



Universidad de
Zaragoza



Escuela Universitaria de Ingeniería
Técnica Industrial de Zaragoza

PROYECTO FINAL DE CARRERA ESTUDIO Y SENSORIZACIÓN DE UNA MOTO DE COMPETICIÓN

AUTOR: Carlos Magarín Martín

DIRECTOR: Vicente Alcalá Heredia

ESPECIALIDAD: Electricidad

CONVOCATORIA: Septiembre 2011




ALCAÑIZ UNIZAR

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	OBJETO DEL PROYECTO	8
3.	MOTOSTUDENT	9
3.1.	¿Qué es MotoStudent?	9
3.2.	¿Cómo surgió la idea?	9
3.3.	¿Qué objetivos persigue MotoStudent?	9
3.4.	Calendario y desarrollo de MotoStudent.....	10
3.5.	Fases previas a las jornadas competitivas:	10
4.	EQUIPO ALCAÑIZ UNIZAR.....	11
4.1.	Introducción	11
4.2.	¿Cómo nos conocimos?.....	11
4.3.	¿Qué objetivos perseguimos?	14
4.4.	Creación de la imagen del equipo	14
4.4.1.	Nombre del equipo	14
4.4.2.	Logotipos	15
4.5.	Búsqueda de tutor.....	16
4.6.	Patrocinio	16
4.6.1.	Introducción	16
4.6.2.	¿Qué necesitábamos?	16
4.6.3.	Comienzo de la búsqueda	17
4.6.4.	Forma de pago	20
4.6.5.	Patrocinadores	21
5.	ESTUDIO	24
5.1.	Reparto de tareas.....	24
5.2.	Diseño a ordenador con ProEngineer	25
6.	SENSORIZACIÓN	26
6.1.	Introducción	26
6.2.	Clasificación y particularidades	26
6.2.1.	Sensor y transductor	26
6.2.2.	Principios fundamentales.....	27
6.2.3.	Evolución	27
6.2.4.	Acondicionamiento y presentación	28
6.2.5.	Configuración general entrada-salida	28
6.2.5.1.	Interferencias y perturbaciones internas.....	28
6.2.6.	Características estáticas de los sistemas de medida	29
6.2.6.1.	Exactitud, fidelidad, sensibilidad.....	29
6.2.7.	Características dinámicas de los sistemas de medida	30
6.2.7.1.	Error dinámico y velocidad de respuesta.....	30
6.2.8.	Características de entrada.....	31
6.2.8.1.	Impedancia	31
6.2.9.	Tipos de señal de salida.....	31
6.2.10.	Materiales en sensores	32
6.2.10.1.	Conductores, semiconductores y dieléctricos	33
6.2.10.2.	Materiales magnéticos	34

6.2.11.	Empleo en el automóvil	35
6.2.12.	Tendencias de los sensores en el automóvil.....	36
6.2.13.	Tecnologías de transducción.....	39
6.3.	Sensores	40
6.3.1.	Sensores de temperatura.....	40
6.3.1.1.	Tipos de sensores básicos	42
6.3.1.2.	Aplicaciones de los sensores de temperatura	44
6.3.1.2.1.	Sensor de temperatura del motor	44
6.3.1.2.2.	Sensor de temperatura del aceite del motor.....	44
6.3.1.2.3.	Sensor de temperatura de los gases de escape.....	44
6.3.2.	Sensores de posición	45
6.3.2.1.	Principios de medición	45
6.3.2.1.1.	Sensores de potenciómetro	45
6.3.2.1.2.	Sensores inductivos.....	47
6.3.2.1.3.	Sensores magnetoestáticos	49
6.3.2.1.4.	Sensores de propagación de ondas	51
6.3.2.2.	Ejemplos de aplicación de sensores de posición	52
6.3.3.	Sensores de velocidad	52
6.3.3.1.	Principios de medición	53
6.3.3.2.	Medición relativa de la velocidad	53
6.3.3.2.1.	Sensores magnetoestáticos	53
6.3.3.2.2.	Sensores inductivos.....	55
6.3.4.	Sensores de aceleración y vibraciones.....	59
6.3.4.1.	Principios de medición	59
7.	SISTEMA DISEÑADO	61
7.1.	Nuestras necesidades.....	61
7.2.	Factores a tener en cuenta a la hora de elegir un sensor.....	61
7.2.1.	Magnitud a medir:.....	61
7.2.2.	Características de salida:.....	61
7.2.3.	Características de alimentación:	61
7.2.4.	Características ambientales:	62
7.2.5.	Otros factores:.....	62
7.3.	Puesta a punto del motor	62
7.4.	Necesidades de un banco de ensayos.....	63
7.5.	Banco de ensayos	63
7.5.1.	Sensorización del banco de ensayos	66
7.6.	Adquisición de una tarjeta NI DAQ 6008	67
7.6.1.	Conocer las herramientas	69
7.6.1.1.	Sensor Im35	69
7.6.1.1.1.	Conexión del Im35.....	70
7.6.1.1.2.	Programación en LabVIEW	71
7.6.1.2.	Termistor NTC	76
7.6.1.2.1.	Conexión del sensor	77
7.6.1.2.2.	Programación en LabVIEW	79
7.6.2.	Medición de la velocidad del motor	82
7.6.2.1.	Sensor inductivo xs618b1 pal2 de telemecanique:	82



7.6.2.1.1.	Estructura y funcionamiento:.....	83
7.6.2.1.2.	Cálculo del número de dientes de la corona.....	85
7.6.2.1.3.	Adquisición de datos con el sensor.....	86
7.6.2.1.4.	Acondicionamiento de la señal al estándar TTL.....	86
7.6.2.1.5.	Esquema de conexión	88
7.6.2.1.6.	Lectura de datos con el DAQ.....	89
7.6.3.	Medición de temperatura	95
7.6.4.	Resultados con el banco de potencia.....	101
8.	SENSORIZACIÓN DE LA MOTO	102
8.1.	Lecturas realizadas en la moto.....	102
8.1.1.	Lectura de temperatura	103
8.1.2.	Lectura de revoluciones	104
9.	JORNADAS DE COMPETICIÓN.....	105
10.	RESULTADOS	109
10.1.	Fase MS1:	109
10.2.	Fase MS2:	110
11.	CONCLUSIÓN	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Miembros iniciales	12
Figura 4.2: Miembros finales.....	13
Figura 4.3: Logo 1	15
Figura 4.4: Logo 2	15
Figura 4.5: Logo final	16
Figura 4.6: Reparto del carenado.....	17
Figura 4.7: Patrocinadores	22
Figura 4.8: Componentes comunes de la moto	23
Figura 5.1: Diseño En ProEngineer	25
Figura 6.1: Función básica de un sensor	26
Figura 6.2: Efecto de las perturbaciones.....	28
Figura 6.3: Método de la retroalimentación negativa	29
Figura 6.4: Diagrama de bandas de energía para un conductor.....	32
Figura 6.5: Multiplicidad de sistemas del automóvil equipados con sensores.....	35
Tabla 6.1: Sensores en el automóvil	36
Figura 6.6: Elemento micromecánico de medición.....	37
Figura 6.7: Grado de integración de los sensores	38
Figura 6.8: Módulo de corrección de un sensor inteligente	38
Figura 6.9: Divisor de tensión de un sensor de temperatura	41
Tabla 6.2: Temperaturas en el automóvil	41
Figura 6.10: Símbolo del termistor.....	42
Figura 6.11: Variación de la resistencia de diversos termistores NTC con la temperatura	43
Figura 6.12: Sensor de temperatura	44
Tabla 6.3: Recorridos y posiciones angulares como magnitudes de medición directas.....	45
Figura 6.13: Potenciómetro de cursor	46
Figura 6.14: Sensor de anillo de cortocircuito	48
Figura 6.15: Sensor Hall diferencial.....	50
Figura 6.16: Núcleo sensor de la sonda de campo magnético terrestre	51
Figura 6.17: Cálculo ultrasónico de distancias respecto a un obstáculo único	51
Figura 6.18: Detección de la velocidad de rotación relativa.....	52
Figura 6.19: Sensor de gradiente para exploración de una rueda dentada	54
Figura 6.20: Sensor inductivo de velocidad de rotación	57
Tabla 6.4: Sensores de aceleración y vibraciones	59
Figura 6.21: Sensores de aceleración realizados por micromecanizado	60
Figura 7.1: Piezas sueltas de la moto	63
Figura 7.2: Banco de potencia	64
Tabla 7.1: Datos del rodillo	65
Figura 7.3: DAQ 6008	67
Figura 7.4: Despiece del DAQ 6008.....	67
Figura 7.5: LabVIEW	68
Figura 7.6: Sensor LM35.....	69
Figura 7.7: Conexión del LM35 con el DAQ.....	70
Figura 7.8: Montaje del circuito con LM35	70
Figura 7.09: Front panel	71

Figura 7.10: Block panel	72
Figura 7.11: DAQ Assistant	72
Figura 7.12: Configuración del DAQ	73
Figura 7.13: Fórmula	74
Figura 7.14: Cuadro de introducción de la fórmula	74
Figura 7.15: Waveform Graph	75
Figura 7.16: Write to Measurement File	75
Figura 7.17: Front panel	76
Figura 7.18: NTC	76
Figura 7.19: Montaje con NTC	77
Figura 7.20: Esquema de conexión del NTC con el DAQ	78
Figura 7.21: Diseño en LabVIEW para el NTC	79
Figura 7.22: Fórmula del NTC	80
Figura 7.23: Sensor inductivo	82
Figura 7.24: Montaje del sensor inductivo en el banco	83
Figura 7.25: Dibujo del sensor inductivo	84
Figura 7.26: Ejemplo de montaje	86
Figura 7.27: Montaje final para acondicionamiento de la señal	87
Figura 7.28: Esquema de montaje del sensor inductivo con el DAQ	88
Figura 7.29: Encapsulado de la etapa de acondicionamiento del DAQ	89
Figura 7.30: Front panel	90
Figura 7.31: Block panel	91
Figura 7.32: Front panel	92
Figura 7.33: Front panel	93
Figura 7.34: Block panel	94
Figura 7.35: Sensor de temperatura de Bosch	95
Figura 7.37: Montaje del sensor en el circuito de refrigeración	96
Figura 7.38: Front panel	97
Figura 7.39: Block panel	98
Figura 7.40: Sensores en el banco de potencia	99
Figura 7.41: Sensores en el banco de potencia	100
Figura 7.42: Medición de la potencia del motor	101
Figura 8.1: Display	102
Figura 8.2: Sensor de temperatura para la moto	103
Figura 8.3: Montaje en la moto	104
Figura 9.1: Probador con la moto	105
Figura 9.2: Piloto en el box	108
Tabla 9.1: Calendario de la competición	108
Figura 10.1: Recogiendo el premio de la categoría MS1	109
Figura 10.2: Banco de pruebas de la competición	110
Figura 10.3: Box del equipo	111
Figura 10.4: Podio	112
Figura 10.5: Equipo con la moto	112

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto trata de mostrar al lector las decisiones tomadas a la hora de realizar medidas de parámetros físicos mediante elementos eléctricos y electrónicos en una moto de competición. Dicha información será procesada y estudiada para sacar unas conclusiones concretas y llevar a cabo unas medidas para mejorar el rendimiento de los elementos correspondientes.

Dicho proyecto cuenta todo el proceso seguido por el equipo Alcañiz Unizar, del cual formo parte, a lo largo de la primera edición de la competición MotoStudent que culminó con unas jornadas de competición en Octubre de 2010.

La competición ha durado alrededor de 2 años y durante este proceso el equipo ha conseguido salir adelante para terminar proclamándose campeón de la competición MotoStudent.

La estructura del proyecto se divide en capítulos independientes que mostrarán las diferentes etapas de la competición de forma cronológica, haciendo especial hincapié en las tareas de las cuales yo era responsable.

El capítulo 6, pretende dar al lector una noción de lo que es un sensor, sus propiedades, su razón de ser, su funcionamiento etc. ya que mi tarea como ingeniero eléctrico en el equipo Alcañiz Unizar gira en torno a ellos y sus utilidades.

El capítulo 7 da a conocer los criterios seguidos a la hora de elegir un sensor determinado de entre toda la variedad de sensores presentes en el mercado actual.

El capítulo 8 habla de la instalación de todos los componentes electrónicos e informáticos necesarios.

Todo el documento ha sido diseñado con la intención de tener un orden claro, utilizando un vocabulario sencillo sin abandonar tecnicismos cuando ha sido necesario.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del siguiente proyecto consiste en descubrir, estudiar y entender los diferentes sistemas eléctricos y electrónicos útiles para realizar lecturas de datos en una moto de competición.

El objetivo de dicho estudio ha sido el entender mejor los componentes de la motocicleta que la competición nos ha proporcionado, para así conseguir realizar una motocicleta capaz de competir a un buen nivel contra las otras motocicletas de los equipos rivales.

De acuerdo a unos objetivos concretos, las decisiones tomadas por el equipo y sobre todo, atendiendo a un presupuesto reducido, se eligen una serie de parámetros a medir y en consecuencia se escogen un conjunto de sensores determinados, con la consiguiente tarea de adaptarlos a su misión, acondicionar la señal para poder leerla y transformar esas señales eléctricas a través de una centralita en datos útiles para el equipo.

Las decisiones han sido tomadas comprometidas por una serie de factores no exclusivamente técnicos. Ha habido nuevas experiencias a las que hemos tenido que enfrentarnos, salir directamente al exterior a buscar financiación para realizar este proyecto, tener en mente unos objetivos y tener que atravesar un camino de incertidumbre y desconocimiento hasta alcanzarlos.

Este proyecto refleja el esfuerzo para cumplir cada uno de estos objetivos.

3. MOTOSTUDENT

3.1. ¿Qué es MotoStudent?

La competición MotoStudent promovida por la fundación Moto Engineering Foundation es un desafío entre equipos universitarios de distintas Universidades españolas, europeas y del resto del mundo.

Consiste en diseñar y desarrollar un prototipo de moto de competición de 125cc y de 2 tiempos, con su evaluación pertinente en unas jornadas que se llevaron a cabo en las instalaciones de la Ciudad del Motor de Aragón el primer fin de semana de Octubre de 2010.

El equipo Alcañiz Unizar fue uno de los equipos participantes de la primera edición de esta competición.

Fue un reto para todos nosotros, ya que en un periodo de tiempo de tres semestres tuvimos que demostrar y probar nuestra capacidad de creación e innovación y la habilidad de aplicar directamente los conocimientos adquiridos y nuestra capacidad como ingenieros en comparación con los otros equipos de universidades de todo el mundo.

3.2. ¿Cómo surgió la idea?

La unión de importantes organismos como el Gobierno de Aragón, la Ciudad del Motor de Aragón, la Universidad de Zaragoza, la Asociación Nacional de Empresas del Sector de Dos Ruedas (ANESDOR), Dorna Sports, el Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales y la Federación Aragonesa de Motociclismo, supuso el comienzo de este programa, creándose la entidad MotoStudent, con sede en el Parque Tecnológico de la Ciudad del Motor de Aragón, en Alcañiz (Teruel).

3.3. ¿Qué objetivos persigue MotoStudent?

La competición MotoStudent impulsó los siguientes valores a los equipos participantes:

- Trabajar en equipo:
Crear un equipo, organizarse, distribuirse y lograr cumplir los objetivos previamente fijados.
- Trabajar en competencia:
Trabajar bajo presión sabiendo que hay otros equipos participantes con un buen nivel.
- Trabajar bajo un presupuesto:
Conseguir una serie de patrocinadores dispuestos a dar dinero a cambio de publicidad.
Con esta cantidad económica, llevar a cabo el diseño y fabricación de la motocicleta.
- Trabajar con un calendario:
Respetar los plazos impuestos por la organización para finalizar la competición realizando una carrera en la ciudad del motor de Aragón.

- Trabajar en conexión con las empresas e instituciones del mundo de la máxima competición de carreras de motos.

3.4. Calendario y desarrollo de MotoStudent

EVENTOS	Fechas	2007				2008				2009				2010			
		1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12
Preparación de la competición	01/01/2007 al 29/10/2008																
Reuniones de prognosis (COMS)	19/01/2007 al 15/02/2008																
Marketing 1ª edición (COMS)	07/07/2008 al 28/11/2008																
Preinscripción	11/03/2008 al 15/01/2009																
Desarrollo de la competición	12/01/2008 al 10/09/2010																
Inscripciones	12/01/2008 al 30/01/2009																
Validación del presupuesto	30/03/2009 al 30/06/2009																
Cierre de definición	01/04/2010 al 23/04/2010																
Comunicación de participación en la semana de Exposición y concurso	01/06/2010 al 18/06/2010																
Semana de exposición y Concurso	27/09/2010 al 3/10/2010																

COMS es el Comité Organizador de MotoStudent

3.5. Fases previas a las jornadas competitivas:

Con objeto de que la competición tuviera realmente carácter industrial se establecieron unas fechas límite para una serie de actuaciones previas a las jornadas de competición.

- Presentación de justificación de sponsors:

En esta fase, el equipo tuvo que justificar de forma clara qué empresas e instituciones iban a sufragar la construcción del prototipo.

Tras esta justificación, recibimos los componentes que la organización ponía a disposición para todos los equipos por igual.

- Presentación del diseño cerrado:

Antes del 23 de Abril los equipos tuvimos que presentar a la organización información gráfica de detalle del prototipo que sería guardada por la organización.

Los equipos participantes tuvimos que superar una serie de pruebas sucesivas eliminatorias agrupadas en dos fases MS1 y fase MS2.

El desarrollo de las jornadas finales será explicado al final del proyecto a modo de resultado de todo el trabajo realizado.

4. EQUIPO ALCAÑIZ UNIZAR

4.1. Introducción

En el siguiente punto se pretende realizar una presentación resumida de los integrantes que forman este equipo, la evolución que sufrió a lo largo de la competición y las modificaciones que se llevaron a cabo.

4.2. ¿Cómo nos conocimos?

La creación del equipo actual es el resultado de un proceso de incorporaciones y bajas que sucedieron a lo largo de los primeros meses de competición.

Todo empezó gracias a unas charlas informativas a cerca de la competición, varios de los miembros del equipo se acercaron a dichas charlas para enterarse del contenido de dicha competición. Los primeros miembros del equipo fueron Alfredo Ferrando Sixtac y Héctor Iglesias Lorén, estudiantes de Ingeniería Técnica Industrial de la especialidad Mecánica y Oscar Portolés Marín, estudiante de Ingeniería Técnica Industrial especialidad Electricidad. Es así como empezó este largo camino.

Conforme iban conociendo más sobre la competición, más ganas tenían de participar, pero se dieron cuenta de que para ello necesitaban reunir a más gente que estuviera estudiando ingeniería y tuviera las suficientes ganas de trabajar como para seguir sus pasos. Es así como se corrió la voz y de entre todos los informados, solo unos pocos se atrevieron a seguir adelante.

Los siguientes miembros en incorporarse al grupo fueron Aitor Aladren Vicente, Javier Añón Mata, Jorge Casaus Mairal, Fernando Garcés Martín, Alejandro Bosqued Castro y Roberto Garijo de Blas, todos ellos de la especialidad mecánica, también Alejandro Costa Perna junto conmigo, de la especialidad eléctrica y Javier Alcay Zamora, estudiante de Ingeniería Industrial del Centro Politécnico Superior. Este grupo de gente formó el equipo inicial.

La lista de miembros inicial quedó así:

	Javier Añón Mata	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Alejandro Bosqued Castro	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Jorge Casaus Mairal	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Alejandro Costa Perna	Ingeniería Técnica Industrial. Electricidad
	Alfredo Ferrando Sixtac	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Javier Alcay Zamora	Ingeniería Industrial
	Carlos Magarín Martín	Ingeniería Técnica Industrial. Electricidad
	Fernando Garcés Martínez	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Oscar Portoles Marin	Ingeniería Técnica Industrial. Electricidad
	Aitor Aladren Vicente	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Héctor Iglesias Loren	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica

Figura 4.1: Miembros iniciales

No solo era necesario tener ganas, también era requisito tener al menos el 50% de los créditos de la carrera aprobados y entre estos todo el primer curso. Es por este motivo que la organización no permitió continuar a Roberto Garijo y a Héctor Iglesias.

El resto del equipo tuvimos que pagar una inscripción inicial de 350 euros por miembro. Pagada la inscripción se daba por cerrada la lista oficial de miembros del equipo.

Aun no éramos conscientes de donde nos habíamos metido.

Durante todo el primer año de la competición, es decir, en la etapa de búsqueda de patrocinadores y subvenciones económicas estuvimos trabajando juntos los diez integrantes.

Comenzado el curso 2009-2010, Alejandro Bosqued y Oscar Portolés se fueron de ERASMUS.

La idea inicial era repartir obligaciones y que ellos las realizasen a distancia pero las cosas no resultaron tal y como Alejandro Bosqued esperaba, estando de ERASMUS en Alemania decidió abandonar el equipo para conseguir sacar adelante su carrera.

Desde este punto hasta el final de la competición, la lista de miembros se ha mantenido así:

	Javier Añón Mata	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Jorge Casaus Mairal	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Alejandro Costa Perna	Ingeniería Técnica Industrial. Electricidad
	Alfredo Ferrando Sixtac	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Javier Alcay Zamora	Ingeniería Industrial
	Carlos Magarín Martín	Ingeniería Técnica Industrial. Electricidad
	Fernando Garcés Martínez	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica
	Oscar Portoles Marin	Ingeniería Técnica Industrial. Electricidad
	Aitor Aladren Vicente	Ingeniería Técnica Industrial. Mecánica

Figura 4.2: Miembros finales

Aunque éramos nueve, siempre hemos tenido buenas aportaciones de algunos profesores y de expertos en el mundo de la competición, así como ideas de compañeros de estudios.

Estamos muy agradecidos por toda la ayuda prestada.

4.3. ¿Qué objetivos perseguimos?

Las motivaciones personales de cada uno eran diferentes y dispares pero todos teníamos algo en común, queríamos crear algo propio, diseñar una moto y después poder construirla, llevar un proyecto del papel a la realidad.

Todos pensábamos que esta era una oportunidad para hacer algo diferente, para aprender cosas que no aparecen en los libros, la idea de tener que avanzar con nuestros propios medios sin tener que depender de nadie nos atraía a la vez que nos imponía un gran respeto, aunque nunca nos habríamos imaginado que el camino sería tan duro.

Con ello nos dimos cuenta de que nadie nos iba a ayudar y de que nos iba a llevar mucho tiempo y duro trabajo mantenernos en la competición, hemos estado siempre presionados por un calendario que nos iba pisando los talones y un presupuesto limitado con el que había que reducir costes allí donde se pudiera.

Siempre hemos estado ilusionados para que todo saliera adelante y al final lo hemos conseguido.

El equipo ha sufrido una evolución constante a lo largo de su corta trayectoria.

Empezando la andadura sin unos objetivos concretos que perseguir, fuimos corrigiendo las malas decisiones que nos impedían avanzar para terminar con un camino bien definido que seguir.

4.4. Creación de la imagen del equipo

Una vez creado el equipo necesitábamos darle un nombre y junto con él, crear un logotipo que nos identificase fácilmente.

4.4.1. Nombre del equipo

Dar nombre al equipo no fue muy difícil, no se barajaron muchos nombres y fuimos a elegir directamente el más carismático sin ninguna duda.

El nombre que en un principio identificó al equipo fue MotoCierzo. Estábamos muy orgullosos de este nombre, ya que representaba claramente nuestra procedencia y nos diferenciaba claramente de los otros dos equipos de Zaragoza.

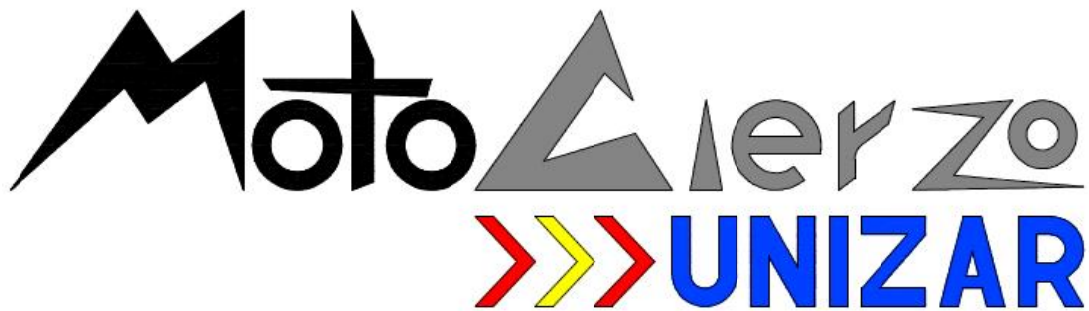


Figura 4.3: Logo 1

Mas tarde y como medida de patrocinio decidimos poner el nombre del equipo al servicio del patrocinador principal, por lo tanto, el equipo quedó definido por fin como Alcañiz Unizar. La palabra Unizar representa a la Universidad de Zaragoza ya que es requisito que el nombre de la Universidad a la que pertenece el equipo conste dentro del nombre del equipo.

