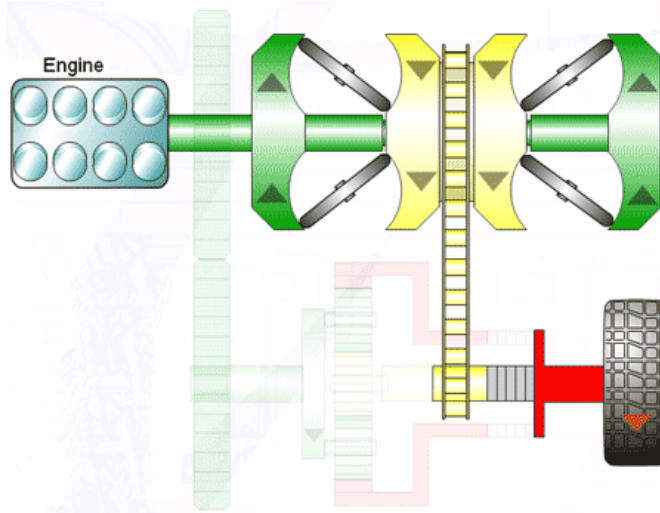
## Conjunto sistema Toroidal



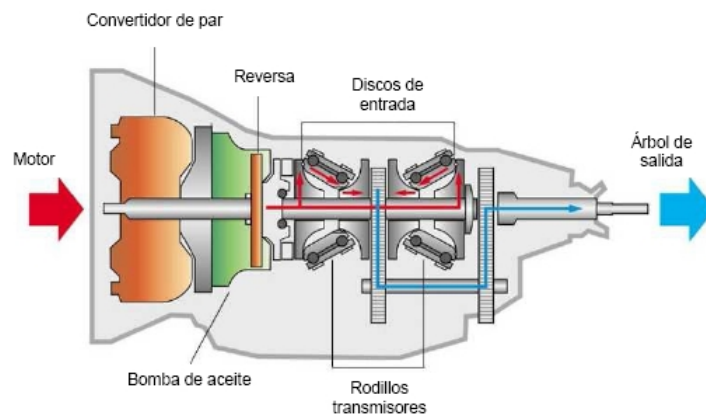
## Transmisión a baja velocidad



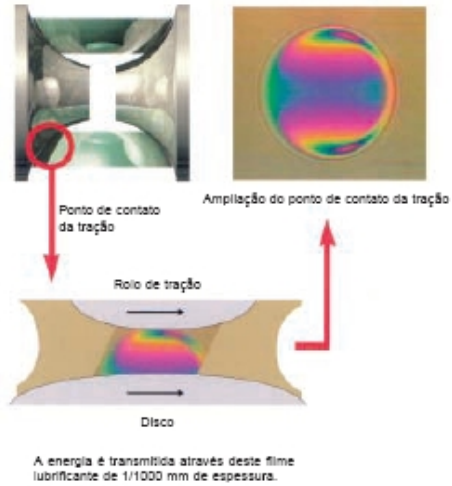
## Transmisión en alta velocidad



## Conjunto caja IVT



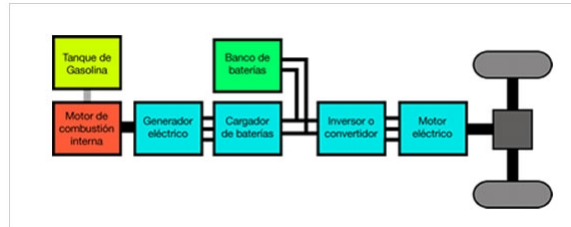
## Problema Lubricación...



