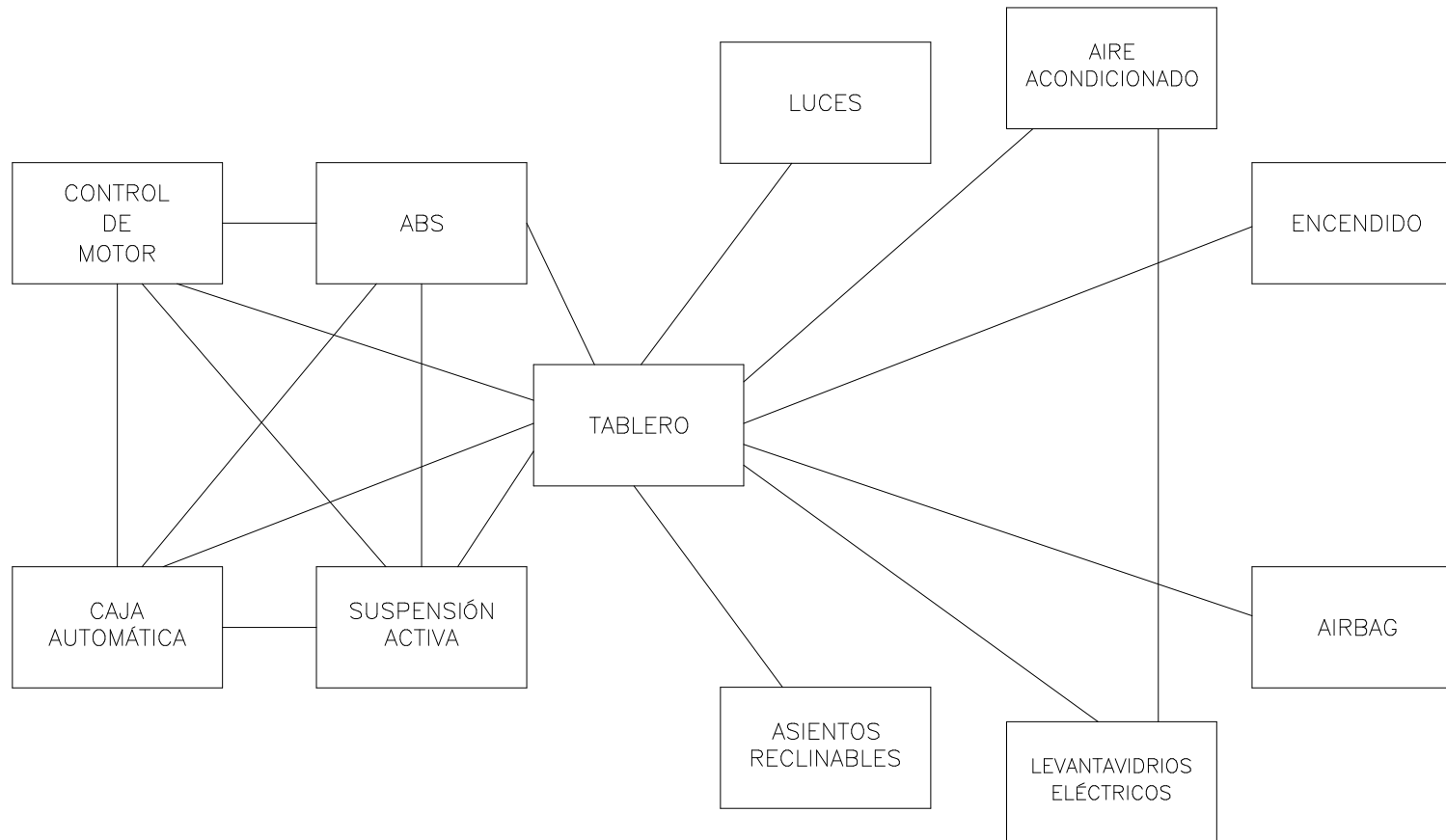
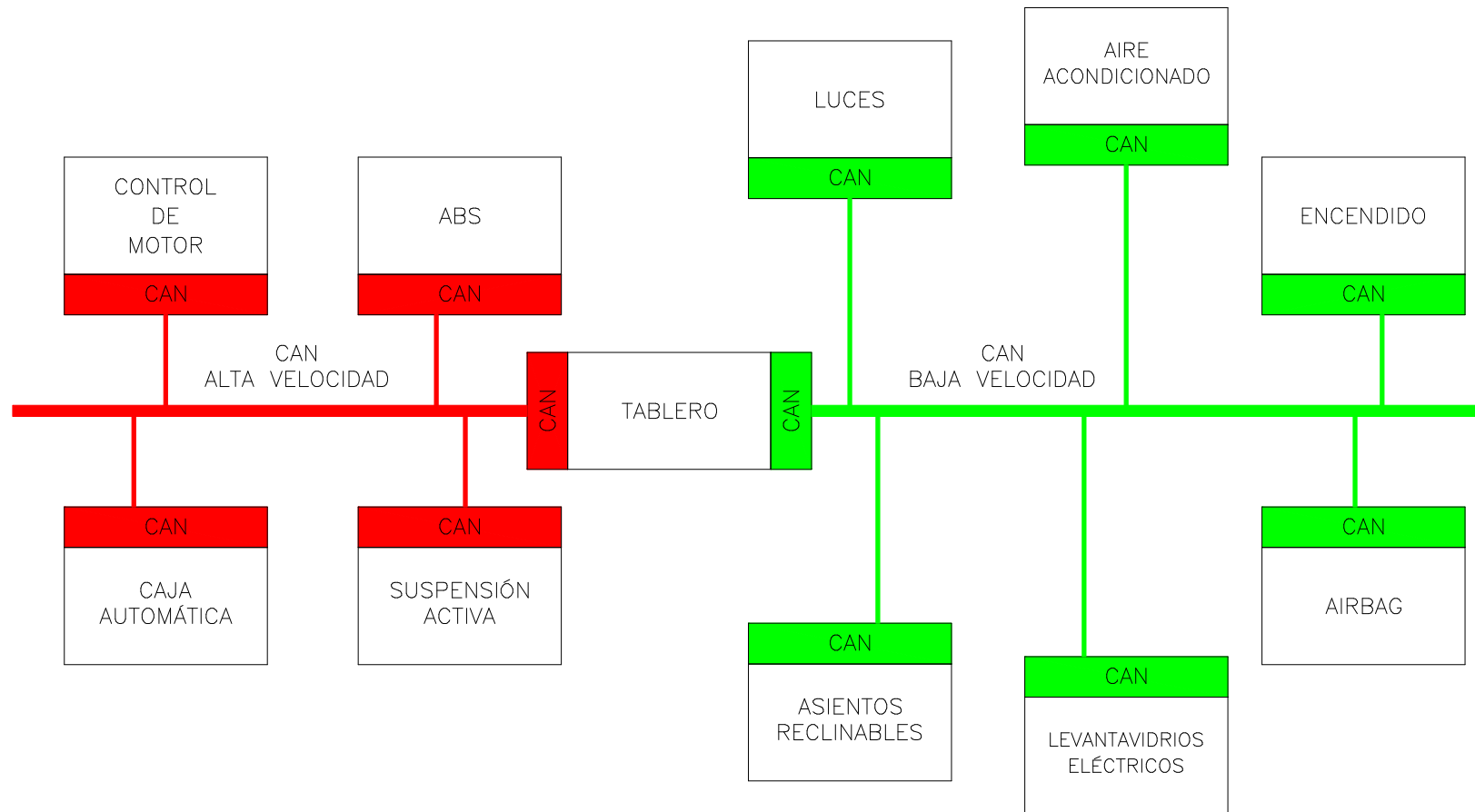






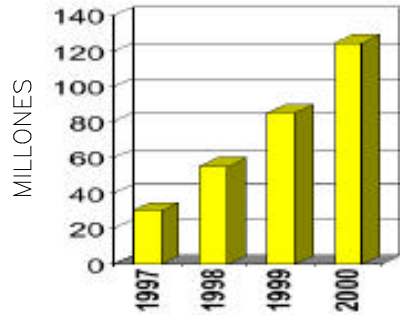
El comienzo del protocolo CAN (CONTROLLER AREA NETWORK)