4.4.2. Logotipos

También nos vimos envueltos en la necesidad de crear un logotipo para ser rápidamente identificados allí donde se nos nombrase.

Por lo tanto, nos pusimos a diseñar diferentes dibujos hasta que al final nos decidimos por el siguiente:



Figura 4.4: Logo 2

Como mas tarde, aceptamos el nombre de Alcañiz Unizar como nombre oficial del equipo, este logotipo quedó descartado para pasar a ser:



Figura 4.5: Logo final

4.5. Búsqueda de tutor

Uno de los requisitos de la competición era encontrar un tutor que fuese el representante del equipo, el tutor tenía que ser un profesor de la Universidad y a la cabeza nos vino instantáneamente el nombre de Don Mariano Blasco Ibáñez. Mariano había sido profesor de la parte eléctrica del equipo y nos hacía ilusión que formase parte de nuestro equipo, además es un aficionado de las motocicletas y no dudo en enrolarse.

4.6. Patrocinio

4.6.1. Introducción

Como se ha mencionado antes, una de las fases de la competición consistía en la justificación de patrocinadores. En la cual, los equipos participantes teníamos que presentar de forma clara que empresas e instituciones sufragaban la construcción del prototipo.

Esta justificación tenía que ser presentada a través de un formulario y debía entregarse antes del 1 de Abril del 2009.

4.6.2. ¿Qué necesitábamos?

La organización imponía como requisito que cada equipo recaudase un mínimo de 6000€.

Al principio no sabíamos por dónde empezar a buscar, ya que nunca habíamos tenido que realizar esta tarea antes.

Nos parecía un trabajo complicadísimo ya que debido a la situación económica del país, las empresas no estaban en su mejor momento.

Uno de nuestros primeros pasos fue pensar como vender nuestro equipo, como hacer que la gente se interesara por lo que nosotros íbamos a hacer y que quisieran formar parte de ello.

La primera forma que se nos ocurrió para empezar a buscar patrocinadores fue crear una memoria descriptiva en la cual se exponía en que se basaba la competición y quiénes éramos nosotros. En primer lugar, realizamos una memoria como equipo MotoCierzo y más adelante la actualizamos, introduciendo algunos avances y con el nombre de Alcañiz Unizar.

También se creó el diseño de una motocicleta con distintas secciones según el nivel de patrocinio que la empresa estaba dispuesta a costear.

El dibujo que fuimos mostrando fue el siguiente:



Figura 4.6: Reparto del carenado

- Con el Ayuntamiento de Alcañiz se acordó el utilizar la sección A.
- La sección C sería para Caja Ingenieros.
- La sección B sería para La Comarca del Bajo Aragón.
- Las secciones D se repartirían entre el resto de patrocinadores.

4.6.3. Comienzo de la búsqueda

Al principio la búsqueda fue caótica, recibiendo negativas allí donde fuésemos.

Para registrar toda la búsqueda diseñamos una tabla Excel en la que se guardaba cada contacto con información relacionada y también la situación en la que se encontraba nuestro contacto con ellos.



Un resumen de lo que hicimos se muestra a continuación.

	NOMBRE	TELEFONO	DIRECCION	CORREO ELECTRONICO
1	Aceralia	976500538	Pol ind La cartuja	
2	ACK	976465215	Pol Malpica c7f oeste. Grupo Quejido nave 75	
3	Adecco	914325618	C/Manuel la sala, 44 1ºc	
4	ADIDAS			
5	Agrimoto			
6	Albo Motoracing	976596400	Calle Miraflores 14-16 zaragoza	
7	Alcar	976471080	Cr Cogullada 31, Zaragoza	
8	Alejandro Moda			
9	Aragón Televisión	976256500		alozano@cartv.es
10	Arascon (obra civil)		Carretera Cogullada 11	
11	Autoescuela Zeta			
12	Ayuntamiento de Alcañiz			
13	Ayuntamiento de Zaragoza			
14	B/S/H		Plaza Ronda del canal 18- 20	Itziar.Otin-Ext@bshg.com
15	Balay	902145150		
16	Bancaja			
17	Banco popular			
18	Bar la pascualilla			
19	Barceló viajes			
20	Barclays			
21	Bikerland	976259227	C/ Tarragona 22, Zaragoza	
22	Bikestore		C/ Pintor Manuel Viola 6, Local 7	
23	Bosch			prensa@es.bosch.com
24	CAF	976765100	Avenida Cataluña 229, Zaragoza	
25	Caixa del penedes			
26	Caja ahorros Mediterraneo	976302687	Gran Vía 5	
27	Caja Duero	975232397	Macarena García obra social	
28	Caja Ingenieros	902200888		www.caja-ingenieros.es
29	Caja Rura de Soria	975212840		
30	Camara de comercio			
31	Carrefour			www.carrefour.es
32	Chapresa	976500202	PG La Cartura Baja Par 6, Zaragoza	chapresa@pranimetal.com
33	Ciclos Albacar	976430791	C/Charles Sauria	
34	Comex grupo iberica		Plaza Antonio Beltrán Martínez 1, 7º ofc A	
35	Conf. de emp. de Zaragoza	976460064	Plaza roma / Pso. Constitucion 12, 6 planta A	
36	Consejero Bajo Aragon			
37	CREA	976460066	Avda Ranillas 20 50018 Zaragoza	
38	Daytona tatoo			
39	Decathlon	902323336		www.decathlon.es
40	Deloitte			
41	DGA			
42	Dirconsa	976547521	C/ Avila 25	
43	Discoteca florida 135			
44	Ducati del rollo			
45	Edasa			rmanero@grupoams.es
46	El cachirulo restaurante	976460146		
47	El parador de alcañiz			
48	El rincón		C/ Profesor Tierno Galván 4	www.fselrincon.com
49	El verrugón restaurant	976439282		



	NOMBRE	TELEFONO	DIRECCION	CORREO ELECTRONICO
50	Endesa Andorra			
51	Fernsa	976333850		
52	Ferpi			
53	Gabinete de la Universidad	670320609		Marian@unizar.es
54	Gobierno de Aragón		Paseo M ^a Agustín	
55	Gran Thornton	976226746	C/ Don Jaime I num 6 dup	
56	Grupo Alcance	978830236	Alcañiz	info@grupoalcance.com
57	Hacer			
58	Hierros Alfonso S.A.	976517400	San Juan de la Peña 90, Zaragoza	
59	Hoteles Palafox			
60	Humeco			
61	i3a	976762707	C/ Maria de luna 3	www.i3a.unizar.es
62	Iberdrola	944151411		www.iberdrola.com
63	Idom		C/ Argualas 3	
64	Igeo 2			
65	Inadexa	976107710	PG Malpica Alfinden S/N, La puebla de Alfinden,	
66	Inasic	976568463	Calle Condes de Aragon 7 12º b Zaragoza	www.inasic.es
67	INDRA			
68	Ing direct	901020901		
69	Instrumentación y componentes	976013300	C/ Alaun 8 Zaragoza (PLAZA)	
70	Integración y control	976613046	Pol. Ind. La ciruela Parc. 32 Alagon, Zaragoza	www.integracionycontrol.com
71	ITA		C/ Maria de luna 8	
72	Itec	976301077	Calle 5 de marzo, 7 3º Izda, Zaragoza	ltec@ltecingeneria.com
73	La caixa			
74	La comarca del Bajo Aragón			
75	La once			soi@once.es
76	La zaragozana	976272846	C/Ramon Berenguer 4	
77	Maphre		Plaza emperador Carlos V	
78	Marco Aldani		Via Pignatelli	
79	Mc.donalds			
80	Mecanizados A.G.	976316793	C/ Borja 40 Local izda, Zaragoza	
81	Mecanizados Artieda	976572569	Pol Malpica C/B, Parcela 93 A-8 y B-8 Zaragoza	
82	Mecanizados Cardiel	976471657	C/ Tomas Edison, 9, Zaragoza	
83	Mercazaragoza			mz@mercazaragoza.es
84	Merichan Aragón	976275837	C/ Monasterio de Rueda 9	
85	Metro			
86	Midas			jbravo@midas.es
87	Mobicsa		Pz. Europa/ Ps. M. Agustín	
88	Moto comercial Heras	976410885	Calle Ciudad de Coimbra 2,Zaragoza	
89	Motocar		C/ Borja	
90	Motoclubs			
91	Motocross Center	978834236	Alcañiz	
92	Motomundi	97-612047	Mosen felix Lacambra 51 Alagón, zaragoza	
93	Motor quad			
94	Motos Flandro	976271437	Camino de las torres 106, Zaragoza	
95	Motul	932081130		
96	Muebles Melibel			
97	Multicaja	974290000	C/Berenguer 2 y 4 Huesca	
98	Mur Suzuki	976331854	Calle Graus 18 zaragoza	
99	Nescafé (nestlé)	902112113		
100	Neves	976108777	PG Malpica Alfinden Suce S/N, La puebla de Alfinden	

	NOMBRE	TELEFONO	DIRECCION	CORREO ELECTRONICO
101	NGK	934990231		
102	Payma cotas (ingeniería)			www.paymacotas.com
103	Pikolin			
104	Que!			www.vocento.com
105	Red bull España	917280749	C/ Salvatierra 5, Madrid 28034	
106	Repsol			
107	Restaurante goyesco			
108	Restaurante la bastilla			
109	Restaurante la mafia			
110	Restaurante la mar			
111	Restaurante los bestias			
112	Restaurante los cabezudos			
113	Saica	976103100	C/Cantín y gamboa 20	
114	Schneider Electric	934843100		www.schneiderelectric.es
115	Sener Ingeniería			
116	Showa	935656800		
117	Soltour			
118	Soroa motos	976350563	Calle Avila 9 zaragoza	
119	Telefonica			www.telefonica.com
120	Televisión Española	976729500		
121	Vcpta de la Dip. De Teruel			
122	Viajes crisol			
123	Viajes eroski			
124	Viajes iberia			
125	Viajes Marsans			
126	Walter Martínez			
127	ZZ Tuning		C/ Berenguer Bardaji	

Las cosas iban saliendo adelante poco a poco, habíamos conseguido que varias empresas nos prestasen atención y quisieran mantenerse en contacto.

Pero lo que de verdad hizo que el patrocinio se convirtiera en algo real fue ponerse en contacto con la Comarca del Bajo Aragón. El vicepresidente Manolo Ponz se reunió con nosotros y firmamos un contrato de patrocinio por una suma de 1000€.

A partir de este momento el resto de contratos se fueron cerrando.

Al saber que la Comarca del Bajo Aragón había puesto interés en nosotros, el Ayuntamiento de Alcañiz se mostró muy amable cuando fuimos a presentarnos y tomando una decisión arriesgada decidieron convertirse en los patrocinadores principales del equipo.

4.6.4. Forma de pago

En un principio no habíamos contemplado todas las complicaciones que podía acarrear realizar el cobro de estas cantidades de dinero.

En un principio tuvimos la idea de crear una asociación con el fin de formalizar los pagos, pero por inexperiencia y por falta de tiempo para realizar las cosas de esta manera nos decantamos por otra opción.

El tutor nos informó acerca de la organización OTRI, instrumento que la Universidad usa para realizar cobros y pagos.

El inconveniente era que esta organización cobra el 10% de los ingresos.

Esto a nosotros nos suponía una pérdida de dinero importante en nuestro ya apretado presupuesto. Pero por negociaciones de nuestro tutor, Don Mariano Blasco, OTRI nos hizo la gestión del dinero completamente gratis.

4.6.5. Patrocinadores

Nuestro equipo ha recibido la ayuda económica de varias empresas e instituciones pero sin duda la mayor inversión la hizo el ayuntamiento de Alcañiz que nos ha ayudado con 5000 euros.

A continuación se encuentra Caja de Ingenieros, con los cuales hicimos un acuerdo de colaboración en el que se detallaba que ellos contribuían con el equipo con una cantidad de 3000 euros a cambio de que hiciéramos 50 socios en dicha caja.

El resto de patrocinadores han sido:

- Comarca del bajo Aragón: 1000 €
- Midas: 1000 €
- Autoescuela Zeta: 750 €
- Caja Rural de Teruel: 500 €
- Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Zaragoza: 500 €
- Panificadora Vianca: 300 €

Todos ellos han tenido tanta publicidad, como nosotros hemos podido darles. En todos los medios en los que hemos aparecido durante estos 2 años han sido mencionados.

A continuación se muestra el cartel que mostramos como agradecimiento a todos los patrocinadores:



Figura 4.7: Patrocinadores

No solo hemos recibido ayuda económica, dos empresas que merecen ser destacadas son Motocar de Zaragoza y Motocross Center en Alcañiz, gracias a su experiencia en el sector hemos podido mejorar ideas iniciales en el diseño y resolver problemas cruciales que se nos han ido presentando.

Una vez justificada la cantidad económica mínima para poder continuar en la competición se nos proporcionaron los componentes reglamentarios que la organización imponía:

- Motor
- Centralita
- Discos de freno
- Horquilla delantera
- Suspensión trasera
- Neumáticos y llantas

Más tarde recibiríamos otro envío en el cual había:

- Pinzas de los discos de freno
- Latiguillos
- Neumáticos y llantas



Figura 4.8: Componentes comunes de la moto

5. ESTUDIO

5.1. Reparto de tareas

La metodología de trabajo de nuestro equipo ha estado siempre encaminada a un adecuado reparto de tareas, en nuestro equipo ha habido hasta siete subgrupos o departamentos, cada uno de ellos con unas funciones y obligaciones concretas.

El primer subgrupo es el formado por Alfredo Ferrando y Fernando Garcés. Este se ha encargado del diseño del chasis y del subchasis.

Otro subgrupo formado por Jorge Casaus y Alejandro Bosqued. Eran los encargados de las amortiguaciones, más concretamente Jorge se encargaba de las tijas y la horquilla y Alejandro del basculante.

Cuando Alejandro abandonó el equipo, Jorge con ayuda del subgrupo del chasis se pusieron a trabajar de forma conjunta, más aún durante la construcción.

El diseño y la construcción del carenado, así como el depósito y el asiento del piloto ha recaído sobre Aitor Aladren y Javier Añón.

Nuestro compañero Javier Alcay se ha encargado de diseñar un banco de ensayos para poder estudiar el motor en profundidad y desarrollar las curvas de potencia, que posteriormente fue construido por los subgrupos de chasis y amortiguaciones.

También ha sido el encargado de estudiar el tubo de escape, una de las piezas fundamentales de la moto, ya que al ser un motor de 2 tiempos, necesita de un tubo de escape bien sintonizado con el motor para poder realizar trabajos de compresión y escape adecuados.

Javier ha sido el punto de apoyo del resto del equipo, ya que el motor es una de las partes más importantes de la moto y todos estábamos centrados en que su labor se desarrollara con el menor número de dificultades.

Uno de los apartados en los que hemos colaborado con Javier, es en el tema de la refrigeración del motor.

El encendido del motor, el cambio de marchas, la sensorización y otros temas han sido trabajo del departamento del que formo parte, los integrantes éramos Oscar Portolés, Alejandro Costa y yo.

Es esta estructura la que nos ha hecho trabajar unidos.

Cuando un subgrupo tenía cualquier duda que afectara a otro subgrupo diferente, estos se reunían y tomaban la decisión oportuna.

Además semanalmente nos juntábamos durante el transcurso de la competición para tratar decisiones globales tales como la financiación del proyecto, criterios de diseño o las relaciones con los patrocinadores.

5.2. Diseño a ordenador con ProEngineer

Uno de los primeros pasos para empezar esta segunda etapa de la competición era realizar un diseño a ordenador de las piezas de la motocicleta y posteriormente crear un diseño de la motocicleta en su conjunto.

Para tal fin, la organización nos proporcionó un programa de diseño llamado ProEngineer con una licencia de un año, suficiente para realizar el diseño.

También existía la posibilidad de utilizar otros programas de diseño gráfico, en nuestro caso, utilizamos el programa Catia, herramienta con la cual, algunos de nuestros compañeros de equipo ya habían estado trabajando anteriormente.

Lo primero fue aprender a utilizar ProEngineer, ya que es un programa muy complicado, pero poco a poco conseguimos salir adelante.

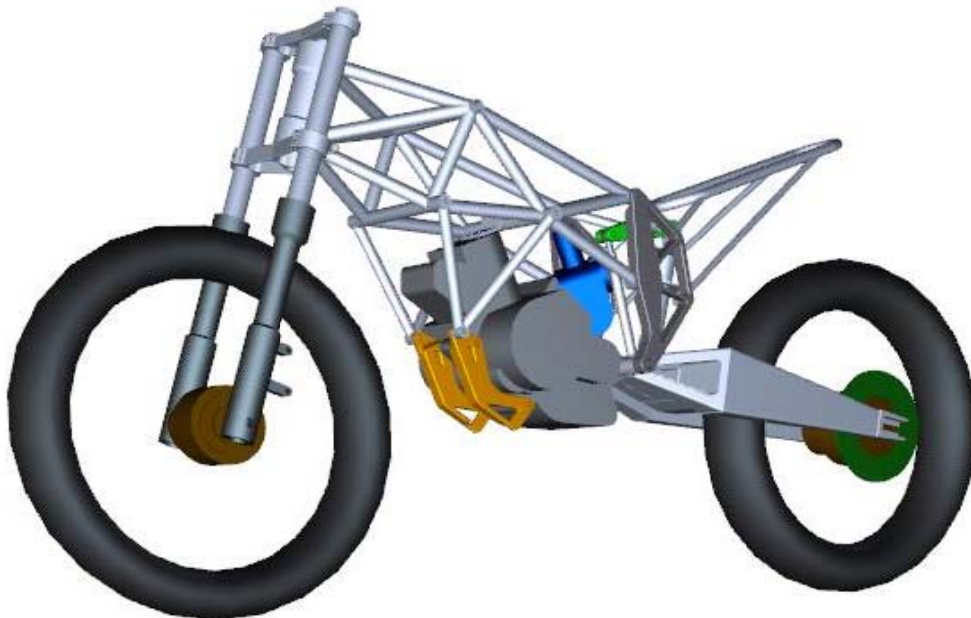


Figura 5.1: Diseño En ProEngineer

Cada pieza de la moto ha sido diseñada por alguno de los integrantes del equipo.

No solo había que diseñar las piezas sino que también había que estudiarlas y someterlas a diferentes tipos de ensayos simulados para comprobar que cumplían diferentes normas, como pueden ser pruebas de rigidez, torsión etc.

Uno de los aspectos importantes de la etapa de diseño es el apartado que han desarrollado Javier Añón y Aitor Aladren, ya que realizaron un estudio aerodinámico para el carenado que ellos mismos diseñaron.

6. SENSORIZACIÓN

6.1. Introducción

Para llevar a cabo nuestra tarea necesitábamos aprender muchas cosas sobre electrónica, ya que todavía no habíamos terminado la carrera y los conocimientos necesarios todavía no los habíamos adquirido en la Universidad.

Lo primero que hicimos fue definir cuáles eran las magnitudes que íbamos a tener que medir y cuáles eran los motivos por los que íbamos a tener que estudiarlas.

Hablando con Javier Alcay llegamos a la conclusión de que iba a ser necesaria la creación de un banco de potencia, los motivos los explicaré más adelante.

Gracias a este banco de potencia íbamos a poder arrancar el motor e íbamos a poder medir en él diferentes magnitudes eléctricas que nos iban a proporcionar información concreta sobre el motor.

Más adelante también íbamos a tener que montar varios sensores en la moto para tener controladas en todo momento las revoluciones del motor y su temperatura.

Todas estas necesidades nos llevaron a estudiar varios tipos de sensores con su correspondiente acondicionamiento y también el tratamiento informático que le teníamos que dar después.

6.2. Clasificación y particularidades

6.2.1. Sensor y transductor

Se denomina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Es, por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro.

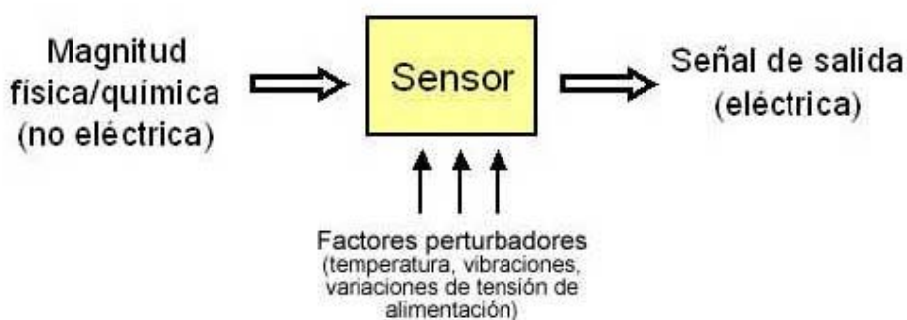


Figura 6.1: Función básica de un sensor

Dado que hay seis tipos de señales: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares, cualquier dispositivo que convierta una señal de un tipo en una señal de otro tipo debería considerarse un transductor.

En la práctica se consideran transductores a aquellos que ofrecen una señal de salida eléctrica.

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida.

Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos.

En este proyecto utilizaré el término sensor para referirme tanto a sensor como a transductor.

La utilización de sensores es indispensable en la automatización de industrias de proceso, la robótica, en automóviles...

El procesamiento de esta información permite conocer y evaluar los parámetros necesarios y así preparar a los sistemas para que cumplan sus funciones de forma correcta.

Dado que la elección del sensor condiciona la calidad de la información que se va a procesar, intentaré explicar de una manera clara y concisa las razones por las que en su momento elegí un determinado sensor en lugar de otros que realizan la misma labor.

6.2.2. Principios fundamentales

Los sensores convierten una magnitud física o química, generalmente no eléctrica, en una magnitud eléctrica, teniendo en cuenta magnitudes perturbadoras. Esta conversión se efectúa a menudo a través de fases intermedias no eléctricas.

Las magnitudes eléctricas consideradas no son solo la corriente y la tensión, sino también las amplitudes de corriente y tensión, la frecuencia, el periodo, la fase o asimismo la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros eléctricos resistencia, capacidad e inductancia.

6.2.3. Evolución

Los sensores han experimentado cambios a lo largo de su historia.

Se ha pasado de aplicaciones en control de procesos continuos, con las medidas clásicas de temperatura, presión, caudal y nivel, a un mercado donde las aplicaciones al automóvil, la robótica, el control de contaminación, los ordenadores etc. son a veces las que determinan los mayores avances en un tipo de sensor concreto.

En segundo lugar, al ser muchas de estas nuevas aplicaciones de gran consumo y en ambientes no extremos, se ha extendido el uso de sensores basados en semiconductores, que permiten una producción a gran escala. Se usa sobre todo silicio, pero también el arseniuro de galio y varios óxidos para detectar concentraciones de gases.

Los mayores avances han sido en sensores de presión y acelerómetros realizados en micromecanizado.

En segundo lugar, la reducción del precio de los procesadores digitales ha extendido las aplicaciones de los microprocesadores y esto ha llevado un auge de la telemetría de señales digitales.

6.2.4. Acondicionamiento y presentación

Los acondicionamientos de señal son los elementos del sistema que ofrecen, a partir de la señal de salida del sensor electrónico, una señal apta para ser presentada o registrada o que simplemente permita un procesamiento posterior de la información mediante un equipo o instrumento de medida estándar.

El acondicionamiento consiste normalmente en circuitos electrónicos que ofrecen, entre otras funciones, las siguientes: amplificación, filtrado, adaptación de impedancias y modulación o demodulación.

Este fue uno de los puntos clave en nuestros diseños, ya que por la falta de experiencia no sabíamos combinar los elementos necesarios entre sí para que hicieran la labor que nosotros buscábamos. Fuero muchas horas de estudiar y probar circuitos a la vez que diseñábamos esquemas a ordenador para poder probar dichos circuitos.

6.2.5. Configuración general entrada-salida

6.2.5.1. Interferencias y perturbaciones internas

En los sistemas de medida, los sensores son los elementos dispuesto expresamente con la misión de obtener información, en forma de señal eléctrica, sobre la propiedad a medir. Pero debemos tener la consideración de que el sensor, a priori, puede no responder exclusivamente a la magnitud de interés, y que por otra el origen de las señales de salida puede no ser únicamente la señal presente de entrada.

La experiencia nos mostró enseguida que teníamos que poner atención en este aspecto y, por lo tanto, conviene tener en cuenta esta realidad.

Las perturbaciones internas son aquellas señales que afectan indirectamente a la salida debido a su efecto sobre las características del sistema de medida.