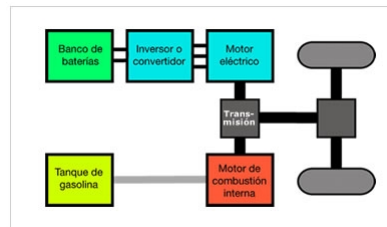
## Vehículos Híbridos

**Necesidad de recuperación de energía.  
En F1 KERS**

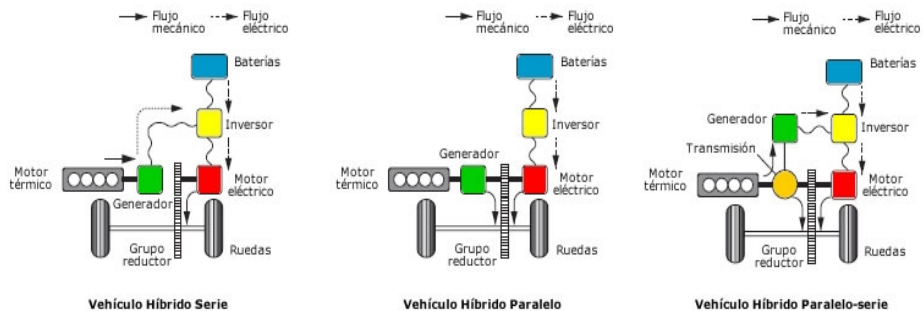
## Configuración



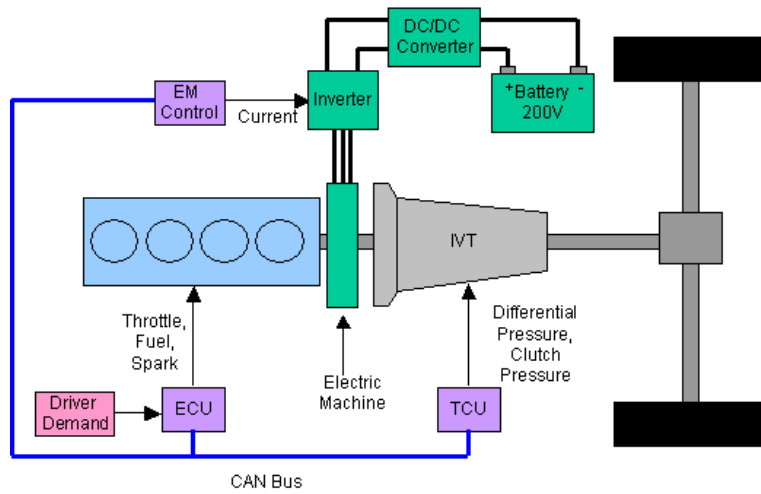
- Híbrido serie
- Híbrido paralelo



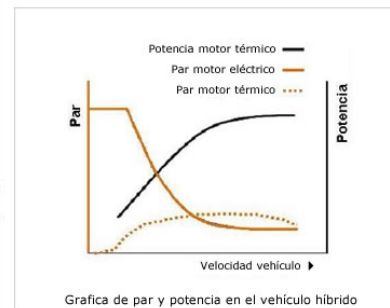
## Serie- Paralelo



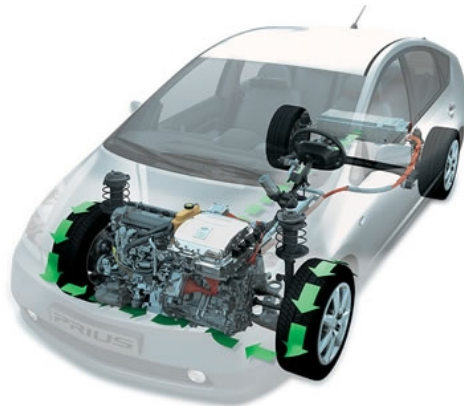
## Vehículos Híbridos



## Configuración con IVT



## Recuperación de energía

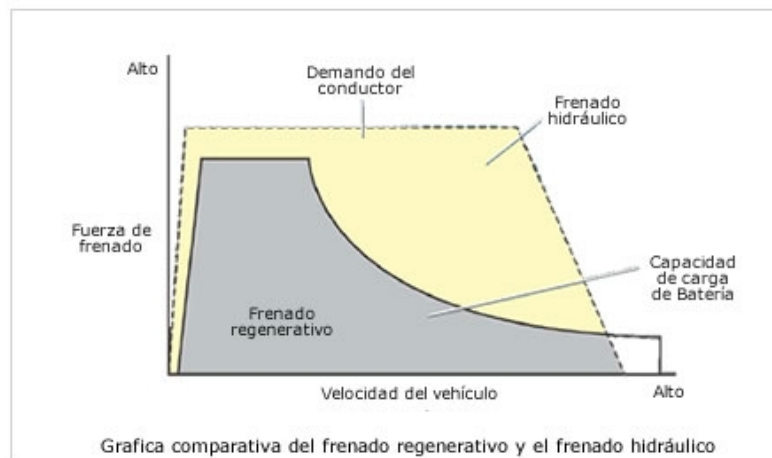


### Desaceleración

Si el conductor deja de pisar el acelerador, el motor térmico se para y el motor eléctrico se convierte en un generador. De esa