

Anexos

Anexo A: Trabajo experimental

Este apartado describe el trabajo de experimentación llevado a cabo en las instalaciones del Centro Técnico de SEAT, para su utilización en esta tesis.

A.1. Datos del motor y el vehículo

El motor usado para la realización de los ensayos es el SEAT 1,6 I, 74 kW, letras identificativas AFT, montado sobre el modelo Toledo, año de modelos 1996. La gestión es Siemens SIMOS 4S2. Los datos tanto del motor como del vehículo, relevantes para el modelado, aparecen a continuación.

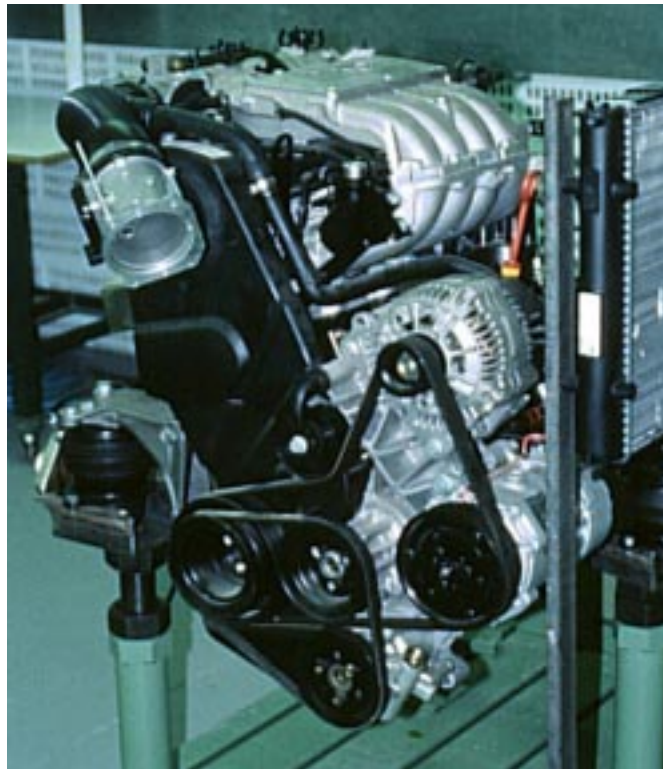


Fig. A.1: Motor SEAT AFT 1,6 I 74 kW

□ Características generales del motor

- $n_{cil}=4$; número de cilindros
- $V=1,595$; cilindrada total (l)
- Potencia máxima: 74 kW/5800 rpm
- Par máximo: 140 Nm/3500 rpm
- Relación de compresión: 10,3
- Relación carrera-diámetro: 0,96

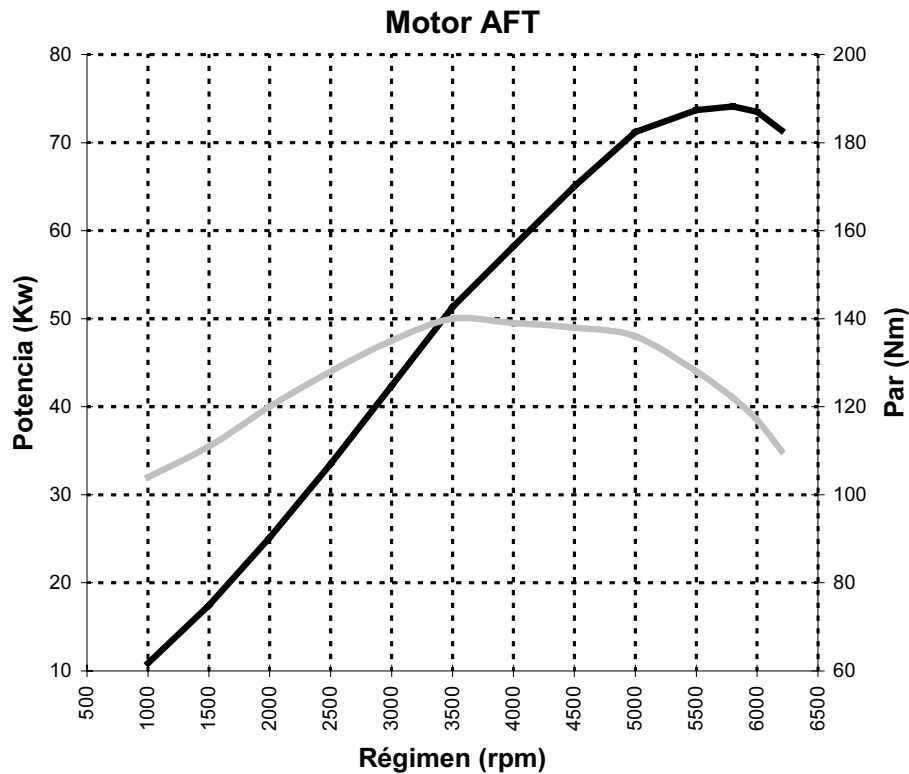


Fig. A.2: Curvas de potencia y par máximos

□ Distribución

- Válvulas: 2 válvulas/cilindro
- $D_{adm}=40$; diámetro válvula de admisión (mm)
- $AAA=1,2$; avance apertura admisión ($^{\circ}$ después PMS)
- $RCA=37,4$; retraso cierre admisión ($^{\circ}$ después PMI)
- $D_{esc}=33$; diámetro válvula de escape (mm)
- $AAE=40,8$; avance apertura admisión ($^{\circ}$ antes PMI)
- $RCE=4,5$; retraso cierre admisión ($^{\circ}$ después PMS)

□ Límites de funcionamiento

- $n_{min}=600$; régimen mínimo (rpm)
- $n_{max}=6000$; régimen máximo (rpm)

□ Admisión y escape

- Disposición escape: 4-2-1
- $V_{\lambda}=2,382$; volumen conducto+colector+tubo, desde la válvula de escape hasta la posición de la sonda λ (l)
- $d_{\lambda}=460$; distancia desde la culata hasta la posición de la sonda λ (mm)
- $V_{adm}=4,0$; volumen total conducto+colector de admisión (l)

- $D_{mar}=55$; diámetro cuerpo de mariposa (mm)

Los datos se han realizado llenando los volúmenes con líquido de frenos, medido con una bureta graduada, después de tatar las superficies donde van alojadas las juntas con una placa de metacrilato y grasa.

