



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL COMÚN CRDI

DIRECTOR:
Ing. Germán Erazo

AUTORES:
Cristian Morán Vega
Rodrigo Passo Guamangate

Planteamiento del problema

- **El incremento de vehículos con sistemas CRDI.**
- **La falta de personal técnico especializado en estos sistemas.**
- **La necesidad de implementar investigaciones sobre sistemas de activación y control de inyectores de los diferentes sistemas CRDI.**



Objetivo General

Establecer parámetros de activación y control de inyectores CRDI



Objetivos específicos

Determinar parámetros de operación

- **Seleccionar y ensamblar los componentes mecánicos eléctricos y electrónicos.**

Desarrollar pruebas de funcionamiento.

Banco de
inyectores CRDI



Pruebas de
funcionamiento

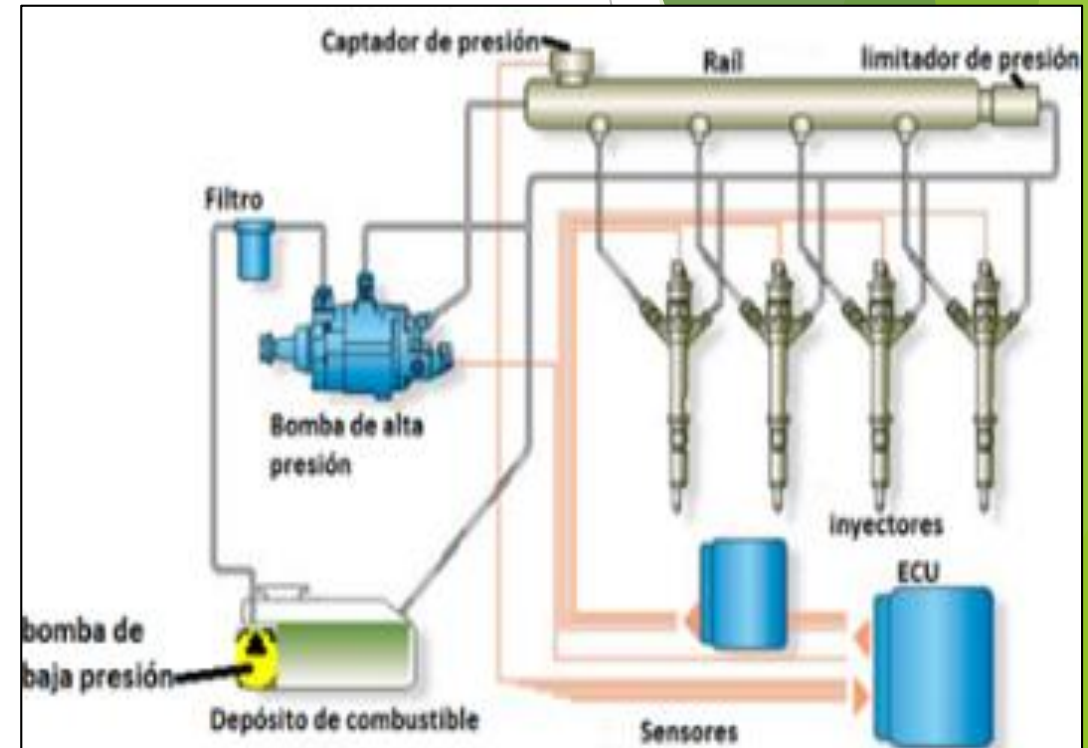


Manual de
usuario

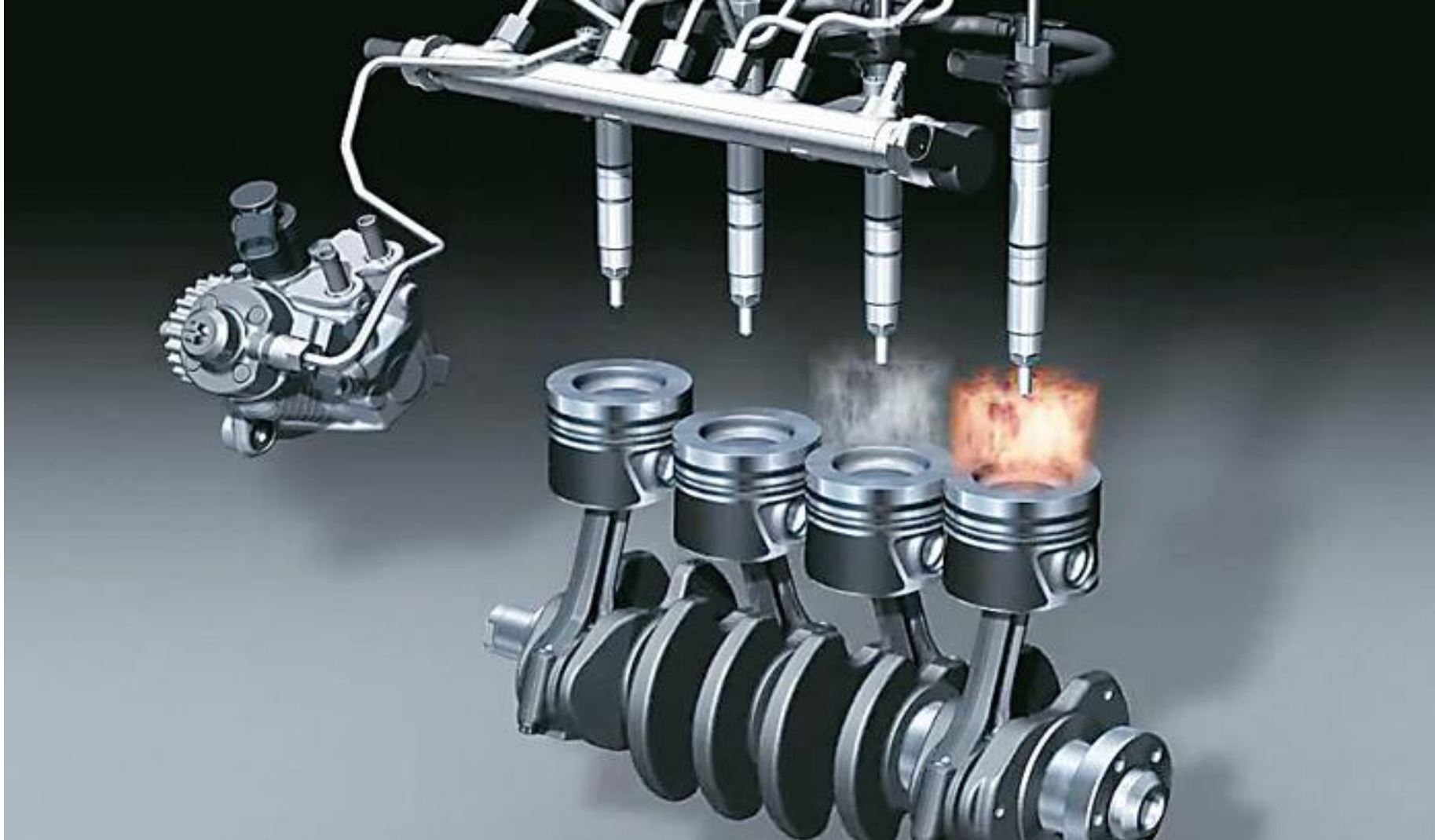
METAS

SISTEMAS DE INYECCIÓN DIRECTA POR CONDUCTO COMÚN CRDI

- ▶ La regulación de presión es independiente de la velocidad del cigüeñal, permitiendo variar, la presión de actuación de inyección vía electrónica.
- ▶ La máxima presión para la pulverización esta disponible, a un régimen de funcionamiento máximo o mínimo.



INYECCIÓN DIRECTA POR CONDUCTO COMÚN



Ventajas

Reducción de ruidos en el motor
PREINYECCIÓN.

Menos emisiones contaminantes
POSTINYECCIÓN.

Mayor potencia y mayor par motor.

Disminución del consumo de combustible.

Marcas del sistema CRDI

DENSO

DELPHI

SIEMENS

BOSCH

Componentes principales



- Unidad de control electrónico ECM
- Bomba de alta presión
- Conducto común
- Sensor de presión
- Válvula de control de presión
- Inyectores



**BOMBA DE
TRANSFERENCIA**



**FILTRO DE
COMBUSTIBLE**



DEPÓSITO

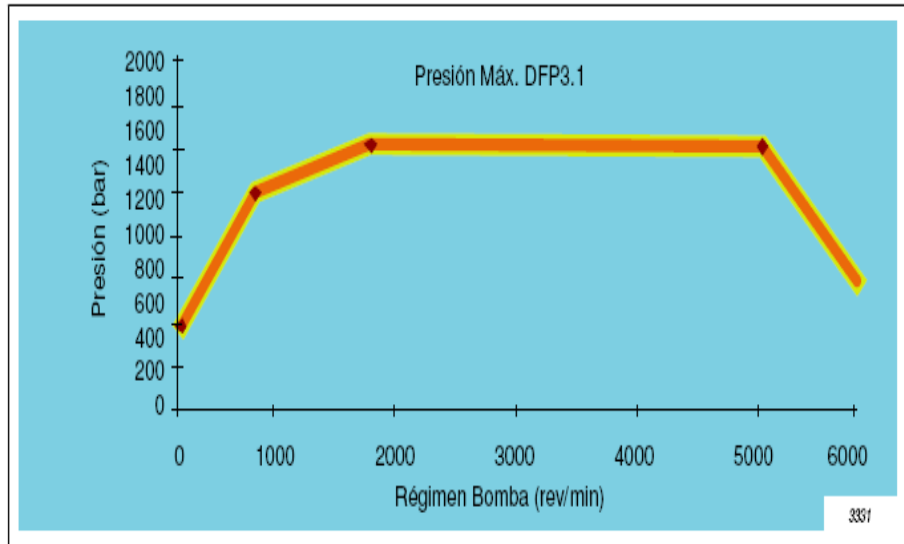


SISTEMA DE BAJA PRESIÓN

SISTEMA DE ALTA PRESIÓN

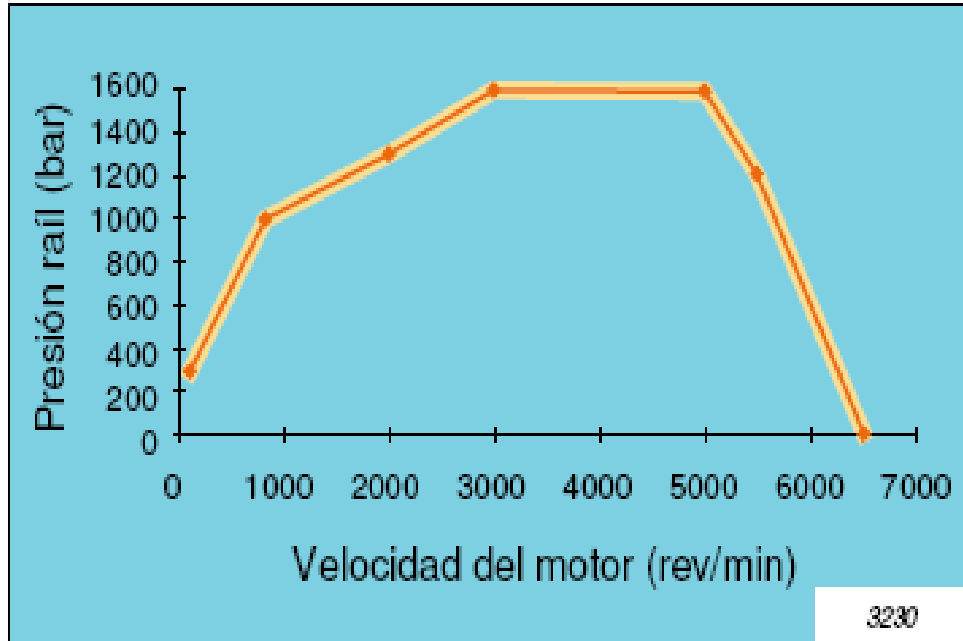


Curva de presión de la bomba



- ▶ La ECU determina el valor de la corriente que hay que enviar a la bobina
- ▶ alcanza la presión solicitada en función de las condiciones de funcionamiento del motor.
- ▶ Cuando la demanda de presión disminuye la corriente aumenta e inversamente