forma, el consumo de combustible es nulo y —a través del motor eléctrico en función de generador— se transforma en electricidad parte de la energía cinética que se transmite a través de las ruedas.

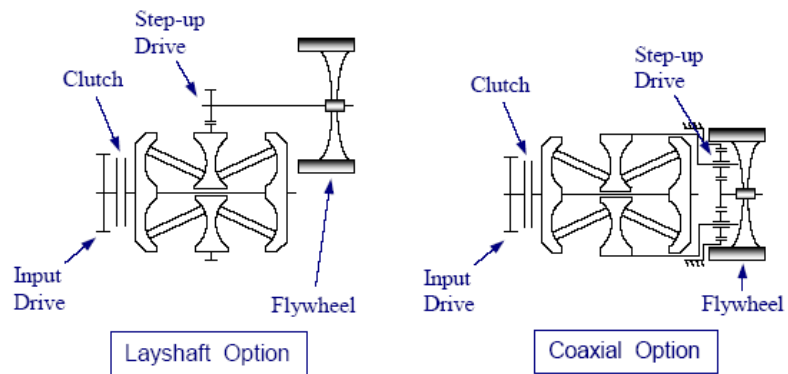


## Energía durante el frenado

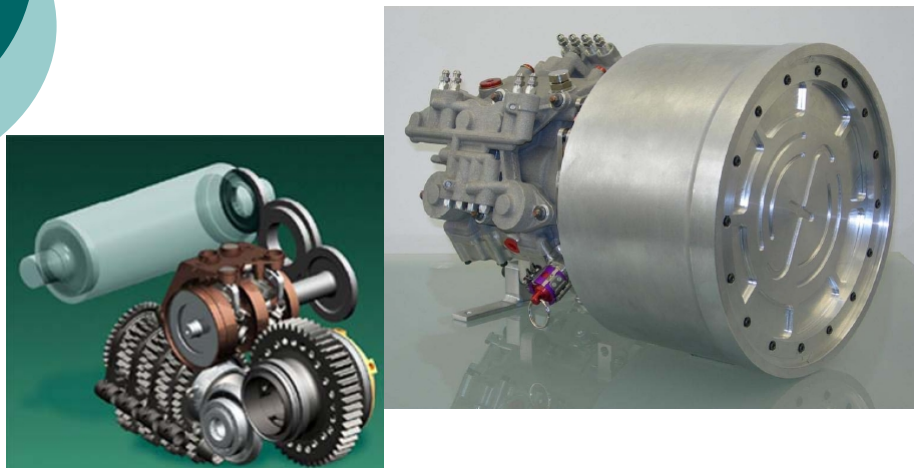


Grafica comparativa del frenado regenerativo y el frenado hidráulico

## Recuperadores mecánicos (KERS)



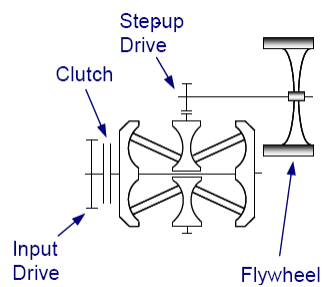
## Configuraciones



## Kinetic Energy Recovery System (KERS)

- full-toroidal variador conectado a un volante de alta velocidad.
- 400 kJ de energía disponible por vuelta