□ Sistema de inyección

- Tipo: Simos 4S2
- Características: multipunto, secuencial
- Presión de alimentación: 3 bar
- Inyectores: Siemens DEKA 1D
- $K_{iny}=2,5$; ganancia del inyector (mg/ms)
- $t_{0iny}=0,6$; tiempo muerto del inyector (ms)

Los parámetros de los inyectores se han calculado a partir de la curva estática de caudal, suministrada por el fabricante, mediante interpolación lineal por mínimos cuadrados. El diagrama y la característica del inyector se muestran en la figura A.3.

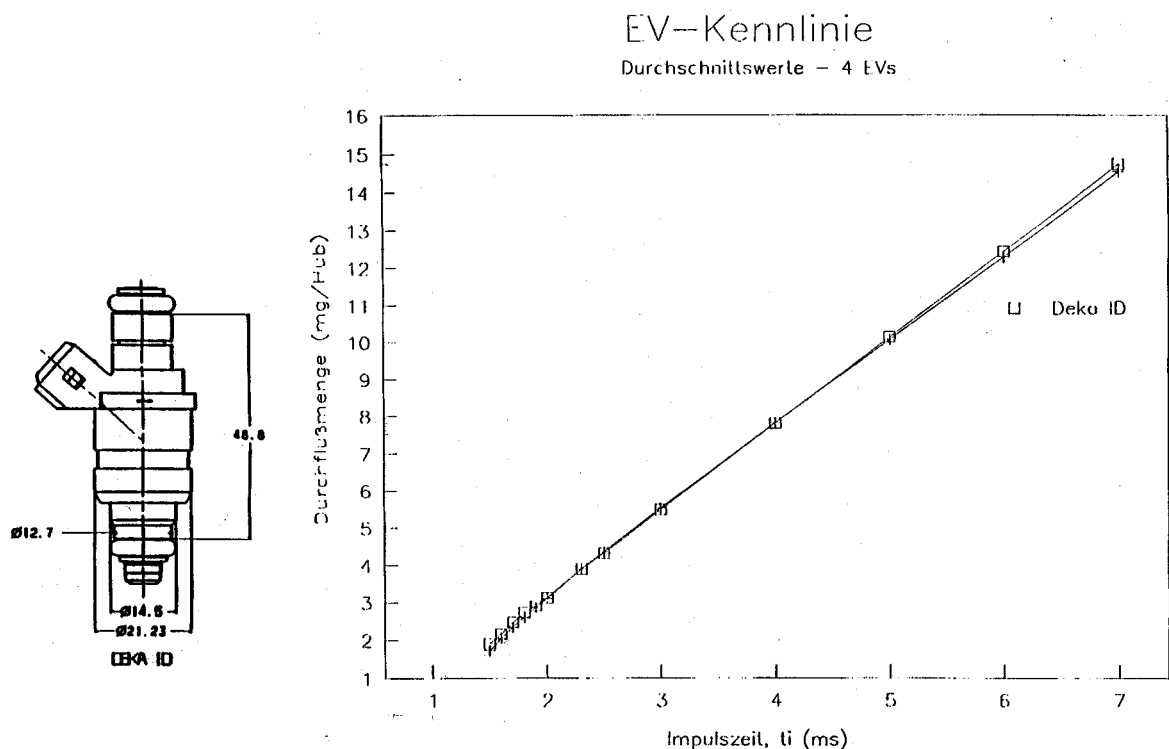


Fig. A.3: Datos del inyector Siemens DEKA 1D

□ Combustible

- Tipo: gasolina 95 RON sin plomo
- $\lambda_{est}=14,57$; relación másica aire/combustible estequiométrica
- $H_f=42500$; poder calorífico inferior (kJ/kg)

□ Datos del vehículo

- $M_v=1250$; masa de ensayo (kg)
- $R_r=0,28$; radio dinámico de las ruedas motrices (m)
- $I_{mot}=0,15$; momento de inercia del motor ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
- $I_r=2,6$; momento de inercia de las ruedas ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

□ Cambio de marchas y transmisión

- $RT_1=3,455$; relación de transmisión en 1ª
- $RT_2=1,944$; relación de transmisión en 2ª
- $RT_3=1,370$; relación de transmisión en 3ª
- $RT_4=1,032$; relación de transmisión en 4ª
- $RT_5=0,850$; relación de transmisión en 5ª
- $RT_g=3,941$; relación de transmisión del grupo
- $\eta_{tr}=0,85$; rendimiento global de la transmisión

A.2. Instrumentación

La adquisición de datos del motor se ha realizado mediante los siguiente equipos:

- KEN: equipo de desarrollo.
- Horiba MEXA 110: medición del valor de λ , con salida analógica.

El equipo de desarrollo tiene como objeto sustituir la "caja negra" que es la centralita del motor, por un sistema que haga su contenido transparente y modificable. En este caso se ha utilizado el fabricado por la empresa KEN, y comercializado por Siemens, compuesto por los siguientes elementos (Fig A.4):

- **Ordenador portátil:** contiene el programa de desarrollo, el cual permite tanto modificar los mapas estáticos con los que se gestiona el motor, como la captación de las variables internas de funcionamiento deseadas.
- **Interface:** conectado entre el ordenador y la centralita, emula las funciones de esta, que queda reducida a mero elemento de conexión física.
- **Convertidor D/A y A/D:** conectado al interface, permite sumar a las variables propias del programa de gestión, aquellas variables externas (λ , acelerómetros, etc.) deseadas, así como registrar en papel u osciloscopio variables internas.
- **Periféricos** (impresora, plotter) para la confección de informes.
- **Programador de EPROM's:** permite generar con el programa más los datos modificados una EPROM, la cual al ser colocada en la centralita funcionará otra vez como caja negra con los nuevos datos.