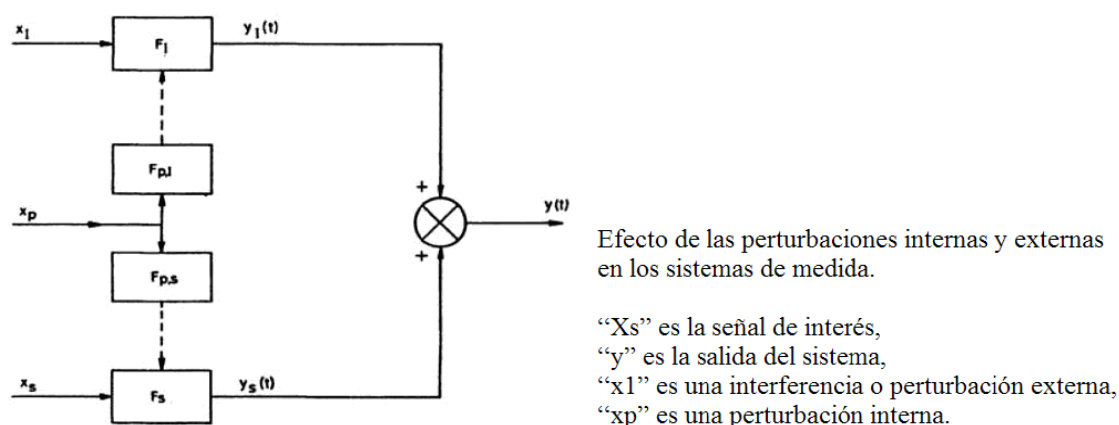


Figura 6.2: Efecto de las perturbaciones

Técnicas de compensación

Los efectos de las perturbaciones internas y externas pueden reducirse mediante una alteración del diseño o a base de añadir nuevos componentes al sistema.

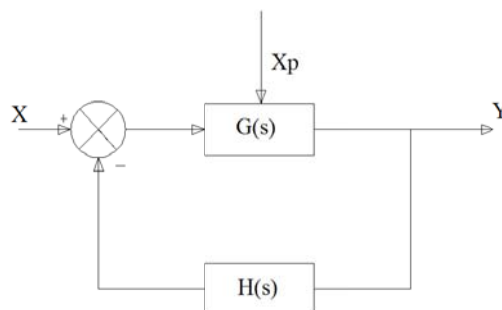


Figura 6.3: Método de la retroalimentación negativa

Una técnica para reducir las interferencias es el filtrado. Un filtro es todo dispositivo que separa señales de acuerdo con su frecuencia u otro criterio. Si los espectros frecuenciales de la señal y las interferencias no se solapan, la utilización de un filtro puede ser efectiva.

Una técnica habitual de compensación de perturbaciones es la utilización de entradas opuestas. Se aplica con frecuencia para compensar el efecto de las variaciones de temperatura. Si, por ejemplo, una ganancia varía con la temperatura por depender de una resistencia que tienen coeficiente de temperatura positivo, puede ponerse en serie con dicha resistencia otra que varíe de forma opuesta (con coeficiente de temperatura negativo) y así mantener constante la ganancia a pesar de los cambios de temperatura.

6.2.6. Características estáticas de los sistemas de medida

El comportamiento del sistema de medida viene condicionado por el sensor empleado. Es por ello importante describir las características de los sensores.

Sucede que, en la mayoría de los sistemas de medida, la variable de interés varía tan lentamente que basta con conocer las características estáticas del sensor. Ahora bien, las características estáticas influyen también en el comportamiento dinámico del sensor, es decir, en el comportamiento que presenta cuando la magnitud medida varía a lo largo del tiempo.

No obstante, se suele evitar su consideración conjunta por las dificultades matemáticas que entraña y se procede a la distinción entre características estáticas y características dinámicas, estudiándose por separado.

6.2.6.1. Exactitud, fidelidad, sensibilidad

La exactitud es la cualidad que caracteriza la capacidad de un instrumento de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud de medida.

El valor exacto es el que se obtendría si la magnitud se midiera con un método ejemplar.

La exactitud de un sensor se determina mediante la denominada calibración estática.

La entrada en estudio se varía lentamente, manteniendo las demás entradas a un valor constante, tomando sucesivos valores de salida. La representación de estos valores en función de los de la entrada define la curva de calibración.

La discrepancia entre la indicación del instrumento y el verdadero valor de la magnitud se denomina “error”.

$$\text{Error absoluto} = \text{resultado} - \text{valor verdadero}$$

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{error absoluto}}{\text{valor verdadero}}$$

La fidelidad es la cualidad que caracteriza la capacidad de un instrumento de medida de dar el mismo valor de la magnitud de medida, al medir varias veces en unas mismas condiciones determinadas, prescindiendo de su concordancia o discrepancia con el valor real de dicha magnitud. La fidelidad implica que se tenga simultáneamente una conformidad en las sucesivas lecturas y un número alto de cifras significativas y es, por tanto, una condición necesaria pero no suficiente para la exactitud.

Cuando hay una variación de la salida a lo largo del tiempo se habla a veces de inestabilidad, y se dice que el sensor tiene derivas.

La sensibilidad o factor de escala es la pendiente de la curva de calibración, que puede ser o no constante a lo largo de la escala de medida. En los sensores interesa tener una sensibilidad alta y, si es posible, constante.

6.2.7. Características dinámicas de los sistemas de medida

6.2.7.1. Error dinámico y velocidad de respuesta

La presencia de inercias, capacidades y, en general, de elementos que almacenan energía, hace que la respuesta de un sensor a señales de entrada variables sea distinta a la que presenta cuando las señales de entrada son constantes, descrita mediante las características estáticas.

La descripción del comportamiento del sensor se hace en este caso mediante las denominadas características dinámicas: error dinámico y velocidad de respuesta (retardo).

El error dinámico es la diferencia entre el valor indicado y el valor exacto de la variable de medida, siendo nulo el error estático. Describe la diferencia en la respuesta del sensor a una magnitud de entrada según que esta sea constante o variable en el tiempo.

La velocidad de respuesta indica la rapidez con que el sistema de medida responde a los cambios en la variable de entrada. En cuanto a la medida, no importa mucho que exista un retardo entre la magnitud aplicada a la entrada y la indicación correspondiente a la salida. Pero si el sensor forma parte de un sistema de control, este retardo puede dar lugar a oscilaciones.

6.2.8. Características de entrada

6.2.8.1. Impedancia

La descripción de los sensores mediante sus características estáticas y sus características dinámicas no es, en modo alguna completa. Para ilustrar esta afirmación considérense, por ejemplo, las situaciones siguientes.

En el caso de un potenciómetro, para evitar que el cursor pierda el contacto con el elemento resistivo es necesario que ejerza una fuerza sobre este. ¿Qué sucede entonces si se pretende medir el movimiento de un elemento que sea incapaz de vencer el rozamiento entre el cursor y la pista?

Si para medir la temperatura que alcanza un transistor se emplea un termómetro con una masa importante respecto a la del transistor, al ponerlo en contacto con este, ¿no lo enfriará dando, en consecuencia, una lectura inferior a la temperatura que tenía inicialmente el transistor?

Resulta que ni las características estáticas ni las dinámicas de los sensores, tal como se han expuesto, permiten describir el comportamiento real del conjunto sensor-sistema donde se mide. Ello es debido a que la descripción de un sensor o sistema de medida mediante esquemas de bloques, deja al margen el hecho de que en todo proceso de medida es inevitable la extracción de una cierta cantidad de energía del sistema donde se mide. Cuando, debido a esta circunstancia, la variable de medida queda alterada, se dice que hay un error por carga. Los esquemas de bloques solo son válidos cuando no hay interacción energética entre bloques. El concepto de impedancia de entrada permite valorar si se producirá o no un error por carga.

Para tener impedancias de entrada altas, puede ser necesario cambiar el valor numérico de los componentes del sistema o cambiar el diseño y usar un elemento activo.

Finalmente, puede haber otras perturbaciones imputables no a una “carga” sino al propio método de medida. Por ejemplo, si al medir la velocidad de un fluido se obstruye apreciablemente la sección del conducto, se obtendrá un resultado erróneo. Queda, pues, bien claro que no se puede aplicar un sensor directamente sin considerar el efecto de su presencia en el sistema del que se desea obtener información.

6.2.9. Tipos de señal de salida

Los sensores se pueden diferenciar según la clase de su señal de salida:

- Señal de salida analógica:
 - o Corriente/tensión o amplitud correspondiente.
 - o Frecuencia/periodo.
 - o Duración de impulso/factor de trabajo de los impulsos.
- Señal de salida discreta:
 - o De dos escalones (codificado binario)
 - o De varios escalones desiguales (codificado analógico)
 - o De varios escalones equidistantes (codificado analógico o digital)

Se puede hacer además una distinción entre si la señal está continuamente a disposición a la salida del sensor o sólo en momentos discretos (de modo discontinuo). Si la señal, es por ejemplo digital y es emitida de modo serial por bits, es entonces forzosamente discontinua.

6.2.10. Materiales en sensores

Los sensores se basan en fenómenos físicos o químicos y en materiales donde dichos fenómenos se manifiestan de una forma útil, es decir, con sensibilidad, repetibilidad y especificidad suficientes. Los fenómenos pueden ser relativos al material en sí o a su disposición geométrica, y muchos de ellos son conocidos desde hace tiempo, las mayores novedades en sensores se deben al descubrimiento de nuevos materiales, de formas de prepararlos o ambas cosas.

Los materiales están constituidos por átomos, moléculas o iones. Los átomos pueden unirse para formar moléculas y redes de átomos, gracias a distintas fuerzas de cohesión o enlaces: iónico, metálico, covalente y de Van der Waals. El enlace iónico está formado por atracción electrostática entre iones de carga opuesta.

Los sólidos iónicos tienen elevada resistencia mecánica, temperatura de fusión relativamente alta y conductividad eléctrica baja. El enlace metálico está determinado por los electrones de valencia, los de la capa más exterior del átomo, cuyo campo eléctrico estabiliza una red compacta de iones metálicos positivos a través de la cual se desplazan libremente aquellos, constituyendo el denominado gas electrónico. Los electrones libres ocasionan la alta conductividad eléctrica y térmica de los metales, y sus fuerzas electrostáticas, a lo largo y ancho de toda la estructura cristalina, mantienen la cohesión y permiten deformar el metal sin que se fracture.

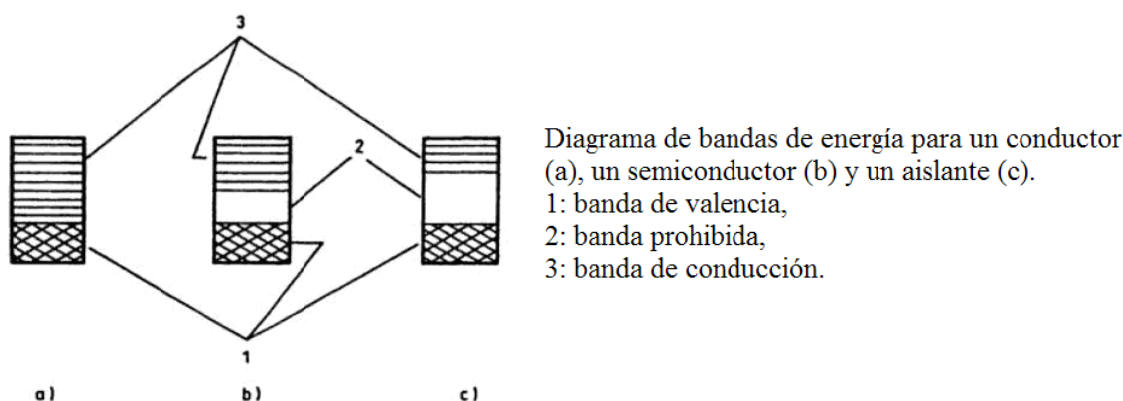


Figura 6.4: Diagrama de bandas de energía para un conductor

Para los sensores interesan los efectos sobre las propiedades eléctricas de los materiales, y la propiedad básica es la conductividad eléctrica. Atendiendo a ésta, los materiales se clasifican en: conductores, semiconductores y dieléctricos. En los conductores las bandas de valencia y de conducción se solapan, de manera que en la banda de conducción hay siempre electrones libres. En los aislantes, en cambio, la banda prohibida es tan ancha que apenas se observa conductividad por electrones. En los semiconductores la situación es intermedia, y la aportación de energía externa permite

obtener portadores libres. Cada forma de energía tiene una eficacia distinta, y además la cantidad de energía a aportar depende de la presencia de defectos e impurezas en el material, que establecen niveles de energía intermedio entre las bandas de valencia y de conducción.

Todos estos factores se utilizan en el diseño de sensores.

6.2.10.1. Conductores, semiconductores y dieléctricos

La movilidad de los electrones en los metales (conductores) es relativamente pequeña, debido a las vibraciones aleatorias de los núcleos atómicos de la red. Los metales y aleaciones se emplean como sensores por sus propiedades termoeléctricas, por la variación de su conductividad con la temperatura y la deformación, o simplemente porque su alta conductividad eléctrica facilita la formación de circuitos donde una variable a medir produce cambios detectables. También se emplean como sensores primarios, por ejemplo en bimetales o elementos deformables. Algunos metales se emplean por sus propiedades magnéticas.

Los semiconductores son el grupo de materiales cuyo uso en sensores ha experimentado últimamente el mayor crecimiento. Tienen enlaces covalentes y su conductividad eléctrica viene afectada por la temperatura, la deformación mecánica, la luz, los campos eléctricos y magnéticos, las radiaciones nucleares y electrónicas, y la absorción de sustancias diversas. Estos efectos son además controlables mediante la adición de impurezas (semiconductores extrínsecos). Por otra parte, el silicio, que es el material mejor conocido gracias a su extenso uso en electrónica, permite integrar junto al sensor diversas funciones de procesamiento de la señal detectada, y se presta a técnicas de fabricación en gran escala. Otros semiconductores empleados son el germanio y diversos compuestos, cristalinos o amorfos.

Los dieléctricos están formados por enlaces covalentes y por ello se emplean, ante todo, como aislantes eléctricos. Pero además se emplean para la detección, por ejemplo en condensadores variables donde la composición afecta a la constante dieléctrica. Otros dieléctricos se emplean por sus propiedades higroscópicas como sensores de humedad, que afecta a su conductividad y constante dieléctrica. Pero los dieléctricos más empleados en sensores son las cerámicas, los polímeros orgánicos y el cuarzo.

Las cerámicas resisten la corrosión, la abrasión y las altas temperaturas. Por ello han sido tradicionalmente el material de soporte de otros materiales sensores clásicos y en las tecnologías de película gruesa y fina. Desde hace unos años, sin embargo, vienen creciendo los usos de cerámicas como elementos detectores, basados en las propiedades del cristal (NTC), en propiedades de la granularidad y de la disociación entre granos (PTC de conmutación, cerámicos piezo- y piroeléctricos, ferritas), y en propiedades superficiales.

Los plásticos se obtienen añadiendo a un polímero, que actúa de aglutinante, una carga o material de relleno que se le adhiere fuertemente. Los plásticos son los aislantes por antonomasia, pero hay al menos cuatro tipos de polímeros que se emplean por sus propiedades sensoras: de humedad, piro- y piezoeléctricas y elastómeros y polímeros conductores. Los elastómeros son polímeros, como el neopreno, que al someterlos a presión experimentan una gran deformación acompañada a veces de cambios de conductividad eléctrica. Los polímeros pueden hacerse conductores mediante dopado o con aditivos de alta conductividad relativa, como carbón o plata).

6.2.10.2. Materiales magnéticos

Los materiales magnéticos pueden ser débilmente magnéticos o fuertemente magnéticos. En los primeros la permeabilidad magnética no depende de la intensidad del campo aplicado. Pertenecen a este grupo los materiales diamagnéticos ($\mu < 1$) y los paramagnéticos ($\mu > 1$), la permeabilidad depende de la intensidad del campo magnético. En este grupo están los materiales ferromagnéticos (hierro, carbón, cobalto, níquel) y ferrimagnéticos (ferritas).

Los materiales ferromagnéticos pueden considerarse formados por numerosos volúmenes elementales o dominios, cada uno con una magnetización en una dirección dada. Los momentos magnéticos de los diversos dominios tiene direcciones distintas, el material esta desmagnetizado. Pero si hay un cierto grado de alineamiento entre dominios, el material está magnetizado.

Los momentos magnéticos fundamentales se deben a corrientes electrónicas. En el caso de elementos del grupo del hierro, se deben al desapareamiento en el espín electrónico.

La permeabilidad magnética de los materiales ferromagnéticos depende de la temperatura: va creciendo conforme aumenta ésta, hasta alcanzar la temperatura de Curie, distinta para cada material donde μ es máxima. A partir de ahí desciende bruscamente porque las regiones de magnetización espontánea se alteran por el movimiento térmico, y el material tiene comportamiento paramagnético.

Los materiales ferrimagnéticos se saturan antes que los ferromagnéticos.

6.2.11. Empleo en el automóvil

En su calidad de elementos periféricos, los sensores y actuadores constituyen los interfaces entre el vehículo con sus complejas funciones de transmisión, frenado, tren de rodaje, carrocería, conducción y navegación, y la unidad electrónica de control como unidad de tratamiento.

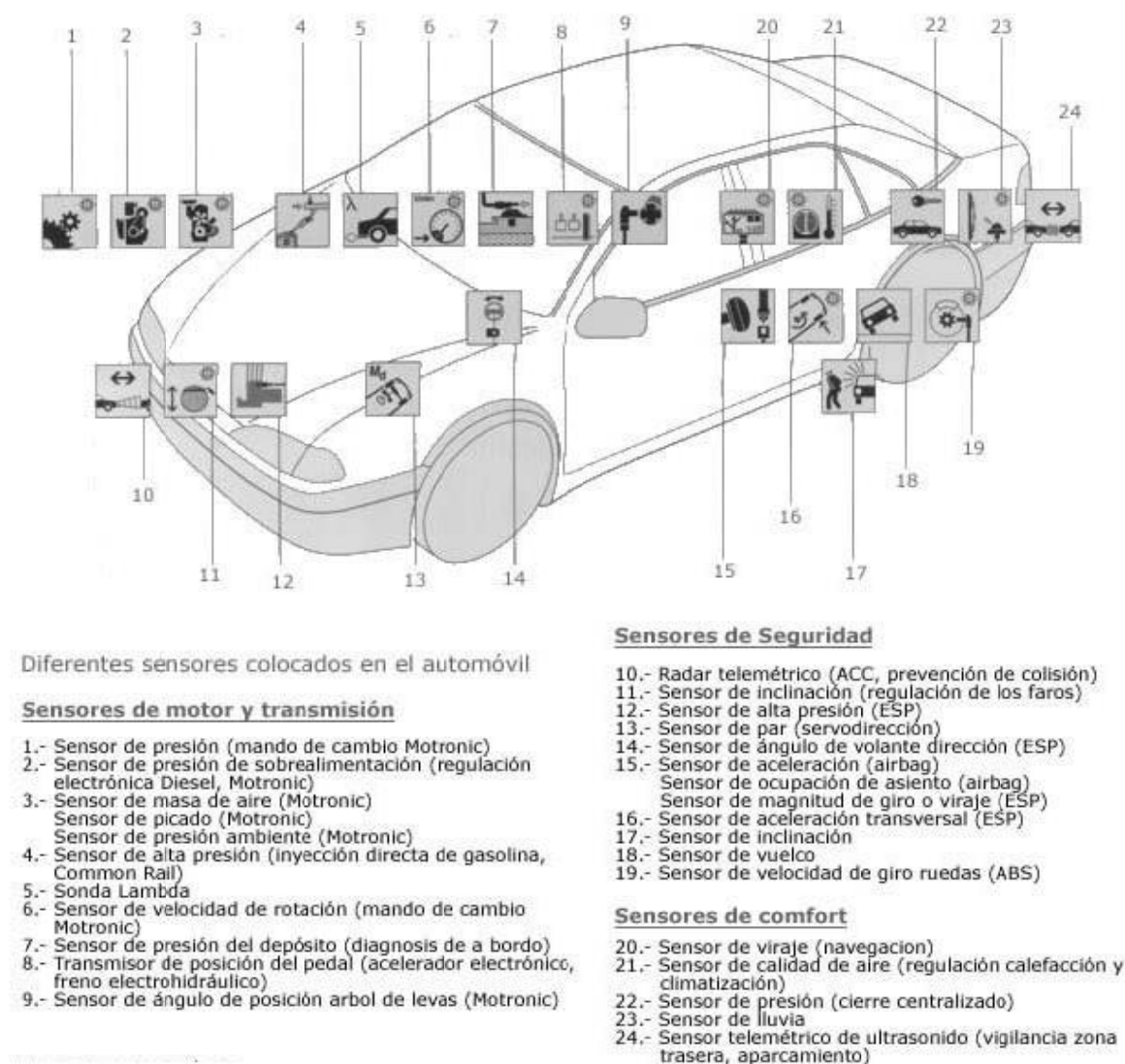


Figura 6.5: Multiplicidad de sistemas del automóvil equipados con sensores

En nuestro caso podríamos decir que son el elemento intermedio entre la magnitud a medir y la centralita que en su momento usamos en nuestra moto, en este tema profundizaremos en apartados posteriores.

Un circuito de adaptación se encarga en general de dar a las señales de los sensores la forma normalizada necesaria para la unidad de control, es decir, preparar la señal para que la unidad de control, centralita etc. sea capaz de procesar y entender la información que se le introduce además de no producir ningún daño destructivo sobre ella debido a sobretensiones, sobrecorrientes etc.

Es posible que la centralita no admita los valores de tensión enviados por el sensor o que, por ejemplo, no sea capaz de procesar la información a la misma velocidad a la que se le está enviando, es decir, que no sea capaz de seguir la frecuencia de operación a la que trabaja el sensor.

Respecto a la función y aplicación, los sensores se subdividen en:

- Sensores funcionales, destinados a tareas de mando y regulación.
- Sensores para fines de seguridad y aseguramiento (antirrobo).
- Sensores para la vigilancia del vehículo (diagnósticos de a bordo, magnitudes de consumo y desgaste) y para la información del conductor y los pasajeros.

6.2.12. Tendencias de los sensores en el automóvil

En cuanto a tendencias futuras, los sensores están sujetos a cinco imperativos agravantes que el desarrollo ha de tener en cuenta y a los que corresponden también las principales tendencias de este:

Sensores en el automóvil	
Exigencias	Medidas de desarrollo
Alta fiabilidad	Técnica robusta y probada
Bajos costes de fabricación	Fabricación racional en grandes series
Duras condiciones de funcionamiento	Encapsulamiento resistente
Compactibilidad	Tecnologías de miniaturización
Alta precisión	Compensación de errores in situ

Tabla 6.1: Sensores en el automóvil

- Alta fiabilidad:

Los sensores se pueden ordenar en tres clases de fiabilidad según su importancia:

- Dirección, frenos, protección de pasajeros.
- Motor/cadena cinemática, tren de rodaje/neumáticos.
- Confort, diagnosis, información y protección contra el robo.

Las exigencias de la clase más elevada corresponden en el campo de la técnica automovilística enteramente a los valores de fiabilidad conocidos de la aeronáutica y astronáutica y requieren en parte medidas análogas.

La fiabilidad de los sensores es garantizada por técnicas constructivas que implementen materiales sumamente seguros. Cuando es necesario, se emplean también sistemas de sensores redundantes, sensores de igual función que realizan mediciones en paralelo.

- Bajos costes de fabricación:

Comparando los sensores del sector del automóvil con los de otros campos de aplicación, suponen reducidos costes de fabricación. Los costes pueden llegar a ser incluso 100 veces inferiores al de los sensores convencionales de igual rendimiento.

- Duras condiciones de funcionamiento:

Los sensores se hallan en puntos particularmente expuestos del vehículo. Están sometidos por consiguiente a cargas extremas y han de resistir toda clase de esfuerzos:

- Mecánicos
- Climáticos
- Químicos
- Electromagnéticos

Para hacer frente a estas agresiones hay que tomar medidas de protección que implican un alto grado de conocimiento en las técnicas de encapsulado.

- Compactibilidad:

El constante aumento de sistemas electrónicos en el automóvil y la forma cada vez más compacta de los vehículos obliga a construir sensores extremadamente compactos.