## Configuración seleccionada



## Formula 1

---

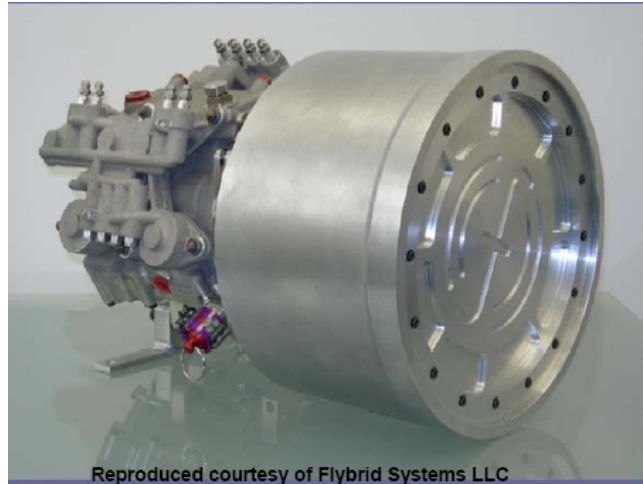
- Flybrid Systems volante de acero con fibra de carbono (llanta).
- Cerca de 5kg.
- Diámetro 200mm ancho 100mm.
- Velocidad del volante operando entre 64.500 y 32250 rpm.

## KERS

---

- Durante la operación la fricción entre el aire y el volante causa pérdidas de eficiencia y el calentamiento del mismo, incluso con potencial para transformar la fibra de carbón cristalizándola.
- Volante encerrado en vacío.
- El sistema completo pesa alrededor de 25kg, incluyendo el volante, la caja y engranajes y la CVT.

## Conjunto completo



## Configuración CVT

- Torotrak
- Sistema de velocidad y torque controlado, para la transferencia de energía al volante.
- Se utilizó el sistema "twin cavity" con "compact lever" sistema de control diseñado por TOROTRAK (full toroidal)

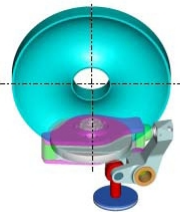
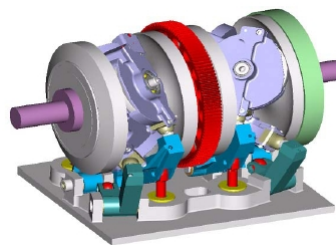


## Especificaciones

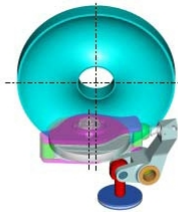
- Ratio spread = 6
- Twin cavity, 3 disc / 6 roller design
- Roller diameter  $\sim 55\text{mm}$
- Disc diameter  $\sim 103\text{mm}$
- Compactness ratio = 1.18
- Lever roller control design
- Disc and roller weight  $\sim 2.7\text{ kg}$
- CVT weight  $\sim 5\text{ kg}$



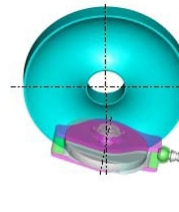
## CVT doble cavidad/6 rodillos



a



b



c

## Variador

---



## Eficiencia

---

- La eficiencia del sistema es superior a los sistemas de conversión eléctrica, por lo que es conveniente para la utilización en híbridos.
- Sistemas basados en baterías requieren un número de conversiones de energía mecánica a eléctrica, AC a DC, DC a química en la batería.
- Debe repetirse el ciclo.
- El resultado es de aproximadamente 31% a 34% de eficiencia por ciclo.