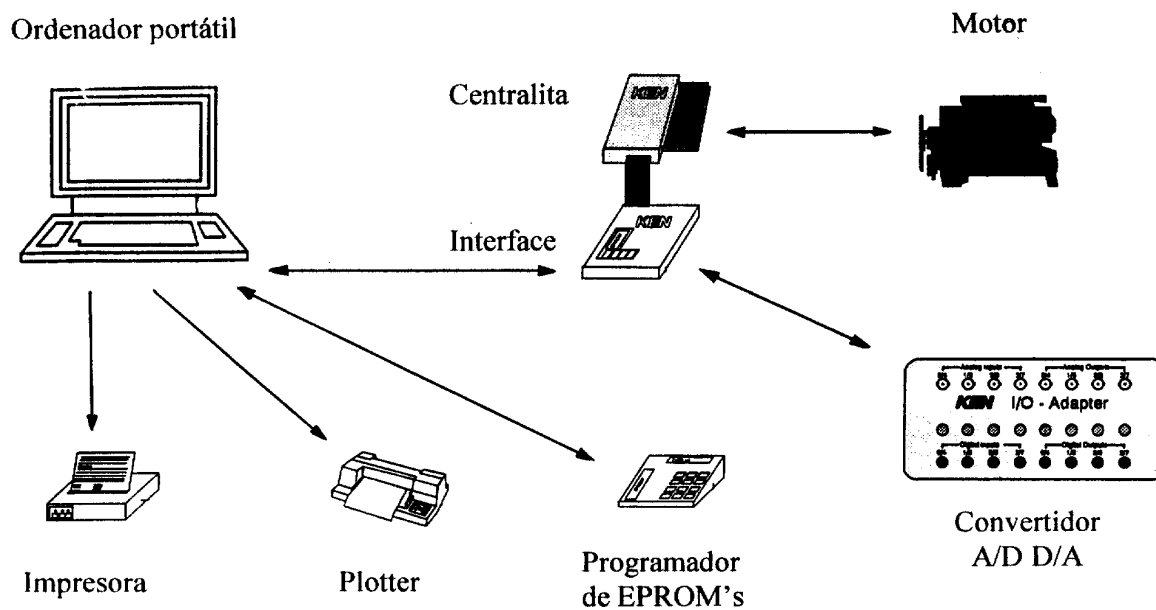


Fig. A.4: Equipo de desarrollo KEN

El medidor de lambda permite la medición directa de la variable λ , gracias a una sonda UEGO, colocada en la misma posición que la sonda EGO propia del coche. El aparato dispone de una salida analógica, que es introducida a través del convertidor A/D en el equipo de desarrollo. Las especificaciones vienen reflejadas en la siguiente tabla, extraída del catálogo.

Campo de medición	A/F: 10,00 ÷ 30,00 λ : 0,5 ÷ 2,5 O_2 (%): 0,00 ÷ 25,00
Precisión	$\pm 0,3$ A/F, A/F=12,5 $\pm 0,1$ A/F, A/F=14,7 $\pm 0,5$ A/F, A/F=23,0
Salida analógica	0 ÷ 1 V c.c.
Rango de ajuste de la salida analógica	A/F: CERO 0 ÷ 99; $\Delta=1$ SPAN 5; 10; 20; 50; 100 λ : CERO 0 ÷ 9,9; $\Delta=0,1$ SPAN 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0 O_2 : CERO 0 SPAN 5, 10, 20, 50, 100
Ajuste	IPN ₂ : 0 ÷ 50 μ A; $\Delta=5$ K _A : 0,100 ÷ 0,999 mA; $\Delta=0,001$ K _M : 0,800 ÷ 1,200 mA; $\Delta=0,001$ H/C: 0,00 ÷ 9,99 O/C: 0,000 ÷ 1,000
Temperatura gas de escape en sensor	0 ÷ 900 °C Recomendado: 200 ÷ 800 °C

Tabla A.1: Especificaciones del medidor lambda MEXA-110 [Horiba]

A.3. Trabajo experimental

Todo el trabajo experimental se ha realizado en las instalaciones del Centro Técnico de SEAT, S.A. en Martorell. Consiste en la utilización de un motor en banco, por un lado, y de un coche sobre rodillos, por el otro.