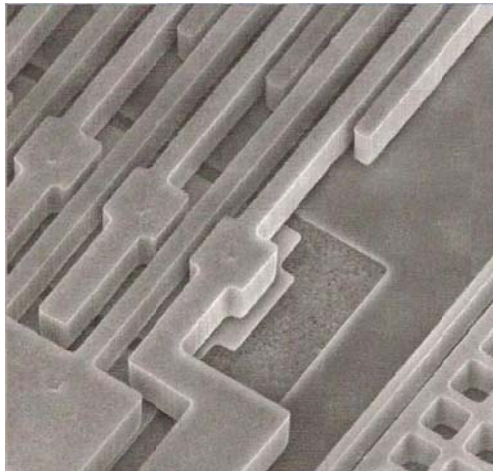


Figura 6.6: Elemento micromecánico de medición

- Alta precisión:

La precisión requerida en los sensores de automóviles es más bien modesta.

Unos sistemas cada vez más complejos y sofisticados exigen sin embargo también en este campo una mayor precisión, particularmente desde que se pueden cumplir ya en gran medida las exigencias antes mencionadas.

Para garantizar la precisión es suficiente con disminuir las tolerancias de fabricación y refinar las técnicas de equilibrado y compensación.

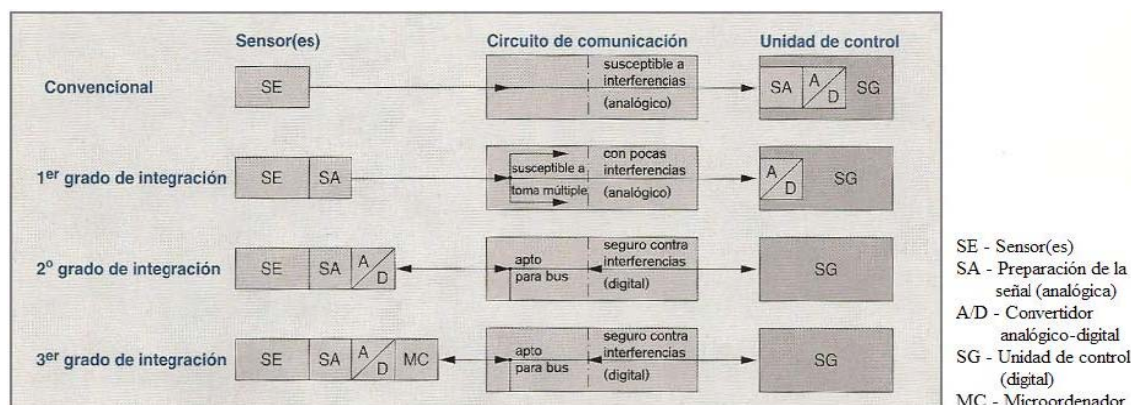


Figura 6.7: Grado de integración de los sensores

Un adelanto importante lo aporta aquí la integración híbrida o monolítica del sensor y de la electrónica de tratamiento de señales en el punto mismo de medición, hasta llegar a obtener circuitos digitales complejos tales como los convertidores analógico-digitales y los microordenadores.

Esos microsistemas también llamados sensores inteligentes utilizan al máximo la precisión intrínseca del sensor y ofrecen las siguientes posibilidades:

- Alivio de la unidad de control.
- Interface uniforme, flexible y compatible con bus.
- Utilización de los sensores por varios sistemas.
- Aprovechamiento de efectos físicos de reducida amplitud, así como de efectos de medición de alta frecuencia.
- Corrección de divergencias del sensor en el punto de medición, así como equilibrado y compensación comunes del sensor y de su electrónica, simplificadas y mejoradas por memorización de las informaciones correspondientes en una PROM.

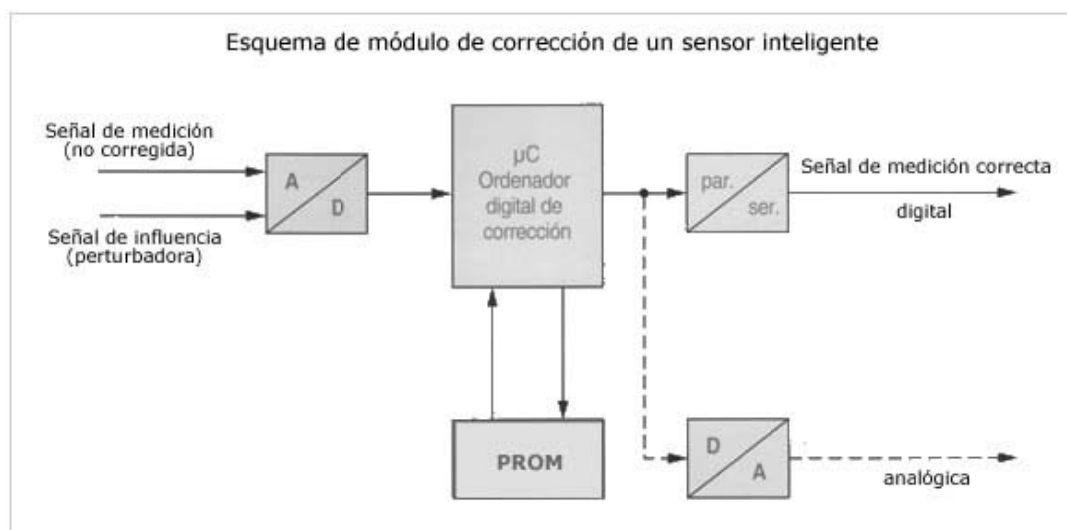


Figura 6.8: Módulo de corrección de un sensor inteligente

6.2.13. Tecnologías de transducción

La transformación de una magnitud física cualquiera en una señal eléctrica se conoce bajo el nombre de transducción.

Las posibilidades de transducción actualmente disponibles son muy numerosas.

En principio el fenómeno de la transducción puede ser activo, en el caso de que la magnitud física a detectar proporcione la energía necesaria para la generación de la señal eléctrica o pasivo, cuando la magnitud a detectar se limite a modificar algunos de los parámetros eléctricos característicos del elemento sensor, tales como resistencia, capacidad, reluctancia etc.

Desde el punto de vista exterior, el hecho de que el transductor sea activo o pasivo no reviste especial importancia. Siempre será necesario algún acondicionamiento de la señal eléctrica, aunque no se precise alimentación.

Al hablar de cada tipo de sensor profundizaré en su transducción correspondiente, aunque para realizar la elección de un tipo de sensor determinado es necesario tener un conocimiento mínimo sobre las tecnologías de transducción existentes hoy en día.

- El **efecto piezoeléctrico** es energéticamente activo.

Si entre dos placas de metal se introduce un cristal de cuarzo, natural o sintético y se someten las placas a una presión mecánica se almacenará sobre cada una de ellas una carga eléctrica de igual valor pero de distinto signo. Con un amplificador de carga se transforma la variación de carga en una salida de tensión proporcional a la presión mecánica aplicada.

Los transductores que se emplean en aplicaciones cuyas variables evolucionan muy rápidamente, se basan en este principio.

- Los **traductores potenciométricos** se basan en el desplazamiento de un cursor sobre una pista conductora bajo el control de un dispositivo de guiado, en función de una presión, desplazamiento, etc. Las ejecuciones pueden variar según los fabricantes pero su campo de aplicación es siempre el mismo, solo para magnitudes de lenta variación.

- La **variación de resistencia óhmica** que experimenta un conductor al cambiar su longitud es el principio de traducción que se utiliza principalmente en la construcción de traductores de uso industrial. Se consiguen traductores robustos, con un amplio rango de medida y buena precisión, que pueden trabajar tanto en régimen estático como dinámico.

- El **efecto hall** tiene lugar cuando entre las placas norte y sur de un imán se sitúa una placa conductora no ferromagnética: si se hace atravesar una corriente eléctrica por la placa, perpendicular al campo magnético, esta tiende a desplazarse en un sentido perpendicular a ambas. También se puede producir el efecto inverso, si la placa se desplaza, se genera una corriente.

- El **efecto capacitivo** puede utilizarse de varias maneras. La capacidad entre dos placas separadas por un dieléctrico es proporcional a la constante dieléctrica y al factor de geometría del sistema. Los traductores basados en el efecto capacitivo presentan una excelente inmunidad al ruido, son muy estables y presentan histéresis y linealidad mejores al 0.01% de escala. En general, todos los captadores miden tanto valores positivos como negativos, a no ser que su configuración constructiva lo haga imposible.

- La **inducción mutua** entre dos bobinas es el fundamento del transformador de tensión. Si una de las bobinas se alimenta en corriente alterna se produce un flujo alternativo que al ser cortado por las espiras de la otra bobina se induce en ella una fuerza electromotriz. La respuesta es lineal en un amplio margen de trabajo, debido principalmente al mismo principio de medida y a las características constructivas del captador.

- Otro método inductivo es el de **reluctancia variable**, en una bobina alimentada con una corriente alterna la variación de reluctancia solo modificará uno de sus parámetros, la autoinducción, y por tanto también la intensidad de la corriente a circular por ella.

Es una transducción pasiva porque solo varían las características eléctricas del circuito. Se consiguen transductores con muy buena respuesta en frecuencias elevadas, hasta 5 KHZ, pero la precisión es menor que con captadores resistivos, y la alimentación en alterna es más compleja porque esta exige la rectificación de la señal.

Hay otros muchos principios de transducción ampliamente utilizados en la industria además de los que se han indicado anteriormente, pero su explicación no influirá en las decisiones tomadas por mi equipo a la hora de elegir los sensores.

6.3. Sensores

En los siguientes apartados del proyecto voy a profundizar en una cantidad variada de sensores de diferentes tipos. Toda esta recopilación de información nos permitirá ver con más claridad las decisiones tomadas en el diseño, ya que albergar una gran variedad de posibilidades a la hora de elegir nos facilitó el encontrar la solución que más se adaptase a nuestras necesidades.

6.3.1. Sensores de temperatura

La temperatura es una magnitud no direccional que caracteriza el estado energético de un medio y que puede depender del lugar y del tiempo.

La temperatura de gases o líquidos puede medirse en general sin problemas en cualquier punto local, sin embargo la medición de la temperatura de cuerpos sólidos se limita casi siempre a la superficie.

La mayoría de sensores de temperatura utilizados necesitan un estrecho contacto directo del elemento sensible con el medio en cuestión, para tomar con la máxima precisión la temperatura del medio.

Ciertos casos especiales requieren la aplicación de sensores sin contacto, que determinan la temperatura de un cuerpo o medio en virtud de su radiación térmica.

Por regla general, una sonda térmica debe reproducir, a ser posible sin error, la distribución local de la temperatura, así como su variación en función del tiempo.

El calor intrínseco generado por la mayoría de los sensores al estar en acción debe mantenerse a un nivel lo más bajo posible, puesto que también él puede alterar el resultado de la medición.

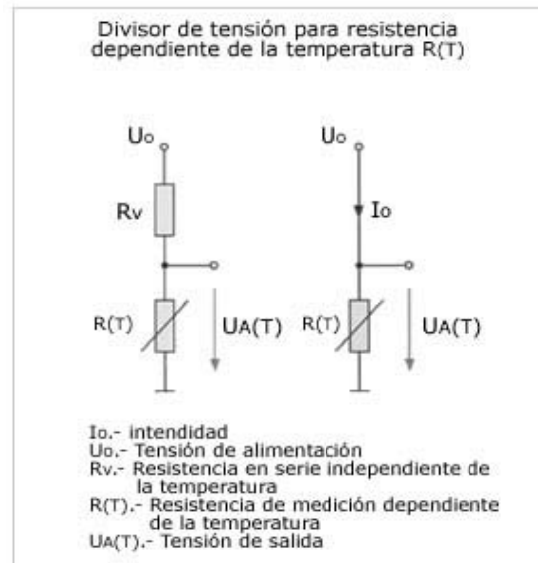


Figura 6.9: Divisor de tensión de un sensor de temperatura

La medición de la temperatura en el automóvil se efectúa de modo casi exclusivo mediante termómetros de contacto constituidos por materiales resistivos de coeficiente de temperatura positivo (PTC) o negativo (NTC), aprovechando su dependencia de la temperatura.

La conversión de la resistencia eléctrica en una tensión analógica se realiza casi siempre mediante el complemento de una resistencia térmicamente neutra o de sentido opuesto, formando un divisor de tensión.

Temperaturas en el automóvil	
Punto de medición	Alcance °C
Aire de admisión	- 40 ... 170
Aire ambiente	- 40 ... 60
Habitáculo	- 20 ... 80
Ventilación	- 20 ... 60
Evaporador	- 10 ... 50
Agua refrigerante	- 40 ... 130
Aceite motor	- 40 ... 170
Batería	- 40 ... 100
Combustible	- 40 ... 120
Aire de los neumáticos	- 40 ... 120
Gases de escape	100 ... 1000
Pinza de freno	- 40 ... 2000

Tabla 6.2: Temperaturas en el automóvil

La tabla indica las mediciones de temperatura que se efectúan en el automóvil.

Los campos de medición en parte muy distintos exigen un gran número de conceptos y tecnologías de sensores, así como los requerimientos de precisión y de dinámica no mencionados aquí implican formas de sensores muy diversas.

En muchos puntos se mide la temperatura como magnitud auxiliar, para excluir sus efectos negativos o compensar sus influencias no deseadas.

6.3.1.1. Tipos de sensores básicos

Bimetales

Un bimetel es toda pieza formada por dos metales con distinto coeficiente de dilatación térmica unidos firmemente, por ejemplo, mediante soldadura autógena y sometidos a la misma temperatura. Cuando se produce un cambio de temperatura, la pieza se deforma según un arco circular uniforme.

El radio de curvatura varía de forma inversamente proporcional a la diferencia de temperaturas, de modo que un sensor de posición o de desplazamiento permitiría la obtención una señal eléctrica correspondiente.

Estos dispositivos se emplean en el margen desde -75°C a 540°C .

También se emplean como actuadores para abrir o cerrar contactos y para protección en interruptores térmicos de circuitos eléctricos.

Termistores

Los termistores son resistores variables con la temperatura, pero no están basados en conductores sino en semiconductores.



Figura 6.10: Símbolo del termistor

El fundamento de los termistores está en la dependencia de la resistencia de los semiconductores con la temperatura, debida a la variación con ésta del número de portadores. Al aumentar la temperatura lo hace también el número de portadores reduciéndose la resistencia, de ahí que presenten coeficiente de temperatura negativo.

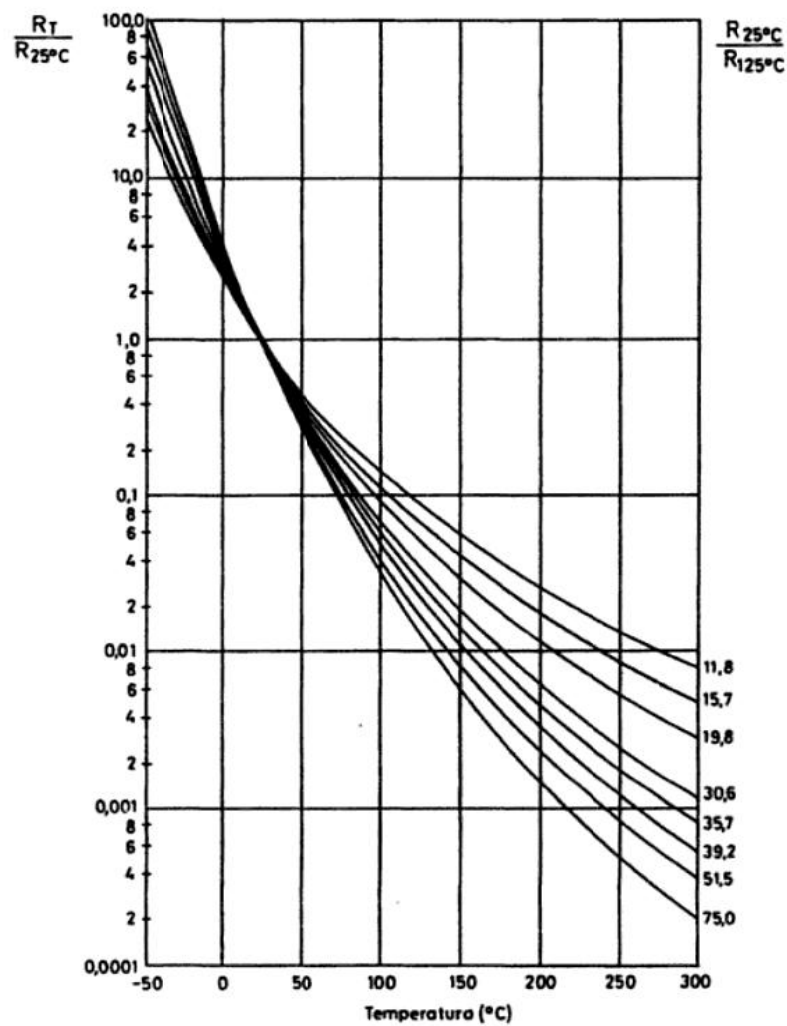


Figura 6.11: Variación de la resistencia de diversos termistores NTC con la temperatura

Esta dependencia varía con la presencia de impurezas y si el dopado es muy intenso el semiconductor adquiere propiedades metálicas con coeficiente de temperatura positivo.

6.3.1.2. Aplicaciones de los sensores de temperatura

6.3.1.2.1. Sensor de temperatura del motor

Este sensor está montado en el circuito del líquido refrigerante, con el fin de determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del refrigerante.

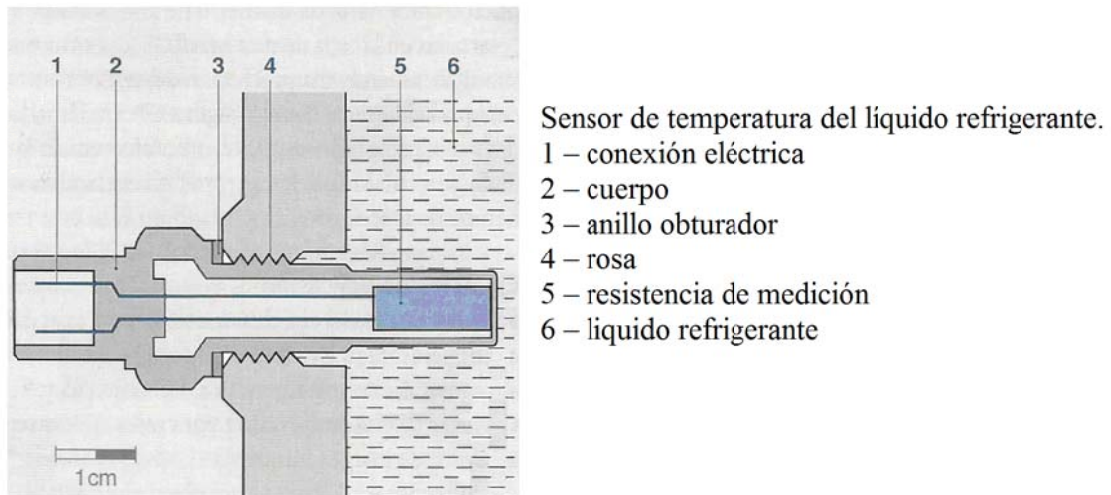


Figura 6.12: Sensor de temperatura

6.3.1.2.2. Sensor de temperatura del aceite del motor

La señal del sensor de temperatura del aceite de motor se emplea para calcular los intervalos de servicio

6.3.1.2.3. Sensor de temperatura de los gases de escape

Este sensor se monta en puntos térmicamente críticos del sistema de escape. Se emplea también para regular sistemas de tratamiento ulterior de los gases de escape. La resistencia de medición es generalmente de platino.

6.3.2. Sensores de posición

Los sensores de posición detectan recorridos y posiciones angulares de los tipos más distintos y ocupan ciertamente el primer lugar entre los sensores utilizados en los vehículos motorizados.

En este sector se persigue desde hace ya mucho tiempo pasar al uso de sensor sin contacto, que no están sometidos a ningún desgaste y ofrecen por tanto una duración más larga y mayor fiabilidad.

Con frecuencia, sin embargo, motivos económicos obligan a mantener el uso de sensores de cursor que cumplen aún bien su tarea en diferentes puntos del automóvil.

Existen en este campo un gran número de aplicaciones en las que las posiciones constituyen las verdaderas magnitudes de medición directas. La siguiente tabla lo demuestra:

Recorridos y posiciones angulares como magnitudes de medición directas	
Magnitud de medición	Campo de medición
Pos. de la mariposa de un motor de gasolina	90°
Pos. del acelerador/del pedal de freno	30°
Recorrido y posición de la varilla de regulación de una bomba de inyección diesel en línea	21 mm
Pos. angular del mecanismo de control del caudal en una bomba rotativa de inyección diesel	60°
Nivel de llenado en el depósito de combustible	20 ... 50 cm
Carrera del actuador del embrague	50 mm
Distancia del vehículo - vehículo o vehículo - obstáculo	150 mm
Angulo de la dirección (volante)	$\pm 2 \cdot 360^\circ$ (± 2 vueltas)
Angulo de inclinación	15°
Angulo respecto al sentido de marcha	360°

Tabla 6.3: Recorridos y posiciones angulares como magnitudes de medición directas

6.3.2.1. Principios de medición

A continuación explicaré los principios de medición de 4 tipos distintos de sensores:

- Sensores de potenciómetro.
- Sensores inductivos.
- Sensores magnetoestáticos.
- Sensores de propagación de ondas.

6.3.2.1.1. Sensores de potenciómetro

Un potenciómetro es un resistor con un contacto móvil deslizante o giratorio.

En primer lugar, se supone que la resistencia es uniforme a lo largo de todo el recorrido, pero obviamente la resistencia no será perfectamente uniforme por lo que la linealidad del potenciómetro estará acotada. La diferencia entre el comportamiento esperado y el obtenido se denomina conformidad.

En segundo lugar, se supone que el contacto del cursor da una variación de resistencia continua, no a saltos y que, por tanto, la resolución es infinita, pero esto no es cierto para todos los tipos de elementos resistivos.

Además, el recorrido mecánico suele ser mayor que el recorrido eléctrico, es decir, no todo el soporte está recubierto de conductor.

Otro factor a considerar es que los resistores cambian de valor con la temperatura. Por lo tanto, el modelo anterior es válido siempre y cuando no haya variaciones no uniformes de temperatura. Estas pueden ser debidas no solo a fluctuaciones de la temperatura ambiente, sino también a un autocalentamiento motivado por la limitación en la potencia que puede disipar el potenciómetro.

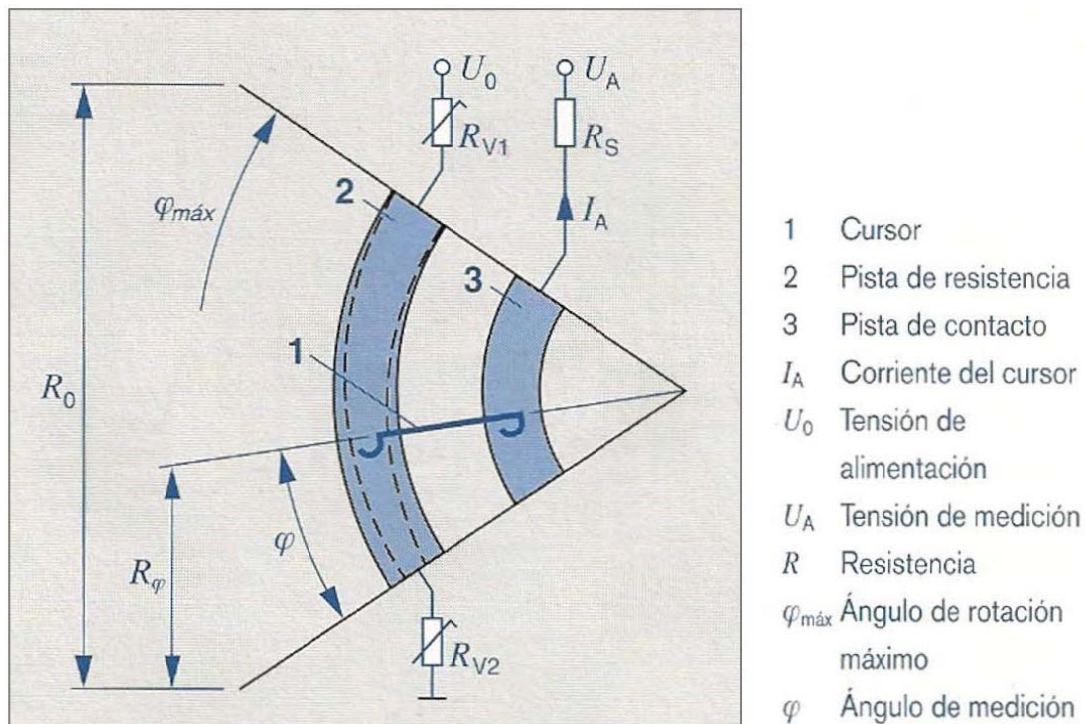


Figura 6.13: Potenciómetro de cursor

Si el circuito de medida no tiene una impedancia de entrada suficientemente alta y carga al potenciómetro, puede haber calentamientos excesivos en determinadas zonas.