Curva de presión en el riel



ICP: Sensor de control de la presión de inyección

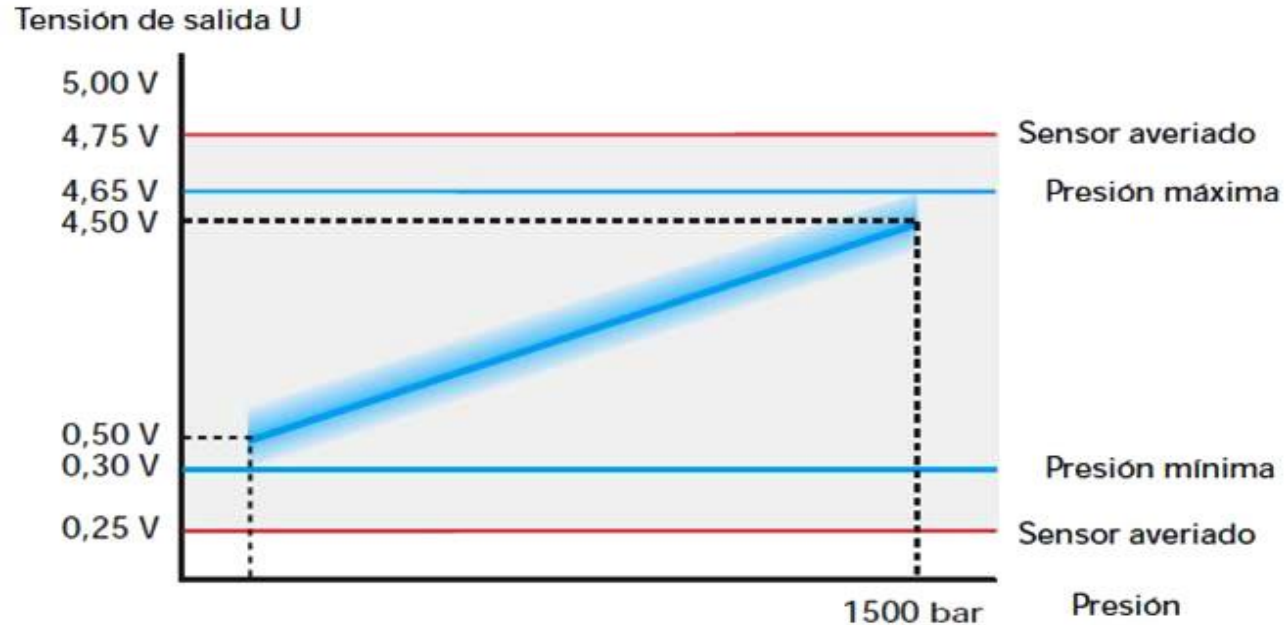
(Injection Pressure Control)

FRP: Sensor de presión en el riel

(Fuel Rail Pressure Sensor)

El tiempo necesario para alcanzar una presión en el riel suficiente para arrancar, depende del volumen del sistema de inyección, el objetivo es poder alcanzar la presión de 200 bar en 1,5 revoluciones

Sensor de presión



Con ignición y motor detenido

- Sistemas Bosch - Delphi - Siemens = 0.5 Volts
- Sistemas Denso = 1 Volt

En condición de arranque

- Sistemas Bosch - Delphi - Siemens cerca de 1Volts
- Sistemas Denso cerca de 1.5 Volt

Válvula reguladora de presión IPR

- ▶ Controla el paso de combustible trabaja sobre el retorno permitiendo que la presión se regule por drenaje del combustible hacia la cañería de retorno. La IPR por lo general es normal abierta, quiere decir que sin energía eléctrica o sin corriente el combustible retorna al tanque.



Válvula de control de succión SCV

- ▶ Regula la cantidad de combustible que pasa a ser comprimida en la etapa de alta presión.
- ▶ La SCV puede ser normal abierta o cerrada, en caso de ser normal abierta la succión es máxima sin circulación de corriente y si es normal cerrada sin corriente no ingresa combustible a la etapa de alta presión



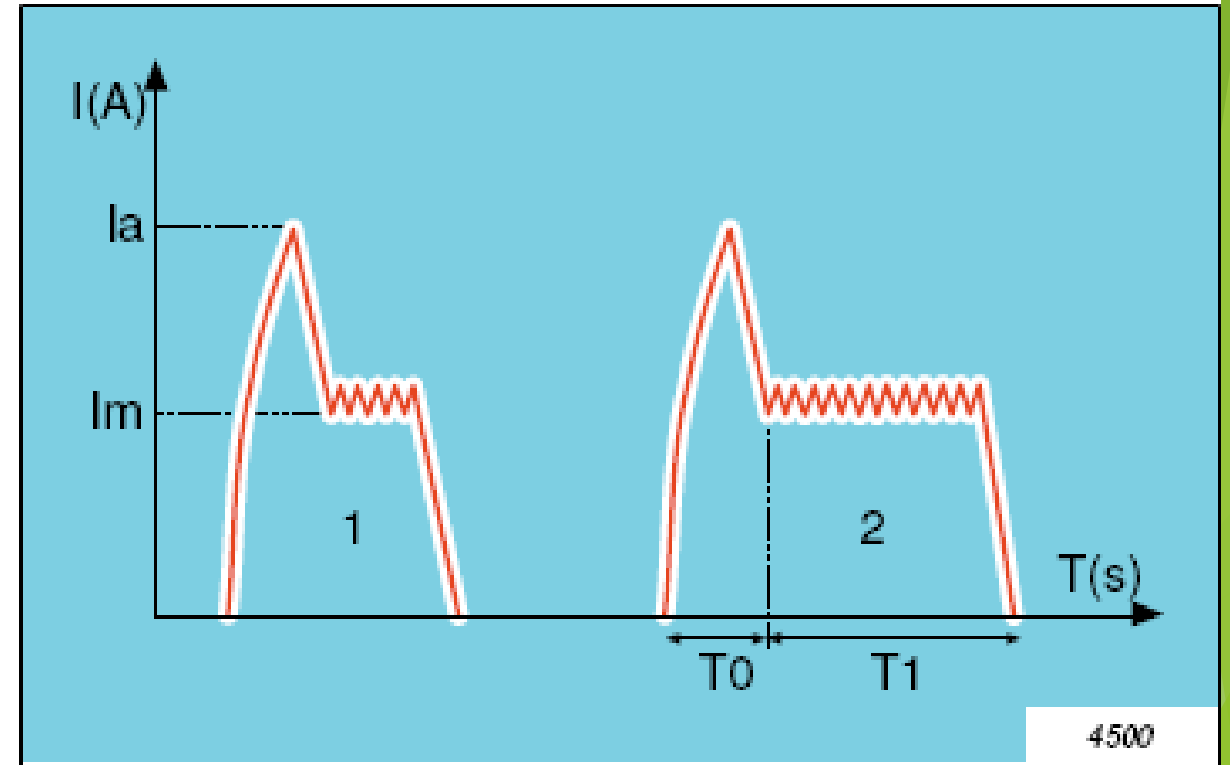
Inyector electromagnético

- ▶ Tienen una arandela estanqueizante de cobre que permite la estanqueidad a la cámara de combustión.
- ▶ El momento de inyección se controla con el sistema de ángulo tiempo de la regulación electrónica diesel, dos sensores se precisan uno está ubicado en el cigüeñal y otro en el árbol de levas, para la identificación de cilindros”.
- ▶ Presentan una inyección previa e inyecciones múltiples



Control de los inyectores

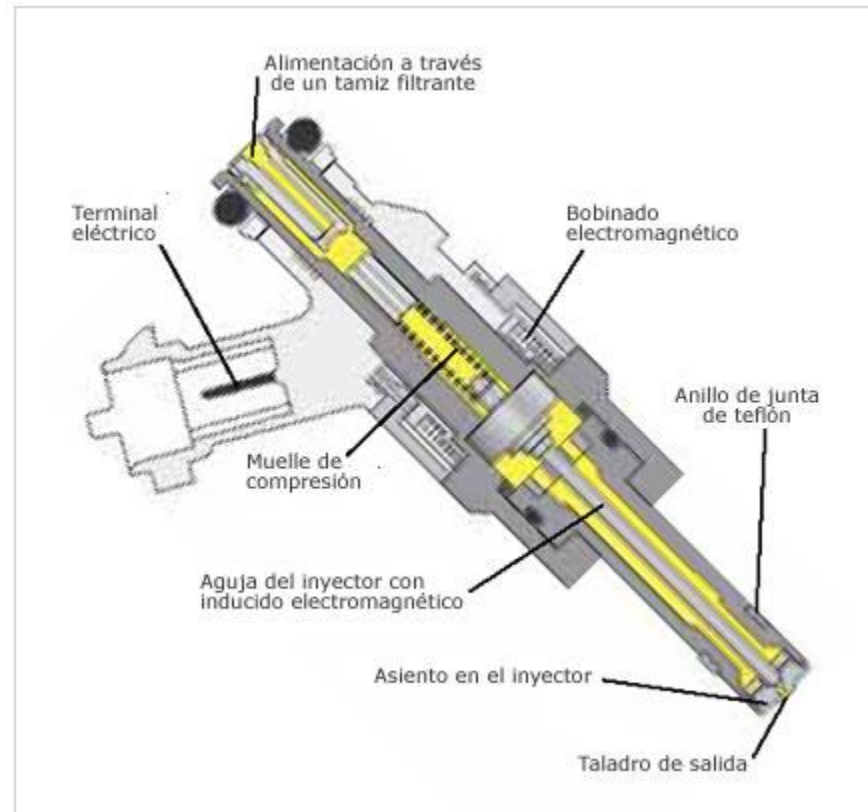
1	Inyección piloto	I_m	Corriente de mantenimiento
2	Inyección principal	T_0	Duración de la corriente de activación
I_a	Corriente de activación	T_1	Duración de la corriente de mantenimiento



Etapa de control de alta presión

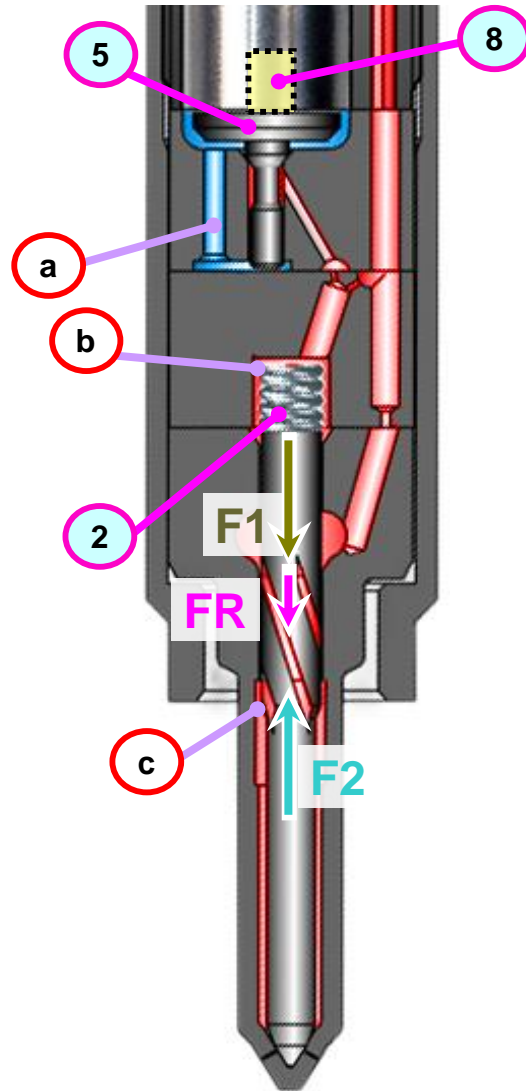
- ▶ Se divide en cuatro estados de servicio las cual el combustible es conducido desde la bomba de alta presión a través de un conducto de alimentación hacia el inyector estas cuatro etapas son:

- Inyector cerrado
- Apertura del inyector
- Inyector totalmente abierto
- Cierre del inyector



Motor en funcionamiento / inyector no comandado

Funcionamiento



La aguja de inyector está sometida a tres esfuerzos:

F1 = Esfuerzo ejercido por la presión que reina en el volumen de mando.

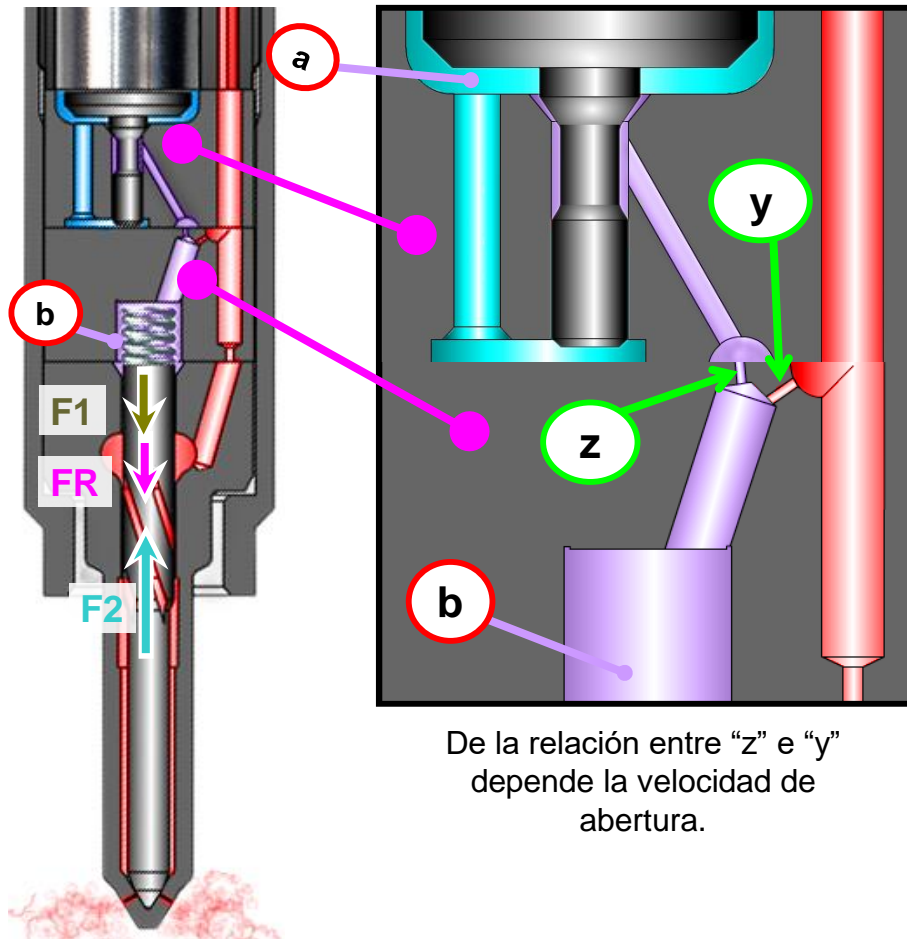
F2 = Esfuerzo ejercido sobre la sección del agujero de inyector.