A.3.1. Ensayos en banco de motor

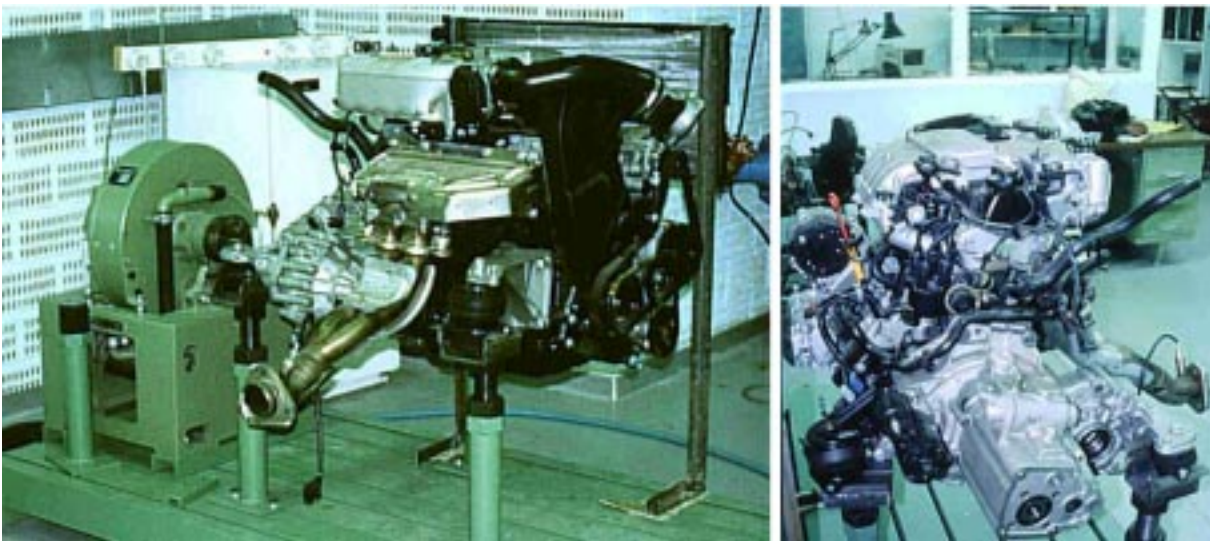


Fig. A.5: Montaje del motor sobre un banco de ensayos

El banco se ha utilizado para la realización de los mapas del motor en régimen estacionario, de los que se han identificado los diferentes parámetros estáticos del modelo (coeficiente de sección del cuerpo de mariposa, rendimiento volumétrico, rendimiento térmico, retardo de transporte). El registro se ha efectuado en intervalos regulares de régimen y par, mediante los equipos de adquisición de datos, conjuntamente con el propio del banco, de las siguientes variables:

- Par
- Consumo de combustible
- Caudal de aire
- Tiempo de inyección
- Angulo de mariposa
- Temperatura de admisión
- Temperatura de escape (cilindros 1-3, 2-4)
- Presión de admisión
- Presión de escape
- Concentración cruda de gases de escape: CO, CO₂, O₂, HC, NOx

- λ

El otro ensayo realizado es el correspondiente a la obtención de las curvas de gancho de λ , necesarias para el cálculo del rendimiento térmico. Para ello se ha debido variar el tiempo de inyección en cada punto de funcionamiento, de manera que se registran todas las variables para cada uno de los valores de λ obtenidos.

El freno utilizado es el Schenck W130 (fig. A.6), de corrientes de Eddy, con capacidad para 130 kW y 13000 ± 1 rpm. La célula de carga permite una medición de par hasta 400 Nm, con una precisión de ± 1 Nm. La válvula de mariposa es controlada por la propia electrónica del banco, mediante un motor de c.c. El consumo de combustible se mide a partir del tiempo necesario para gastar 100 cm^3 .

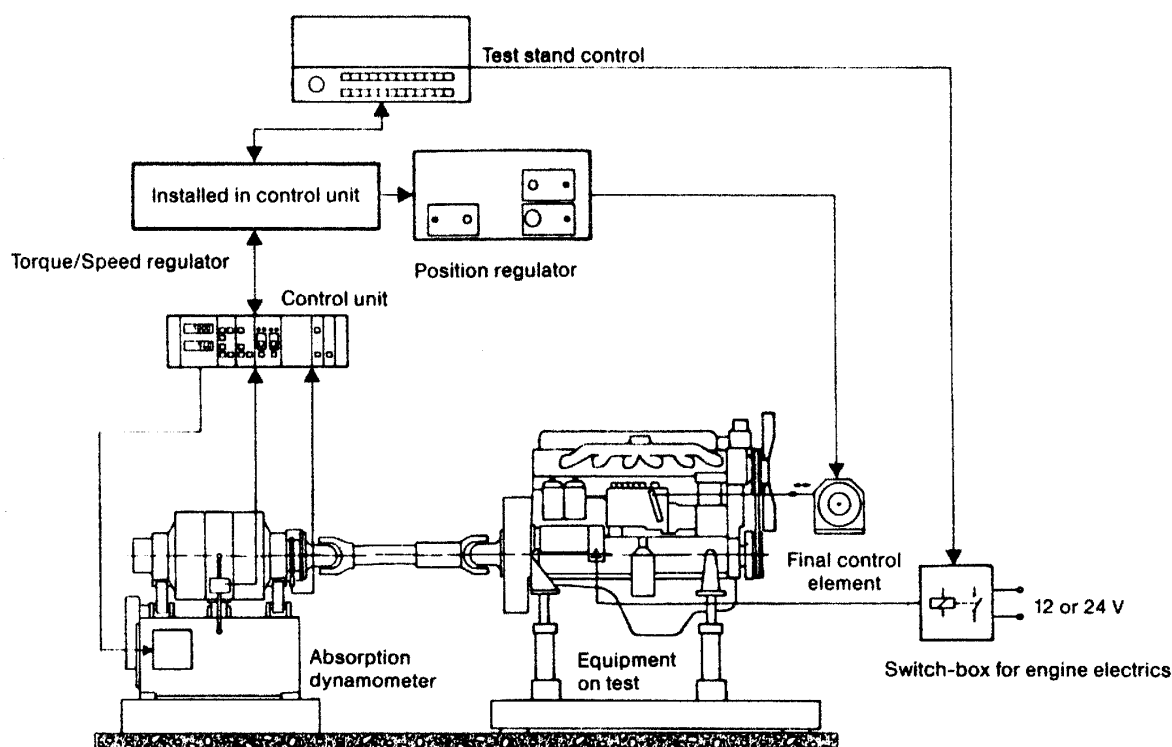


Fig. A.6: Diagrama del banco de ensayos del motor [Schenck]

A.3.2. Ensayos en banco dinamométrico de rodillos

El banco de rodillos utilizado es Schenck de 100 kW, con ventilador proporcional y gestión Froude Consine, control de velocidad, carga y simulación automática de carretera. Las mediciones realizadas han sido las siguientes:

- **Conducción** en 2ª, 3ª, 4ª y 5ª, según la curva de resistencia teórica y la inercia del vehículo, con el controlador de λ en lazo cerrado, y sin utilizar el freno del coche. Se han inhibido las estrategias de corrección del tiempo de inyección en los transitorios. Ello ha permitido registrar los patrones de entrada y salida que

han servido para ajustar el modelo (apartado 3.8), así como definir las entradas para la simulación con los diferentes algoritmos de control.