El comienzo del protocolo CAN



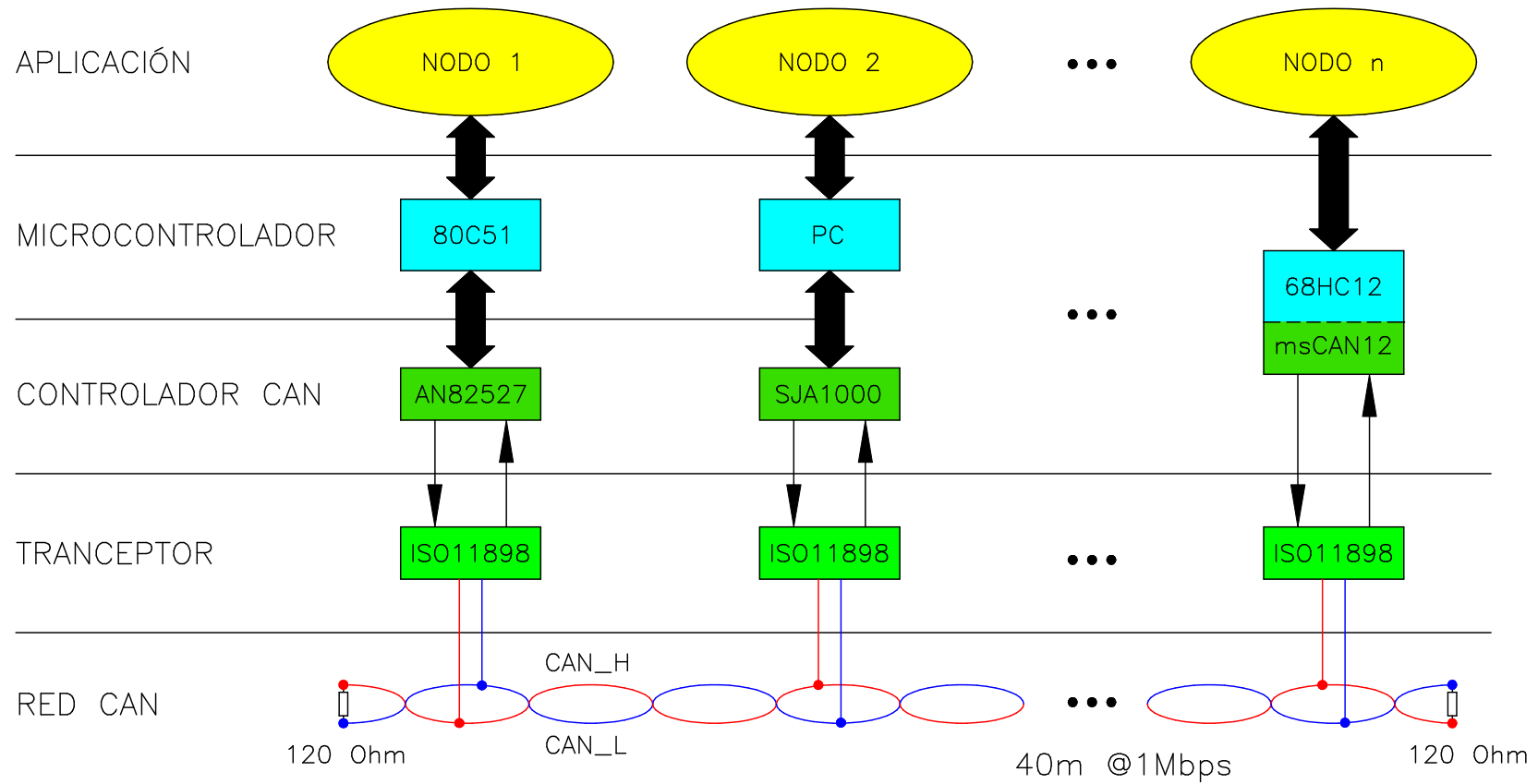
DESCRIPCIÓN GENERAL DE CAN

<h2>ESPECIFICACIÓN</h2>  <p>Especificado por ROBERT BOSCH</p> <p>Cumple Norma ISO/OSI</p> <p>Cumple Norma SAE</p>	<h2>UTILIZACIÓN</h2> <div>  <p>AUTOMÓVILES</p> </div> <div>  <p>MAQUINARIA AGRÍCOLA</p> </div> <div>  <p>CAMIONES</p> </div> <p>SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS</p>										
<h2>MODELO ISO/OSI</h2> <div> <div>CAPA DE APLICACIÓN</div> <div>...</div> <div>CAPA DE ENLACE</div> <div>CAPA FÍSICA</div> </div> <div> <p>CAL, CANopen (CiA) DeviceNet (ODVA) SDS (Honeywell)</p> <p>} CAN</p> </div>	<h2>NODOS INSTALADOS</h2>  <table border="1"> <caption>Nodos instalados (MILLONES)</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Nodos (Millones)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1997</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>1998</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>1999</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>130</td> </tr> </tbody> </table>	Año	Nodos (Millones)	1997	35	1998	60	1999	90	2000	130
Año	Nodos (Millones)										
1997	35										
1998	60										
1999	90										
2000	130										

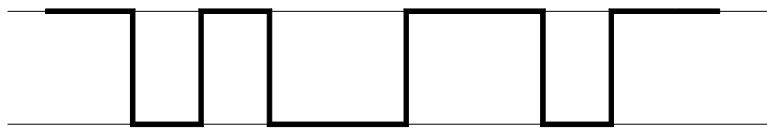
CONCEPTOS BÁSICOS

- Protocolo multi-maestro.
- El número de nodos no esta limitado por el protocolo.
- No se direcciona NODOS. Se identifica MENSAJES y PRIORIDAD.
- Los nodos pueden ser cambiados dinámicamente.
- Sofisticados métodos de detección de errores.
- Codificación NRZ + Bit Stuffing para sincronización.
- Control de acceso al medio CSMA/CR (arbitraje NO DESTRUCTIVO).

Estructura de una red CAN



Estados Lógicos de la red CAN



"1" = bit recesivo

"0" = bit dominante

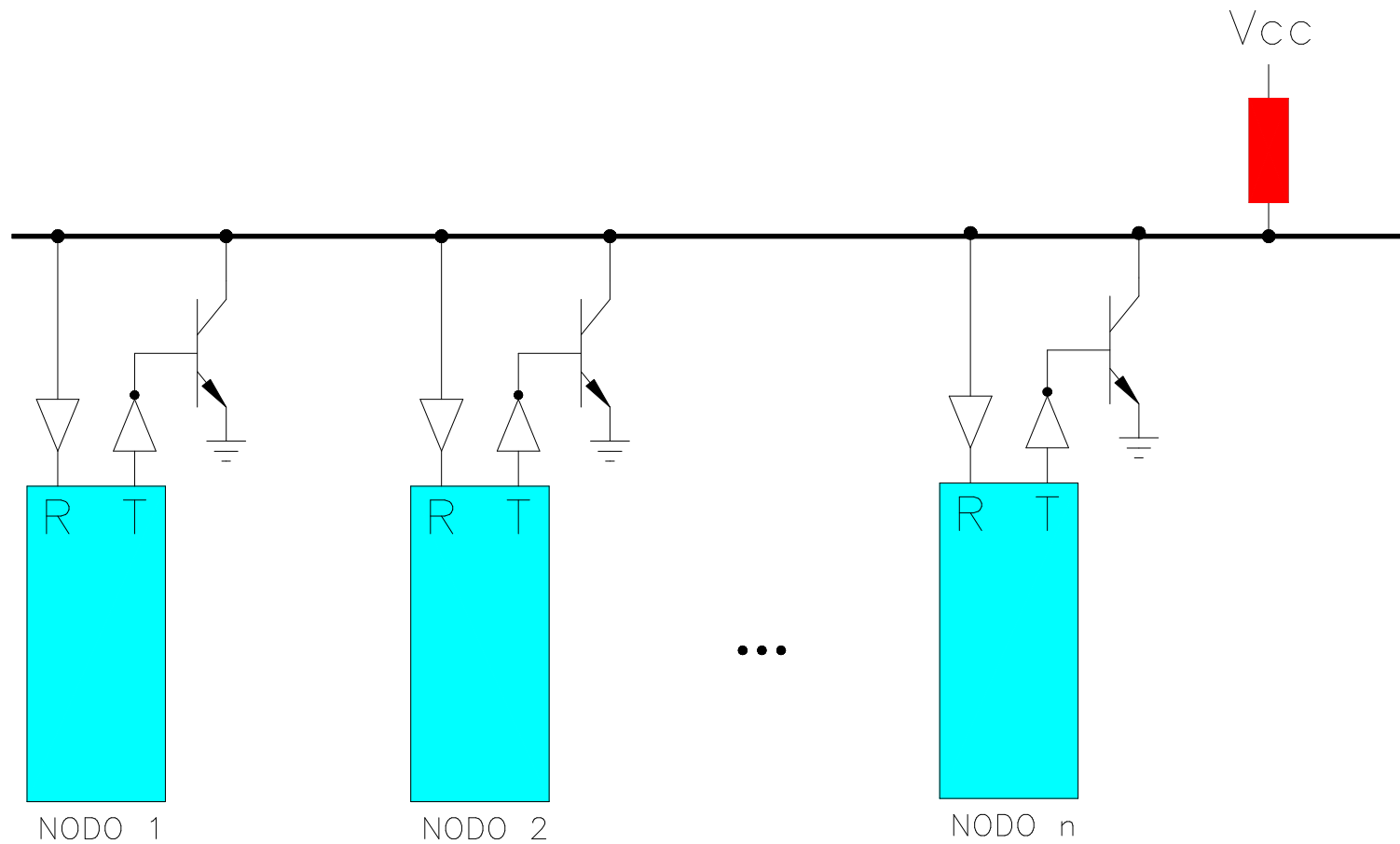
NODO			BUS
1	2	3	
D	D	D	D
D	D	R	D
D	R	D	D
D	R	R	D
R	D	D	D
R	D	R	D
R	R	D	D
R	R	R	R

BUS CAN = COMPUERTA "Y" - CABLEADA

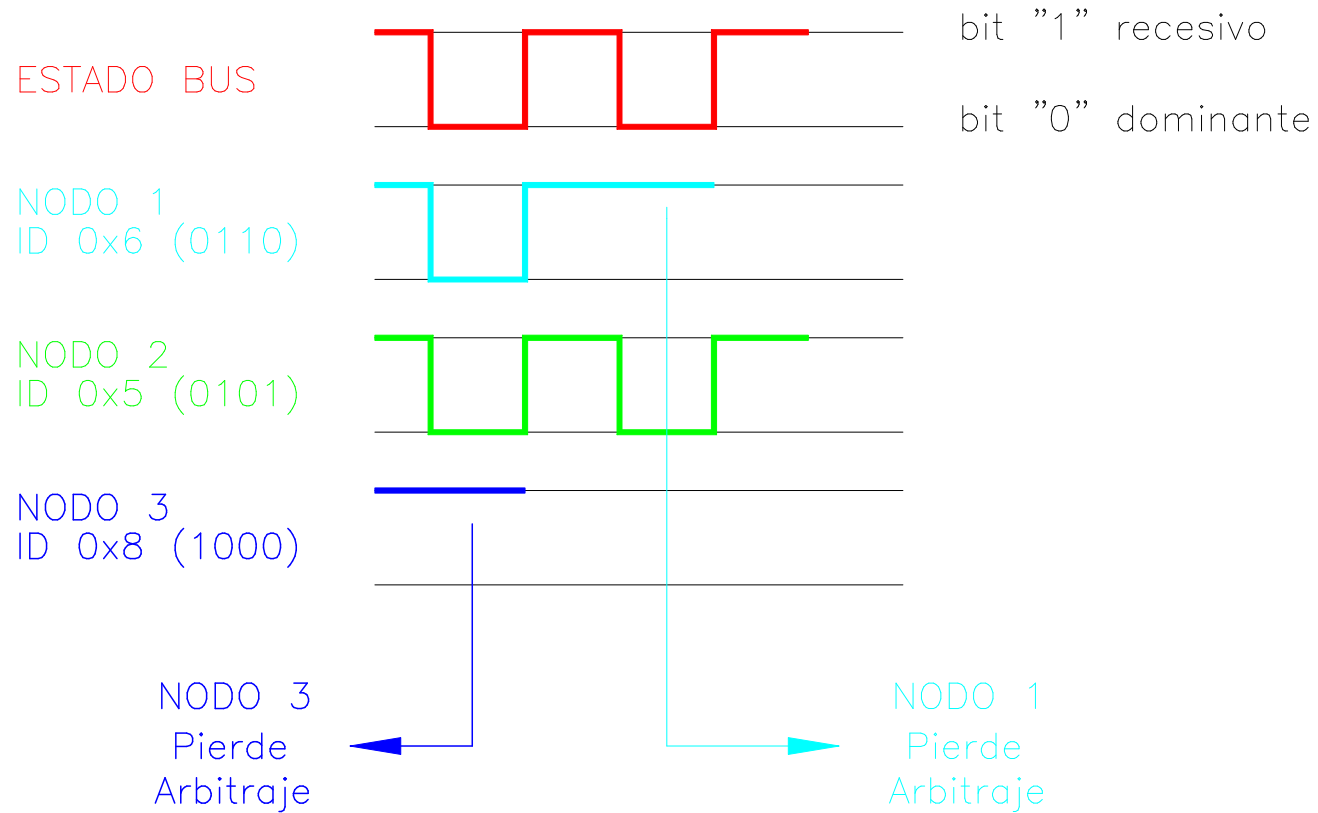
Si sólo un nodo pone su salida dominante ("0")
=> el bus está en estado dominante