FR = Calibrado del resorte de retorno de la aguja de inyector.

$F2 < F1 + FR$ entonces Inyector cerrado

Motor en funcionamiento / inyector comandado

En el momento oportuno, el calculador alimenta la electroválvula que, ayudada hidráulicamente, levanta la válvula.

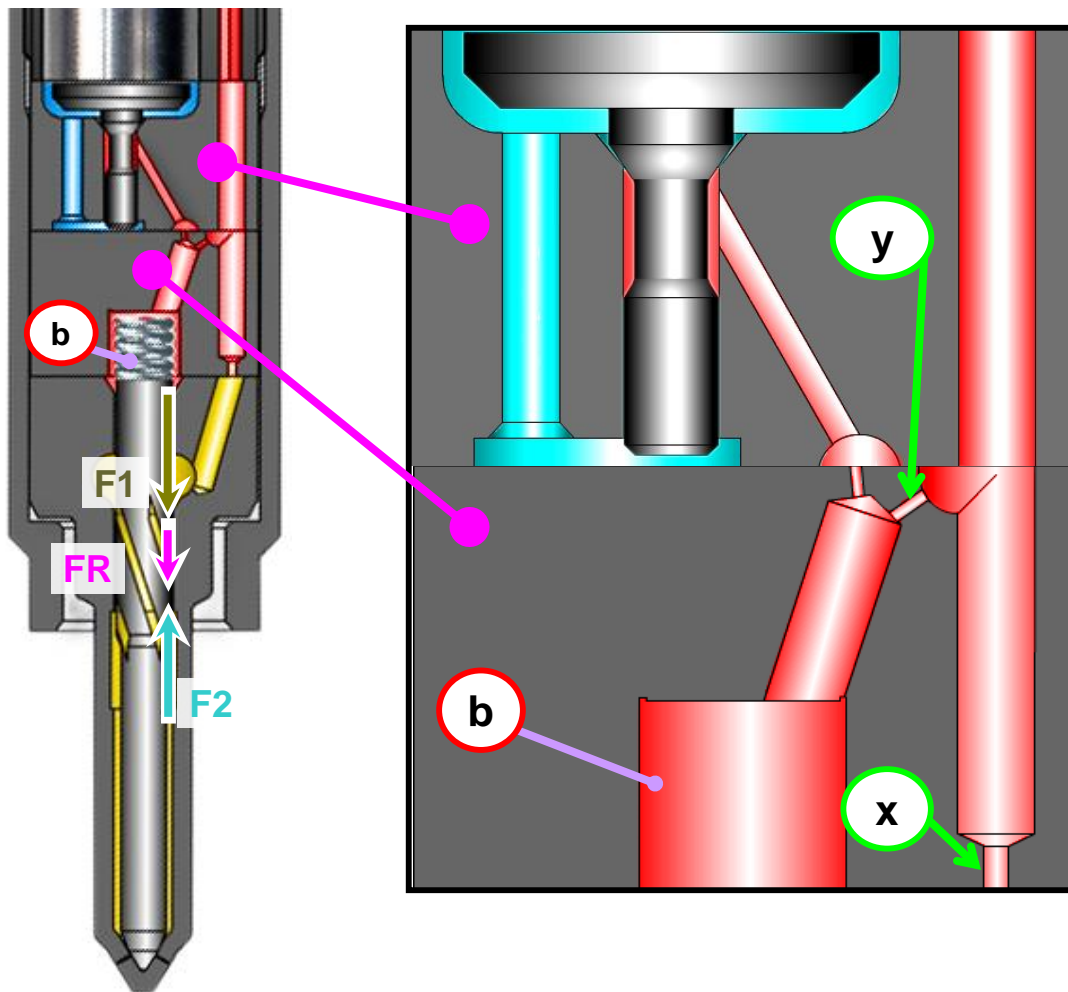


$F2 > F1 + FR$
entonces
Inyector abierto

De la relación entre "z" e "y"
depende la velocidad de
apertura.

Motor en funcionamiento / el inyector no comandado se cierra

El ECM corta la alimentación de la electroválvula.

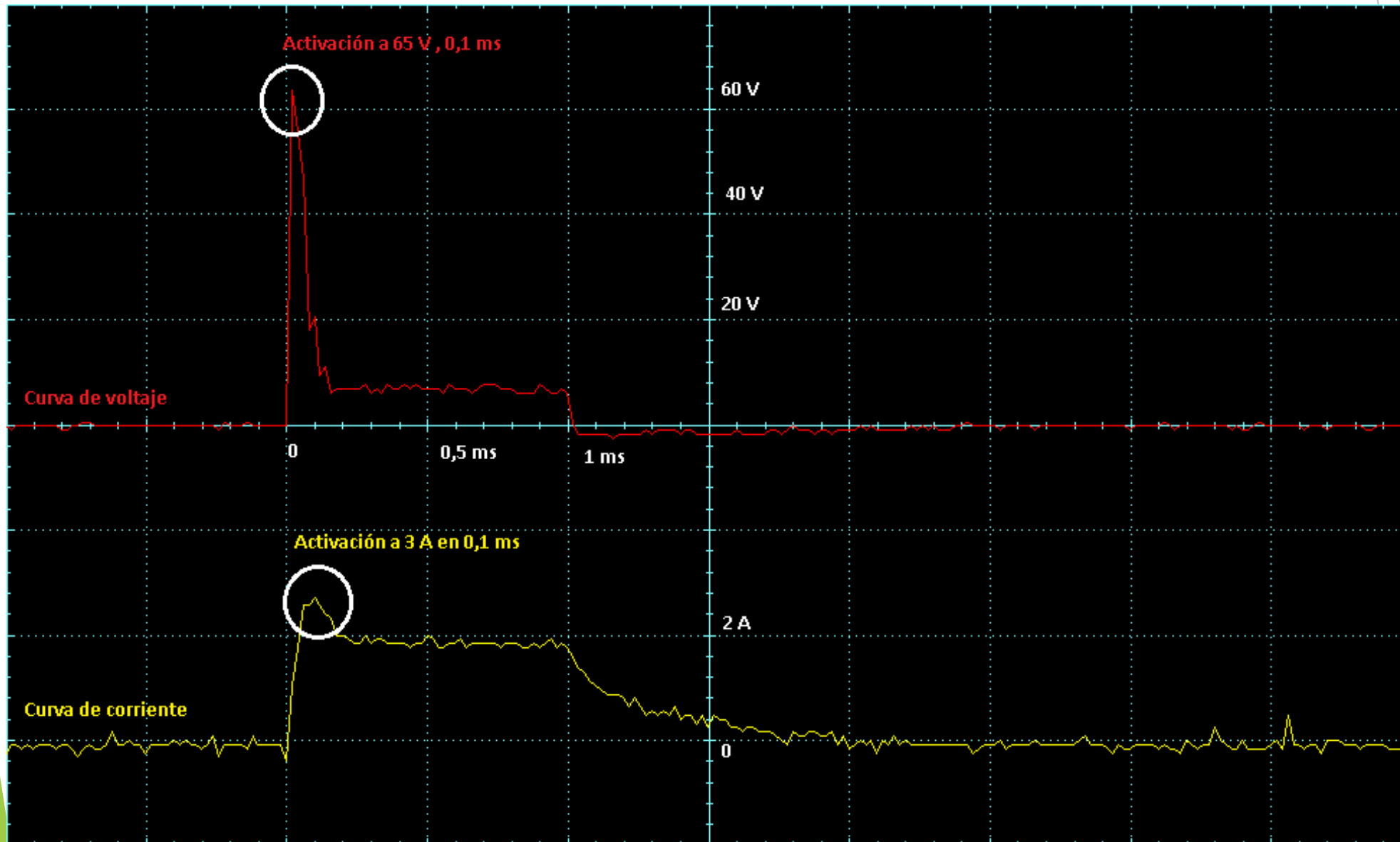


$F2 < F1 + FR$
entonces
Inyector cerrado

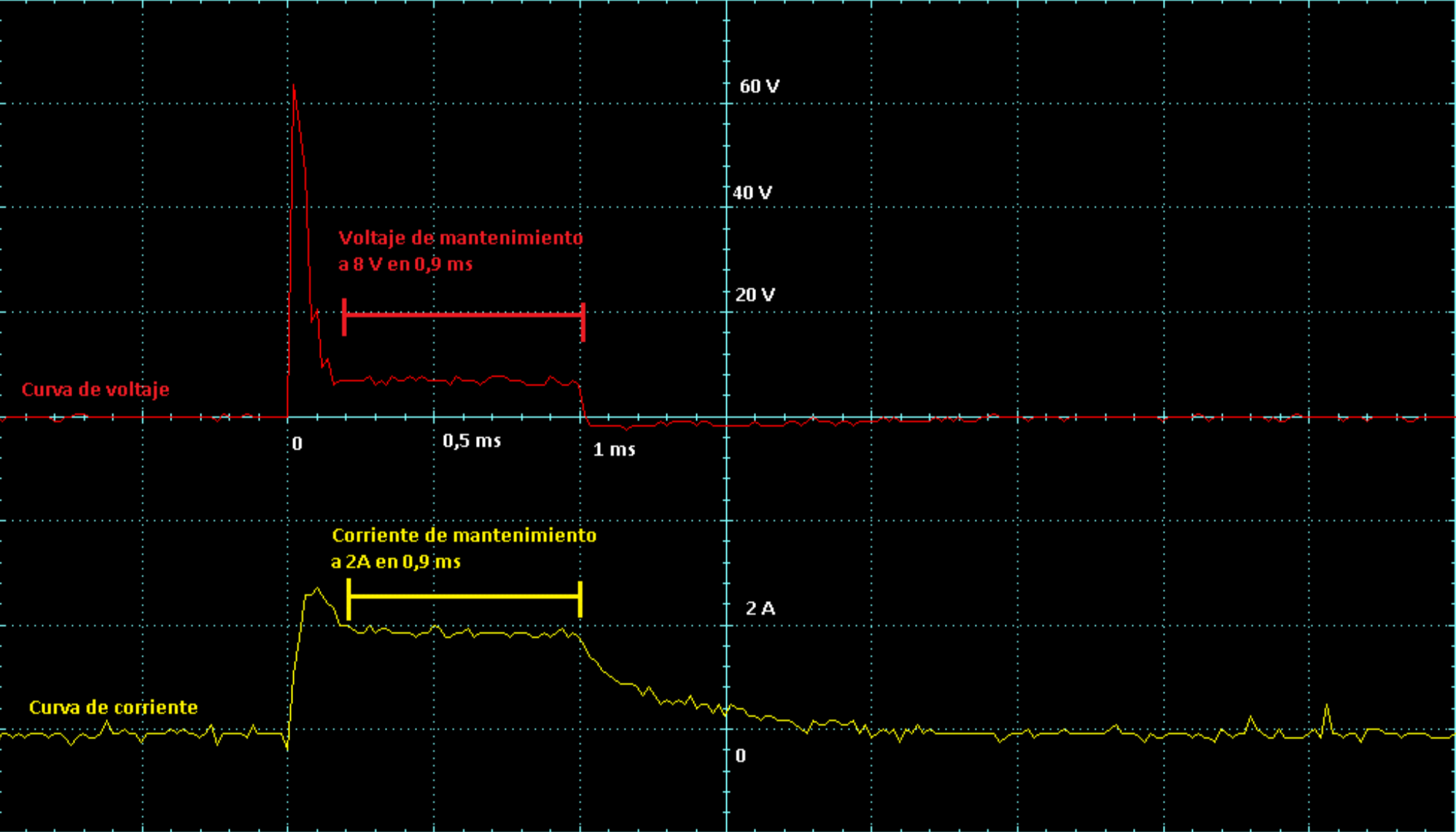
Etapa de activación del inyector

- ▶ Para la activación del inyector se divide en cinco fases, la cual se controla a través del módulo de control electrónico:
 - Fase de apertura
 - Fase de corriente inicial de arranque
 - Fase de corriente de mantenimiento
 - Desconexión
 - Recarga mediante convertidor de refuerzo