- **Aceleraciones** frenando el banco para mantener distintos valores de régimen constante, independientemente de la carga aplicada sobre el motor. Se han montado dos sondas UEGO: la primera, en el colector de escape, en el tramo correspondiente al cilindro 4, y la segunda en el tubo de escape, a la misma distancia del motor que la EGO original. Los datos obtenidos han permitido la identificación de los parámetros del combustible ($\tau_{f,b}, X$), la constante de tiempo de la sonda UEGO, el retardo de la sonda EGO, y el retardo de transporte de los gases.

Los coeficientes de resistencia del banco son los determinados por otros medios ajenos a esta tesis para este vehículo:

$$f_0=145 \text{ N}$$

$$f_1=0$$

$$f_2=0,0337 \text{ N}/(\text{km/h})^2$$

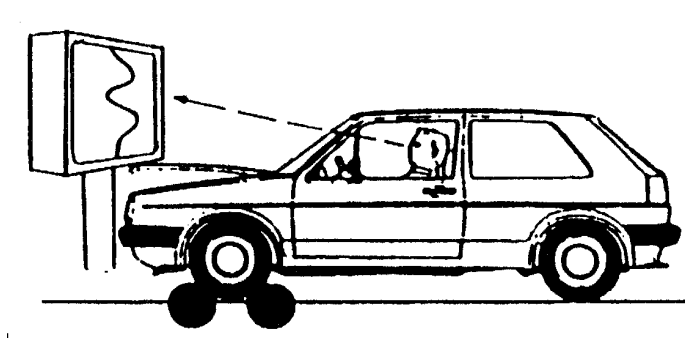


Fig. A.7: Ensayo con el coche sobre rodillos

Las variables registradas en los distintos ensayos son las siguientes:

- Angulo de mariposa
- Régimen del motor
- Velocidad
- Tiempo de inyección
- Caudal de aire
- Presión de admisión
- λ a la salida de la culata
- λ en la posición de la sonda EGO
- Señal EGO
- Marcha del vehículo

Anexo B: Bibliografía

- [Amstu94Mod] Amstutz, A.; Fekete, N.P.; David Powell, J. «Model-Based Air-Fuel Ratio Control in SI Engines with a Switch-Type EGO Sensor». SAE 940972; Transactions 1994, pp. 1477..1489, 1994. (Cap. 2, 3, 4, 5)
- [Antho92Reg] Anthoine, M.P.; Dauron, A.; Serine, M. «Regulation adaptative de richesse avec sonde proportionnelle et actionneur papillon.». SIA 92032, cong. int. "Le groupe motopropulseur: devel. et persp.", U.P.V. 5-92, 1992. (Cap. 2)
- [Aquino81Tra] Aquino, C.F. «Transient A/F Control Characteristics of the 5 Liter Central Fuel Injection Engine». SAE 810494, 1981. (Cap. 3)
- [Arsie96Dev] Arsie, L.; Gambino, M.; Pianese, C.; Rizzo, G «Development and Validation of Hierarchical Models for the Design of Engine Control Strategies». Control and Diagnostics in Automotive Applications, pp. 43-55, 1996. (Cap. 3, 4)
- [Asik96A/F] Asik, J.R.; Meyer, G.M.; Tang, D.X. «A/F Ratio Estimation and Control Based on Induced Engine Roughness». IEEE 0272-1708/96/S05.00, pp. 35..42, 1996. (Cap. 2)
- [Aströ84Sis] Aström, Karl Johan; Wittenmark, Björn «Sistemas controlados por computador». Editorial Paraninfo, Madrid; ISBN 84-283-1593-0; 498 p.; 24 cm, 1984. (Cap. 3)
- [Aströ89Ada] Aström, Karl Johan; Wittenmark, Björn «Adaptive Control». Addison-Wesley Publishing Company, Reading; ISBN 0-201-09720-6; 526 p.; 25 cm, 1989. (Cap. 4)
- [Auile77Opt] Auiler, J. E.; Zbrozek, J.D.; Blumberg, P.N. «Optimization of automotive engine calibration for better fuel economy--methods and applications». SAE Paper 770076; SAE Transactions Vol. 86, 1977. (Cap. 2)
- [Bande92Tra] Bandel, W.; Quissek, F.; Kampelmühler, F. «Transient Development of SI-Engines on a Dynamic Engine Test Bed». ATA 1992, S 2.4.2, 1992. (Cap. 2)
- [Benni91Req] Benninger, N.F.; Plapp, G. «Requirements and Performance of Engine Management Systems Under Transient Conditions». SAE Paper 910083, 10 p, 1991. (Cap. 2, 3)
- [Bidan95Non] Bidan, P.; Boverie, S.; Chaumerliac, V. «Nonlinear Control of a Spark-Ignition Engine». IEEE Trans. on Control Systems Technology, vol. 3, n. 1, marzo 1995, pp. 4-13, 1995. (Cap. 2)
- [Boam89A Mo] Boam, D. J.; Finlay, I. C.; Martins, J. J. G. «A Model for Predicting Engine Torque Response During Rapid Throttle Transients in Port-Injected Spark-Ignition Engines». SAE Paper 890565; SAE Transactions Vol. 98, Section 3, 1989. (Cap. 3)
- [Bosch90Man] Bosch «Manual de la Técnica del Automóvil». Editorial Reverté, S.A.; 20ª edición, 1990. (Cap. 2)