-----> Si todos los nodos ponen salida recesiva
=> bus en estado recesivo

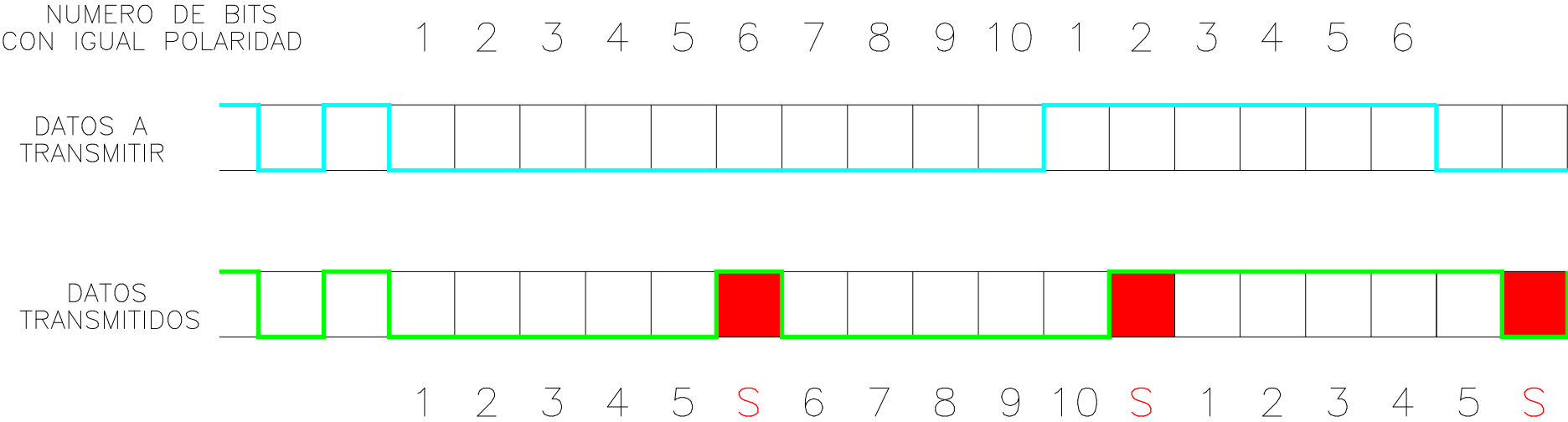
Control de bus de la red CAN



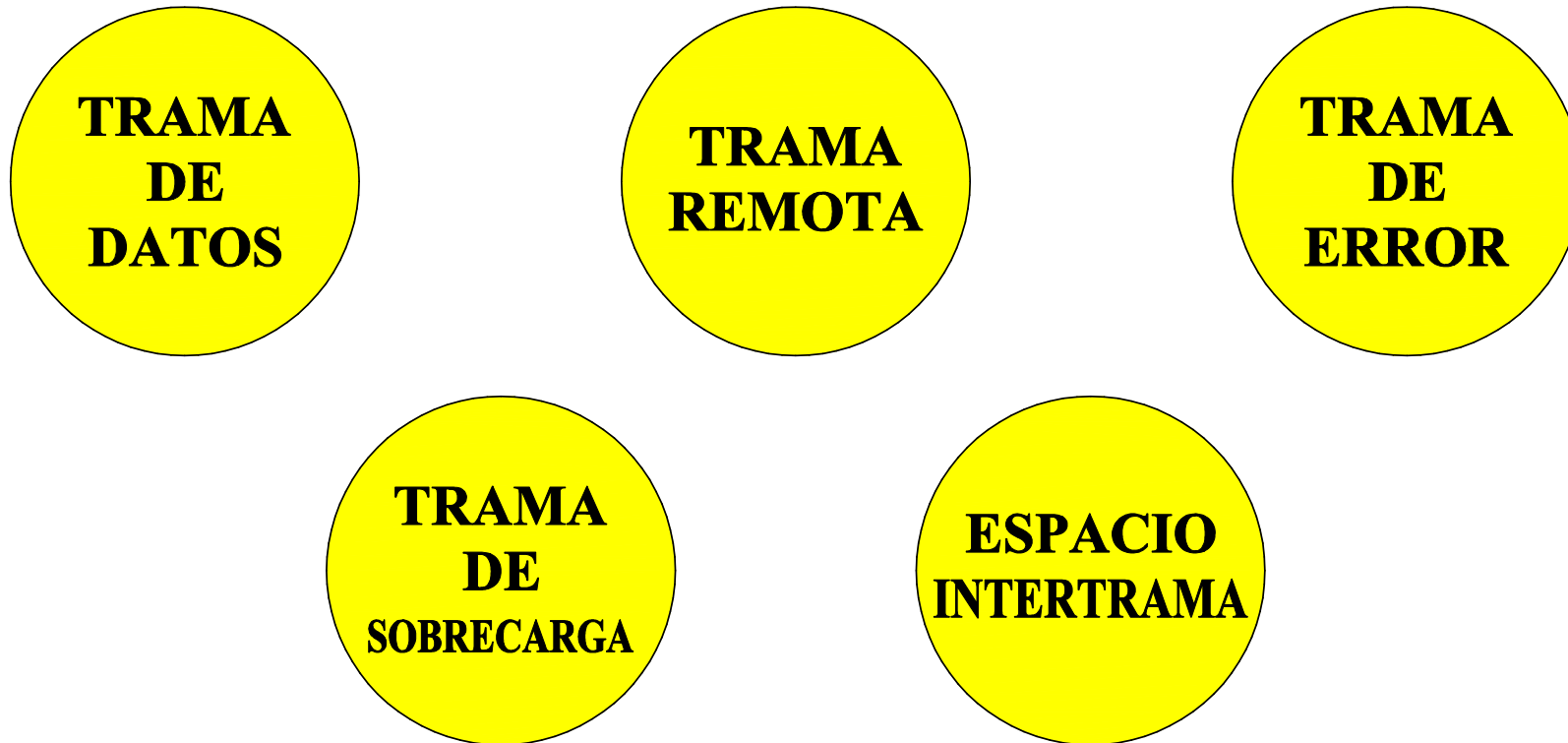
Arbitraje de bus CAN



Bit Stuffing



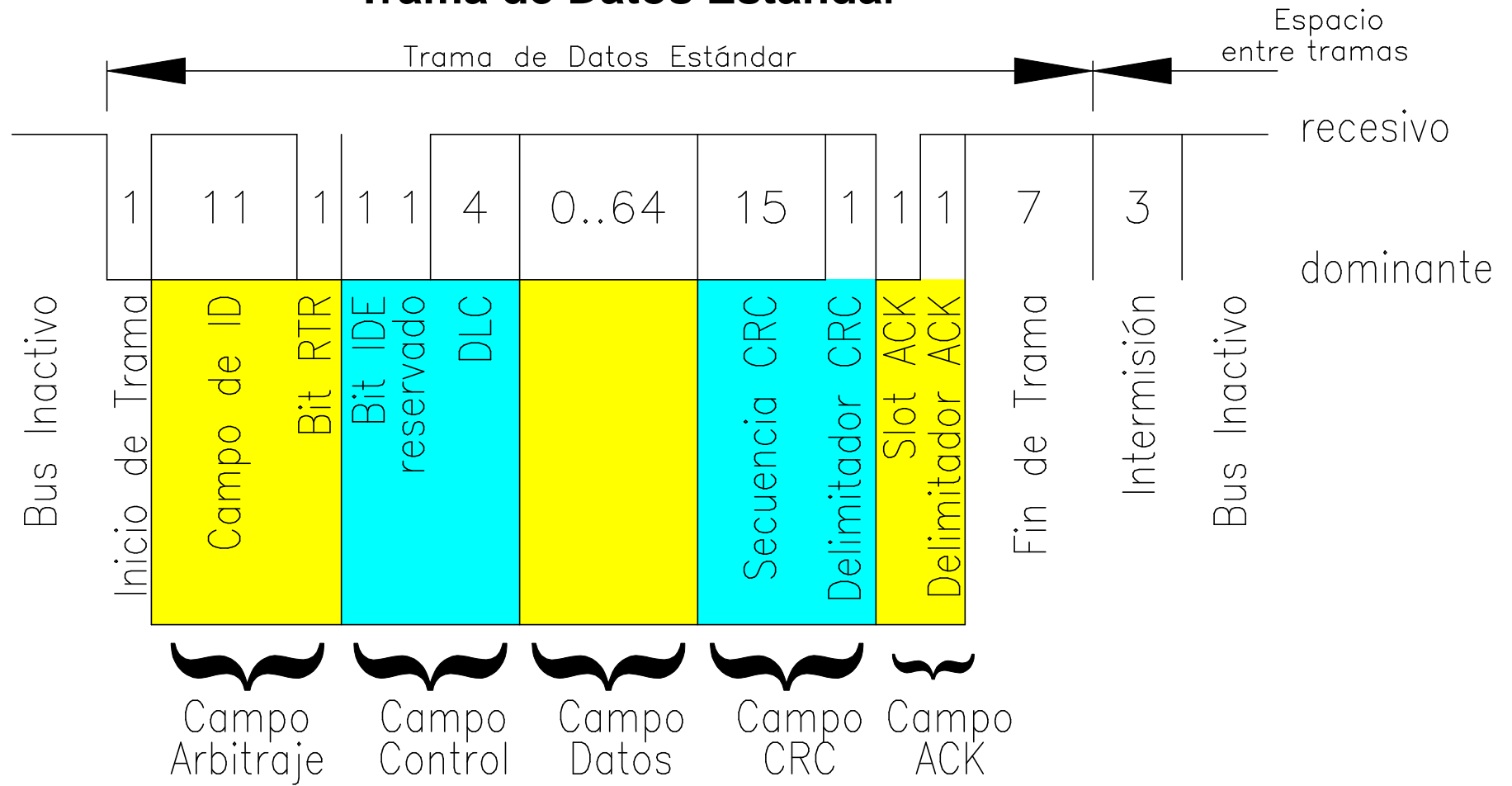
Tipos de Tramas en CAN



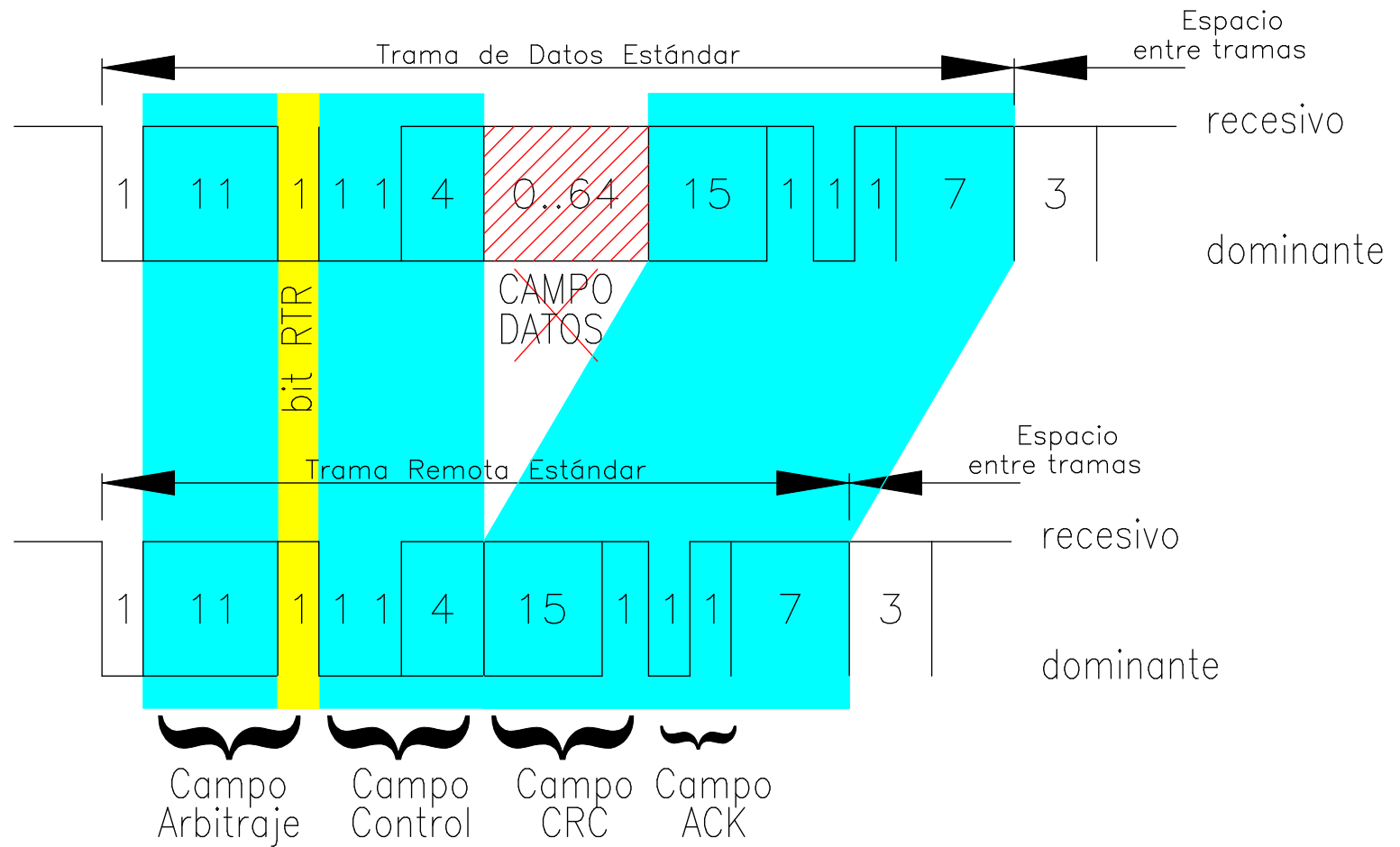
Tipos de Tramas

- DATOS:** Se utiliza para enviar datos de un nodo a otro(s). Es el tipo de trama que más frecuentemente circula en una red CAN.
- REMOTA:** Se utiliza para solicitar una trama de datos con el ID especificado. Esta trama no contiene datos.
- ERROR:** Si un nodo detecta un error en la red, envía una trama de error e invalida la trama en cuestión en todos los nodos. La trama deberá ser retransmitida.
- SOBRECARGA:** La utilizan los nodos para pedir tiempo adicional antes del comienzo de la próxima trama. Un máximo de 2 tramas de sobrecarga pueden ser generadas por un nodo.
- INTERTRAMA:** Es el espacio entre una trama de datos o remota y la precedente. Este espacio es provisto para permitir a los nodos realizar procesamientos internos antes del comienzo de la próxima trama.