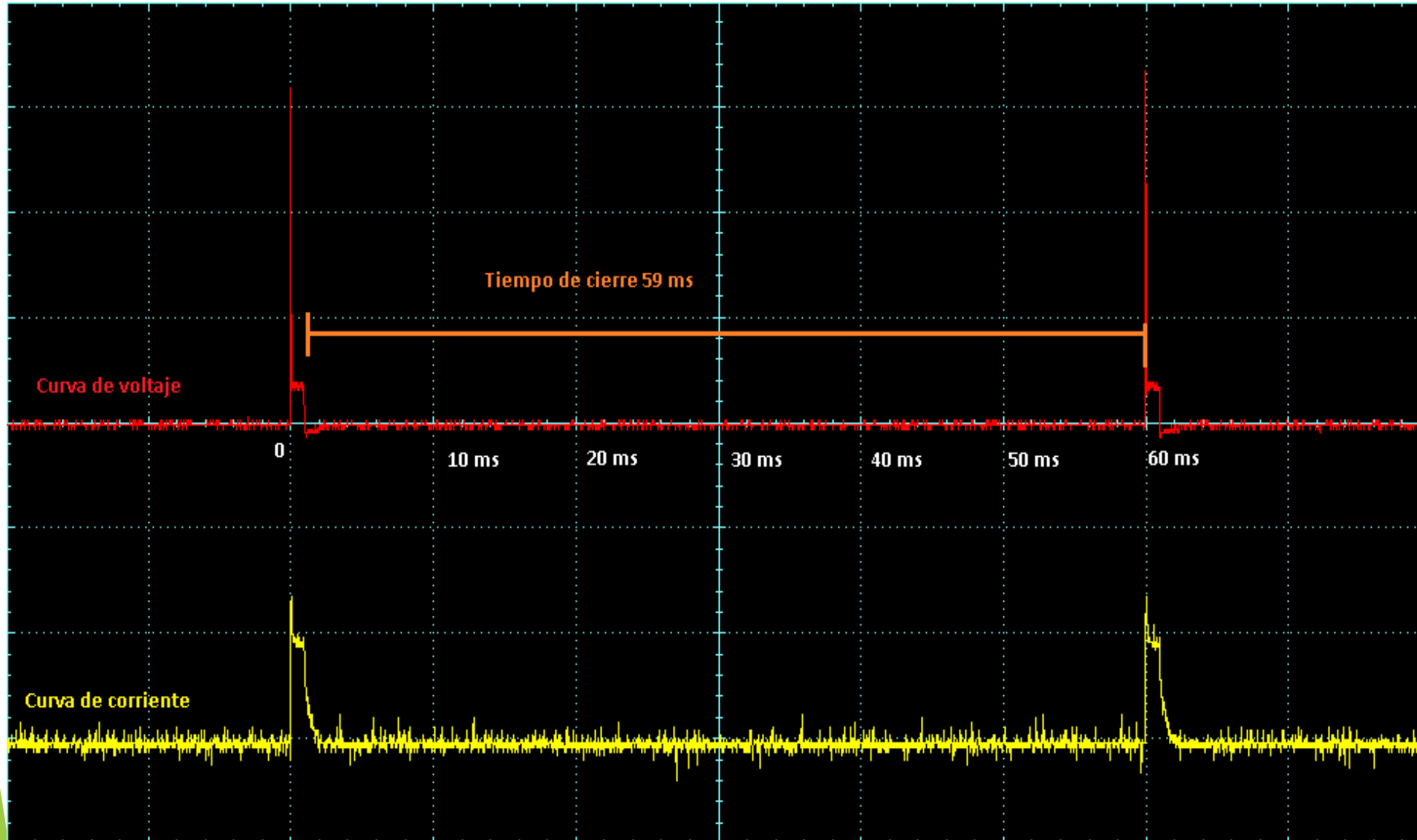
INICIO DE ACTIVACIÓN



FASE DE MANTENIMIENTO



FASE DE CIERRE

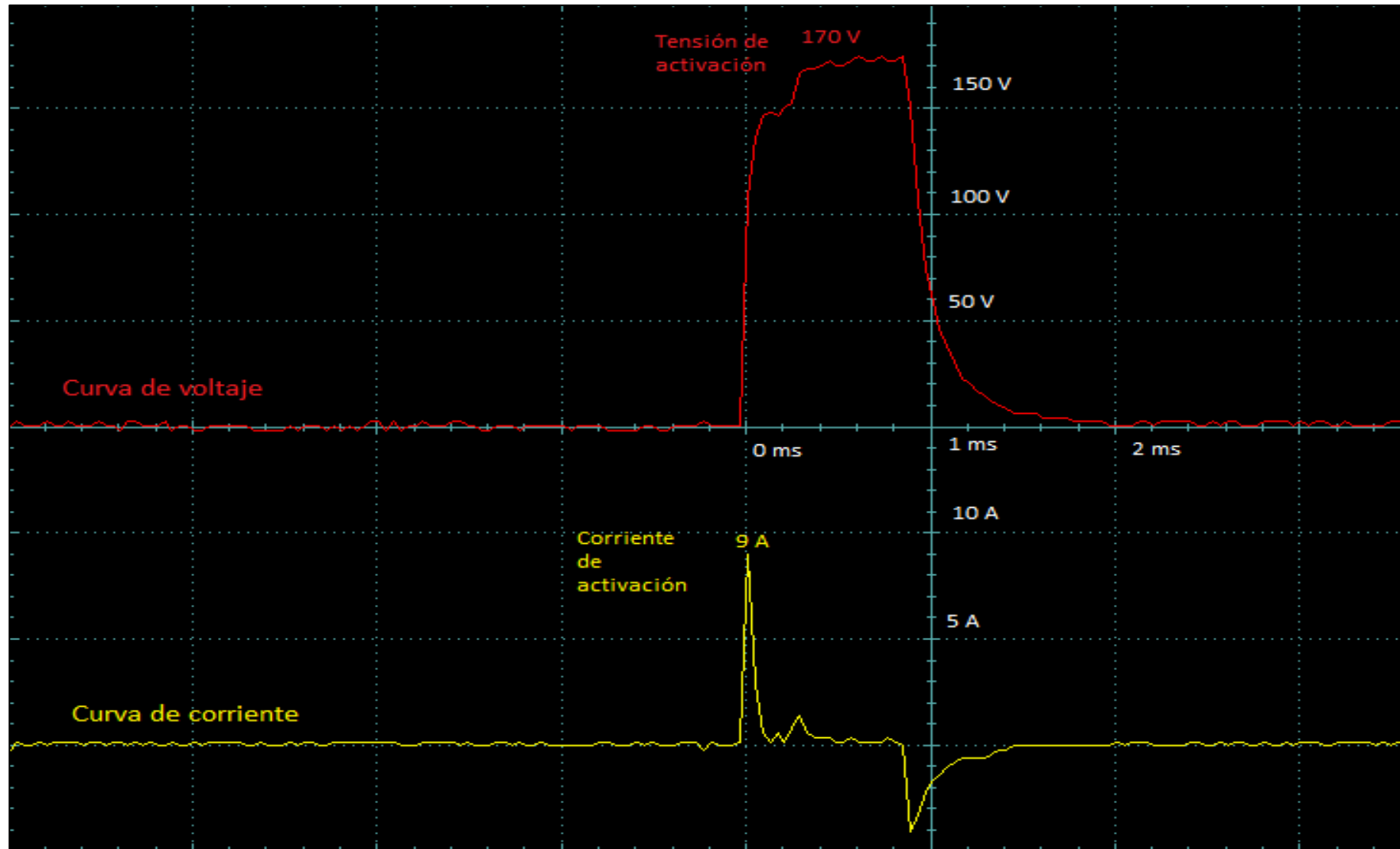


Inyector piezoeléctrico

- ▶ Se somete a un impulso eléctrico. Inversamente es capaz de generar un impulso eléctrico si se fuerza a cambiar deformándolo
- ▶ La PCM envía una tensión inicial de unos 70 V por un tiempo de 0,2mseg, en el interior, se eleva este voltaje a unos 140 V, esto toma otros 0,2 ms y se logra con una corriente de aproximadamente 7 Amperios.
- ▶ Para terminar el proceso de inyección se coloca otro impulso de tensión final llamado tiempo de descarga esto toma alrededor de otros 0,2 ms.”



Activación de piezoeléctrico

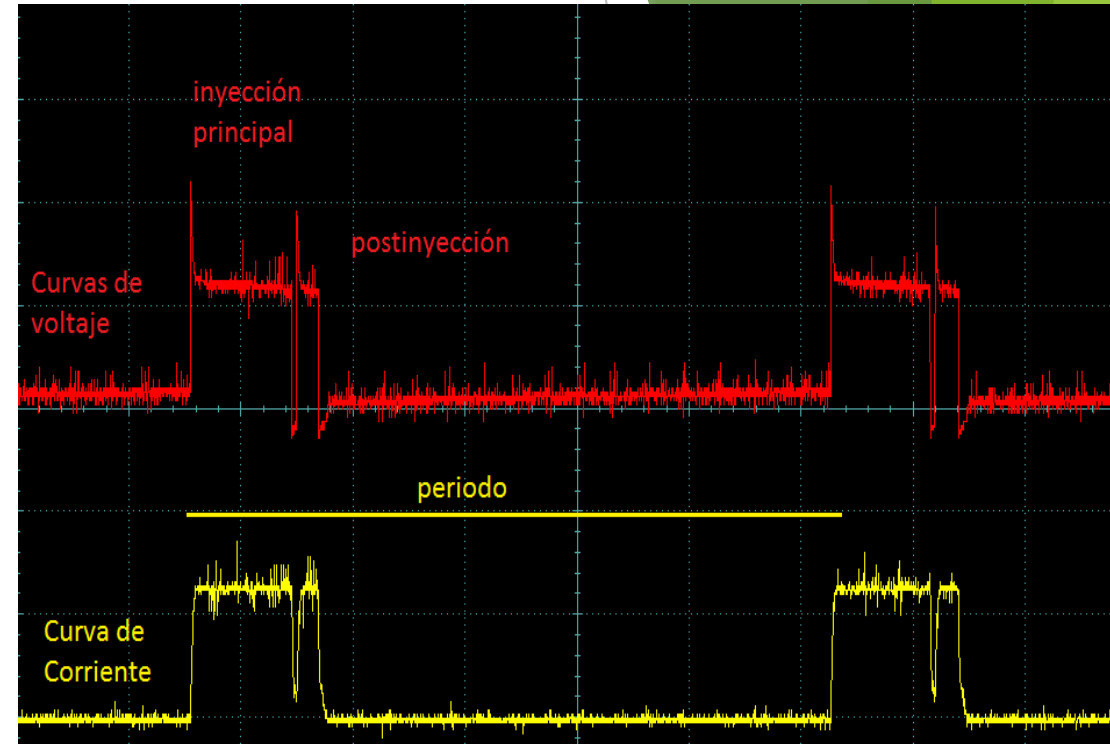


INYECCIÓN PRINCIPAL



Inyección posterior

- ▶ Se pueden utilizar las pos inyecciones para cebar más rápidamente el catalizador.
- ▶ En los vehículos equipados con un filtro de partículas, se utilizan las pos inyecciones para aumentar y estabilizar el filtro a su temperatura de regeneración. (>650°C).”
- ▶ Estas inyecciones tienen también correcciones, pero en este ejemplo los factores correctivos más importantes son:
 - ▶ • La temperatura antes turbo.
 - ▶ • La temperatura del catalizador.
 - ▶ • La temperatura del filtro de partículas.