- [Chang93Eng]** Chang, C.F.; Feyete, N.P.; Amstutz, A.; Powell, J.D. «Engine Air-Fuel Ratio Control Using an Event-Based Observer». SAE 930766; 16 pp., 1993. (Cap. 2, 3)
- [Chang95Air]** Chang, C.F.; Feyete, N.P.; Amstutz, A.; Powell, J.D. «Air-Fuel Ratio Control in Spark Ignition Engines Using Estimation Theory». IEEE Trans. on Control Systems Technology, vol. 3, n. 1, marzo 1995, pp. 22-31, 1995. (Cap. 2, 3)
- [Chen91A No]** Chen, C.P.; Shang, H.M.; Jiang, Y. «A Novel Gas-Droplet Numerical Method for Spray Combustion». AIAA Paper 91-0286, 8 p., 1991. (Cap. 2)
- [Chin86Engi]** Chin, Yuen-Kwok General Motors Research Labs. Coats, Francis E. General «Engine Dynamics: Time-Based Versus Crank-Angle Based». SAE Paper 860412; SAE Transactions Vol. 95, Section 2; SP-653, 1986. (Cap. 3, 5)
- [Choi92Slid]** Choi, S.B.; Hedrick, J.K. «Sliding Control of Automitive Engines: Theory and Experiment». ASME DSC, vol. 44, pp 281-291, 1992. (Cap. 2)
- [Choi98An O]** Choi, S.B.; Hedrick, J.K. «An Observer-Based Controller Design Method for Improving Air/Fuel Characteristics of Spark Ignition Engines». IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 6, n. 3, May 1998, 1998. (Cap. 2)
- [De98A Succ]** De Leone, R.; Capparuccia, R.; Merelli, E. «A Succesive Overrelaxation Backpropagation Algorithm for Neural Network Training». IEEE Transactions on Neural Networks; May 1998, Vol. 9, N. 3, pp. 381-388, 1998. (Cap. 6)
- [Dobne80A M]** Dobner, Donald J. «A Mathematical Engine Model for Development of Dynamic Engine Control». SAE Paper 800054; SAE Transactions Vol. 89, 1980. (Cap. 3)
- [Dohne78Tra]** Dohner, Alan R. «Transient system optimization of an experimental engine control system over the federal emissions driving schedule». SAE Paper 780286; SAE Transactions Vol. 87, 1978. (Cap. 2)
- [Elman90Fin]** Elman, J.L. «Finding structure in time». Cognitive Science, 14, 179-211, 1990. (Cap. 5)
- [Escob97Apo]** Escobet, T. «Aportació a la identificació paramètrica de sistemes dinàmics». Tesis doctoral, 1997. (Cap. 5)
- [Falk80Thre]** Falk, C.D.; Mooney, J.J. «Three-Way Conversion Catalysts: Effect of Closed-Loop Feed-Back Control and Other Parameters on Catalyst Efficiency». SAE Paper 800462; SAE Transactions, 1980. (Cap. 1)
- [Feket95Mod]** Fekete, N.P.; Nerster, U.; Gruden. I.; Powell, J.D. «Model-Based Air-Fuel Ratio Control of a Lean Multi-Cylinder Engine». SAE 950846; SAE Transactions; pp. 71..83, 1995. (Cap. 2, 5)
- [Ferná95Mod]** Fernández Camacho, E.; Bordons, C. «Model Predictive Control in the Process Industry». Springer-Verlag London Limited, 1995. (Cap.

5)

- [Franx86Sen]** Franx, C. «Sensor de oxígeno ZrO₂». Automática e Instrumentación, diciembre 1986, pp 161-165, 1986. (Cap. 2)
- [Fujie84Ana]** Fujieda, M.; Oyama, Y. «Analysis of Transient Mixture Transport in Intake Manifold for Carburetted Engines». JSAE Review, n. 13, pp. 18-25, 1984. (Cap. 3)
- [Fujio90Unt]** Fujioka, Takehico; Tabuko, Nobuaki «Untersuchung eines Autofahrermodells unter Verwendung eines neuronalen Netzes.». Preprints of Meeting on Automotive Engineers. Traducción del original en japonés, 1990. (Cap. 5)
- [Gimén97Car]** Giménez, B. «Caracterización y modelado de la formación de chorros atomizados intermitentes por evaporación». Tesis doctoral, 1997. (Cap. 2)
- [Gonor84Spr]** Gonor, A.L.; Zolotova, N.V. «Spreading and Break-up of a Drop in a Gas Stream». Acta Astronautica, Vol. II, n. 2, pp 137-142, 1984. (Cap. 2)
- [Hendr90Mea]** Hendricks, Elbert; Sorenson, Spencer C. «Mean Value Modeling of Spark Ignition Engines». SAE Paper 900616, 1990. (Cap. 2, 3)
- [Hendr91SI]** Hendricks, E.; Sorenson, S.C. «SI Engine Controls and Mean Value Engine Modelling». SAE Paper 910258; SAE SP-848, Electronic Engine Controls; pp 69-91, 1991. (Cap. 2, 3)
- [Hertz94Int]** Hertz, J.; Krogh, A.; Palmer, R.G. «Introduction to the Theory of Neural Computation». Addison-Wesley Publishing Company, 1994. (Cap. 5)
- [Heywo88Int]** Heywood, J.B. «Internal Combustion Engine Fundamentals». McGraw-Hill, 1988. (Cap. 3)
- [Hirao87Pre]** Hirao, Osamu; Pefley, Richard K. «Present and Future Automobile Fuels». John Wiley & Sons, Inc., USA; ISBN 0-471-80259-X; 570 p, 1987. (Cap. 2)
- [Hires81Tra]** Hires, S.D.; Overington, M.T. «Transient Mixture Strength Excursions -An Investigation of Their Causes and the Development of a Constant Mixture Strength Fueling Strategy». SAE Transactions vol. 90, SP-487, 1981. (Cap. 3)
- [Iwata96Mod]** Iwata, Y.; Abe, S.; Nasu, M.; Aoki, K. «Model-Based Air-Fuel Ratio Control with Exhaust Air Fuel Ratio Sensor & Heated Exhaust Oxygen Sensor». CSAT, Czech Republic, 1996. (Cap. 2)
- [Jense98Wid]** Jensen, B.; Olsen, M.B.; Poulsen, J.; Vigild, C.; Hendricks, E. «Wideband SI Engine Lambda Control». SAE 981065, 1998. (Cap. 3)
- [Jones95Ide]** Jones, V.K.; Ault, B.A.; Franklin, G.F.; Powell, J.D. «Identification and Air-Fuel Ratio Control of a Spark Ignition Engine». IEEE Trans. on Control Systems Technology, vol. 3, n. 1, marzo 1995, pp. 14-21, 1995. (Cap. 2)