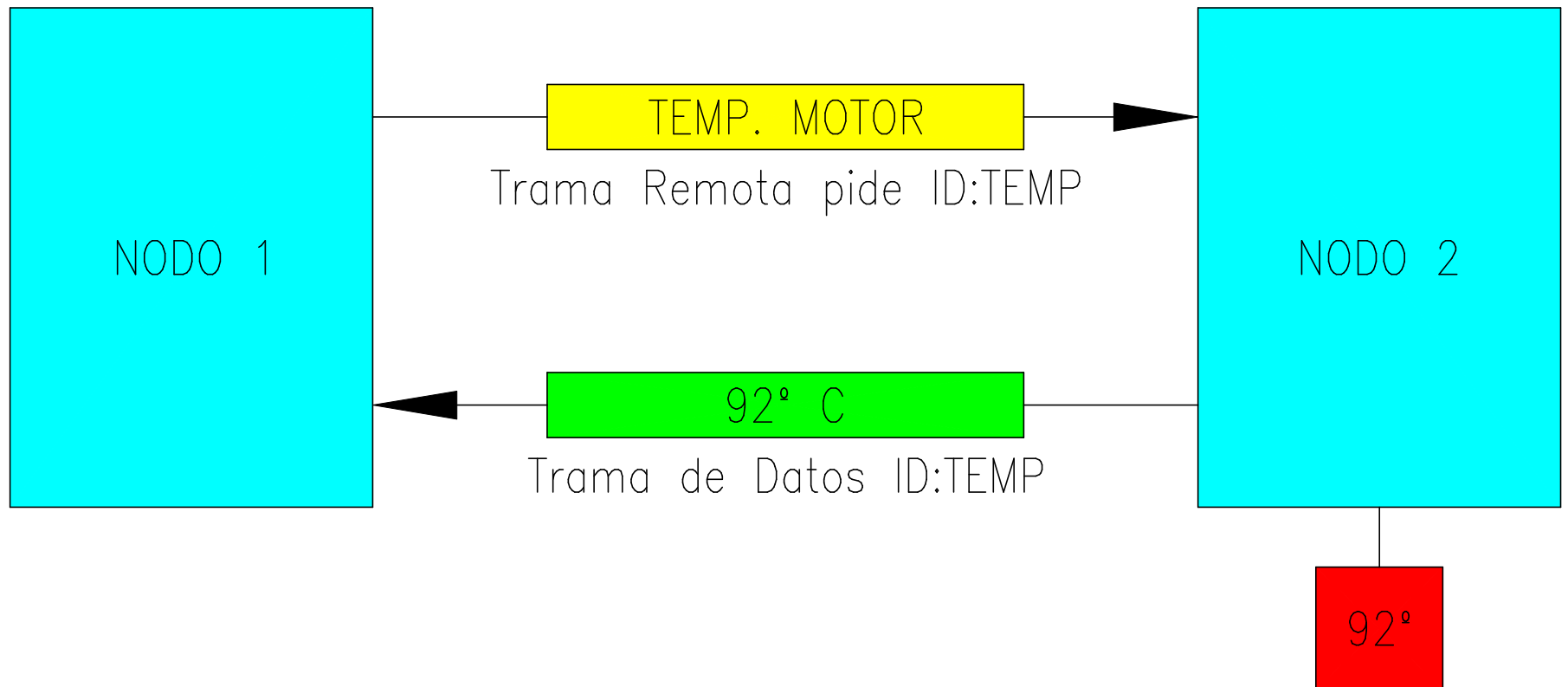
Trama de Datos Estándar



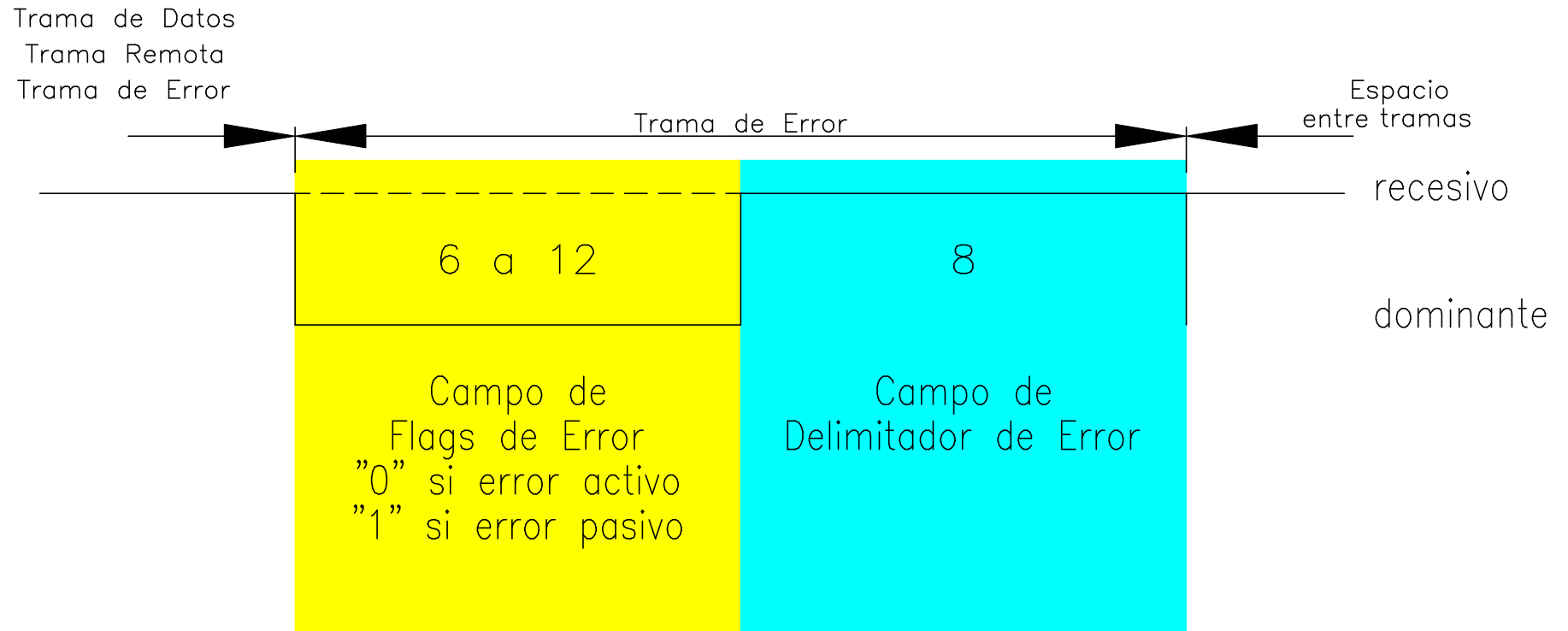
Trama Remota Estándar



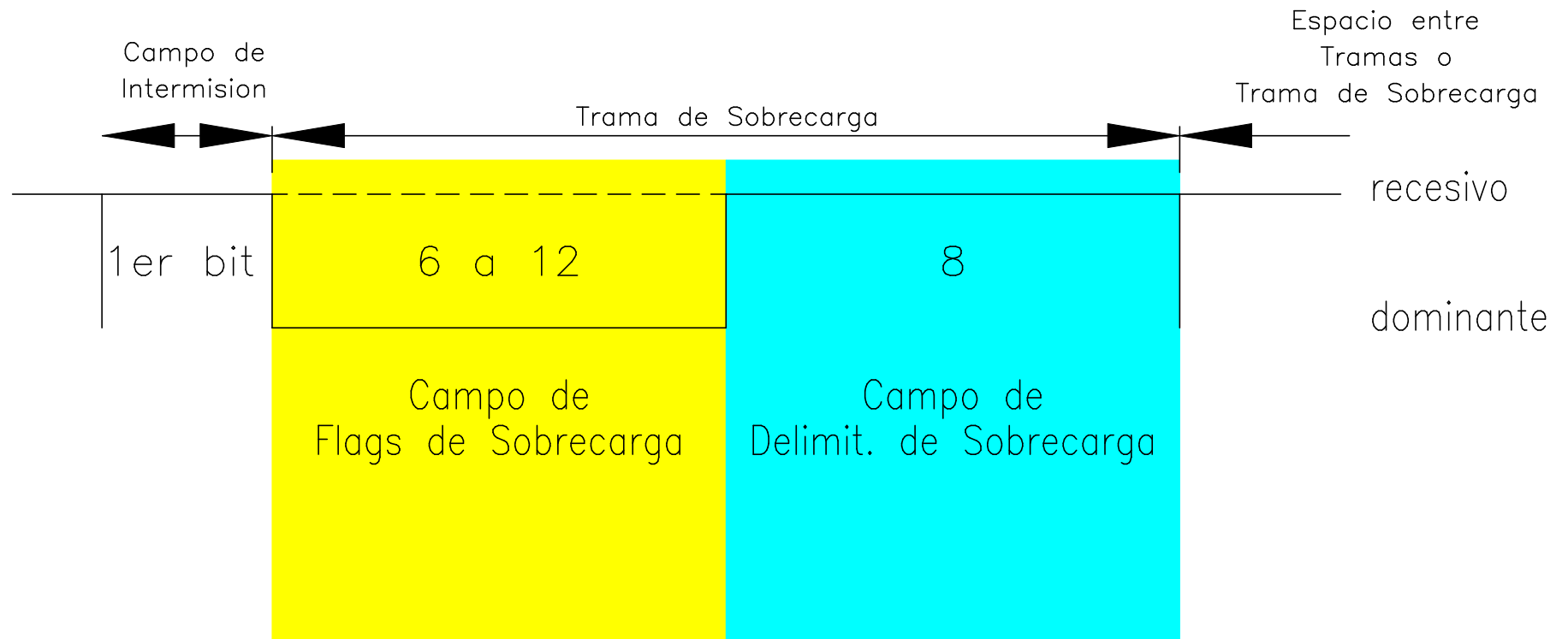
Trama Remota Estándar (ejemplo)



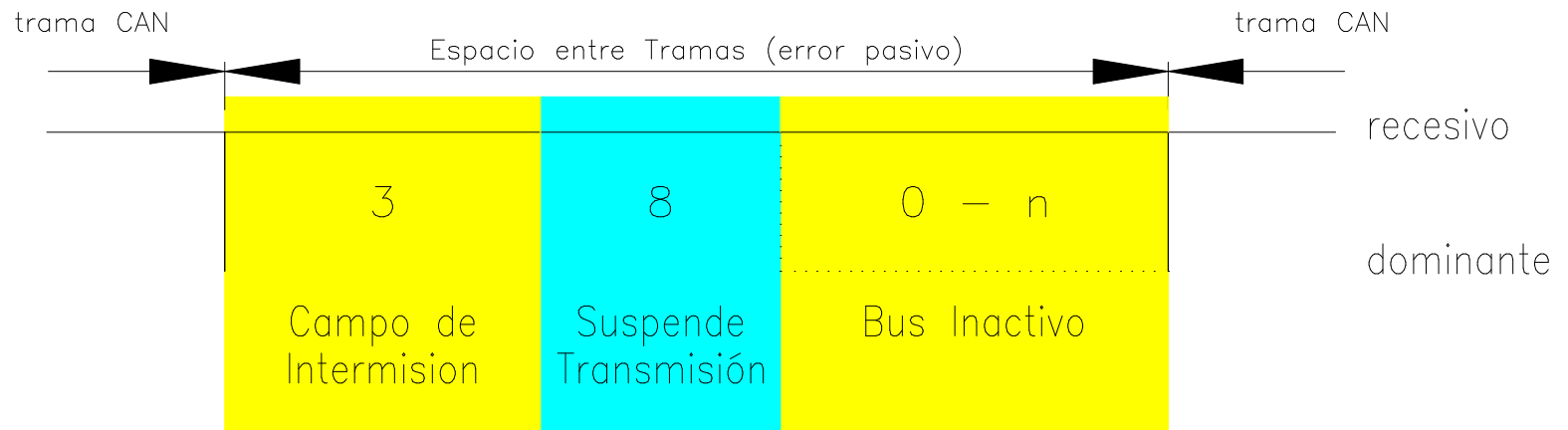
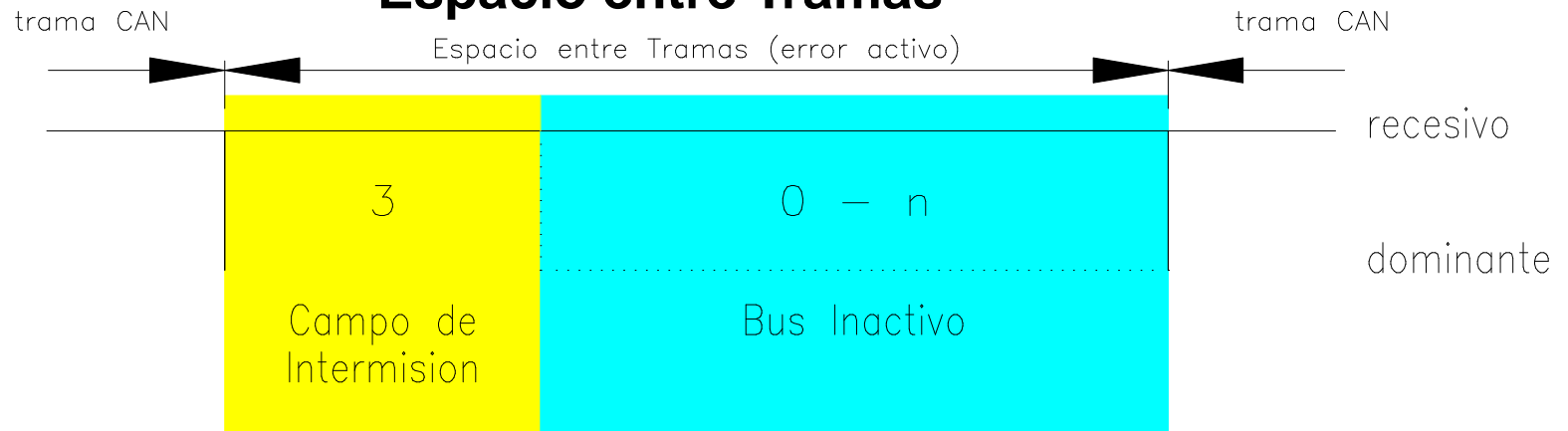
Trama de Error