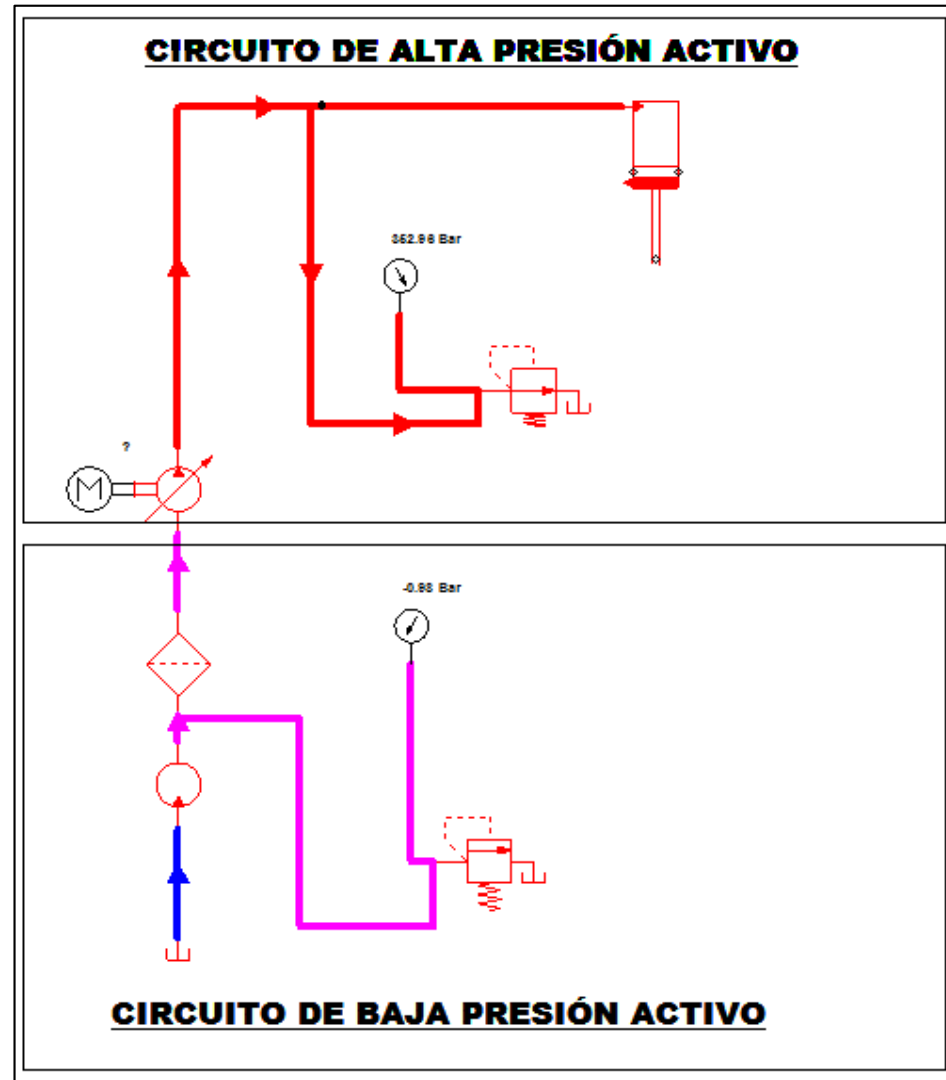


Banco de pruebas de inyectores CRDI

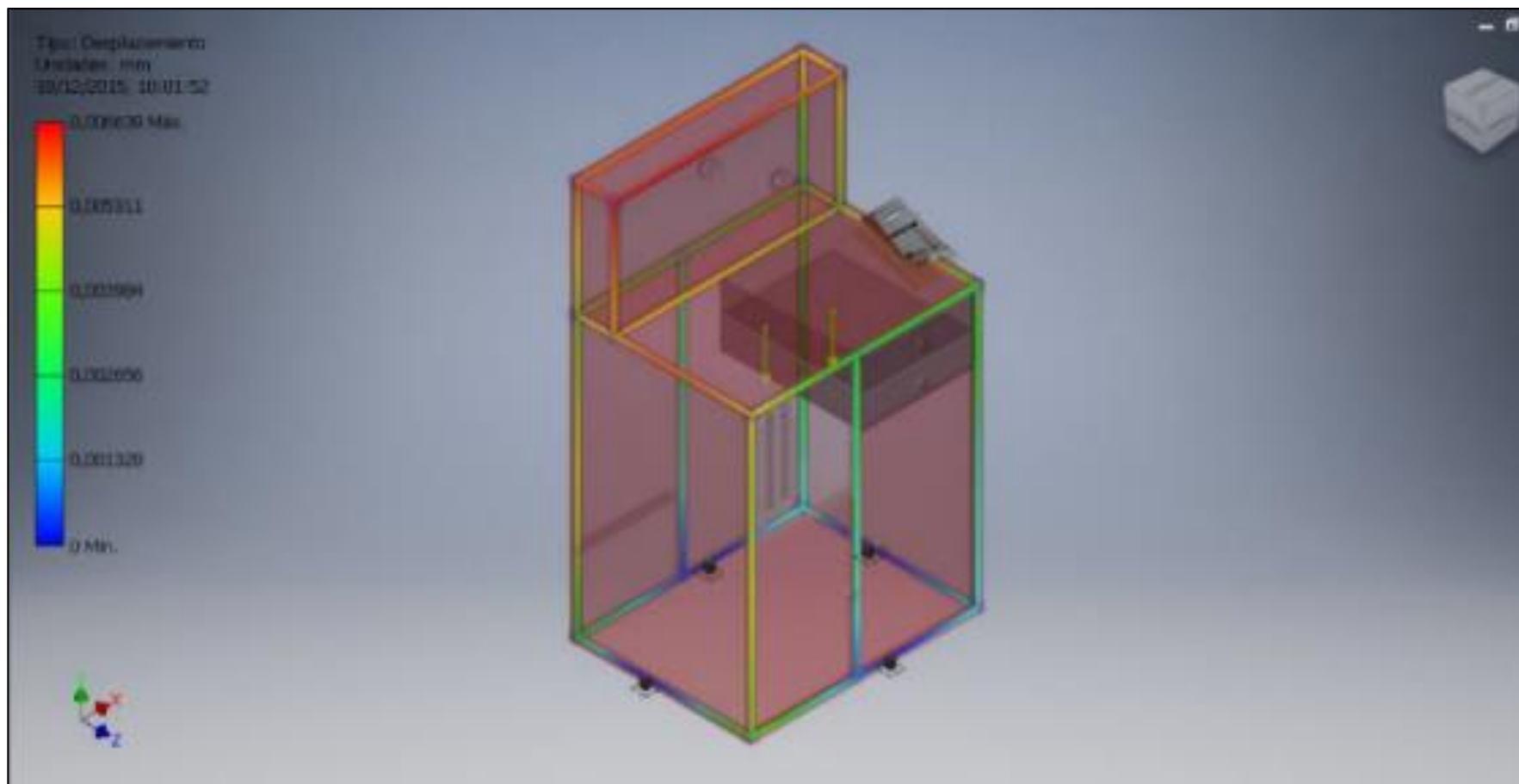


- ▶ Activación 220V AC trifásica
- ▶ Activación 110V AC monofásica
 - ▶ Electroválvulas de retorno
 - ▶ Fuente de poder
- ▶ Activación 12V DC
 - ▶ Bomba eléctrica
 - ▶ Modulo de control electrónico
- ▶ Presión de baja (0-8 bar)
 - ▶ Regulador de presión manual
- ▶ Presión de alta (0-1300 bar)
 - ▶ Válvula reguladora de aguja
- ▶ Cilindro transparente
- ▶ Probetas Graduadas.

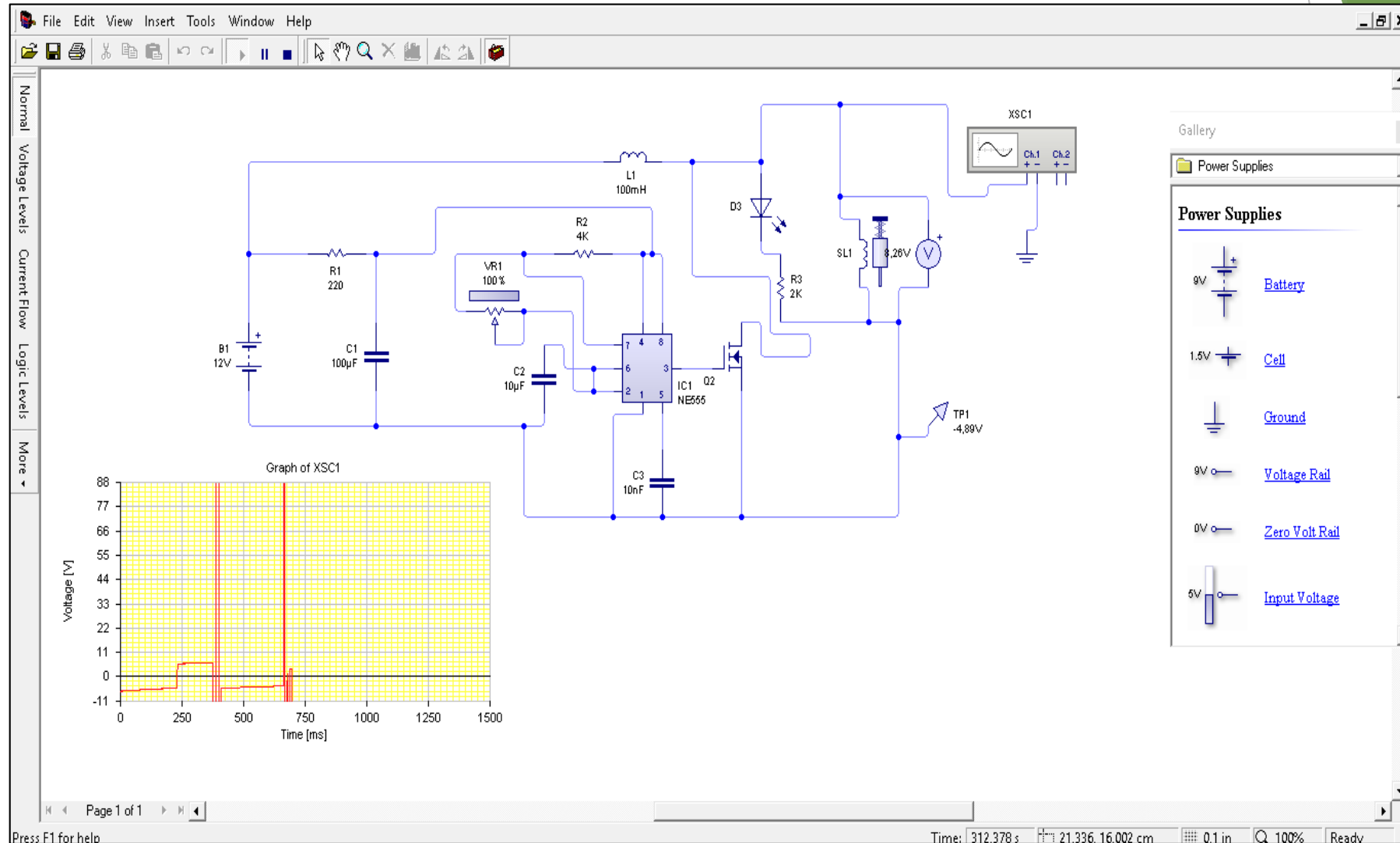
Diseño Hidráulico



Diseño Estructural



Diseño Electrónico



Selección de componentes

SISTEMA	ELEMENTO	FUNCONAMIENTO
Sistema de baja presión de 0-60 psi (0-5 bar).	Depósito	Es donde se almacena el diesel para el sistema de combustible.
	Bomba de transferencia	Es eléctrica y accionada por un switch conduce el combustible en el circuito de baja presión
	Manguera	Soporta la presión y transporta el fluido.
	Acoples	Ayudan ajustar en las entradas y salidas de los componentes para una mejor sujeción y presión.

ELEMENTO	FUNCONAMIENTO
Válvula reguladora de presión 0-130 Psi (0-9 bar)	Encargada de regular la presión de trabajo y retorna el exceso de fluido al depósito
Manómetro de 0-160 psi (0-11 bar)	Instrumento de medición que censa la presión generada en el sistema de baja presión.
Filtro de combustible	Componente encargado de separar las partículas incluidas en el fluido, que podrían afectar el sistema.

Prueba a ralenti a 840 rpm de 200-1000 bares de presión.

Cálculo de prueba a ralenti

Datos:

$$N = 840 \text{ Rpm}$$

$$N = \frac{120000}{T}$$

$$840 = \frac{120000}{T}$$

► $T = 142,86 \text{ ms}$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 6,99 \text{ Hz}$$

► $f = 7 \text{ Hz}$

Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 10%.