- [Jones96Tow]** Jones, V.K. «Towards Adaptive Control of a Spark-Ignition Engine», 1996. (Cap. 2, 3)
- [Jorda86Att]** Jordan M.I. «Attractor dynamics and parallelism in a connectionist sequential machines». Proceedings of the 8th Annual Conference of the Cognitive Science Society, 531-546, 1986. (Cap. 5)
- [Kadot91Mix]** Kadota, T.; Zhao, F.Q.; Tsuzaki, H. «Mixture Strength Measurements in the Combustion Chamber of SI Engine via Rayleigh Scattering (2nd Report)». JSME International Journal, series II, vol 34, n. 1, 1991. (Cap. 2)
- [Kainz99Ind]** Kainz, J.L.; Smith, J.C. «Individual Cylinder Fuel Control with a Switching Oxygen Sensor». SAE 1999-01-0546, pp 111-121, 1999. (Cap. 4)
- [Kampe93Aut]** Kampelmühler, F.T.; Paulitsch, R.; Gschweitl, K. «Automatic ECU-Calibration - An Alternative to Conventional Methods». SAE Paper 930395; pp 1-12, 1993. (Cap. 2)
- [Katas91Fue]** Katashiba, Hideaki; Nishida, Minoru; Washino, Shoichi; Takahashi, Akira; Hashimoto, T.; Miyake, M. «Fuel injection control systems that improve three way catalyst conversion efficiency.». SAE Paper 910390. 9p, 1991. (Cap. 1, 2, 4)
- [Kawas Ana]** Kawasaki, T.; Takamori, K.; Kawabe, R.; Takaku, Y. «Analysis of Injected Fuel Droplet Behavior in Intake Manifold of Spark Ignition Engine». VDI, pp 375-404. (Cap. 2)
- [Kim91Three]** Kim, I.; Elghobashi, S.E.; Sirignano, W.A. «Three-Dimensional Droplet Interactions in Dense Sprays». IAAA Paper 91-0073, 13 p, 1991. (Cap. 2)
- [Le97Air-Fu]** Le Moyne, L.; Maroteaux, F. «Air-Fuel Flow Modeling Applied to the Reduction of Air-Fuel Ratio Excursions During Transients on Port Injected S.I. Engines». SAE SP-1255 (Engine Modeling); SAE 970513, pp. 133-140, 1997. (Cap. 3)
- [Lenz90Gemi]** Lenz, H.P. «Gemischbildung bei Ottomotoren». Springer-Verlag, Wien, New York; ISBN 3-211-82193-7; 400 p.; 1990. (Cap. 2)
- [Lenz96Arti]** Lenz, U.; Schroeder, D. «Artificial Intelligence for Combustion Engine Control». SAE 960328, SAE Transactions 1996, pp. 430..439, 1996. (Cap. 5)
- [Lenz97Tran]** Lenz, U.; Schroeder, D. «Transient Air-Fuel Ratio Control using Artificial Intelligence». SAE 970618, 1997. (Cap. 5)
- [Loesi89Mas]** Loesing, K. H.; Jordan, W.; Gerards, H.; Henning, M. «Mass air flow meter--Design and application». SAE Paper 890779; SAE Transactions Vol. 98, Section 3, 1989. (Cap. 2)
- [Maren90Han]** Maren, Alianna; Harston, Craig; Pap, Robert «Handbook of Neural Computing Applications». Academic Press, Inc., San Diego; ISBN 0-12-546090-2; 448 p. 24 cm, 1990. (Cap. 5)
- [Mills95Neu]** Mills, P. «Neuro-adaptive process control. A practical approach». Ed.