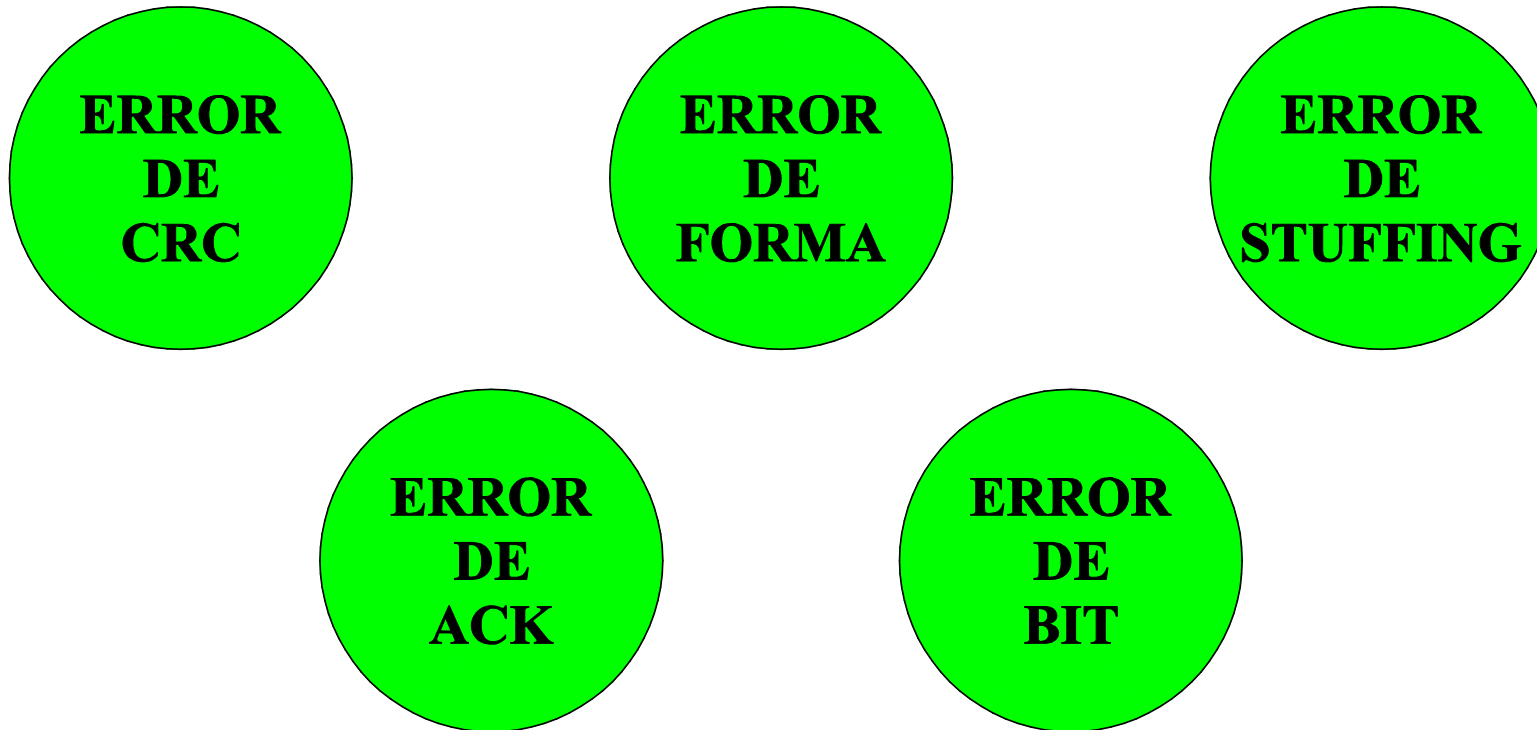
Trama de Sobrecarga



Espacio entre Tramas



Tipo de Errores Detectados



Tipos de Errores

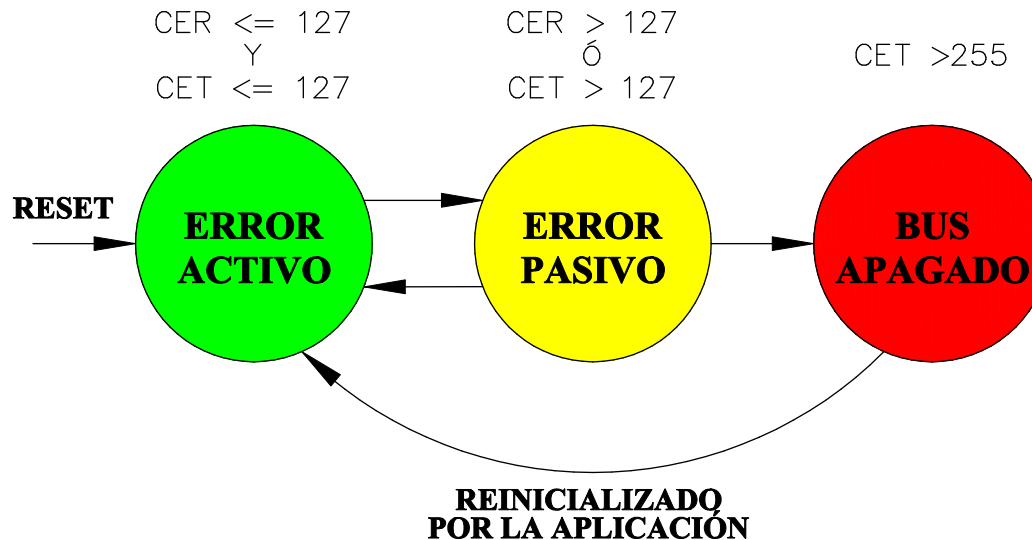
- CRC:** No coinciden el código de redundancia cíclica (CRC) calculado por el transmisor y el calculado por el receptor. El nodo receptor descarta la trama y transmite una trama de error. Sólo realizado por nodo receptor.
- ACK:** Error de reconocimiento, detectado por el transmisor. El transmisor no detecta el reconocimiento en el campo "SLOT ACK", indicando que ningún nodo recibió la trama correctamente. Se produce un error de reconocimiento (ACK) se retransmite la trama, pero NO se genera una trama de error.
- FORMA:** Se produce si se detecta un bit dominante en los siguientes campos:
- Delimitador de CRC.
 - Delimitador de ACK.
 - Fin de trama.
- Se transmite una trama de error.

Tipos de Errores

- BIT:** El bit transmitido es diferente del bit monitoreado. No se realiza en los campos de arbitraje si el bit transmitido es recesivo ni tampoco en el slot de reconocimiento. Se transmite una trama de error y se retransmite la trama. Sólo realizado por nodo transmisor.
- STUFFING:** Se detectan 6 bit consecutivos de igual polaridad entre el comienzo de trama y el delimitador de CRC. Se envía una trama de error.

Confinamiento de Fallas

CER = CONTADOR ERROR DE RECEPCIÓN
CET = CONTADOR ERROR DE TRANSMISIÓN



Durante las comunicaciones CAN, los nodos actualizan sus contadores de errores de transmisión y recepción mediante normas complejas establecidas en la norma CAN. Los contadores se incrementan por detección de errores o se decrementan por transmisiones o recepciones exitosas.

Confinamiento de Fallas (cont.)

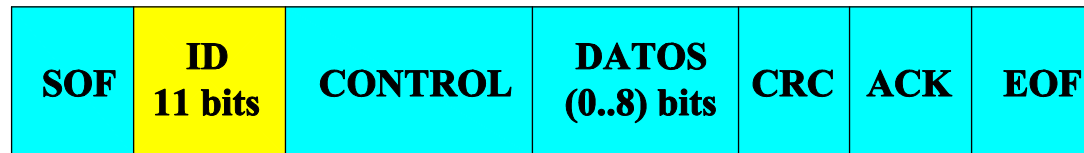
ERROR ACTIVO: Es el estado normal de un nodo. El nodo puede recibir y transmitir mensajes. Además puede enviar tramas de error activas (bits dominantes), lo que le permite destruir mensajes detectados con algún error.