Otro factor que limita la validez del modelo descrito es el rozamiento del cursor y su inercia que deben ser despreciables pero manteniendo un buen contacto.

Todas estas limitaciones quedan muchas veces compensadas por las ventajas de este dispositivo que, siendo simple y robusto, permite tener exactitudes elevadas en relación con su precio.

Actualmente es el sensor de recorrido/posición angular más económico.

Ventajas de los sensores de potenciómetro:

- Estructura sencilla, fácil de comprender.
- No se requiere electrónica.
- Buena resistencia a tensiones parásitas.
- Amplia gama de temperatura.
- Alta precisión (mejor del 1% del valor final del alcance de medición)
- Amplio campo de medición (cubre casi 360°)
- Facilidad de calibrado (por láser etc.)
- Curva de características flexible (pista de ancho variable)
- Montaje flexible.
- Numerosos fabricantes.
- Examen rápido de las muestras.

Desventajas de los sensores potenciómetro:

- Desgaste mecánico, abrasión.
- Errores de medición a causa de restos de abrasión.
- Problemas en caso de empleo dentro de un líquido.
- Variación de la resistencia de contacto entre cursor y pista de medición.
- Levantamiento del cursor en caso de fuertes aceleraciones o vibraciones.
- Ensayos complicados y costosos.
- Miniaturización limitada.
- Producción de ruido.

Ejemplos de sensores de potenciómetro:

- Potenciómetro de plato sonda.
- Sensor de ángulo de mariposa.
- Sensor de pedal acelerador, módulo de pedal de acelerador.
- Sensor de nivel de combustible.

6.3.2.1.2. Sensores inductivos

De todos los principios de medición de posición sin contacto, los sensores de circuito magnético son particularmente insensibles a las perturbaciones y muy robustos. Eso rige sobre todo para los principios basados en la corriente alterna, o sea, sistemas inductivos de circuito magnético.

Sensores basados en una variación de reluctancia

La inductancia de un circuito indica la magnitud del flujo magnético que concatena debido a una corriente eléctrica. Si se trata de una corriente circulando por el propio circuito se habla de autoinductancia, L . En caso contrario, se habla de inductancia mutua.

Hay que tener en cuenta varias consideraciones de empleo.

En primer lugar, los campos magnéticos parásitos afectan a L , por lo que puede ser necesario disponer un apantallamiento magnético a su alrededor para que los cambios observados sean solo debidos al fenómeno a detectar.

Hay que recordar que los dispositivos basados en las propiedades magnéticas de los materiales deben trabajar a una temperatura inferior a la de Curie.

Entre las principales ventajas cabe señalar que les afecta poco la humedad ambiental y otros contaminantes.

En cuanto a los materiales empleados en estos sensores, la consideración principal es el tipo de núcleo empleado. Con un núcleo de aire se puede trabajar hasta frecuencias más altas que con un núcleo de hierro, pero las variaciones de inductancia son pequeñas.

Sensores basados en corrientes de Foucault

La impedancia de una bobina por la que circula una corriente alterna queda alterada si se introduce una superficie conductora dentro de su campo magnético. Ello es debido a que se inducen corrientes de Foucault en la superficie que crean su propio campo magnético, opuesto al de la bobina. Cuanto más próximas estén la bobina y la superficie, mayor es el cambio de impedancia.

Si bien el principio funciona ya bien en la gama de kHz, se recomienda adoptar una frecuencia de utilización superior, del orden de MHz, para la detección fiable de movimientos rápidos. Eso exige en general una coordinación directa de la electrónica con el sensor.

El principio de corrientes de Foucault es adaptable en formas muy variadas a la tarea de medición.

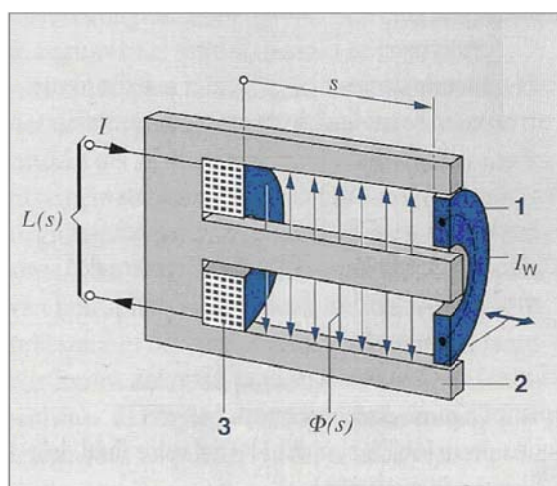
La gran ventaja de estos sensores es que no requieren materiales ferromagnéticos para su funcionamiento. Por consiguiente, pueden emplearse a temperaturas altas, superiores a las de Curie.

Sensores de anillo de cortocircuito

Al contrario del sensor de corrientes de Foucault, la bobina de un sensor de anillo de cortocircuito posee siempre un núcleo de material magnético dulce, en forma de U o de E.

La placa móvil está conformada como un anillo de cortocircuito de material perfectamente conductor. Puede desplazarse sobre uno o sobre todos los brazos del núcleo.

Por tener núcleo ferromagnético, estos sensores poseen una inductancia muy superior a la de los sensores de corriente de Foucault.



Sensor de anillo de cortocircuito.

- 1 – anillo de cortocircuito
- 2 – núcleo de material magnético dulce
- 3 – bobina

I – Corriente

I_w – Corriente de Foucault

$L(s)$ – Inductancia

$\Phi(s)$ – Flujo magnético para el recorrido de medición s

Figura 6.14: Sensor de anillo de cortocircuito

Pueden funcionar por tanto igualmente bien a bajas frecuencias y no requieren imprescindiblemente que se incorpore electrónica de tratamiento de señales en el mismo sensor.

El comportamiento electromagnético de un sensor de anillo de cortocircuito se puede calcular de modo tridimensional y realista con ayuda de diferentes programas de simulación.

Ejemplos de sensores de anillo de cortocircuito:

- Sensores del recorrido de regulación para bombas de inyección en línea.
- Sensor de ángulo para bombas rotativas de inyección.

6.3.2.1.3. Sensores magnetoestáticos

Estos sensores sirven para medir un campo magnético de corriente continua.

Al contrario de los sensores inductivos son mucho más apropiados para la miniaturización y se pueden fabricar económicamente con los medios de la tecnología de los microsistemas. Dentro de estos sensores los más extendidos son los galvanomagnéticos de efecto Hall, principalmente.

Sensores basados en el efecto Hall

El efecto Hall consiste en la aparición de una diferencia de potencial transversal en un conductor o semiconductor, por el que circula corriente, cuando hay un campo magnético aplicado en dirección perpendicular a ésta.

La aplicación de este principio a la medida de magnitudes físicas es, pues, simple siempre y cuando la magnitud de interés provoque una variación del flujo magnético.

La ausencia de contactos, cuando se aplican a la detección de movimientos, les confiere mayor robustez que la que tienen los sensores donde aquellos están sometidos a desgaste y son una fuente de interferencias por la presencia de arcos eléctricos.

En la fabricación de elementos Hall se emplean semiconductores, en vez de metales, porque al ser menor la conductividad, la tensión Hall es mayor. Además, en los semiconductores la movilidad de los portadores se puede controlar mediante la adición de impurezas, y obtener así un coeficiente Hall repetible.

Las aplicaciones más inmediatas son la medida de campos magnéticos y la realización del producto entre dos magnitudes que se conviertan, respectivamente, en una corriente y un campo magnético, por ejemplo para la medida de potencia eléctrica en vatímetros.

También es posible medir la intensidad de una corriente eléctrica a base de disponer el elemento Hall en el entrehierro de un toroide abierto en el que el paso de corriente crea un campo magnético proporcional.

En el caso más sencillo, la tensión Hall alimenta una electrónica de valor umbral que suministra una salida digital. Si la inducción magnética B aplicada al sensor es inferior a

un valor umbral mínimo determinado, la señal de salida corresponde entonces a 0, si ella es superior a un valor umbral máximo determinado, la señal de salida corresponde a un 1 lógico.

Sensores Hall diferenciales

A parte de los sensores Hall sencillos se aplican también elementos Hall diferenciales. Estos constan de dos elementos Hall desfasados entre sí. Estos suministran una señal de salida que es proporcional a la diferencia de la densidad de flujo entre los dos lugares de medición.

Las ventajas de la evaluación diferencial son un amplio margen de los entrehierros y una buena compensación de temperaturas. Los inconvenientes consisten en la dependencia de la posición de montaje y en la necesidad de una rueda transmisora de dos pistas para generar una señal en ambos elementos Hall.

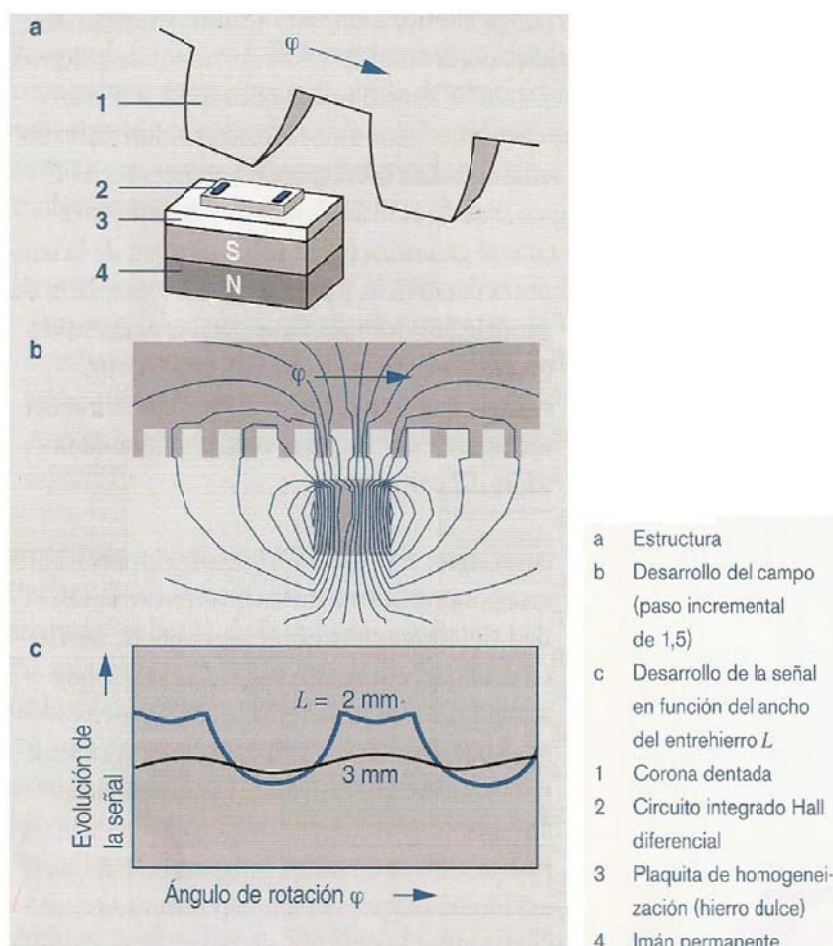


Figura 6.15: Sensor Hall diferencial

Giroscopios (sondas de campo magnético terrestre)

Los sistemas de navegación montados en los automóviles requieren un sensor angular de tipo muy diferente. Por lo menos en bifurcaciones y cruces de carreteras hay que medir el ángulo del sentido de marcha tomado, independientemente de la existencia de un sensor del ángulo de dirección.

Antes de que se dispusiera de sensores inerciales adecuados se utilizaron a tal efecto sensores de campo magnético terrestre, que determinaban el sentido de marcha a base del campo magnético terrestre.

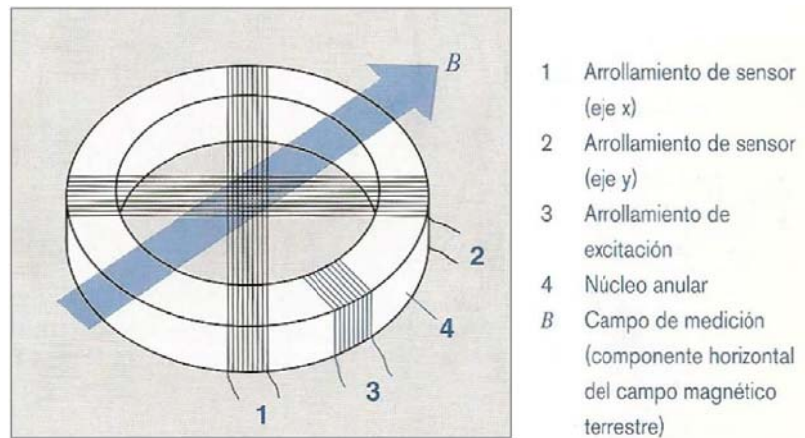


Figura 6.16: Núcleo sensor de la sonda de campo magnético terrestre

6.3.2.1.4. Sensores de propagación de ondas

Para la medición de distancias en el automóvil se utilizan procedimientos ultrasónicos de medición del tiempo de propagación, procedimientos ópticos de triangulación o medición del tiempo de propagación mediante la luz del campo infrarrojo inmediato y la detección por radar electromagnético.

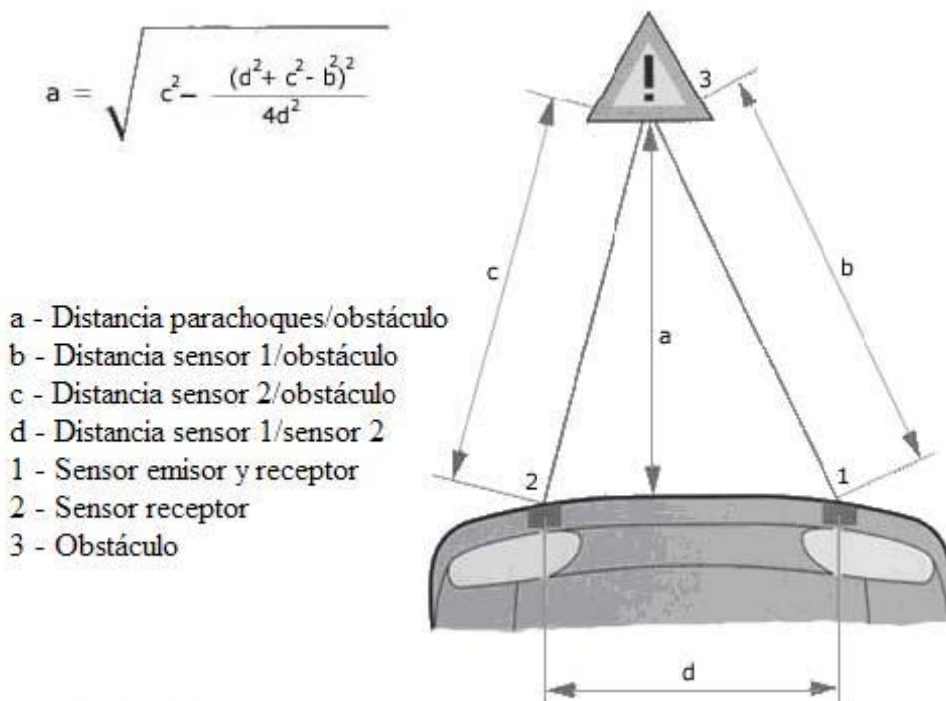


Figura 6.17: Cálculo ultrasónico de distancias respecto a un obstáculo único

6.3.2.2. Ejemplos de aplicación de sensores de posición

- Potenciómetro de plato de sonda.
- Sensor de mariposa.
- Sensores de anillo de cortocircuito semidiferencial.
- Sensor de nivel de combustible.
- Sensores de pedal acelerador.
- Sensores de ángulo del volante de dirección.
- Sensores de eje.
- Sensores ultrasónicos.

6.3.3. Sensores de velocidad

En este apartado vamos a explicar las características de los sensores de velocidad de rotación y de los sensores de velocidad lineal.

Estos sensores miden el ángulo descrito o el espacio recorrido por unidad de tiempo. En ambos casos de aplicación, en el automóvil se trata generalmente de magnitudes de medición relativas que aparecen entre dos piezas o también en relación con la calzada u otro vehículo.

En algunos casos, sin embargo, hay que medir también la velocidad de rotación absoluta en el espacio o alrededor de los ejes del vehículo para determinar el giro sobre sí mismo y el vuelco, parámetro designado a menudo como velocidad de convolución.

Para la detección de la velocidad de rotación relativa se hace una distinción de los sensores, según el número y el tamaño de las marcas periféricas exploradas de un rotor.

- Sensor incremental: de paso estrecho, que permite detectar también hasta cierto grado la velocidad instantánea periférica.
- Sensor segmentado: que distingue un pequeño número de segmentos periféricos
- Sensor de velocidad de rotación sencillo, que con la ayuda de una sola marca detecta únicamente la velocidad de rotación media por vuelta.

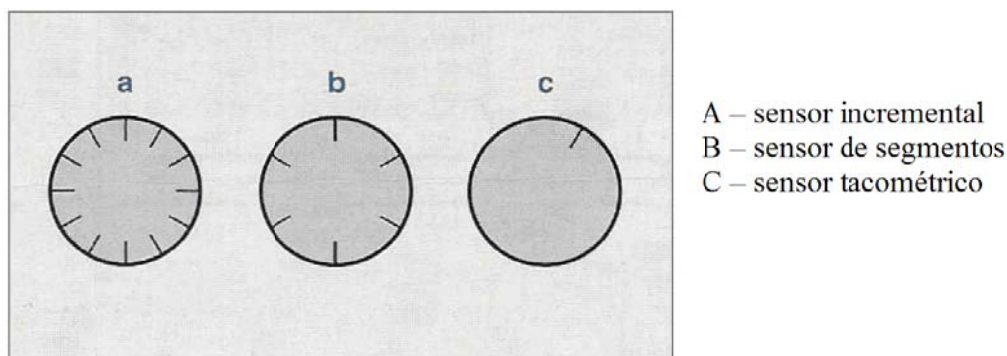


Figura 6.18: Detección de la velocidad de rotación relativa

La medición se efectúa generalmente con la ayuda de un sistema detector incremental, compuesto de una rueda dentada y un sensor tacométrico.

6.3.3.1. Principios de medición

Los sensores tacométricos convencionales se basan en efectos de medición grandes, por ejemplo la inducción.

Por eso son en la mayoría de los casos eléctricamente pasivos, es decir, no poseen generalmente ninguna electrónica integrada.

Los sensores más recientes se basan en efectos de medición muy pequeños, por ejemplo los basados en el efecto Hall y requieren por tanto una electrónica integrada.

Estos sensores se denominan inteligentes, llamados a menudo también sensores activos. Los detectores de velocidades de rotación absolutas requieren incluso una electrónica muy compleja directamente en el sensor, pues los efectos de medición aquí utilizados no sólo son muy pequeños, sino que necesitan también una compleja regeneración de las señales.

Forma de los sensores actuales:

Los sensores se distinguen por las diferentes formas siguientes:

- En forma de barra.
- En forma de horquilla.
- En forma de anillo.

El sensor en forma de barra, que se aproxima como un dedo al rotor para explorarlo, es el más fácil de montar y el preferido. Este es el tipo de sensor que nosotros montamos en el banco de potencia.

6.3.3.2. Medición relativa de la velocidad

Para medir la velocidad de rotación podemos emplear sensores distintos que se basan en fenómenos físicos distintos.

- Sensores inductivos.
- Sensores magnetoestáticos.

Explicaré los fundamentos de cada tipo de sensor y al final pasaré a centrarme en el tipo de sensor que utilicé en el banco de potencia para medir la velocidad de rotación del rodillo inercial.

6.3.3.2.1. Sensores magnetoestáticos

La detección casi estática de la velocidad de rotación se puede realizar con eficacia mediante sensores magnetoestáticos.

Su señal de salida independiente de la velocidad de rotación y únicamente dependiente del campo magnético facilita y simplifica, incluso en el caso de velocidades elevadas, el tratamiento electrónico de tensiones de señales de valores limitados.

Ofrecen además una posibilidad de miniaturización del sensor y la ventaja de tener integrados la amplificación y el tratamiento de las señales en ellos mismos.

Una desventaja importante de tales sensores activos radica sin embargo en el hecho de que el margen de su temperatura de funcionamiento lo determina muy ampliamente la correspondiente electrónica de evaluación a base de componentes de silicio que, en general, no pueden resistir temperaturas tan altas como los elementos sensores mismos.

Desde hace algún tiempo se suministran sensores activos equipados con una salida de corriente, de modo que la económica conexión bifilar de los sensores inductivos de bobina no podrá ser considerada en el futuro ya como una ventaja específica.

Sensor de gradiente

Los sensores de gradiente, son mucho más sencillos para la exploración de rotores magnéticamente pasivos que los sensores Hall.

Poseen un imán permanente cuya superficie polar orientada hacia la rueda dentada es homogeneizada por una delgada plaquita ferromagnética.

Sobre ésta hay colocados dos elementos galvano-magnéticos (término genérico para designar sensores Hall y magneto-resistencias) espaciados a una distancia que corresponde a la mitad de la distancia entre dientes.

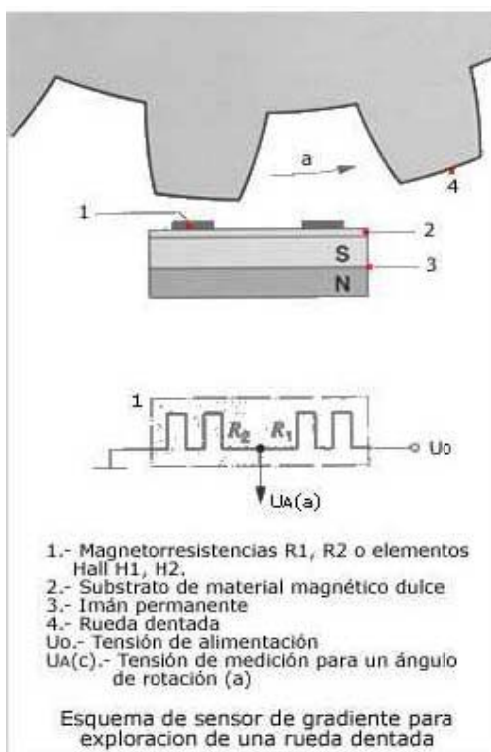


Figura 6.19: Sensor de gradiente para exploración de una rueda dentada

De ese modo un elemento se encuentra exactamente frente a un hueco entre dientes cuando el otro está frente a un diente.

El sensor mide la diferencia de campo magnético entre dos puntos muy próximos en el sentido periférico. La señal de salida corresponde aproximadamente a la derivación del campo magnético en función del ángulo periférico y, desde el punto de vista de la polaridad, es independiente por tanto del entrehierro.

Las variaciones del entrehierro no producen impulsos parásitos, pues no cambian el signo de la señal de gradiente.

Para la evaluación de las señales las dos magneto-resistencias pueden estar sencillamente conectadas formando un divisor de tensión que es alimentado con una tensión constante y cuya señal de salida es detectada por la unidad de control generalmente sin carga.

A temperatura ambiente y para entrehierros estándar, ésta señal se aproxima al voltio, pero también a temperaturas más altas es aún suficientemente grande para que se pueda transmitir a la unidad de control sin ser preamplificada.

Aplicaciones de sensores magnetoestáticos:

- Sensor hall (encendido transistorizado TZ-H)
- Sensor de fase Hall (árbol de levas)
- Sensor Hall de cajas de cambios (RS50, RS51)
- Sensor activo Hall de velocidad de rotación.
- Sensor activo AMR de velocidad de rotación.
- Sensor magneto-resistivo (para bomba rotativa de inyección diesel de émbolos radiales)

6.3.3.2.2. Sensores inductivos

En este apartado voy a profundizar un poco más en el funcionamiento de este tipo de sensores ya que en el banco de potencia utilicé un sensor de estas características cuyo funcionamiento explicaré más adelante.

Principios fundamentales:

Los sensores inductivos de bobina estaban ya disponibles para la medición de velocidades de rotación cuando no existía aun ninguna versión en absoluto o todavía no adecuada en tecnología de microestructura, como los Hall.

Ellos aprovechan la ley de la inducción para medir la velocidad de rotación, generando en su salida bipolar una tensión U_A , que es proporcional a la variación en el tiempo de un flujo magnético Φ .

$$U_A = U_{ind} = n \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Donde n es el número de espiras de la bobina del sensor.

El flujo magnético Φ es también una función de la posición angular x y del entrehierro d_h .

$$\Phi = \Phi(x, d_h)$$

Suponiendo d_h constante se obtiene:

$$U_A = U_{ind} = n \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial x} \cdot \frac{dx}{dt}$$

Representando dx/dt la velocidad de rotación a medir.

Esta ecuación muestra también claramente el punto débil de los sensores inductivos: a saber, si el ancho del entrehierro d_h no se puede mantener constante, por ejemplo en caso de vibraciones, genera entonces una variación del flujo en función del tiempo, del mismo importe que la velocidad de medición.