- John Wiley & Sons, 1995. (Cap. 5)
- [Moril87Con]** Morilla, Fernando «Contribución a los métodos de autosintonía de reguladores PID». Tesis doctoral, Madrid, 1987. (Cap. 4)
- [Móscí95Adv]** Móscinski, J.; Ogonowski, Z. «Advanced Control with Matlab and Simulink». Ellis Horwood, 1995. (Cap. 5)
- [Mülle96Eng]** Müller, R.; Hemberger, H.H.; Baier, K.; Gern, T. «Engine Control Using Neural Networks». Control and Diagnostics in Automotive Applications, pp. 57-65, 1996. (Cap. 5)
- [Nagai89An]** Nagaishi, Hatsuo; Miwa, Hiromichi; Kawamura, Yoshihisa; Saitoh, Masaaki «An Analysis of Wall Flow and Behavior of Fuel in Induction Systems of Gasoline Engines». SAE Paper 890837; SAE Transactions Vol. 98, Section 3, 1989. (Cap. 3)
- [Nakan91Dev]** Nakaniwa, S.; Furuya, J.; Tomisawa, N. «Development of Nest-Structured Learning Control System». SAE Paper 910084, 12 p, 1991. (Cap. 2)
- [Nevot92App]** Nevot, J.; Cleries, A.; Rossi, A.; Ruggenini, S. «Application of a Low-Cost System for the Air-Fuel Mixture Regulation, by Means of Air Electronic Control». SIA 92001, cong. int. "Le groupe motopropulseur: devel. et persp.", U.P.V. 5-92, pp 86-92, 1992. (Cap. 2)
- [Nutto90Clo]** Nutton, David; Pinnock, Robert A. «Closed loop ignition and fuelling control using optical combustion sensors». SAE Paper 900486, 1990. (Cap. 2)
- [Ohata82Dyn]** Ohata, A.; Ishida, Y. «Dynamic inlet pressure and volumetric efficiency of four cycle four cylinder engine». SAE Paper 820407; SAE Transactions Vol. 91, 1982. (Cap. 3)
- [Ohyam90Stu]** Ohyama, Yoshishige; Ohsuga, Minoru; Kuroiwa, Hiroshi «Study on mixture formation and ignition process in spark ignition engine using optical combustion sensor». SAE Paper 901712, 1990. (Cap. 2)
- [Onder93Mod]** Onder, C.H.; Geering, H.P. «Model-based Multivariable Speed and Air-to-Fuel Ratio Control of an SI Engine». SAE 930859, 1993. (Cap. 2)
- [Patri90A t]** Patrick, Ronald S.; Powell, J. David «A technique for the real-time estimation of air-fuel ratio using molecular weight ratios». SAE Paper 900260; SP-805, 1990. (Cap. 2)
- [Pears83Car]** Pearson, J.K.; Orman, P.L.; Caddock, B.D. «Car Driveability Modelling: A Computer Model for the Prediction of Hesitation under Cold Weather Accelerating Conditions». SAE 831755, 1983. (Cap. 3)
- [Pham97Neur]** Pham, D.T.; Liu, X. «Neural Networks for Identification, Prediction and Control». Ed. Springer, 1997. (Cap. 5)
- [Pisch88Ver]** Pischinger, F. «Verbrennungsmotoren». Apuntes asignatura de motores térmicos. 2 tomos, 1988. (Cap. 2)

- [Rao79Engin]** Rao, Harish S. Cohen, A.I.; Tennant, J.A.; Van Voorhies, K.L. «Engine control optimization via nonlinear programming». SAE Paper 790177; SAE Transactions Vol. 88, 1979. (Cap. 2)
- [Rizzo91Una]** Rizzo, G. «Una metodologia per l'ottimizzazione tecnico-economica dei sistemi di controllo elettronico per motori a combustione interna». ATA, dicembre 1991, vol. 44, n. 12, 1991. (Cap. 2)
- [Schwa80Ste]** Schwarz, H.; Denz, H.; Zechall, M. «Steuerung der Einspritzung und Zündung von Ottomotoren mit Hilfe der Digitalen Motorelektronik MOTRONIC». Bosch Technische Berichte, 1980. (Cap. 4)
- [Serva86A r]** Servati, Hamid B.; DeLosh, Robert G. «A regression model for volumetric efficiency». SAE Paper 860328, 1986. (Cap. 3)
- [Serva89Spr]** Servati, Hamid B.; Hermann, Edward W. «Spray/Wall Interactions Simulation». SAE Paper 890566, 1989. (Cap. 2, 3)
- [Shayl96Tra]** Shayler, P.J.; Goodman, M.S.; Ma, T. «Transient Air/Fuel Ratio Control of an SI Engine Using Neural Networks». SAE 960326; SAE Transactions, pp. 410..419, 1996. (Cap. 5)
- [Shira95CMA]** Shiraishi, H.; Ipri, S.L.; Cho, D.D. «CMAC Neural Network Controller for Fuel-Injection Systems». IEEE Trans. on Control Systems Technology, vol. 3, n. 1, marzo 1995, pp. 32-38, 1995. (Cap. 5)
- [Silvi97An]** Silvis, W.M. «An Algorithm for Calculating the Air-Fuel Ratio from Exhaust Excursions». SAE SP-1255 (Engine Modeling); SAE 970514, pp. 141-152, 1997. (Cap. 2)
- [Sutto90Neu]** Sutton, Richard S.; Werbos, Paul J. «Neural Networks for Control». The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, Londres, 1990; ISBN 0-262-13261-3; 524 p, 1990. (Cap. 5)
- [Taylo90The]** Taylor, C.F. «The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice. Vol. 1: Thermodynamics, Fluid Flow, Performance; Vol. 2: Combustion, Fuels, Materials, Design». The M.I.T. Press, 1990. (Cap. 2, 3)
- [Tread98Sim]** Treadgold, N.K.; Gedeon, T.D. «Simulated Annealing and Weight Decay in Adaptive Learning: The SARPROP Algorithm». IEEE Transactions on Neural Networks; July 1998, Vol. 9, N. 4, pp. 662-668, 1998. (Cap. 6)
- [Tudor93Ele]** Tudor, R.J. «Electronic Throttle Control as Emission Reduction Device». SAE Paper 930939, 1993. (Cap. 2)
- [Yamad92Uni]** Yamada, T.; Hayakawa, N.; Kami, Y.; Kawai, T. «Universal Air-Fuel Ratio Heated Exhaust Gas Oxygen Sensor and Further Applications». SAE Paper 920234, pp 24-36, 1992. (Cap. 2)
- [Yang91Non-]** Yang, H.Q. «Non-Axisymmetric Breakup of a Liquid Jet During Atomization». AIAA Paper 91-0693, 11 p., 1991. (Cap. 2)
- [Yuen84A Ma]** Yuen, W. W.; Servati, H. «A Mathematical Engine Model Including the Effect of Engine Emissions». SAE Paper 840036; SAE Transactions Vol. 93, 1984. (Cap. 3)