ERROR PASIVO: Si alguno de los contadores pasa el valor de 127, el nodo pasa a modo pasivo. En este modo las tramas de error emitidas son pasivas (bits recesivos), no pudiendo destruir mensajes detectados con algún error.

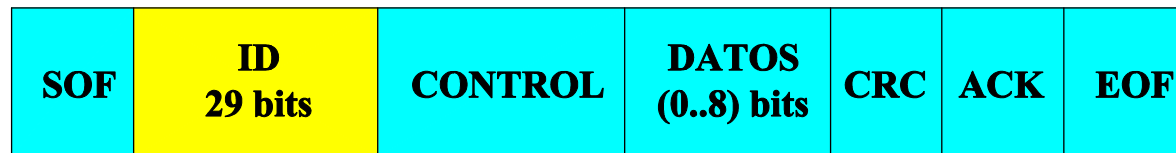
BUS APAGADO: Si el contador de error de transmisión llega a 256, todas las actividades CAN del nodo se detienen, además de liberar el bus (estado recesivo). La única forma de sacar al nodo de este estado es mediante la reinicialización del controlador CAN por la CPU de la aplicación.

Protocolo CAN Extendido

TRAMA ESTÁNDAR



TRAMA EXTENDIDA



ESTÁNDAR: Largo identificador es de 11 bits \Rightarrow 2048 ID's posibles.

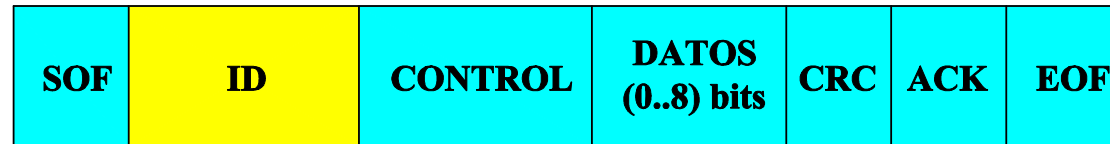
EXTENDIDO: Largo identificador es de 29 bits \Rightarrow más de 536 millones de ID's posibles.

Versiones protocolo CAN

	TRAMA DE 11bits	TRAMA DE 29 bits
MÓDULO CAN V2.0B ACTIVO	Tx/Rx OK	Tx/Rx OK
MÓDULO CAN V2.0B PASIVO	Tx/Rx OK	TOLERADAS (ingnoradas)
MÓDULO CAN V2.0A	Tx/Rx OK	ERROR

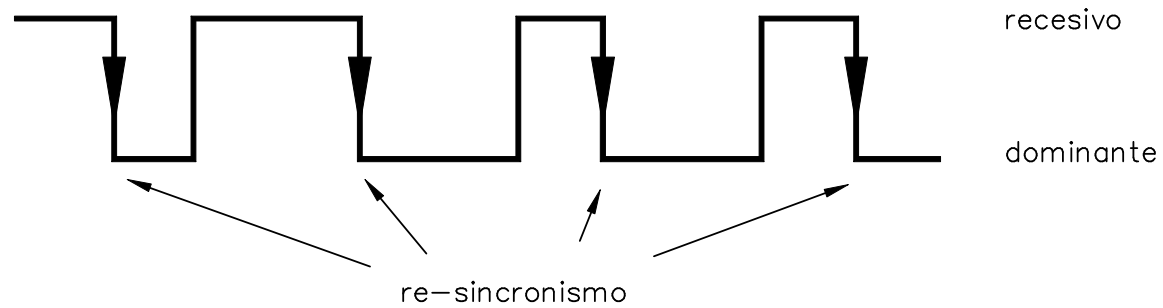
Sincronismo de Nodos

TRAMA CAN



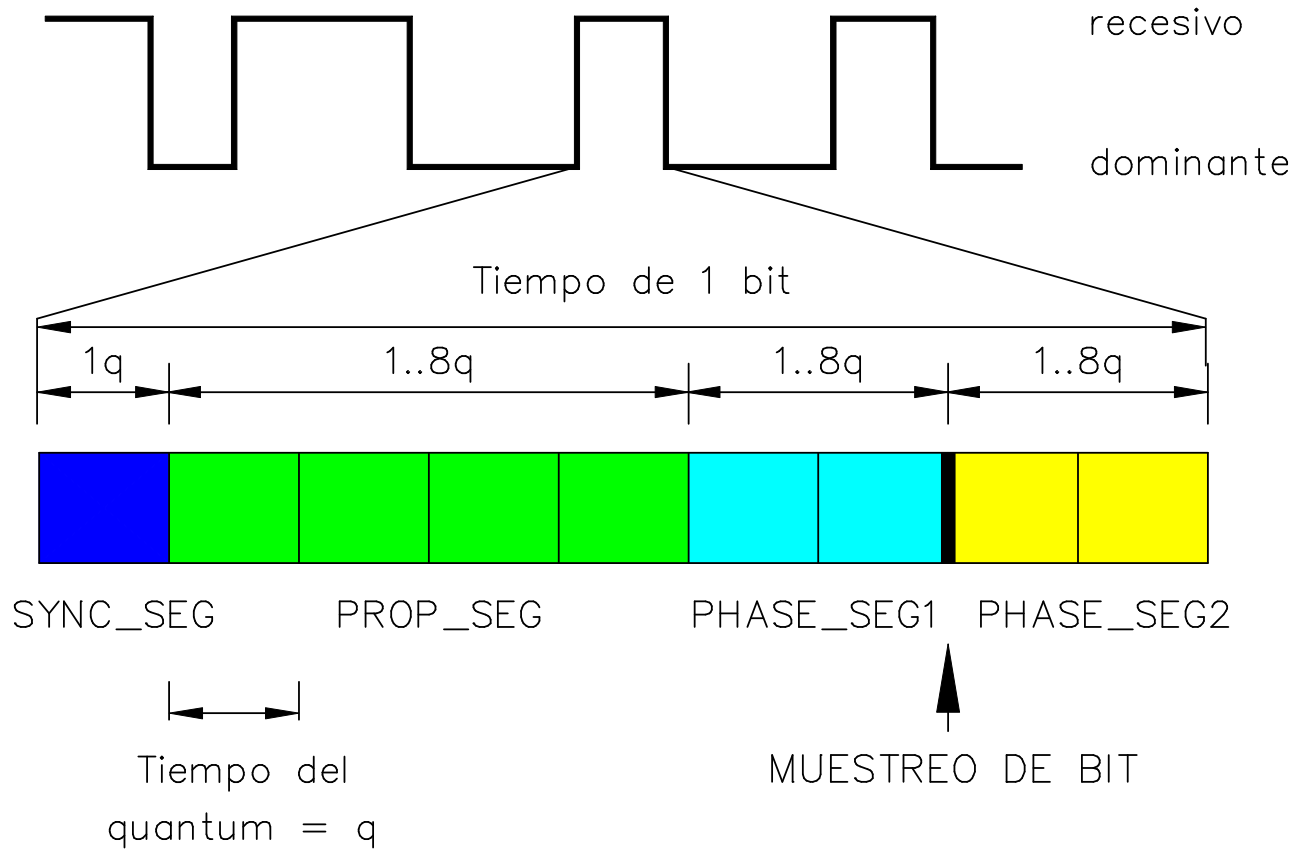
↑ Todos los nodos se sincronizan
en el flanco descendente del bit SOF
(sincronización HARD)

BITS EN LA TRAMA



División del tiempo del bit

BITS EN LA TRAMA



División del tiempo del bit(cont)

- SYNC_SEG:** Tiene una duración de 1 quanta. Si hay una transición en el bit, se espera que sea en este segmento.
- PROP_SEG:** Es utilizado para compensar los tiempos de propagación y los retardos de los dispositivos electrónicos en la red. Su duración se puede programar entre 1 y 8 quantas.
- PHASE_SEG1:** Se utiliza para compensar los errores de fase de los flancos. Su tiempo puede ser de 1 a 8 quantas y se puede estirar en cada re-sincronización. Al finalizar el segmento se muestrea el estado del bit.
- PHASE_SEG2:** También se utiliza para compensar los errores de fase de los flancos. Su tiempo puede variar entre 1 y 8 quantas, pero no debe ser menor al tiempo de "Procesamiento de Información". PHASE_SEG2 se puede achicar en cada re-sincronización.