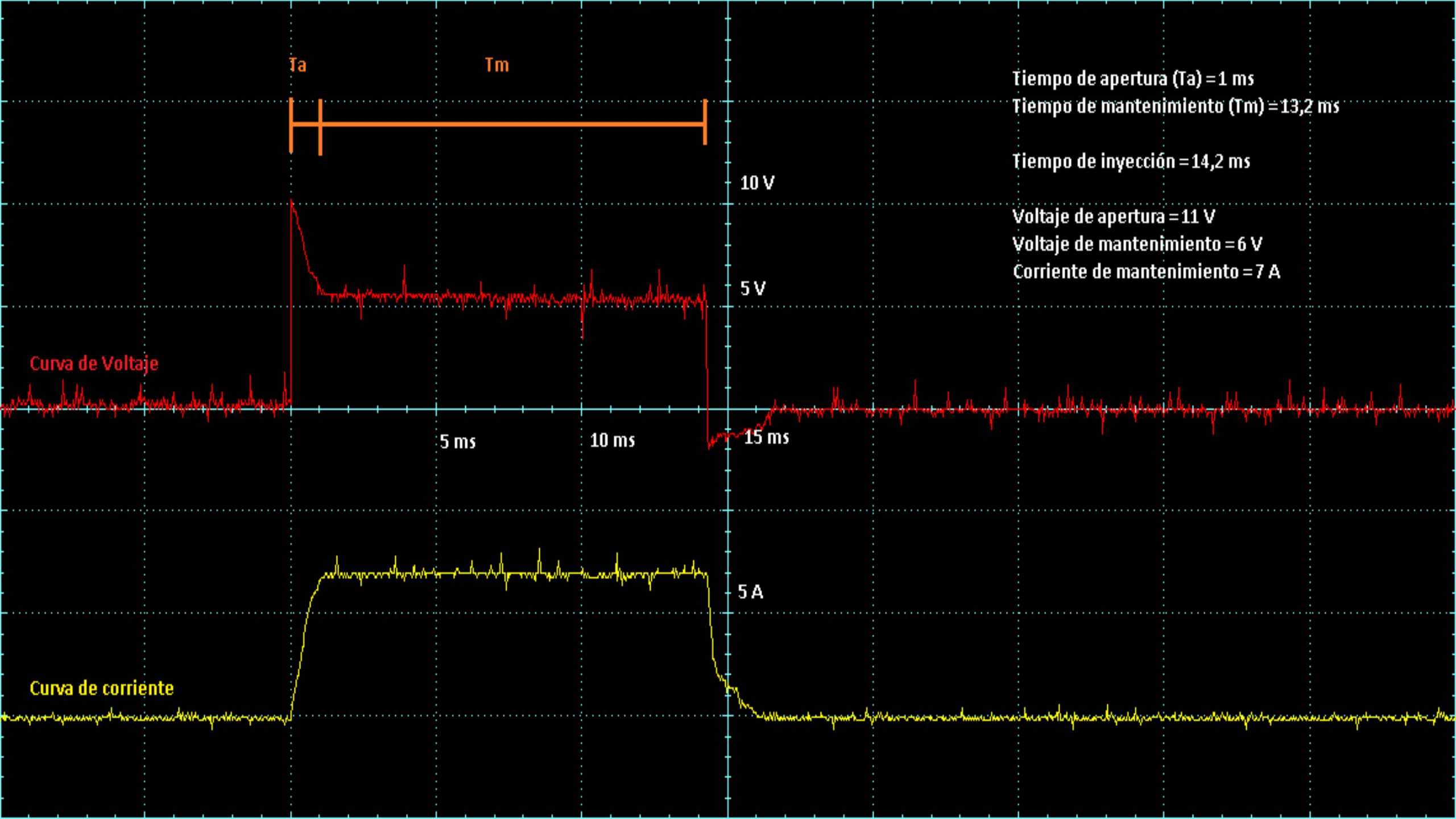
$$CT = 10 \%$$

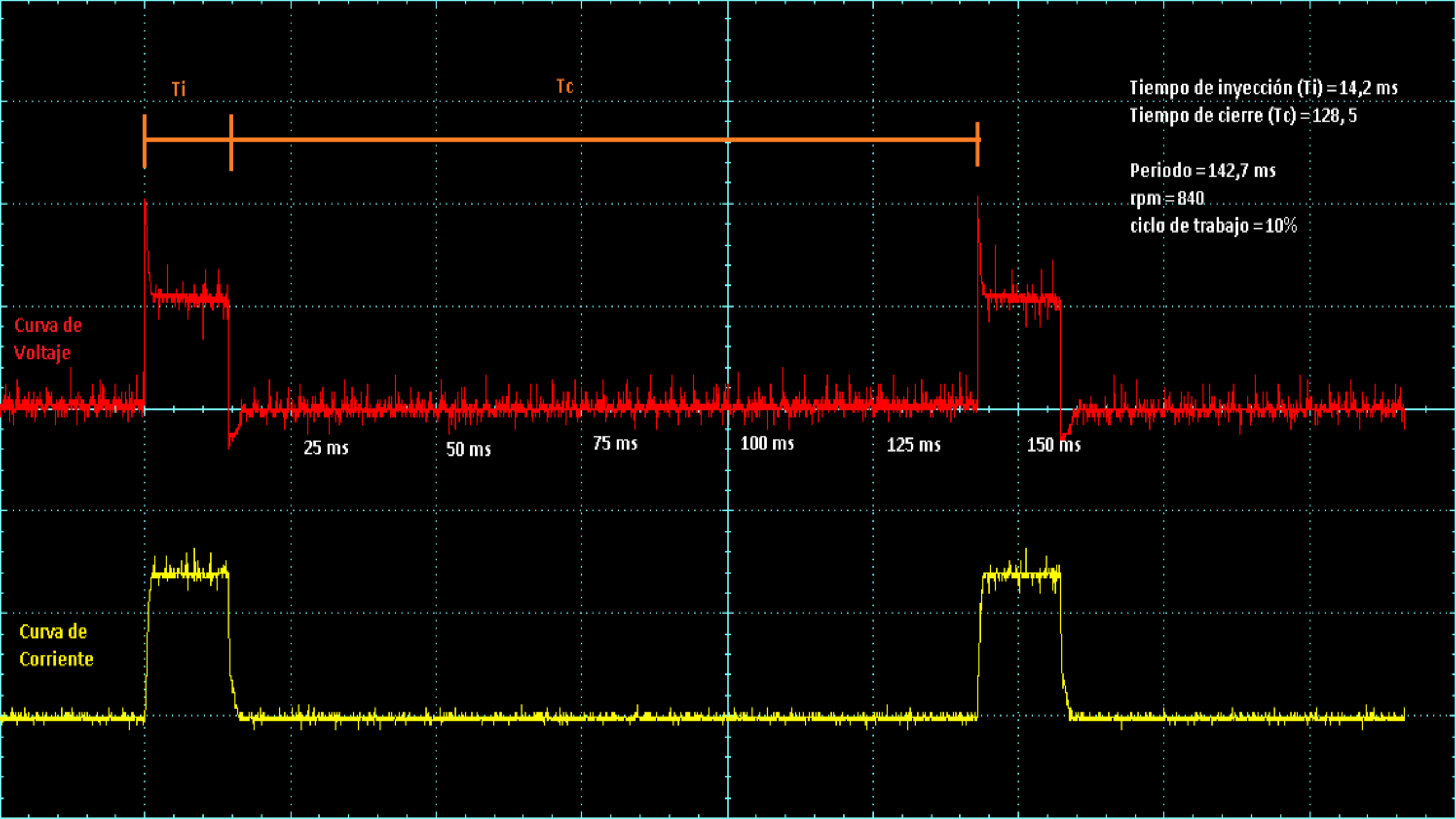
$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$10 \% = \frac{T_i}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

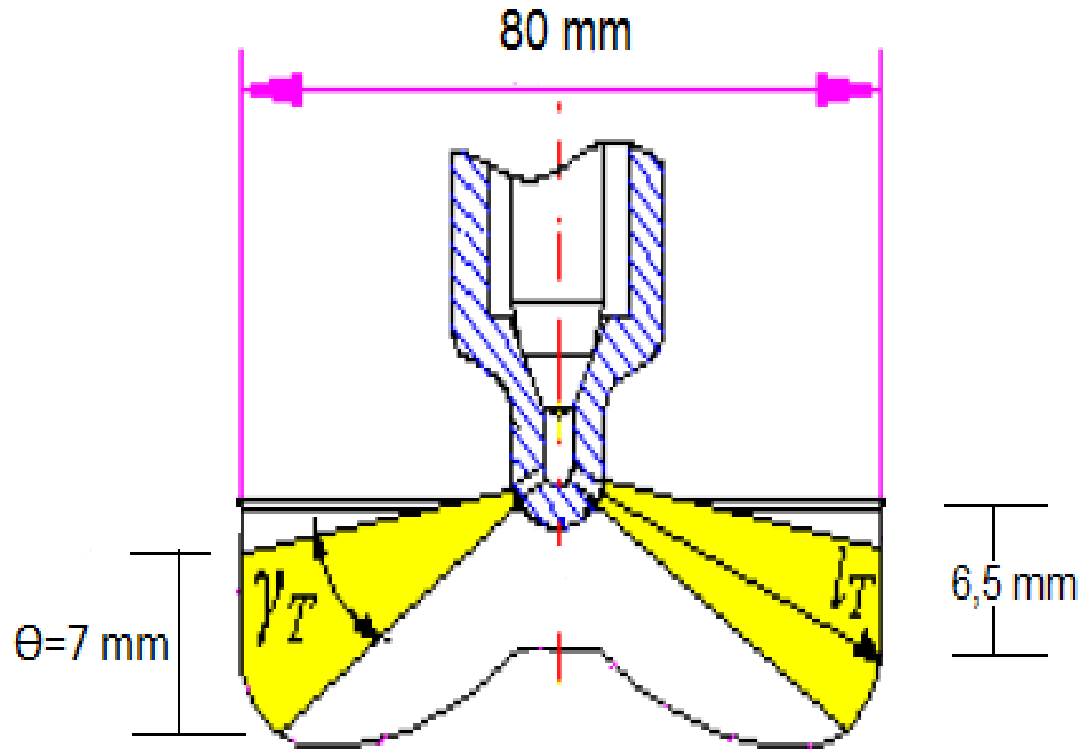
$$T_i = 14,29 \text{ ms}$$

$$T_c = 128,57 \text{ ms}$$





Ángulo de inyectores BOSCH INDUCTIVO 0445110070



Ángulo de disparo

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right) = 9,23^\circ$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7+3}{40}\right) - \arctan\left(\frac{3}{40}\right)$$

$$\gamma_T \quad \beta = 14,03^\circ - 4,29^\circ = 9,74^\circ$$

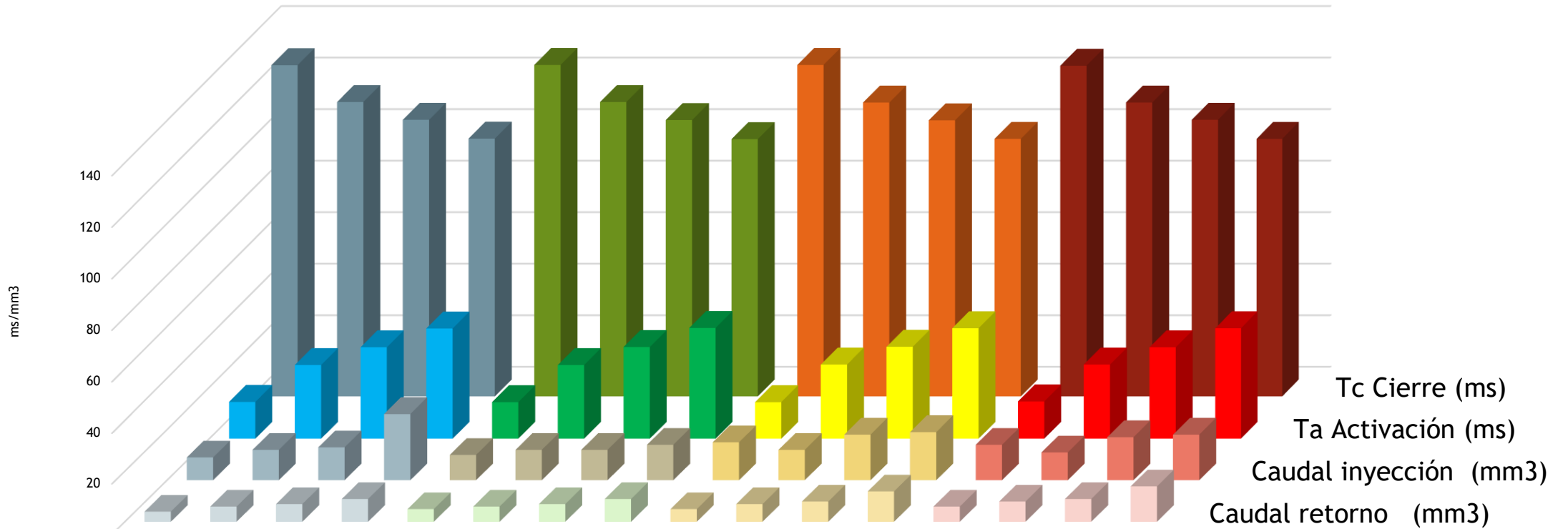
Análisis de inyector inductivo a 840 rpm con presiones de 200-1000 bar.



Presión (bar)	Presión prueba (bar)	Ca udal inyecc ión (m m3)	Cau dal retorno (mm 3)	Ángul o pulv. (°)	Corri ente (A)	Volt aje (V)	Voltaje Mantenimi ento (V)	Ti (ms)	Ta (ms)	Tm (ms)	Tc (ms)	Período (ms)	Frec uencia (Hz)	RPM	Cicle Duty (%)
200	170	9	4	9,74	15	10	7,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10
400	300	21	5	9,74	16	11	6,5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10
600	425	37	7	9,74	15	10,5	6a3	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10
800	550	26	11	9,74	15	11	7a3,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10
1000	700	15	8	9,74	16	11	7a3,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10



COMPARACIÓN DE CAUDALES DE INYECCION Y RETORNO TIEMPOS DE ACTIVACIÓN Y CIERRE DE INYECTORES BOSCH, DENSO Y DELPHI A 840 RPM Y 200 BAR.