Este efecto puede ocasionar impulsos de tensión que no pueden ser distinguidos, o solo difícilmente, de las verdaderas señales de velocidad.

Tales impulsos parásitos pueden tener una gran amplitud, pues el flujo varía con el entrehierro siguiendo una función exponencial y los fenómenos de oscilación son a menudo de alta frecuencia.

Los sensores inductivos de velocidad de rotación constan en principio de tres componentes magnéticos esenciales:

- Bobina fija.
- Pieza de hierro dulce.
- Imán permanente.

La variación de flujo necesaria para la generación de la tensión de salida se obtiene por movimiento o rotación de la pieza de material magnético dulce o duro. Los sensores en los que el flujo magnético permanente es reemplazado por una corriente continua con la que es alimentada la bobina de inducción, fueron usuales solo en otro tiempo para el ajuste de manual de encendido, siendo llamados sensores de PMS “punto muerto superior”.

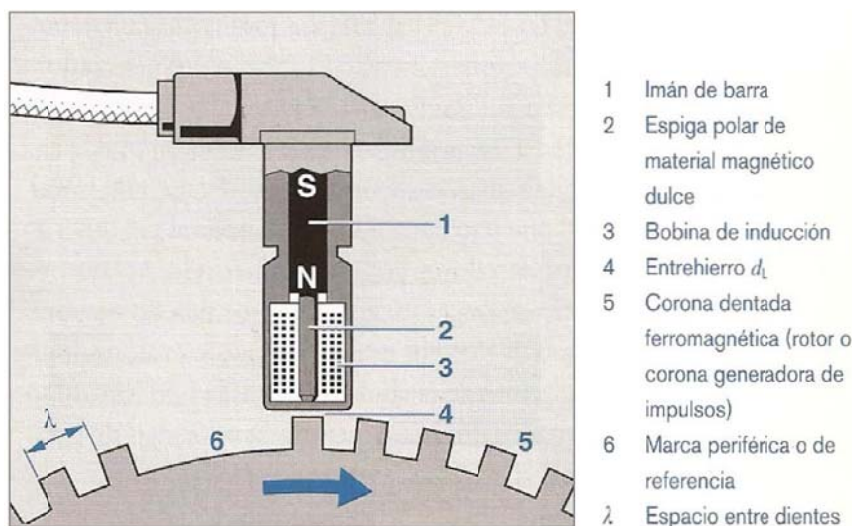


Figura 6.20: Sensor inductivo de velocidad de rotación

Los sensores inductivos actuales están constituidos preferentemente por un imán de barra con espiga polar de hierro dulce que soporta la bobina de inducción de dos conexiones. Cuando gira una corona dentada ferromagnética u otro rotor de estructura similar por delante de este detector, se induce en la bobina una tensión proporcional a la variación del flujo magnético en función del tiempo.

Para la detección de dentados muy finos, una parte del extremo delantero de la espiga polar es afilada con objeto de obtener un concentrador de flujo, es decir, forma una lámina polar que generalmente atraviesa la caja de metal o plástico y se adapta a la forma y sentido de la estructura incremental.

El rotor puede tener igualmente en su periferia una o varias marcas.

Para la detección electrónica de tal marca periférica se aprovecha habitualmente el pasaje muy fino por cero en el centro del máximo de flujo. Por razón de la ley de la inducción, la amplitud de la señal es proporcional a la velocidad de rotación en todas fases.

Para que la unidad de control pueda efectuar una evaluación segura y fiable, la distancia entre las puntas del impulso doble U_{ss} debería ser de 30mV como mínimo.

La desventaja de los sensores inductivos, sin embargo, reside en el hecho de que su tensión de salida puede tener a grandes velocidades valores muy altos, superiores en mucho a 100V, que son difíciles de procesar por vía electrónica.

Si las altas puntas de tensión son recortadas con la ayuda de diodos Zener, se producen muy pronto considerables errores angulares a causa de la variación consecutiva de la impedancia de carga del sensor.

Eso puede ser muy desfavorable por lo menos en el caso de los sensores angulares de cigüeñal y de árbol de levas, que participan en la regulación del avance del encendido. Para estas aplicaciones se quiere una conformidad angular de aproximadamente $0,2^\circ$.

En el caso de ciertas marcas periféricas magnéticamente pasivas o activas, el preimpulso generado por el campo reflejado, que no tiene importancia alguna a bajas

velocidades de rotación, puede alcanzar a altas velocidades un orden de magnitud en el que puede sobrepasar el umbral del discriminador de valores límite posconectado, ocasionando entonces incluso un error mucho mayor.

Es por esta razón que los valores límite del circuito de entrada de la unidad de control son adaptados dinámicamente a la velocidad de rotación respectiva.

A un dentado uniforme corresponde un curso casi sinusoidal de la tensión. La velocidad de rotación resulta de la distancia entre los pasajes por cero de esta tensión, cuya amplitud es igualmente proporcional a la velocidad.

La amplitud de la señal depende en gran medida del entrehierro y del tamaño de los dientes. Como en el caso de todos los procedimientos incrementales magnéticos, los dientes pueden ser detectados perfectamente hasta anchos de entrehierro d_h de la mitad o un tercio de un espacio entre dientes λ .

Las coronas dentadas montadas en los cigüeñales y las ruedas (ABS) están previstas para cubrir entrehierros de hasta 0.8 o 1.5mm.

La marca de referencia necesaria para el encendido se obtiene suprimiendo un diente o llenando un hueco entre dientes. Se identifica por la mayor distancia de los pasajes por cero y genera una tensión de señal mucho más alta, que ejerce un influjo sobre la tensión incremental precedente y/o sucesiva.

Ventajas:

- Bajos costes de fabricación.
- Alta estabilidad a perturbaciones: baja resistencia interna estática, ninguna electrónica local que haya de ser protegida.
- Ningún problema en caso de derivas de la tensión continua.
- Amplio margen de temperaturas.

Desventajas:

- Límites de reducción del tamaño constructivo en caso de tecnología de bobinado convencional.
- Señal de salida dependiente de la velocidad de rotación, ninguna adecuación para movimientos estáticos.
- Sensibilidad a variaciones del entrehierro.

Ejemplos de aplicación:

- Sensor inductivo de la velocidad de rotación del motor (sensor de revoluciones del cigüeñal)
- Sensor inductivo de la velocidad de giro de rueda.
- Sensor inductivo de la velocidad de rotación del árbol de levas (encendido transistorizado de detector inductivo TZ-I)
- Sensor de movimiento de aguja (inyección diesel)

6.3.4. Sensores de aceleración y vibraciones

Los sensores de aceleración y de vibraciones son apropiados para la regulación contra la detonación en motores de combustión interna, también sirven para activar sistemas de protección de los pasajeros (airbag, tensores de cinturón, arco contra el vuelco) y para detectar aceleraciones en las curvas y variaciones de velocidad en vehículos de tracción integral equipados con el sistema antibloqueo ABS o el programa electrónico de estabilidad ESP, o con un sistema de regulación del tren de rodaje.

La magnitud de medición es la aceleración, que con frecuencia se indica como múltiplo de la aceleración de la gravedad ($1g = 9,81 \text{ m/s}^2$) para valores típicos de los automóviles.

Sensores de aceleración y de vibraciones	
Aplicación	Campo de medición
Regulación contra la detonación	1 ... 10g
Protección de los pasajeros	
- Airbag, tensor de cinturón	50g
- Arco contra el vuelco	4g
- Bloqueador de cinturón	0.4g
ABS, ESP	0.8 ... 1.2g
Regulación del tren de rodaje	
- Carrocería	1g
- Eje	10g

Tabla 6.4: Sensores de aceleración y vibraciones

6.3.4.1. Principios de medición

Todos los sensores de aceleración miden en principio, con arreglo a la ley fundamental de la mecánica, las fuerzas F , ejercidas por la aceleración " a " sobre las masas " m ", sea ya de modo únicamente dinámico o también estático:

$$F = m \cdot a$$

Como en el caso de medición de una fuerza, existen sensores que miden un desplazamiento y otros que miden esfuerzos mecánicos.

El encapsulamiento en estos sensores tiene una importancia decisiva para la calidad de la detección. En su función de sensores de inercia detectan la magnitud de medición sin la menor comunicación con el exterior.

En este caso puede encapsularse fácilmente de modo hermético.

Han de disponer, sin embargo, de medios apropiados para un acoplamiento mecánico lo más rígido posible al cuerpo a medir, pues elementos intermedios adicionales elásticos o sueltos alterarían considerablemente la medición.

Este acoplamiento rígido y fijo no debe dar lugar, sin embargo, a que las posibles dilataciones térmicas del cuerpo a medir se transmitan al sensor, lo que podría influir en el valor medido.

Hay que tener en cuenta que los sensores piezoeléctricos tienen una alta resistencia interior, es recomendable instalar un primer amplificador desacoplador directamente junto al sensor, a ser posible incluso dentro de una caja hermética común, para detectar la tensión de salida.

Largos cables de alimentación alteran la señal, tanto por su capacidad parásita (divisor de tensión) como por su resistencia efectiva parásita.

Ejemplos de aplicación:

- Sensores de aceleración de efecto Hall.
- Sensores de aceleración piezoeléctricos (elementos de flexión bimorfos, elementos longitudinales como el sensor de picado)
- Sensores de aceleración micromecánicos.

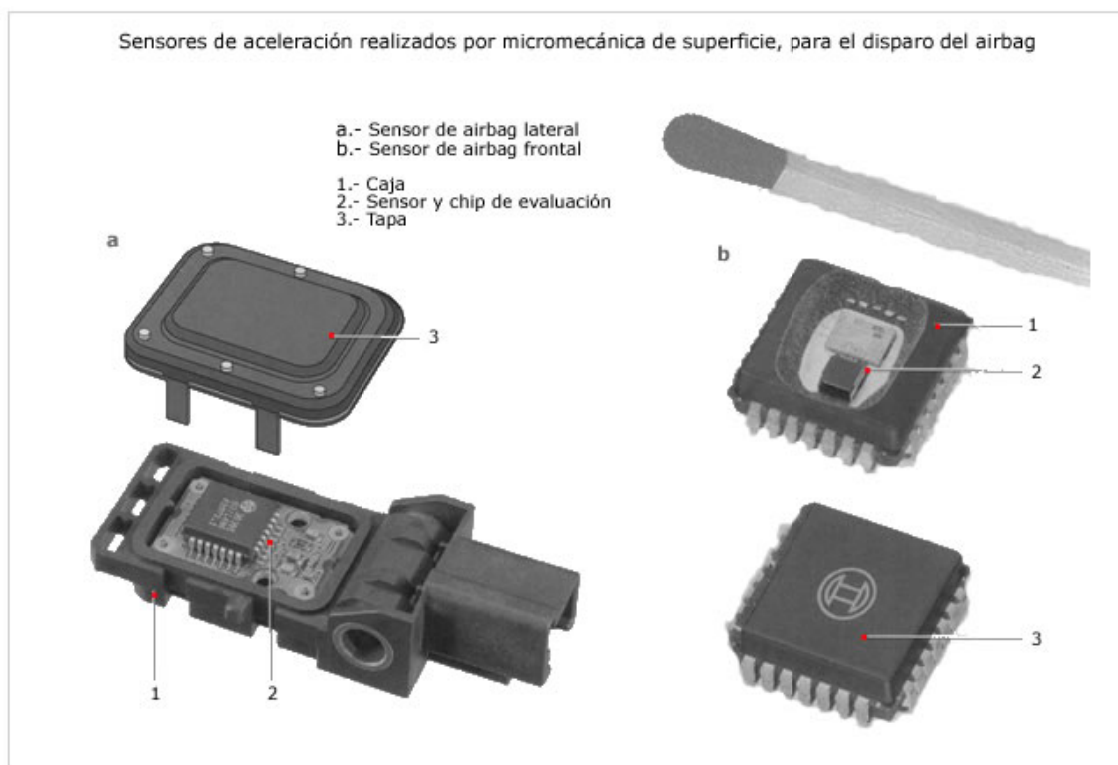


Figura 6.21: Sensores de aceleración realizados por micromecanizado

Una vez llegados a este punto, considero que la gama de sensores explicados a lo largo de estas páginas es básica pero a la vez, lo suficientemente amplia y variada como para poder entender las decisiones tomadas en la sensorización.

Las decisiones tomadas las explicaré en los siguientes apartados.

7. SISTEMA DISEÑADO

7.1. Nuestras necesidades

Ahora que ya tenemos una base sólida de conocimientos acerca de los sensores, voy a explicar cuales fueron nuestras obligaciones dentro del equipo.

Como ingenieros eléctricos que somos, los integrantes de mi grupo teníamos la obligación de estudiar el comportamiento del motor.

Para esta tarea, Javier Alcay dijo que estaría interesado en diseñar y crear un banco de potencia sobre el que montar el motor para estudiarlo y realizar algunas pruebas. Esta fue nuestra primera obligación.

Otra tarea fundamental que teníamos que desarrollar era controlar el comportamiento del motor una vez estuviera montado en la moto, es decir, mantenerlo dentro de los límites en los cuales el motor no sufriera daños internos debido a la temperatura.

Nos teníamos que encargar de la refrigeración del motor. Esta tarea también tuvo que ser llevada a cabo en el banco de potencia.

A la hora de elegir un determinado sensor tuvimos en cuentas las siguientes pautas:

7.2. Factores a tener en cuenta a la hora de elegir un sensor

7.2.1. Magnitud a medir:

- Margen de medida.
- Resolución.
- Exactitud deseada.
- Estabilidad.
- Ancho de banda.
- Tiempo de respuesta.
- Límites absolutos posibles de la magnitud a medir.
- Magnitudes interferentes.

7.2.2. Características de salida:

- Sensibilidad.
- Tipo: tensión, corriente, frecuencia.
- Forma de la señal: unipolar, flotante, diferencial.
- Impedancia.
- Destino: presentación analógica, conversión digital.

7.2.3. Características de alimentación:

- Tensión.
- Corriente.
- Potencia disponible.
- Frecuencia.
- Estabilidad.

7.2.4. Características ambientales:

- Margen de temperaturas.
- Humedad.
- Vibraciones.
- Agentes químicos.
- Atmósfera explosiva.
- Entorno electromagnético.

7.2.5. Otros factores:

- Peso.
- Dimensiones.
- Vida media.
- Coste de adquisición.
- Disponibilidad.
- Tiempo de instalación.
- Longitud de cable necesaria.
- Tipo de conector.
- Situación en caso de fallo.
- Coste de verificación.
- Coste de mantenimiento.
- Coste de sustitución.

Las decisiones tomadas las iré explicando dentro de la explicación de cada sistema desarrollado.

7.3. Puesta a punto del motor

Voy a empezar a profundizar en las necesidades a las que teníamos que hacer frente desde el punto de vista eléctrico y sobretodo electrónico.

Como punto de partida, teniendo en cuenta nuestra falta de experiencia, compramos un segundo motor de repuesto, exactamente igual que el que nos proporcionaba la organización. El motor nos lo vendió la propia organización.

Por estos motivos tomamos la decisión de diseñar un banco de ensayos para poder estudiar el motor nosotros mismos.

El diseño lo llevó a cabo Javier Alcaiz.

Alfredo Ferrando y Jorge Casaus se encargaron de construirlo.

Oscar Portolés, Alejandro Costa y yo fuimos los encargados de sensorizarlo para extraer la información necesaria.



Figura 7.1: Piezas sueltas de la moto

7.4. Necesidades de un banco de ensayos

Las necesidades de crear un banco de potencia para montar el motor eran las siguientes:

- Desarrollar las curvas de potencia en función de las revoluciones del motor.
- Arrancar el motor y hacer que funcionase durante un periodo de tiempo para que las diferentes piezas se acoplasen entre sí. Entre las piezas más importantes están los pistones y los segmentos, que determinan la compresión real del motor y el consumo de aceite y los casquillos, que determinan la presión del circuito de engrase. Con el rodaje del motor se produce el de otros órganos o componentes, como la caja de cambios, el embrague, la bomba de agua.
- Instalar el embrague y dejarlo listo para montarlo en la motocicleta.
- Probar el cambio de marchas.
- Saber la temperatura en la que se tiene que mantener el motor para funcionar con un rendimiento óptimo.

7.5. Banco de ensayos

Nuestro banco de ensayos consiste en una estructura en la que va anclado el motor de combustión y al piñón de salida se le coloca una cadena de distribución que comunica con otro piñón. Este piñón va unido a un eje en el que se encuentra un rodillo inercial.

Este rodillo actúa como una carga acoplada al motor, las dimensiones (longitud y diámetro), así como el peso son conocidos, de esta manera se sabe la inercia que presenta el rodillo y por tanto la fuerza y potencia que es capaz de desarrollar el motor.

Un banco de ensayos es una herramienta en la cual se mide la velocidad de un rodillo que gira gracias al motor que se quiere estudiar.

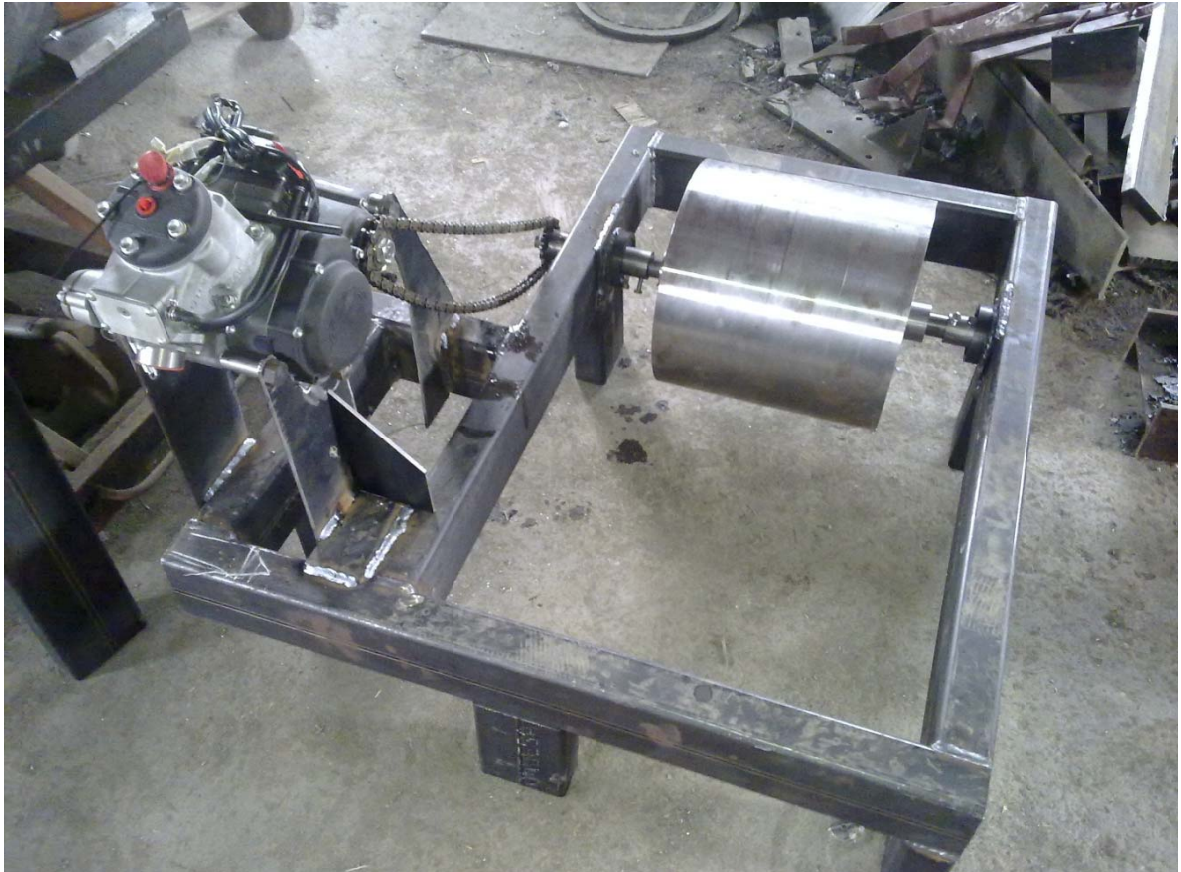


Figura 7.2: Banco de potencia

El tipo de banco que se diseñó fue un banco inercial, es decir, la forma de medir se basa en que el motor mueva un rodillo muy pesado.

El rodillo no está frenado y gira libremente. Simplemente al ser tan pesado, al motor le cuesta bastante acelerarlo.

Es tan sencillo como lo siguiente:

Cuanto más rápido acelere el rodillo, más potencia se mide.

Se conoce con exactitud la geometría del rodillo, es decir, el peso y su diámetro, por lo que con una sencilla fórmula obtenemos la potencia en la rueda.

$$\text{Potencia} = \text{Momento de Inercia del rodillo} \cdot \text{Aceleración del rodillo}$$

$$P = I \cdot a$$

Estos bancos de potencia difícilmente se descalibran, a menos que se modifiquen los diámetros, rectifiquen, etc.

Cuanto más pesado y grande sea el rodillo, mejor se medirá. Por eso los "monorodillo" son tan buenos.

Al no tener freno, sólo sirve para medir la potencia. No pueden ser utilizados para estabilizar el motor a un régimen y medir en ese punto, ya que la aceleración será nula en esas condiciones, ni para hacer simulaciones de conducción.

Ventajas:

- Son económicos.
- No necesitan periodos cortos de calibración.
- Son medidas muy repetitivas.
- La instalación es relativamente fácil.
- Las mediciones de potencia se pueden realizar en pocos segundos, entre 10 y 15s.

Inconvenientes:

- Han de ser lo más pesados y grandes posibles.
- No permiten hacer simulaciones de carretera.
- En caso de ser pequeños no pueden medir con exactitud los motores turbo o de grandes potencias, pues en el primer caso, no damos tiempo a cargar adecuadamente el turbo, y el par se ve ligeramente desplazado hacia la derecha.
- En el caso de los motores muy potentes existen fenómenos transitorios que impiden una correcta medición si se hace demasiado rápido.
- Como norma general, una aceleración de curva de potencia debe durar más de 10 segundos.

Los parámetros de entrada que necesitábamos medir eran los siguientes:

- Velocidad de rotación del rodillo.
- Diámetro, longitud, densidad del material y espesor del rodillo.
- Rozamientos internos del propio banco. Son muy pequeños en comparación con las magnitudes medidas, por lo que para no complicar la ecuación, no los incluiremos.

Ahora tenemos todos los datos necesarios.

El tipo de rodillo que teníamos era hueco con las siguientes medidas:

Datos del rodillo	
Diámetro exterior	356 mm
Diámetro interior	340 mm
Espesor	8 mm
Longitud	348 mm
Masa	47.03 kg

Tabla 7.1: Datos del rodillo

La ecuación que teníamos que utilizar era la siguiente:

Ecuación de potencia:

Existen diversas formas de obtener una potencia. La que nos interesa es:

$$P = F \cdot v$$

(Potencia = Fuerza x velocidad) o bien, más concretamente:

$$P = I \cdot a$$

Es decir, la potencia necesaria para mover el rodillo es igual al momento de inercia del rodillo por su aceleración.

Sabemos todos los datos, pues el momento de inercia es calculado en el momento de fabricar el rodillo y la aceleración es medida por el sensor del banco.

Una operación tan sencilla como multiplicar un valor fijo (momento de inercia) por la aceleración que tiene el rodillo.

Como se puede entender, este método de medición necesita que el motor incremente su velocidad de giro. No es posible medir la potencia "estática", pues no hay aceleración.

7.5.1. Sensorización del banco de ensayos

Debido a la necesidad de medir distintas magnitudes en el banco de ensayos nos vimos en la obligación de estudiar la forma de recoger datos en el ordenador.

Las dudas que necesitábamos resolver eran:

- Como medir las magnitudes que necesitábamos.
- Como enviar esta información al ordenador.
- Como recoger la información en el ordenador.
- Como transformar los valores de tensión, resistencia y demás parámetros recogidos de los sensores, en la información que nosotros necesitábamos saber acerca de las magnitudes medidas.

Lo primero que necesitábamos era una etapa entre el ordenador y los sensores que recogiese la información que los sensores enviaran.

Para tal fin estuvimos mirando infinidad de tarjetas de adquisición de datos hasta que dimos con una que cumplía con los requisitos necesarios.

El módulo de adquisición de datos que compramos es el DAQ NI-USB 6008 de National Instruments.

Otra magnitud importante a parte de la velocidad del rodillo era la temperatura que podía alcanzar el motor. Este es un parámetro muy importante ya que el sobrecalentamiento puede llegar a romper el motor y un exceso en la refrigeración puede hacer que el motor no alcance las condiciones óptimas de funcionamiento.