División del tiempo del bit(cont)

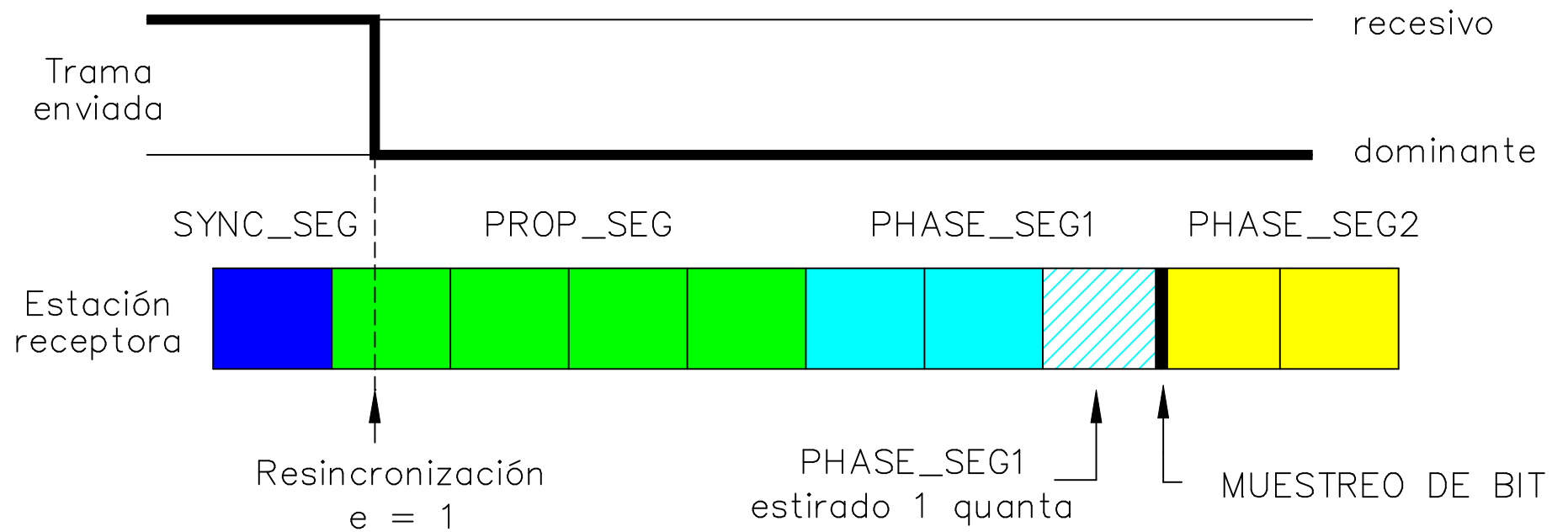
PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN: Es el tiempo necesario para calcular el próximo nivel de bit a partir del punto de muestreo. Es menor o igual a 2 quantas.

RJW: Ancho de salto para re-sincronización, es el tiempo máximo, en quantas, que puede ser estirado PHASE_SEG1 o acortado PHASE_SEG2. Puede programarse entre 1 y $\min(4, \text{PHASE_SEG2})$.

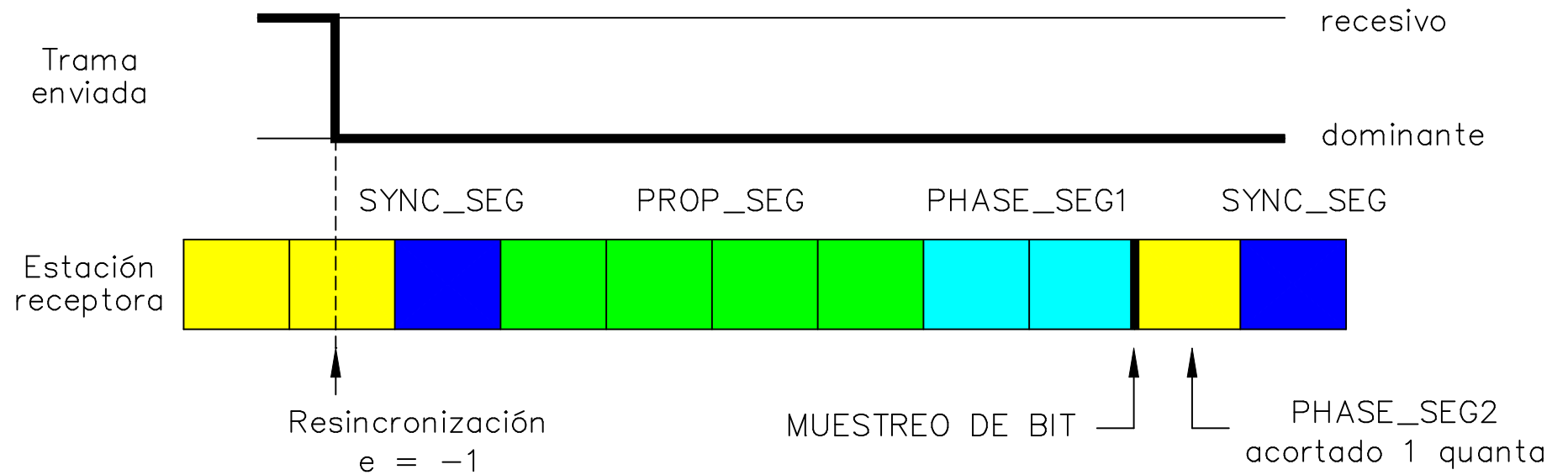
ERROR DE FASE: Es el tiempo, en quantas, del flanco detectado respecto SYNC_SEG:

- $e = 0$: Si el flanco cae dentro de SYNC_SEG.
- $e > 0$: Si el flanco cae después de SYNC_SEG y antes del punto de muestreo.
- $e < 0$: Si el flanco cae después del punto de muestreo del bit anterior.

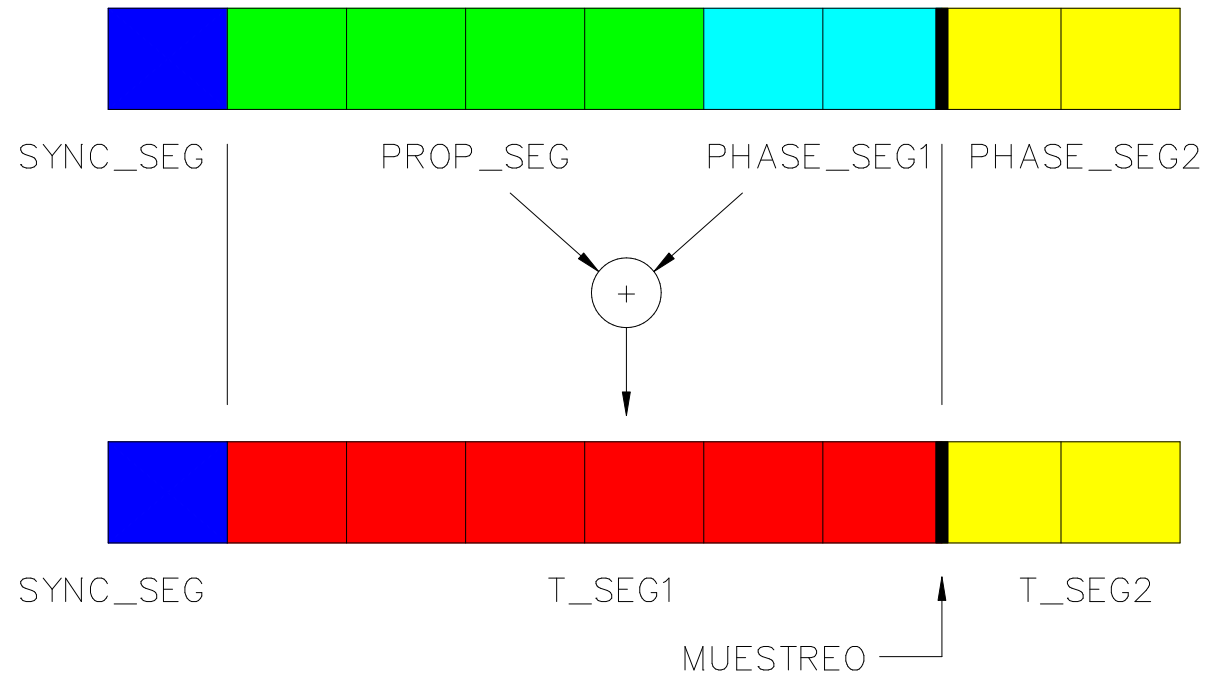
Re-sincronismo. Caso 1



Re-sincronismo. Caso 2



Simplificación de segmentos del Bit

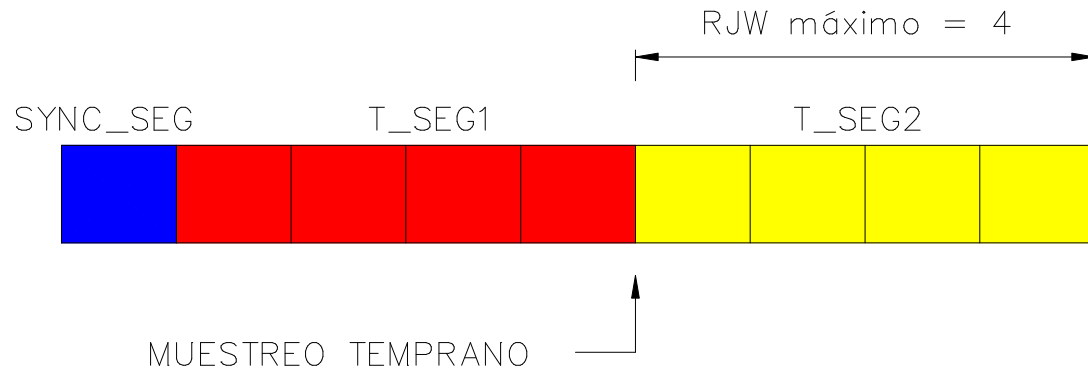


Muchos controladores CAN, para simplificar la programación, combinan los segmentos PROP_SEG y PHASE_SEG1 en un único segmento llamado T_SEG1. En este caso, el segmento PHASE_SEG2 es llamado T_SEG2.