	Bosch 0445110070				Bosch 0445110250				Denso 6520 10H0044				Delphi VQ5CB56B99			
	10% CT	20% CT	25% CT	30% CT	10% CT	20% CT	25% CT	30% CT	10% CT	20% CT	25% CT	30% CT	10% CT	20% CT	25% CT	30% CT
Caudal retorno (mm ³)	4	6	7	9	5	6	7	9	5	7	8	12	6	8	9	14
Caudal inyección (mm ³)	9	12	13	26	10	12	12	14	15	12	18	19	14	11	17	18
Ta Activación (ms)	14,30	28,60	35,50	42,80	14,20	28,60	35,60	43,00	14,20	28,80	35,70	42,90	14,50	28,80	35,50	42,90
Tc Cierre (ms)	128,5	114,2	107,3	100,0	128,6	114,2	107,2	99,86	128,6	114,0	107,1	99,96	128,3	114,0	107,3	99,96

Prueba a media carga a 1560 rpm de 200-1000 bares de presión

Cálculo de prueba a media carga

Datos:

$$N = 1560 \text{ Rpm}$$

$$N = \frac{120000}{T}$$
$$1560 = \frac{120000}{T}$$

► $T = 76,92 \text{ ms}$

$$f = \frac{1}{T}$$
$$f = 12,99 \text{ Hz}$$

► $f = 13 \text{ Hz}$

Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 20%.

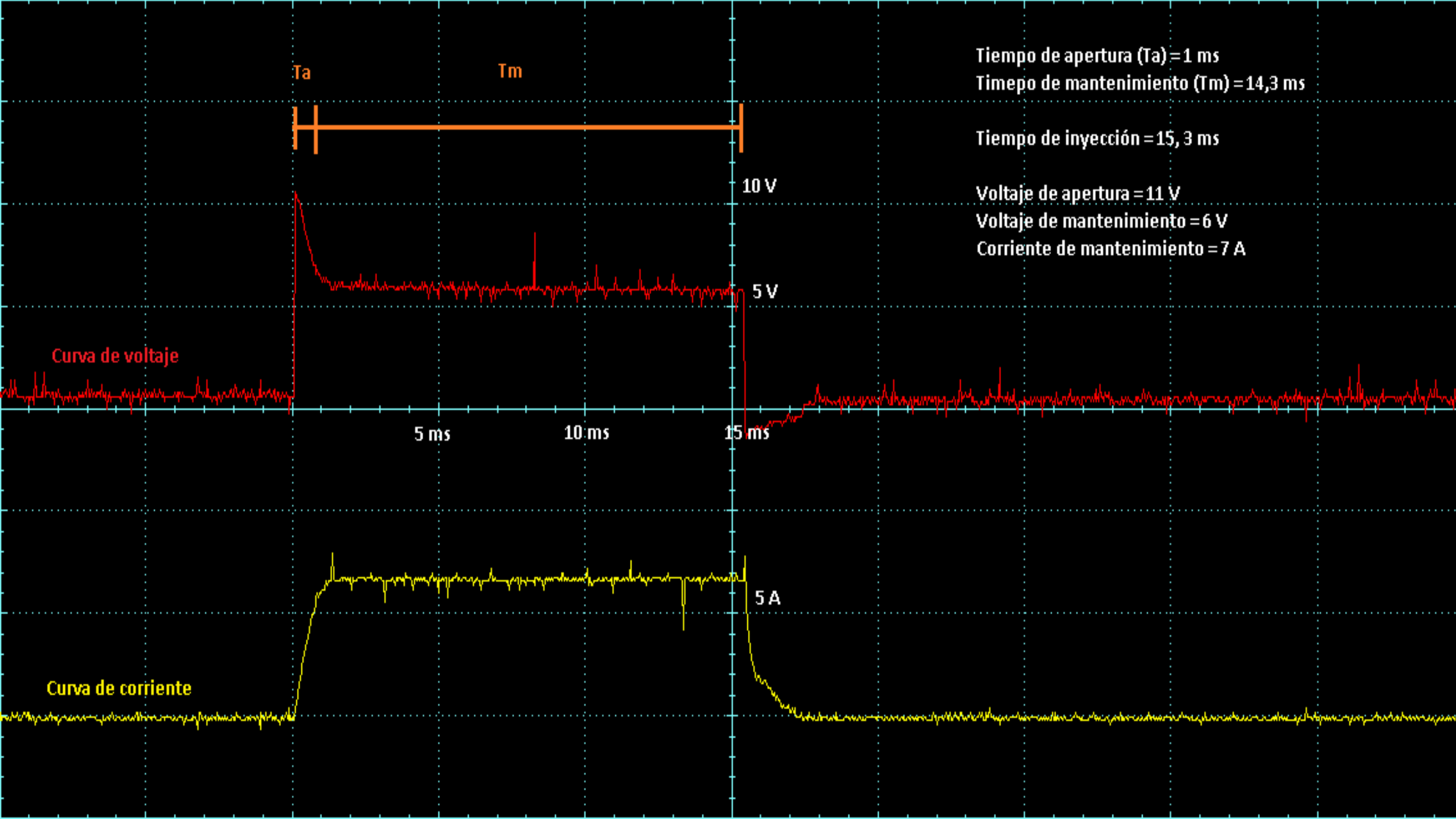
$$CT = 20 \%$$

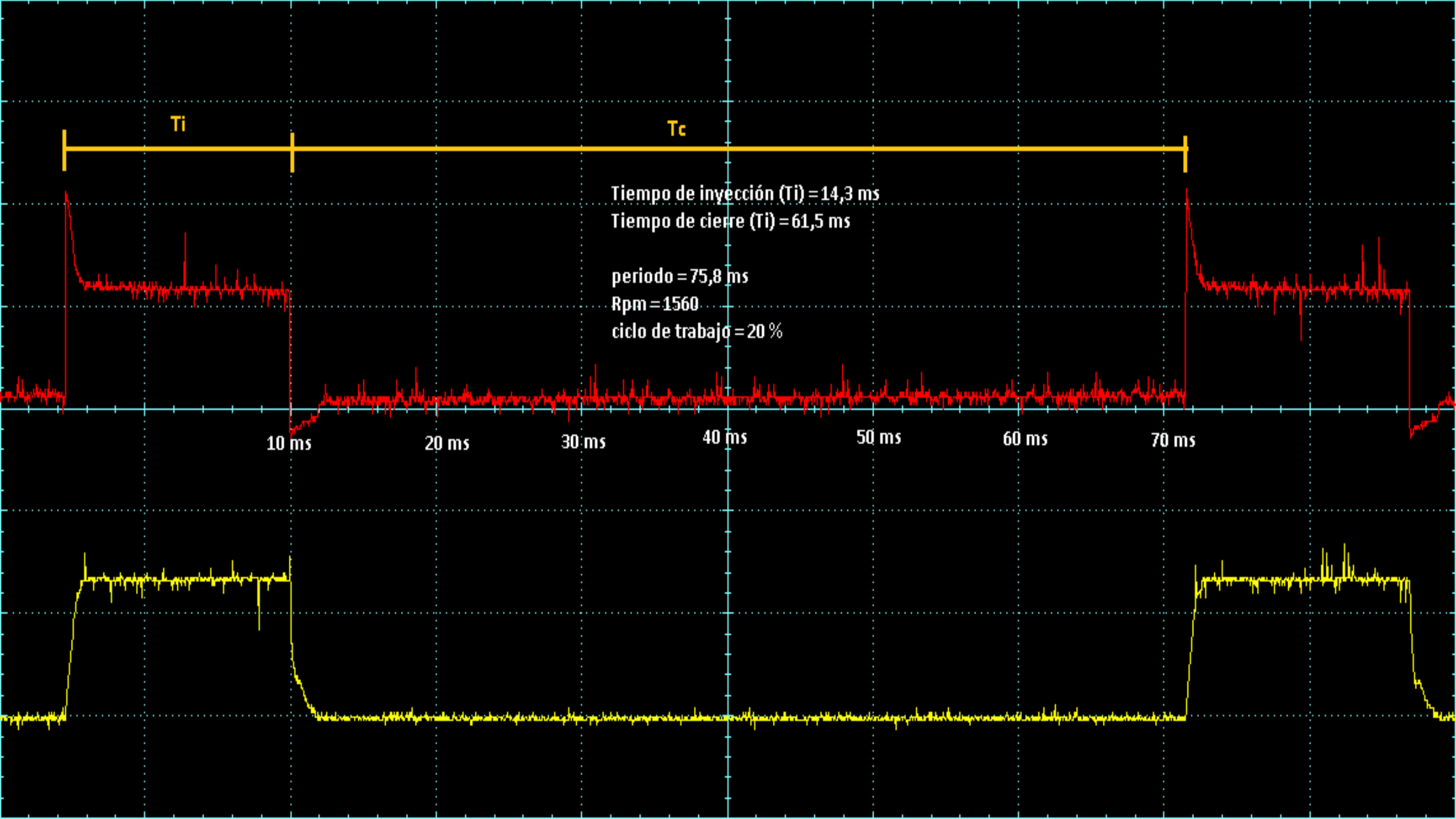
$$CT = \frac{Ti}{Ti + Tc} \times 100$$

$$20 \% = \frac{Ti}{76,92 \text{ ms}} \times 100$$

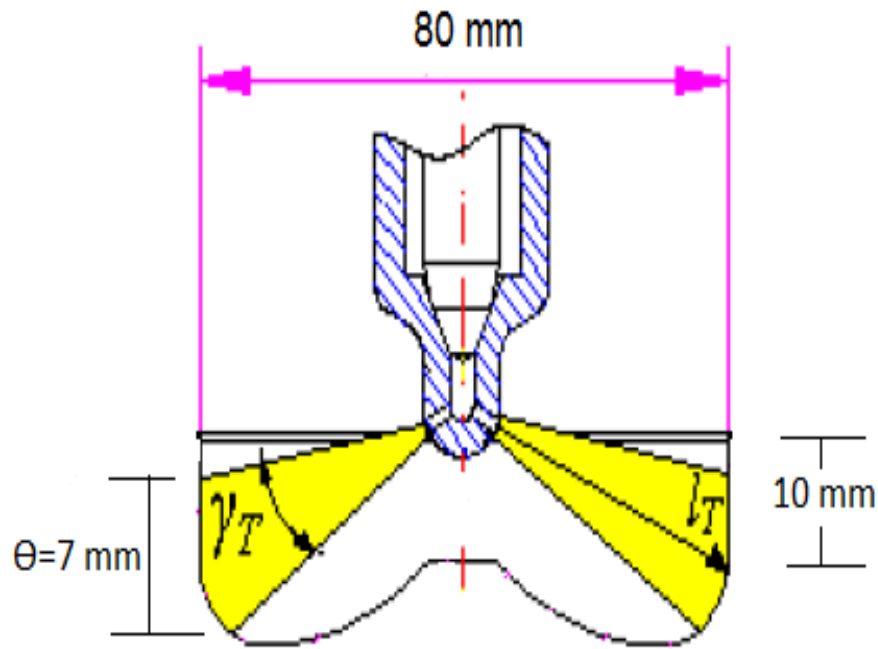
$$Ti = 15,38 \text{ ms}$$

$$Tc = 61,54 \text{ ms}$$





Ángulo de inyector Bosch Inductivo 0445110250



Ángulo de disparo

$$\alpha = \arctan\left(\frac{10}{40}\right) = 14.04^\circ$$

Ángulo de dispersión

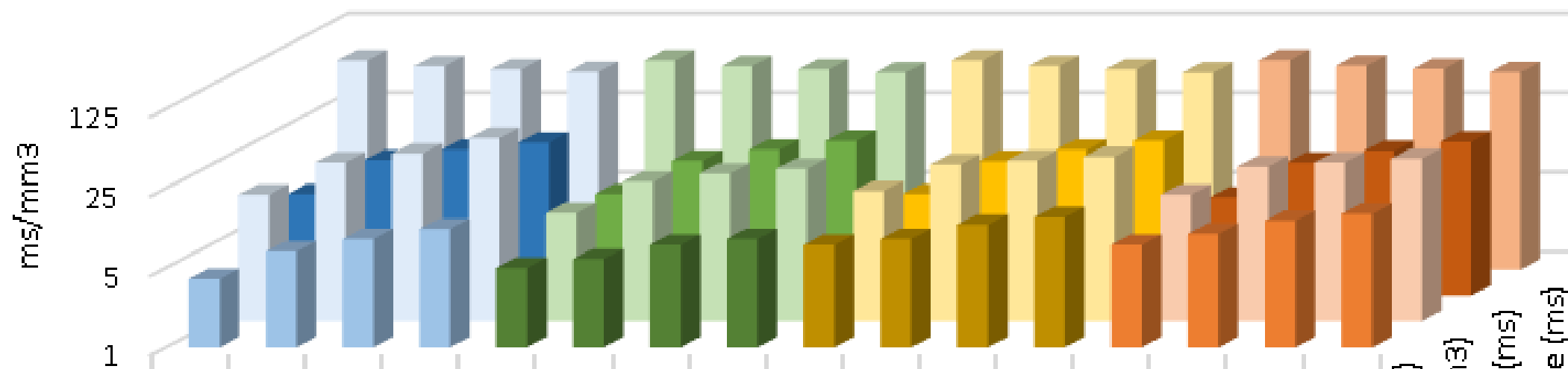
$$\beta = \arctan\left(\frac{7 + 6,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right)$$

$$\beta = 18,65^\circ - 9,23^\circ = 9,42^\circ$$

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	Ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta	Ti	Tr	Tc	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty
(bar)	(bar)	(m ³)	(m ³)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)
200	150	17	6	9,42	8	10	5	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20
400	250	29	8	9,42	16	10	5,5	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20
600	350	36	9	9,42	14	10	6	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20
800	450	43	10	9,42	14	12	8	15,1	1	14,1	61,82	76,9	13	1560	20
1000	580	49	11	9,42	12	10	5,5	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20



COMPARACIÓN DE CAUDALES DE INYECCION Y RETORNO TIEMPOS DE ACTIVACIÓN Y CIERRE DE INYECTORES BOSCH, DENSO Y DELPHI A 1560 RPM Y 200 BAR.