## Comparación

- **Electric Hybrid**
  - Mechanical to electric (29%)
  - AC to DC (9%)
  - DC to chemical (10% + 0.003% per minute)
  - Overall round trip efficiency ~ 34%
- **Mechanical Hybrid**
  - Gear transmission losses (1.5% per gear pair)
  - CVT transmission losses (8%)
  - Parasitic losses due to oil pumps (1 kW)
  - Flywheel storage losses (2% per minute)
  - Overall round trip efficiency ~ 70%
- **Prius Electric Hybrid = 85 kg and large volume**
- **Mechanical Hybrid = ½ weight, ½ the volume, ¼ cost**  
Reproduced courtesy of Flybrid Systems LLC

## Conjunto



CVT variator



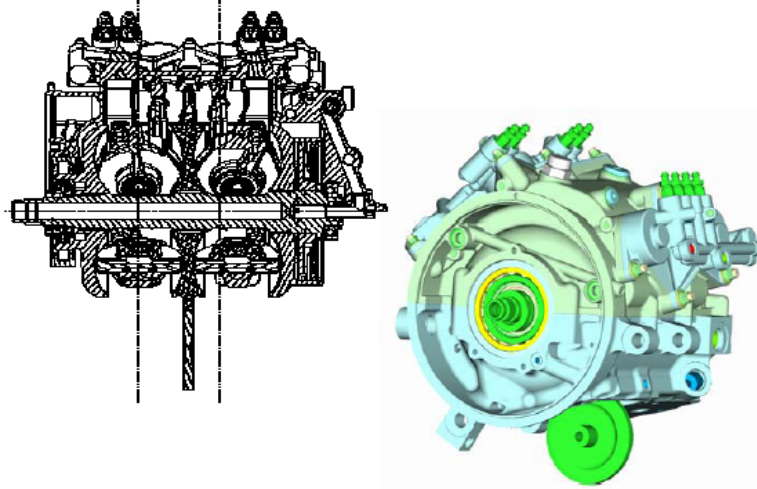
Control system



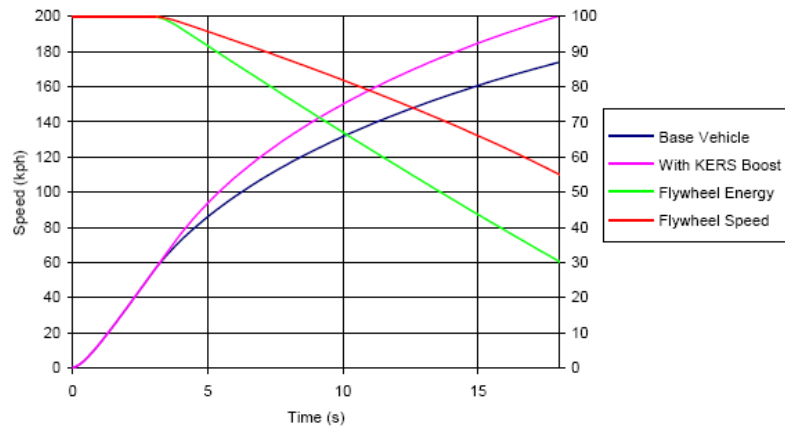
Flywheel

Reproduced courtesy of Flybrid Systems LLC

## Diseño automotriz



## Prestaciones





MUCHAS GRACIAS!!!!

---

dzambrano@uade.edu.ar



Cálculo CVT

---



## Calculo CVT

---

- Cálculo el momento torsor
- Fuerza tangencial
- Modelo matemático de NSK.

$$Mt = \frac{63025 N}{n} = \frac{63025(9.7 Hp)}{1166.67rpm} = 524.01 lb \cdot plg$$

$$Mt = Ft \cdot r \therefore Ft = \frac{Mt}{r} = \frac{524.01 lb \cdot plg}{2.48plg} = 211.29 lb$$

- 
- Modelo matemático de NSK.

$$Mt = T_{in} = n \cdot r_1 \cdot Ft = 2(1.24plg)(211.29lb) = 524.9992lb \cdot plg$$

n = Número de rodamientos de poder utilizados = 2

- 
- calcula la fuerza de carga necesaria en el punto de contacto,
  - coeficientes de fricción máximo de los materiales, que es  $\mu=0.0656$

$$F_t = \mu \cdot F_{cn} \cdot F_{cn} = \frac{F_t}{\mu} = \frac{211.29lb}{0.0656} = 3220.88lb$$