Una vez que supimos todo lo que teníamos que medir empezamos el diseño de todas las etapas electrónicas necesarias.

7.6. Adquisición de una tarjeta NI DAQ 6008

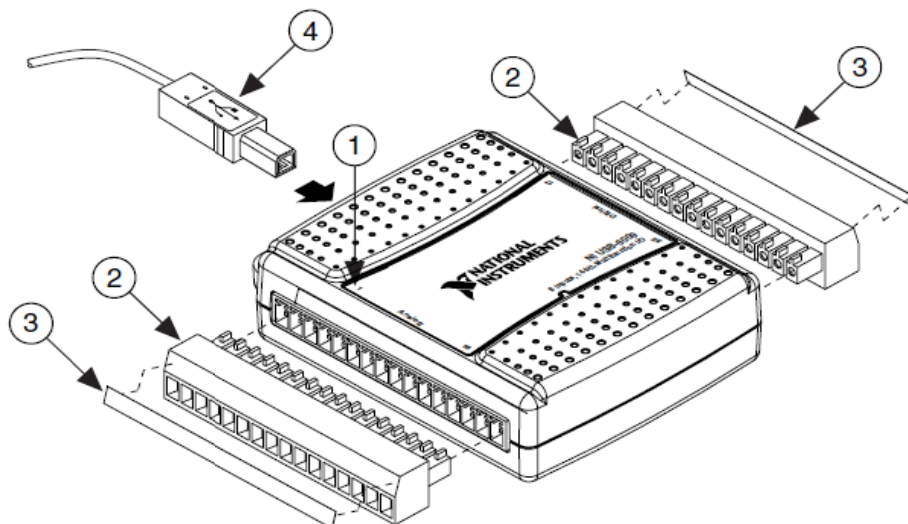
Como ya se ha explicado anteriormente, necesitábamos una herramienta para poder interpretar la información de los sensores y poder enviarla al ordenador.

Para esta función, compramos un módulo de adquisición de datos de National Instruments.



Figura 7.3: DAQ 6008

Esta tarjeta es el paso intermedio entre los sensores y el ordenador, podemos decir que es el traductor de los sensores.



- | | |
|---|-----------------|
| 1 Overlay Label with Pin Orientation Guides | 3 Signal Labels |
| 2 Combicon Jack | 4 USB Cable |

Figura 7.4: Despiece del DAQ 6008

El DAQ 6008 necesita un software específico que se llama LabVIEW.

Al ser un programa con una licencia de pago, utilizamos una versión de muestra de 30 días.

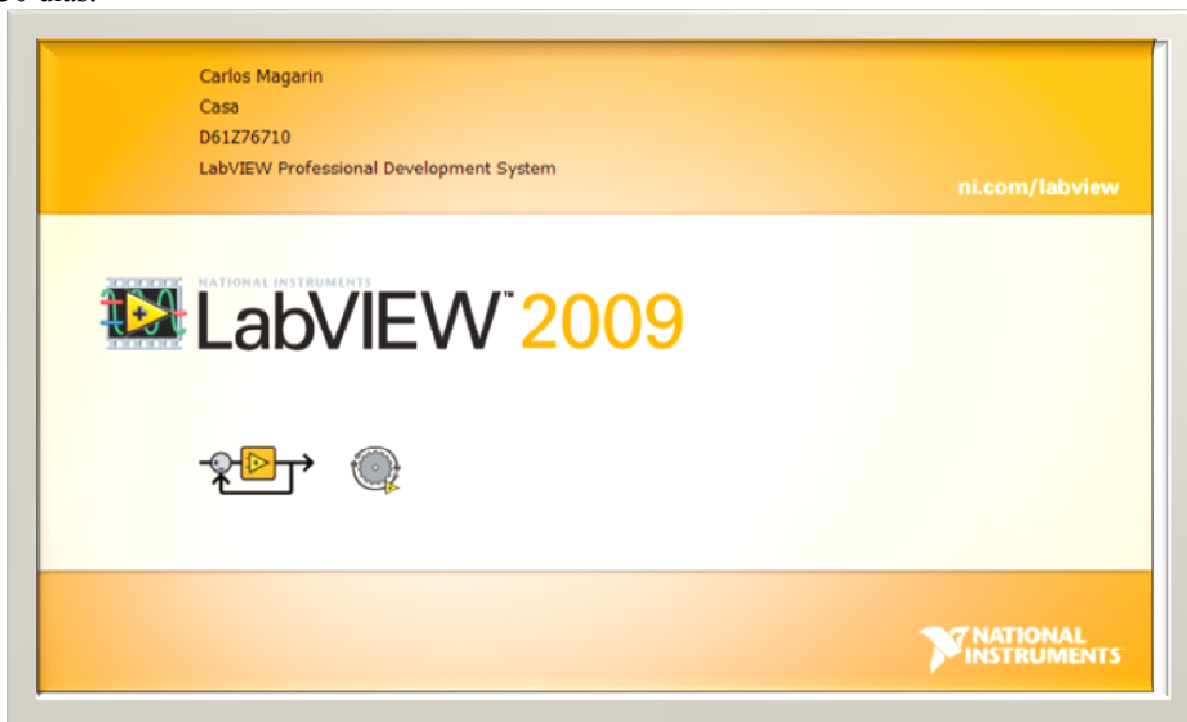


Figura 7.5: LabVIEW

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación.

El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VI's, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida.

Un lema tradicional de LabVIEW es: *"La potencia está en el Software"*, que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más patente.

Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo.

LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante, tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware, como de otros fabricantes.

Una vez conseguido LabVIEW nos pusimos manos a la obra a familiarizarnos con él. Diseñando gran cantidad de simulaciones y con el paso del tiempo según fuimos adquiriendo cierta destreza, empezamos a montar circuitos de prueba muy sencillos.

7.6.1. Conocer las herramientas

Para aprender a utilizar LabVIEW realicé una serie de tutoriales y además un curso básico de 6 horas para aprender a utilizar esta potente herramienta.

Más adelante, compramos un pequeño grupo de sensores de temperatura para aprender a combinar LabVIEW con el DAQ 6008.

Los sensores que compramos fueron:

- 2 sensores LM35
- 3 termistores NTC

7.6.1.1. Sensor lm35

El LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a +150 °C.

El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el to-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo.



Figura 7.6: Sensor LM35

Con el LM35 sobre la mesa las patillas hacia nosotros y las letras del encapsulado hacia arriba tenemos que de izquierda a derecha los pines son:

$$V_{cc} - V_{out} - GND$$

La salida es lineal y equivale a 10mV/°C por lo tanto:

$$\begin{aligned} +1500mV &= 150^{\circ}\text{C} \\ +250mV &= 25^{\circ}\text{C} \\ -550mV &= -55^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

El LM35 funciona en el rango de alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios.

7.6.1.1.1. Conexión del lm35

Nuestra conexión fue la siguiente:

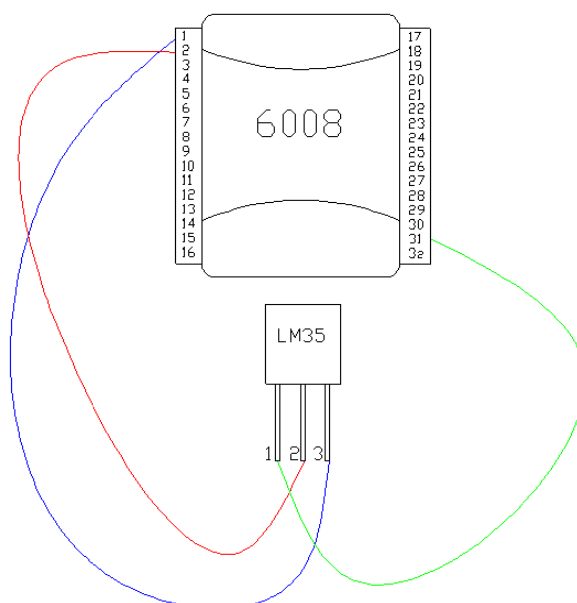


Figura 7.7: Conexión del LM35 con el DAQ

Patillas sensor:

Pin 1 = Patilla Vcc
Pin 2 = Patilla Vout
Pin 3 = Patilla GND

Pines DAQ:

Pin 0 = GND
Pin 1 = Entrada analógica AIO
Pin 31 = Salida 5V

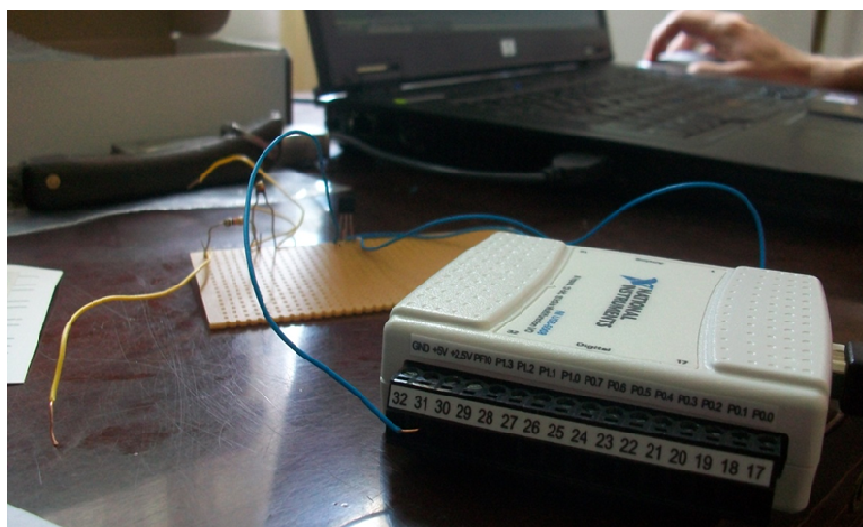


Figura 7.8: Montaje del circuito con LM35

- La patilla 1 del sensor se conecta con el pin 31 del DAQ
- La patilla 2 del sensor se conecta con el pin 1 del DAQ
- La patilla 3 del sensor se conecta con el pin 0 del DAQ

7.6.1.1.2. Programación en LabVIEW

El programa realizado fue el siguiente:

Es un programa muy sencillo en comparación con los que hemos tenido que diseñar para los sensores que realmente íbamos a utilizar.

LabVIEW se divide en dos partes, el panel en el que se muestra la información que se está procesando y la que se está creando (Front Panel) y el panel en el que se ponen los comandos que se van a utilizar (Block Panel).

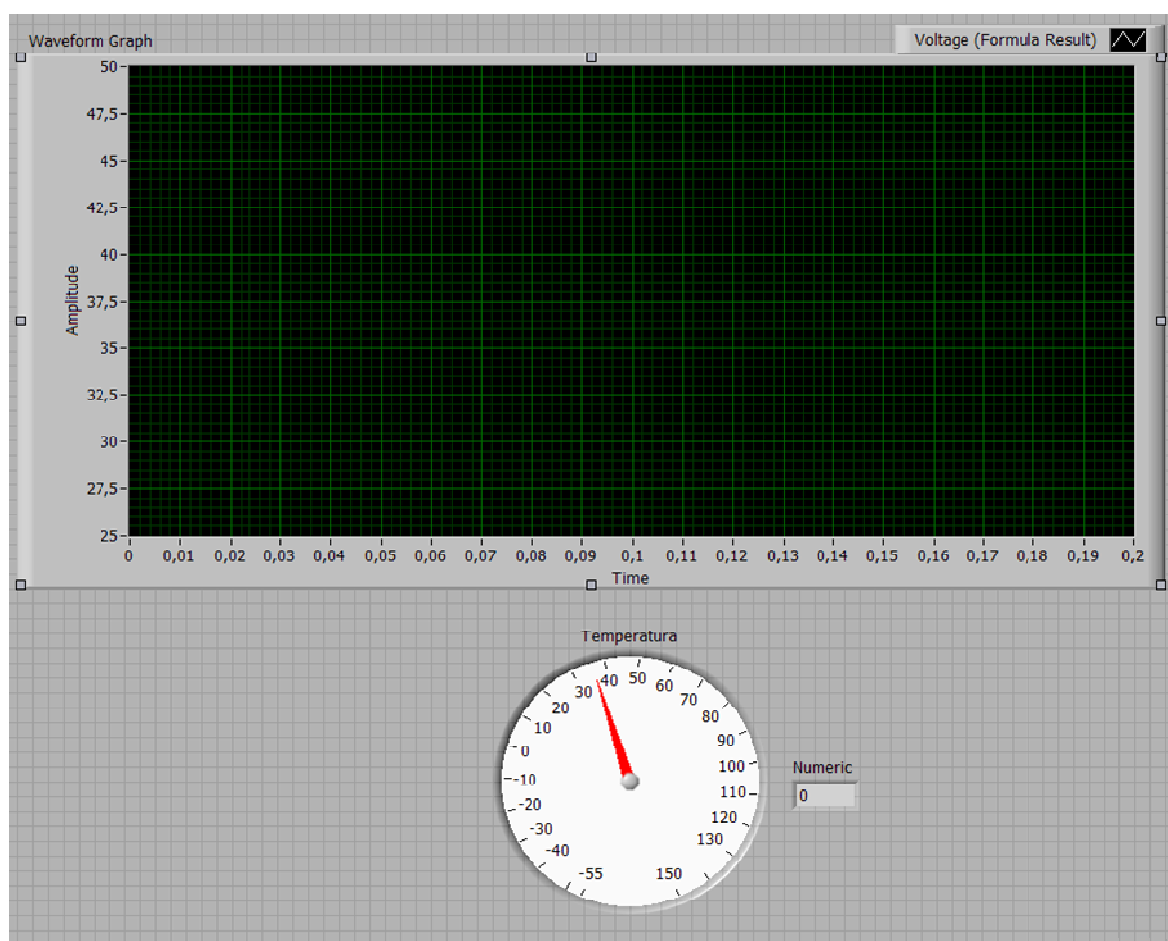


Figura 7.09: Front panel

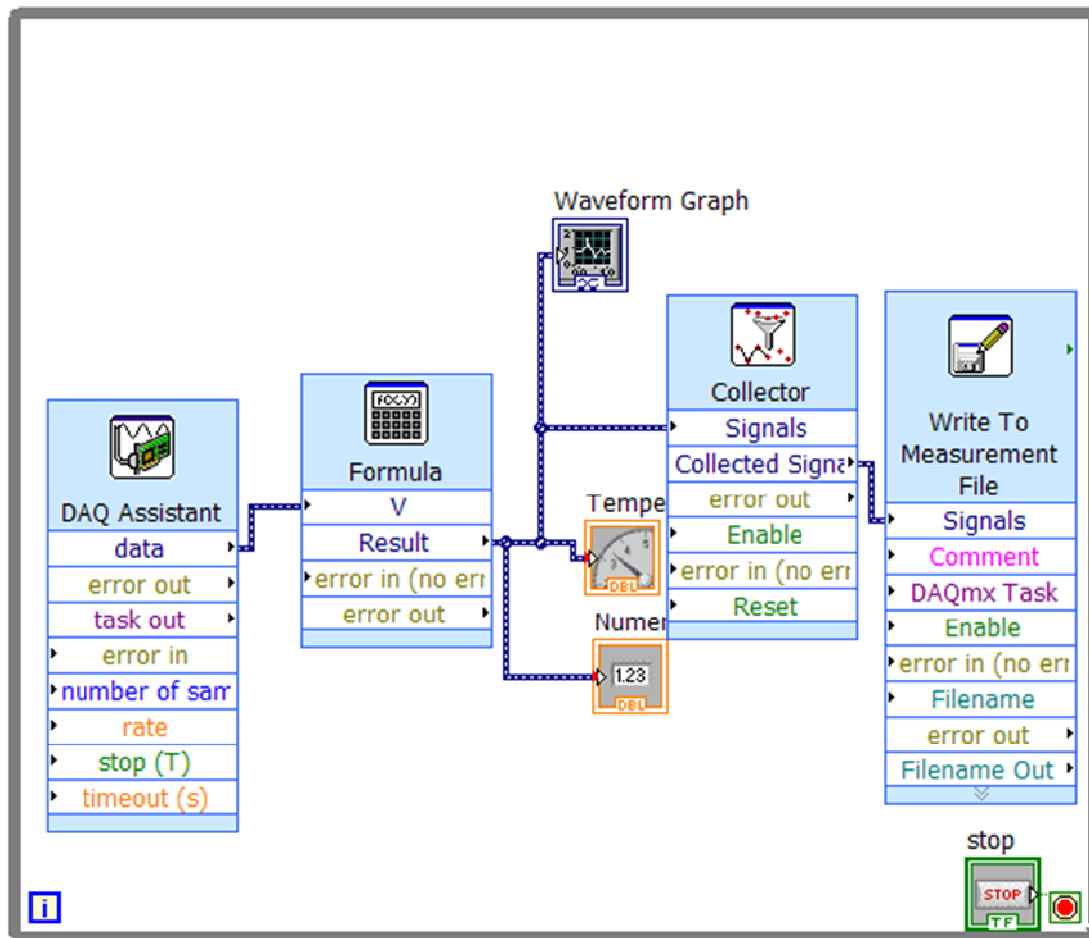


Figura 7.10: Block panel

El diseño del programa necesario para interpretar la señal que el DAQ envía es muy sencillo.

A continuación voy a explicar de una forma muy resumida la utilidad de cada bloque del panel de bloques:

- DAQ Assistant:

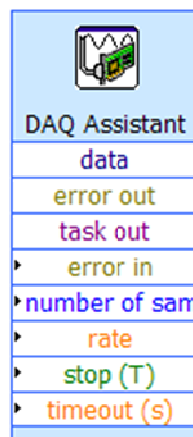


Figura 7.11: DAQ Assistant

Este bloque representa al DAQ 6008, es decir, la centralita, éste envía los datos a los bloques a los que está conectado.

Haciendo doble click sobre este icono, se abre una ventana dedicada a configurar el modo de lectura y varios aspectos más. Es decir, con esta ventana estamos diciendo al programa de qué tipo es la información que va a recibir para de esta manera poder interpretarla en pasos posteriores.

Configuración del DAQ:

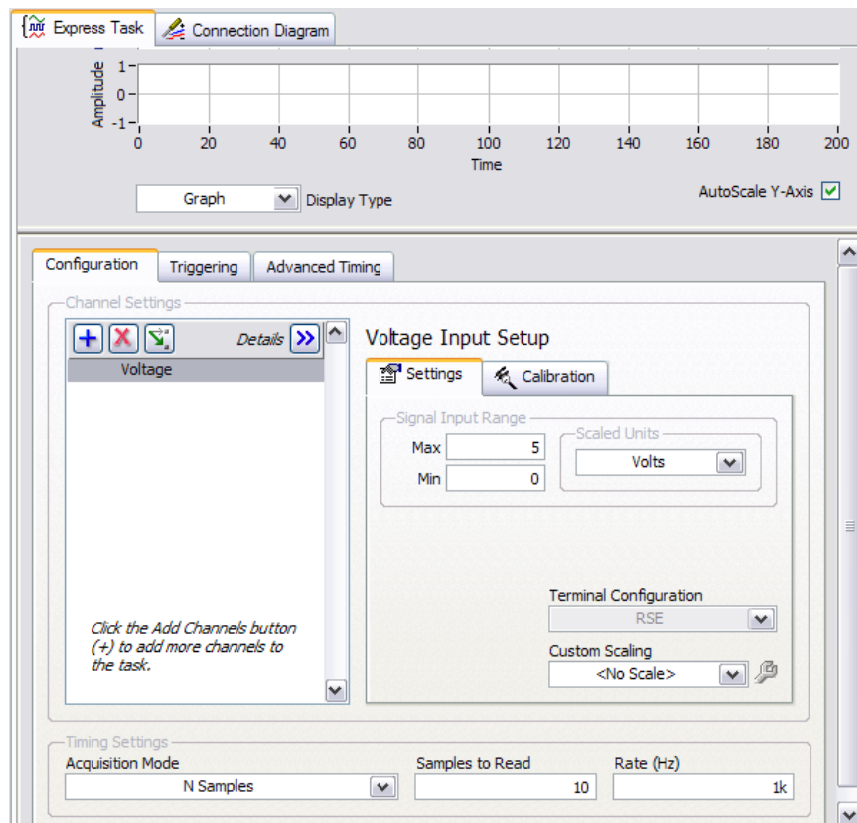


Figura 7.12: Configuración del DAQ

En esta ventana le damos la información del rango de tensiones que va a tener que manejar, también se le asigna la frecuencia a la que tiene que medir, que como podemos ver es 1 kHz, esto nos da una muestra cada milisegundo.

De esta manera ya tenemos al DAQ preparado para leer.

- Fórmula:

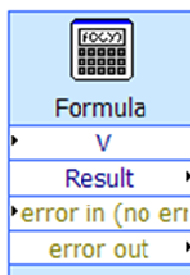


Figura 7.13: Fórmula

En este bloque se introduce la fórmula correspondiente para pasar la tensión que se nos envía desde el DAQ a temperatura.

En el interior de este bloque se encuentra lo siguiente:

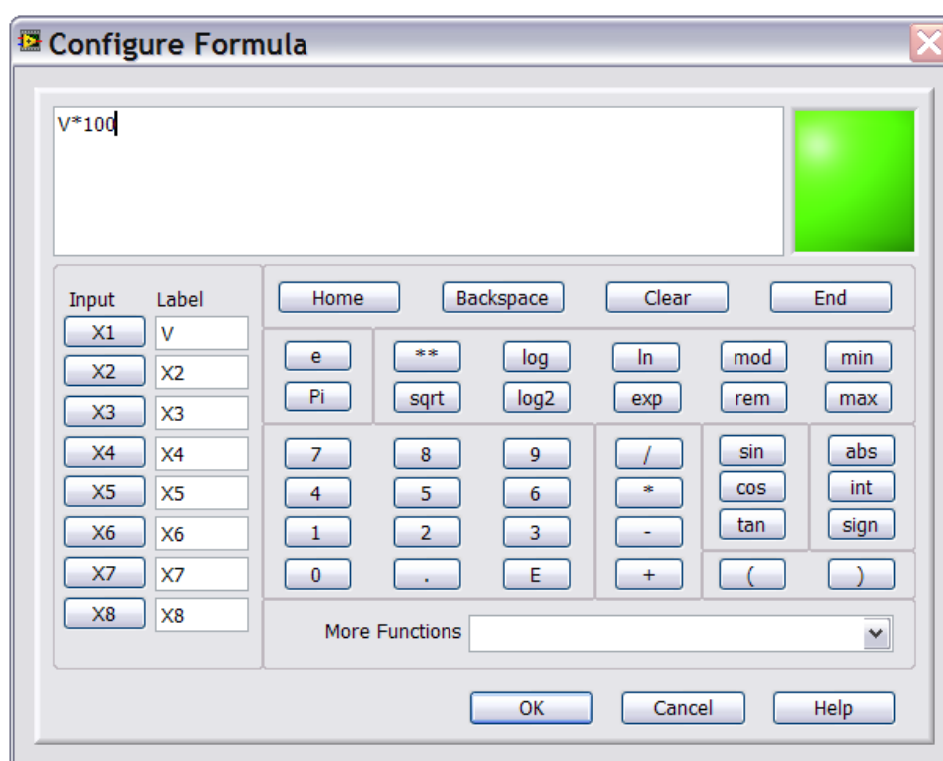


Figura 7.14: Cuadro de introducción de la fórmula

Como el LM35 es lineal, la fórmula a introducir es muy simple.

La entrada X1 es la tensión V, la multiplicamos por una constante de valor $k=100$ y así obtenemos la temperatura medida por el sensor.

- Waveform Graph:

Waveform Graph



Figura 7.15: Waveform Graph

A este tipo de iconos a los que llega la información se les llama Indicadores.

Este icono está unido a la gráfica del panel frontal, en esa gráfica se muestra la información que llega al icono correspondiente.

- Write to Measurement File:

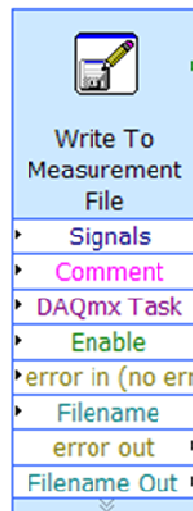


Figura 7.16: Write to Measurement File

Con este icono lo que se hace es registrar la información en un fichero .txt para luego poder acceder a ella.

Este es básicamente el funcionamiento del programa que diseñamos.