	Bosch 0445110070				Bosch 0445110250				Denso 6520 10H0044				Delphi VQ5CB56B99				
	10% CT	20% CT	25% CT	30% CT	10% CT	20% CT	25% CT	30% CT	10% CT	20% CT	25% CT	30% CT	10% CT	20% CT	25% CT	30% CT	
Caudal retorno (mm ³)	4	7	9	11	5	6	8	9	8	9	12	14	8	10	13	15	Caudal retorno (mm ³)
Caudal inyección (mm ³)	13	25	30	41	9	17	20	22	14	24	26	28	13	23	25	27	Caudal inyección (mm ³)
Ta Activación (ms)	7,8	15,5	19,2	22,1	7,8	15,3	19,2	22,9	7,8	15,2	19,2	23	7,3	14,7	18,7	22,5	Ta Activación (ms)
Tc Cierre (ms)	69,12	61,42	57,72	54,82	69,12	61,62	57,72	54,02	69,12	61,72	57,72	53,92	69,62	62,22	58,22	54,42	Tc Cierre (ms)

Prueba a media carga a 3000 rpm de 200-1000 bares de presión

Cálculo de prueba a media carga

Datos:

$$N = 3000 \text{ Rpm}$$

$$N = \frac{120000}{T}$$
$$3000 = \frac{120000}{T}$$

► $T = 40 \text{ ms}$

$$f = \frac{1}{T}$$
$$f = 25 \text{ Hz}$$

► $f = 13 \text{ Hz}$

Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 20%.

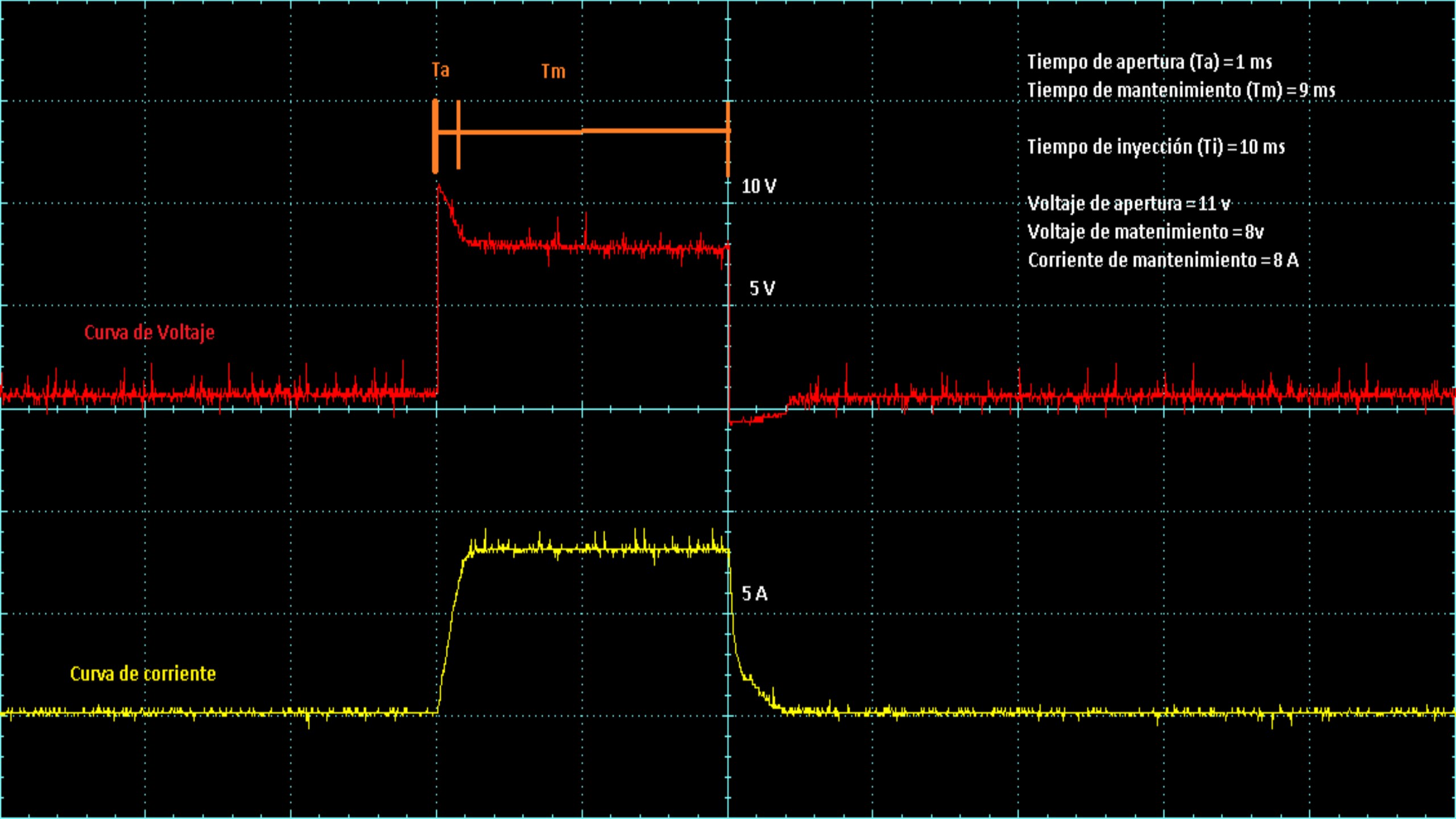
$$CT = 25 \%$$

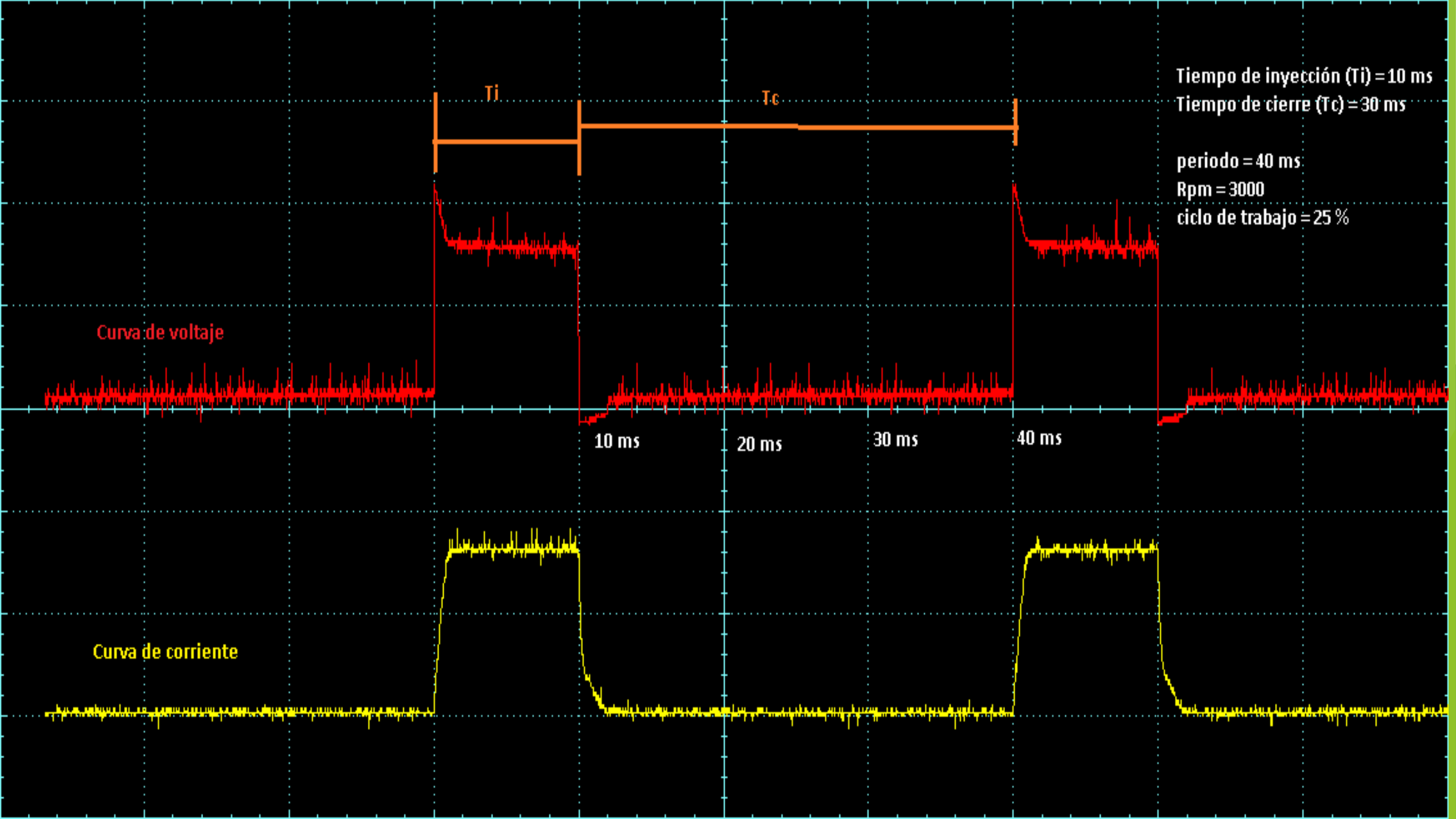
$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$20 \% = \frac{T_i}{40 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 10 \text{ ms}$$

$$T_c = 30 \text{ ms}$$





CONCLUSIONES

- ▶ Se observó que la prueba en modo CRDI del módulo de control electrónico el tiempo de cierre se mantiene en 124 ms lo que varía es la modulación de ancho de pulso entre (0,15 a 1,5) ms.
- ▶ El voltaje para activar los inyectores Bosch y Denso oscila entre 50 y 60 voltios con corrientes elevadas de 15 a 20 amperios, para el caso del inyector Delphi tiene un voltaje de activación de 12 voltios y una corriente de 8 amperios.
- ▶ El voltaje para activar los inyectores piezoeléctricos es de 140 voltios y corrientes de 6 a 8 amperios corriente es inversa por un tiempo de 0,2 ms para excitar el cuarzo del piezoeléctrico y que vuelva a su posición normal.
- ▶ Los caudales de inyección y retorno son proporcionales a la presión de trabajo, el caudal de inyección debe ser mínimo, para reducir el consumo de combustible.

RECOMENDACIONES

- ▶ Visualizar el filtro de combustible Delphi si no se encuentra con agua por el efecto de condensación, si presenta purgar el agua a través del tornillo que se encuentra en la parte inferior del filtro.
- ▶ Antes de montar cualquier tipo de inyector CRDI verificar que tengan la resistencia interna y que no este haya masa entre el cuerpo del inyector y la bobina.
- ▶ Únicamente se debe accionar el banco cuando el inyector y todo el sistema se encuentre debidamente alojados y ajustados al riel, usar normas y equipo de seguridad para salvaguardar la integridad del técnico y del banco de pruebas.
- ▶ Se recomienda trabajar a una presión máxima de 1000 bares, ya que si se excede de esta presión se fuga el líquido calibrador a través de la válvula de control de presión.

Proyectos futuros

- ▶ Reparación y mantenimiento de inyectores CRDI mediante curvas características de funcionamiento.
- ▶ Automatización de banco probador de inyectores CRDI, con base de datos de actuadores inductivos y piezoeléctricos.
- ▶ Análisis de pulverización, mediante presión hidrostática.
- ▶ Reglaje de preinyección y postinyección, analizando las curvas características de los inyectores CRDI.

“Para triunfar en la vida, no es importante llegar primero. Para triunfar simplemente hay que llegar, levantándose cada vez que se cae en el camino.”

Anónimo

GRACIAS

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side of the frame, creating a modern, layered effect against the white background.