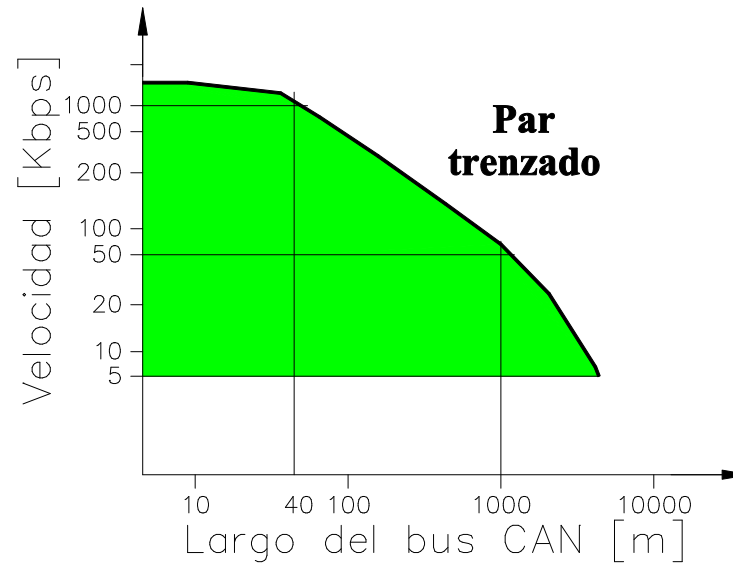
¿Dónde ubicar el punto de muestreo?

- Programar el punto de muestreo permite ajustar las características de la red a nuestras necesidades.
- Un punto de muestreo **temprano** permite aumentar la cantidad de quantas en PHASE_SEG2 y así subir el tiempo de RJW a su máximo de 4. Un RJW de 4 da la máxima capacidad para extender o acortar el tiempo de bit, haciendo la red más robusta a cambios en la frecuencia del cristal permitiendo usar cristales más baratos tales como resonadores cerámicos.
- Un punto de muestreo **tardío** implica más tiempo en el segmento de propagación PROP_SEG, lo que permite un máximo en el largo de la red.

¿Dónde ubicar el punto de muestreo? (cont.)

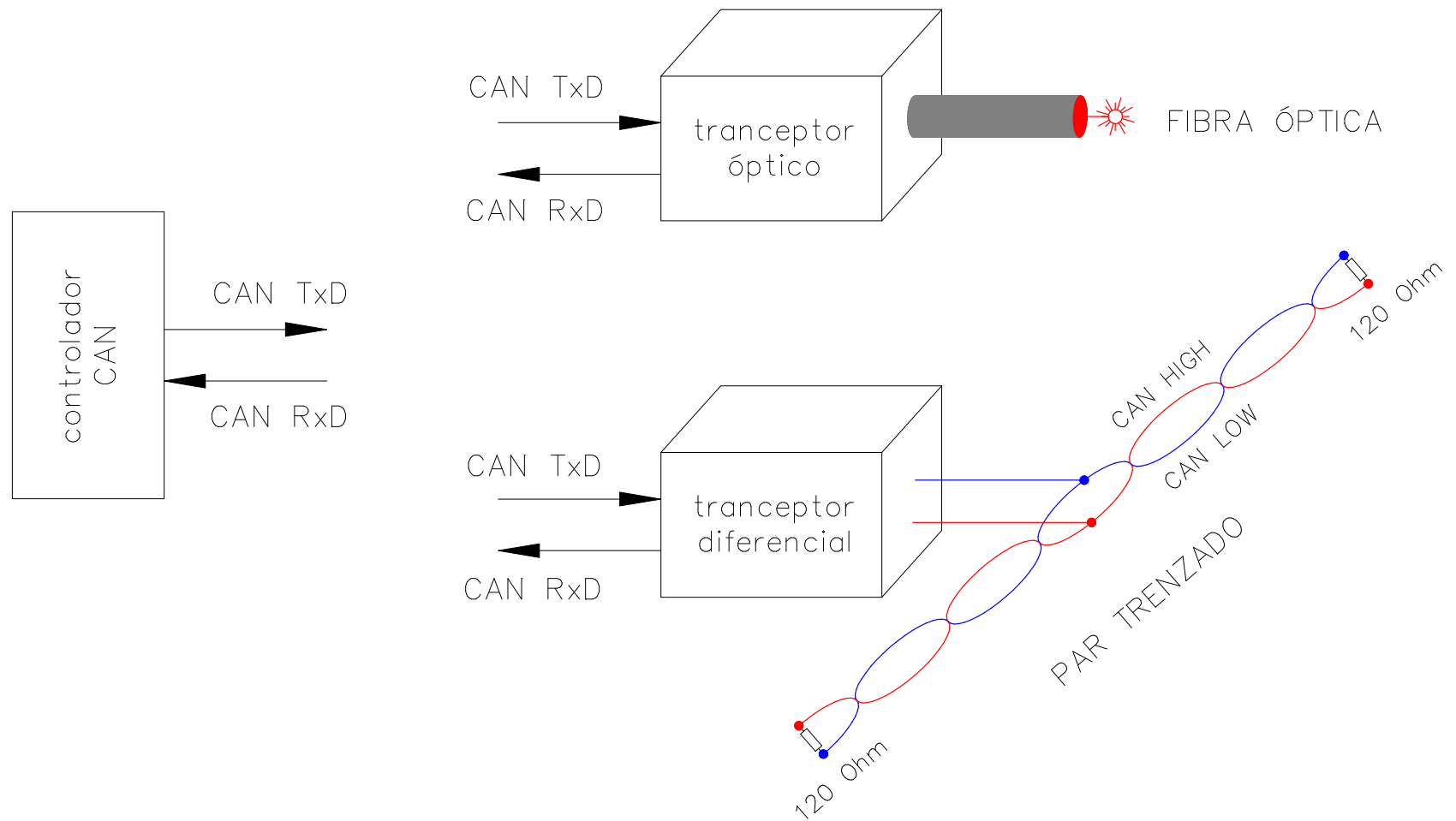


Velocidad de transmisión vs. Largo de la red

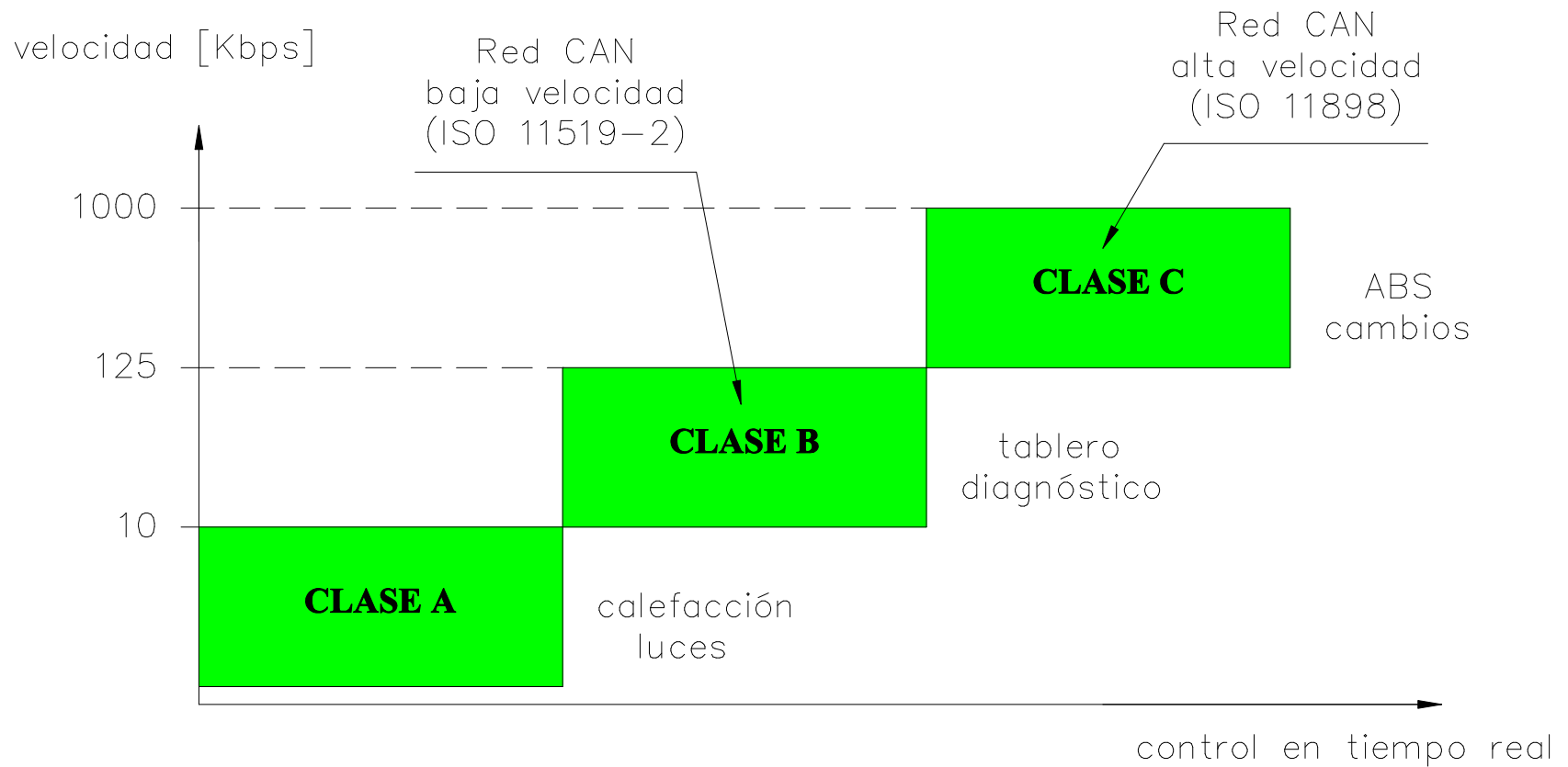


- La velocidad máxima según la norma CAN es 1Mbps que se puede lograr con par trenzado de hasta 40 metros.
- Para redes más largas que 40 metros la velocidad debe ser reducida.
- Un largo de red de 1000 metros trabaja adecuadamente a 50 Kbps.
- Algunos módulos CAN permiten manejar más de 1Mbps.

Medio físico



Estándar Medio físico



Estándar ISO11898