A continuación pongo un ejemplo de cómo queda el panel frontal después de realizar una medida de temperatura con el LM35:

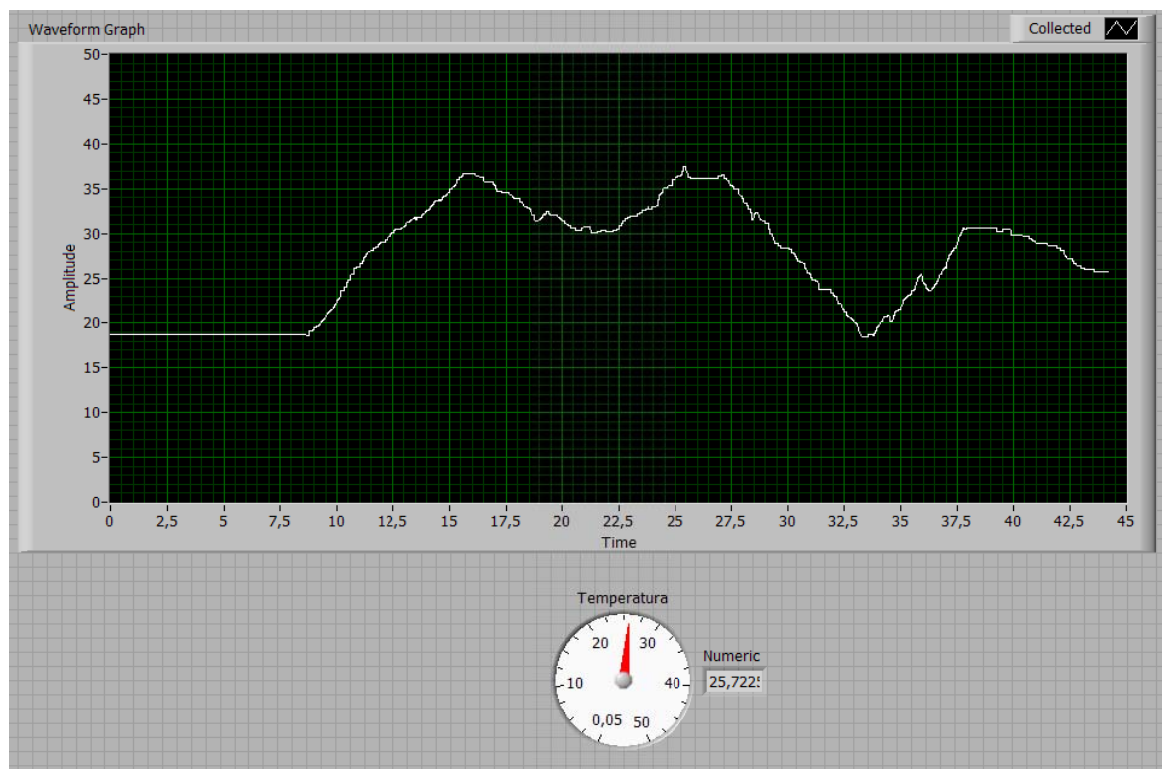


Figura 7.17: Front panel

7.6.1.2. Termistor NTC

Un termistor es un sensor resistivo de temperatura.

Su funcionamiento ya lo he explicado en el capítulo de sensores.

Se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura.

El término termistor proviene de Thermally Sensitive Resistor. Existen dos tipos de termistor:

NTC (Negative Temperature Coefficient) – Coeficiente de temperatura negativo.

PTC (Positive Temperature Coefficient) – Coeficiente de temperatura positivo.



Figura 7.18: NTC

Su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia de un semiconductor con la temperatura, debido a la variación de la concentración de portadores.

Para los termistores NTC, al aumentar la temperatura, aumentará también la concentración de portadores, por lo que la resistencia será menor, de ahí que el coeficiente sea negativo.

Aquí una imagen del circuito:



Figura 7.19: Montaje con NTC

Para poder medir temperatura con el NTC hay que realizar un divisor de tensión. Pusimos una resistencia de 10K.

7.6.1.2.1. Conexión del sensor

La conexión es la siguiente:

Este esquema es muy fácil de comentar.

Por la patilla 31 del DAQ entra una tensión, el terminal 2 mide la tensión resultante del divisor de tensión entre la resistencia y el sensor y el terminal 1 es la masa del sistema.

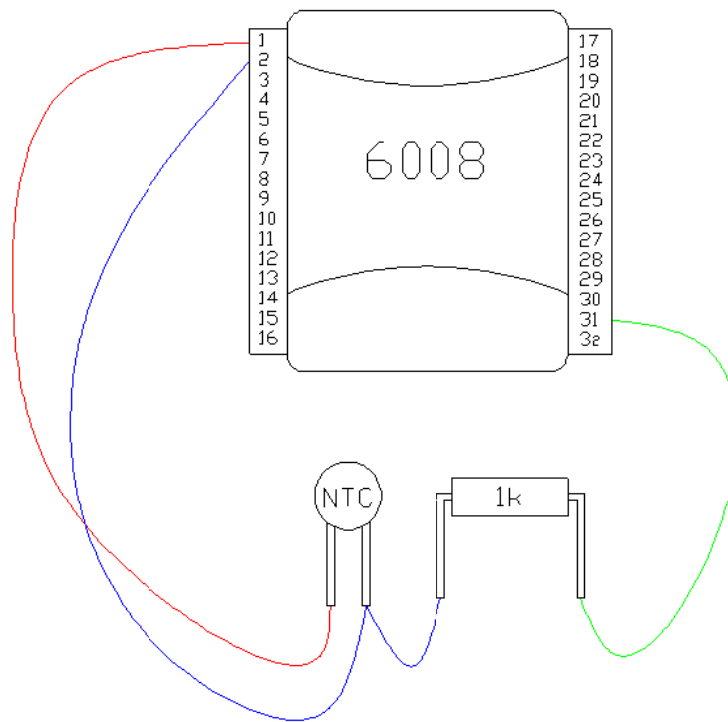


Figura 7.20: Esquema de conexión del NTC con el DAQ

Patillas del DAQ:

Pin 0 = GND
Pin 1 = Entrada Analógica
Pin 31 = Salida 5V

- La patilla 1 del sensor se conecta con el pin 31 del DAQ
- La patilla 2 del sensor se conecta con el pin 1 del DAQ
- La patilla 3 del sensor se conecta con el pin 0 del DAQ

En el panel frontal esta vez solo tenemos un indicador que muestra la temperatura en tiempo real, no pusimos la gráfica ya que es repetir la información de dos maneras diferentes.

7.6.1.2.2. Programación en LabVIEW

El circuito en LabVIEW que diseñamos fue el siguiente:

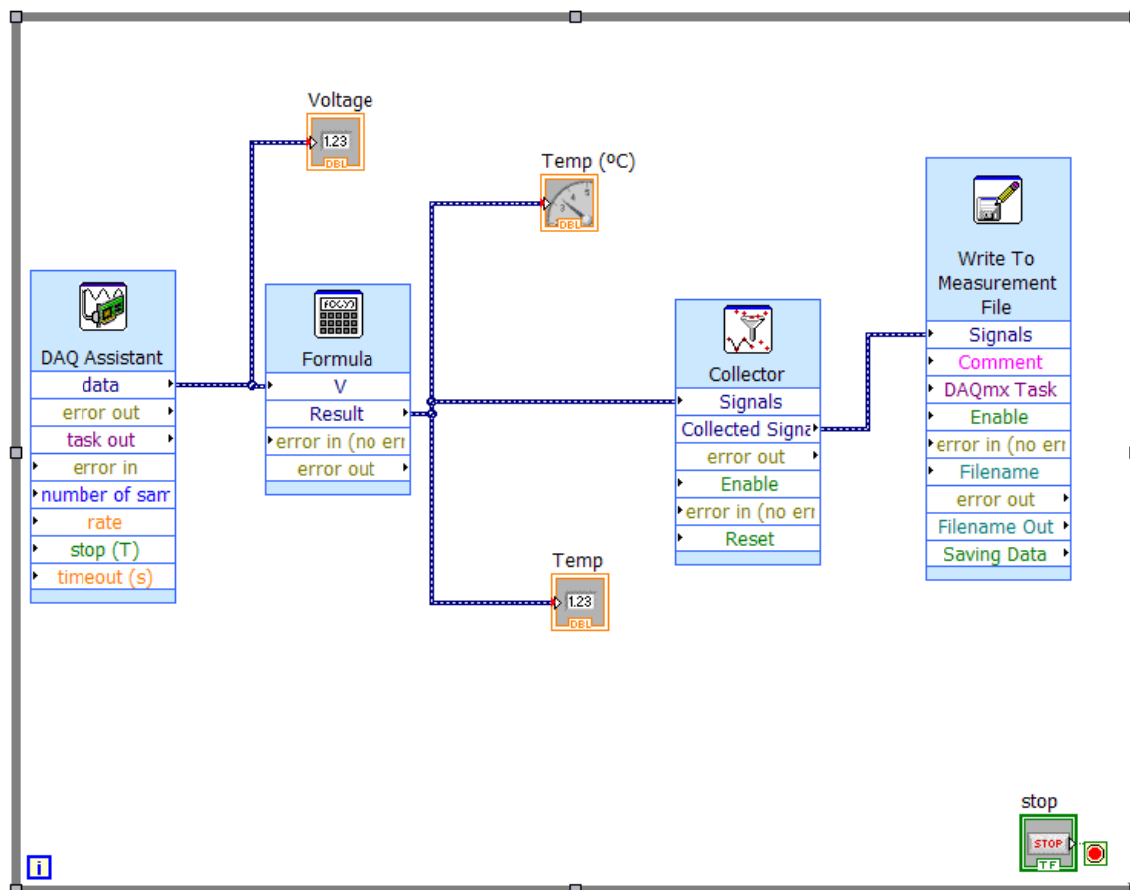


Figura 7.21: Diseño en LabVIEW para el NTC

El diseño es prácticamente el mismo, lo único que cambia es la ecuación introducida en el bloque Fórmula para pasar la tensión a temperatura.

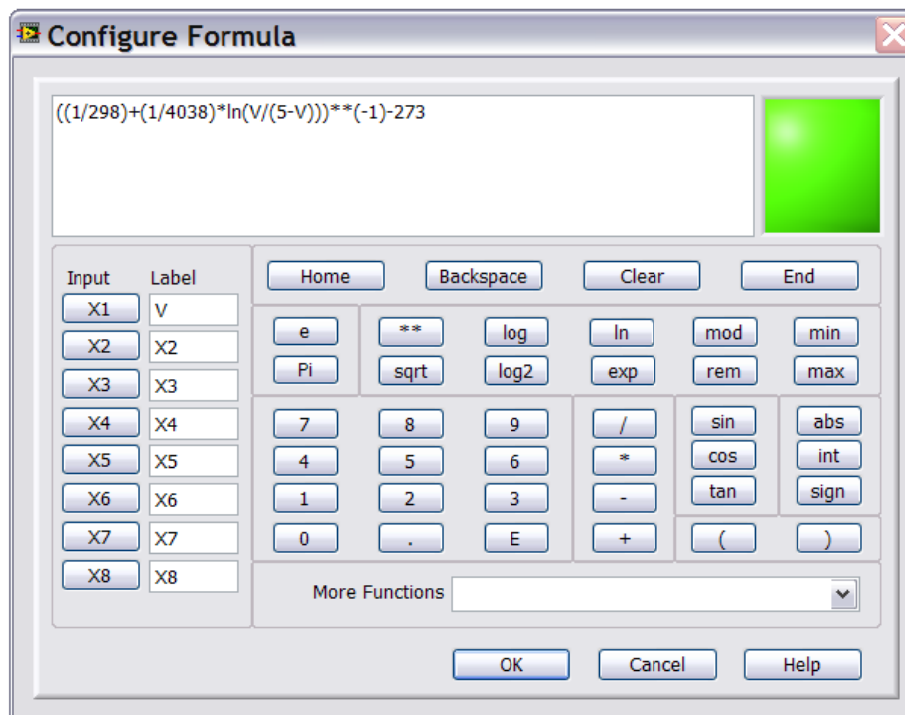


Figura 7.22: Fórmula del NTC

Voy a explicar cómo realizar el desarrollo hasta llegar a la ecuación que usamos:

R = Resistencia del sensor en Ω

T = Temperatura medida en $^{\circ}\text{C}$

R_R = Resistencia de referencia = 10.000Ω

T_R = Temperatura de referencia = 297K

B = Constante del NTC = 4038

R_1 = Resistencia de $10\text{ K}\Omega$

V = Tensión medida por el DAQ en Voltios

V_i = Tensión de alimentación = 5V

La resistencia y la temperatura del termistor pueden ser modeladas según la siguiente fórmula:

$$R = R_R \cdot e^{[B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_R})]}$$

Despejando la anterior fórmula para la temperatura:

$$T = [\frac{1}{T_R} + \frac{1}{B} \ln \frac{R}{R_R}]^{-1}$$

El voltaje leído por el DAQ será el siguiente:

$$V = V_i \frac{R}{R_1 + R}$$

Despejando la fórmula para la resistencia del termistor:

$$R = \frac{R_1 - V}{V_i - V}$$

Introduciendo la ecuación 4 en la ecuación 2 obtenemos:

$$T = \left[\frac{1}{T} + \frac{1}{B} \ln \left(\frac{R_1 \cdot V}{R_R (V_i - V)} \right) \right]^{-1} - 273$$

Se le resta 273 para convertir el valor de temperatura a °C.

$$T = \left[\frac{1}{298} + \frac{1}{4038} \ln \left(\frac{V}{5 - V} \right) \right]^{-1} - 273$$

Esta es la fórmula que hemos introducido en LabVIEW.

El resto del programa es igual que el utilizado para el LM35 por lo que vamos a saltarnos la explicación de los elementos utilizados.

El panel frontal queda con un aspecto parecido al explicado en el caso del sensor LM35.

7.6.2. Medición de la velocidad del motor

7.6.2.1. Sensor inductivo xs618b1 pal2 de telemecanique:

Ahora que ya conocíamos el programa LabVIEW y nos habíamos familiarizado con el DAQ, llegó el momento de realizar el montaje más importante del banco de potencia. Con este sensor vamos a medir la velocidad del motor.



Figura 7.23: Sensor inductivo

Voy a realizar una explicación detallada del funcionamiento de este tipo de sensores y a continuación explicaré las particularidades del sensor que nosotros utilizamos.

Los sensores de revoluciones del motor (sensores de barra), también llamados transmisores de revoluciones, se emplean para:

- Medir el número de revoluciones del motor.
- Detectar la posición del cigüeñal (posición de los pistones del motor)

El número de revoluciones se calcula mediante el intervalo de tiempo entre las señales del sensor. La señal de este sensor es una de las magnitudes más importantes del control electrónico del motor.

7.6.2.1.1. Estructura y funcionamiento:

El sensor está montado, separado por un entrehierro, directamente frente a una rueda de impulsos ferromagnética.



Figura 7.24: Montaje del sensor inductivo en el banco

Contiene un núcleo de hierro dulce (espiga polar) rodeado por un devanado.

La espiga polar comunica con un imán permanente.

Hay un campo magnético que se extiende sobre la espiga polar y penetra en la rueda de impulsos.

El flujo magnético a través de la bobina depende de si delante del sensor se encuentra un hueco o un diente de la rueda de impulsos.

Un diente concentra el flujo de dispersión del imán. Se produce una intensificación del flujo útil a través de la bobina. Por el contrario, un hueco debilita el flujo magnético.

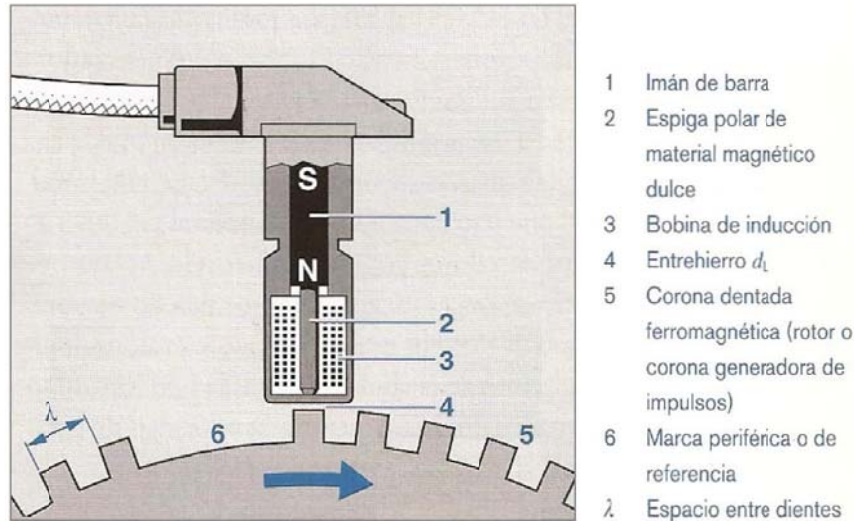


Figura 7.25: Dibujo del sensor inductivo

Estos cambios en el flujo magnético inducen en la bobina una tensión sinusoidal de salida que es proporcional a la velocidad de las variaciones y, por tanto, al número de revoluciones.

La amplitud de la tensión alterna crece intensamente a medida que aumenta el número de revoluciones.

El número de dientes de la rueda de impulsos depende de la aplicación. Los motores con sistemas de gestión por electroválvulas tienen ruedas de impulsos con 60 divisiones, existiendo en ellas un hueco correspondiente a dos dientes. Esto quiere decir que la rueda tiene $60 - 2 = 58$ dientes.

El hueco por dientes faltantes especialmente grande es una marca de referencia y está asignado a una posición definida del cigüeñal. Sirve para la sincronización de la unidad de control.

Otra ejecución de la rueda de impulsos lleva un diente por cilindro en el perímetro. Si el motor es de cuatro cilindros p.ej. hay cuatro dientes; por tanto, por cada vuelta se producen cuatro impulsos.

Los dientes y la espiga polar han de estar ajustados entre sí en su geometría. El circuito de evaluación en la unidad de control convierte la tensión sinusoidal de amplitud muy diferenciada en una tensión rectangular de amplitud constante. Esta señal se evalúa en el microcontrolador de la unidad de control.

Nuestro sensor en particular es alimentado con una tensión de $\pm 12V$.

A su salida cuando no detecta diente hay una tensión continua de 12V y cuando un diente atraviesa la zona del sensor, éste devuelve una tensión de 24V.

La necesidad de adquirir este sensor fue la siguiente:

Para sacar las curvas de potencia del motor necesitábamos saber las revoluciones por minuto del motor en cada momento. Con ese dato de velocidad y con los cálculos de la inercia del rodillo situado en el banco, pudimos sacar las curvas de potencia del motor.

Para medir rpm con el sensor inductivo en el banco necesitábamos una corona dentada que fuese proporcionando pulsos de tensión para así convertir esos pulsos en rpm con el software LabVIEW.

El número de dientes a colocar en la rueda fue un tema a estudiar.

Recogiendo información llegamos a la conclusión de que habría que poner una rueda dentada de 30 dientes para realizar medidas de una gran precisión.

La velocidad de adquisición del DAQ no era problema, ya que la entrada PF10 tiene una velocidad de muestreo de 5MHz.

El pin PF10 es la entrada contador del DAQ, que es con la que se cuentan los pulsos.

El problema vino al tener el sensor ya comprado y descubrir que tenía una velocidad de conmutación de 1000Hz.

7.6.2.1.2. Cálculo del número de dientes de la corona

Como premisa sabíamos que la velocidad máxima que íbamos a medir era 4000 rpm ya que por una serie de reducciones debidas al cambio de marchas, la velocidad del motor iba a llegar a 13000 rpm pero en el piñón se reducen a 4000 rpm.

Realizando los siguientes cálculos dedujimos:

$$rpm_{max} = 4000 \text{ rpm}$$

$$\frac{4000 \text{ rev}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 66.67 \text{ Hz} \approx 70 \text{ Hz}$$

$$Vel_{sensor} = 1000 \text{ Hz}$$

$$\frac{1000 \text{ Hz}}{70 \text{ Hz}} = 14.2857 \text{ dientes} \approx 14 \text{ dientes}$$

Se llegó al resultado de que la corona dentada debía tener un máximo de 14 dientes.

Se encargó y posteriormente se montó en el banco.

Una vez adquiridos todos los elementos necesarios para medir rpm en el banco se pasó a la tarea de realizar un diseño en LabVIEW para que el DAQ interpretara los datos que estaba adquiriendo.

7.6.2.1.3. Adquisición de datos con el sensor

Los problemas afrontados fueron los siguientes a la hora de empezar a adquirir datos con el sensor:

El sensor necesitaba ser alimentado a una tensión CC entre 12 y 48V.

Para tal propósito se compró una fuente de alimentación de ordenador que proporcionaba unas salidas de tensión de 3.3V, 5V y 12V.

El sensor devolvía una salida de tensión de entre 12 y 24V. Es decir, 12V cuando no detecta diente y 24V cuando un diente pasaba por delante del sensor.

Los problemas a tratar fueron los siguientes:

La tarjeta de adquisición puede admitir una tensión de entrada del sensor de 5V.

Otro problema importante es que para que el contador de la entrada PFI0 cuente con precisión, la señal de entrada tiene que seguir los parámetros de una señal TTL.

Los valores de tensión de la señal TTL tenían que ser los siguientes:

Low level: 0-0.8V

High level: 2-5V

Y por último, el contador contaba los flancos de bajada de la señal. Es decir, el terminal que se utiliza como contador tiene una tensión de 5V y para que éste registre un pulso, esa señal tiene que hacerse nula, es decir, tiene que pasar del estado alto al estado bajo según los parámetros TTL.

Por lo tanto había que acondicionar la señal de salida del sensor para poder introducirla en el DAQ.

7.6.2.1.4. Acondicionamiento de la señal al estándar TTL

El diseño de las etapas de acondicionamiento sufrió una evolución a lo largo de los días hasta que dimos con la solución que respondía como nosotros pretendíamos.

Uno de los primeros diseños fue el siguiente:

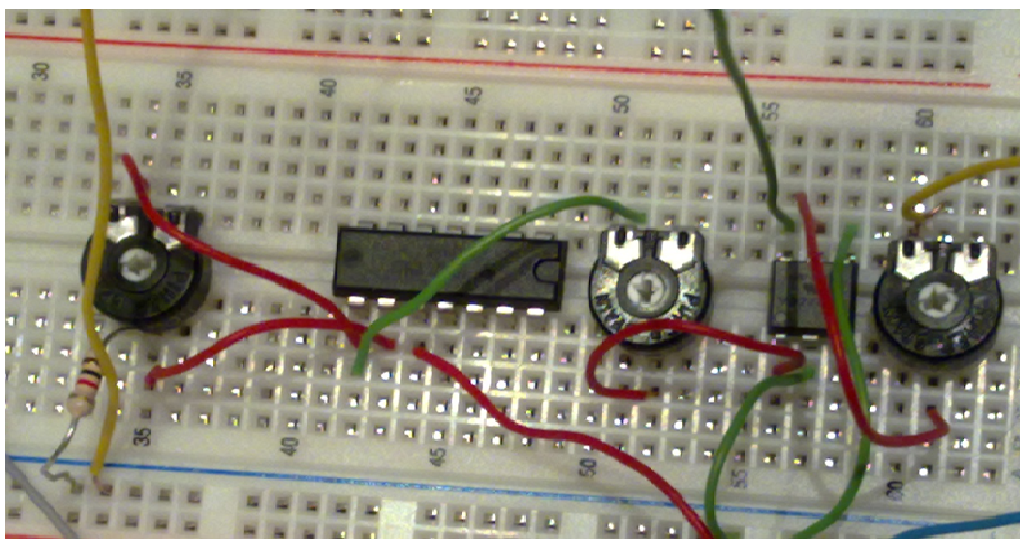


Figura 7.26: Ejemplo de montaje

El diseño ya apuntaba hacia el uso de un optoacoplador como se puede observar, el optoacoplador es el segundo elemento empezando por la derecha. Con el optoacoplador,

una serie de resistencias variables y un circuito integrado que contiene varios amplificadores operacionales intentamos realizar el primero diseño.

Un optoacoplador es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor excitado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac.

De este modo se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un fotoemisor y un fotorreceptor cuya conexión entre ambos es óptica. Estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP.

Se suelen utilizar para aislar eléctricamente a dispositivos muy sensibles, como el DAQ en nuestro caso.

El optoacoplador nos permitía reducir la tensión de entrada al DAQ y además cumplir el estándar TTL.

Para llevar esto a cabo se estudió lo siguiente:

Para hacer que el transistor del 4N25 hiciese lo que nosotros queríamos había que poner una entrada de tensión adicional para que este entrase en saturación.

Este valor de tensión adicional se proporcionó a través del pin 31 del DAQ, el valor de tensión fue 5V.

Es decir, el transistor tenía una tensión de entrada por la patilla colector de 10V, cuando el diodo hacía entrar al transistor en saturación, este enviaba esta tensión de 10V a masa.

Hacía falta una tensión de este valor para que el transistor pudiera entrar en saturación.

Al final, el diseño con el que conseguimos el acople fue el siguiente:

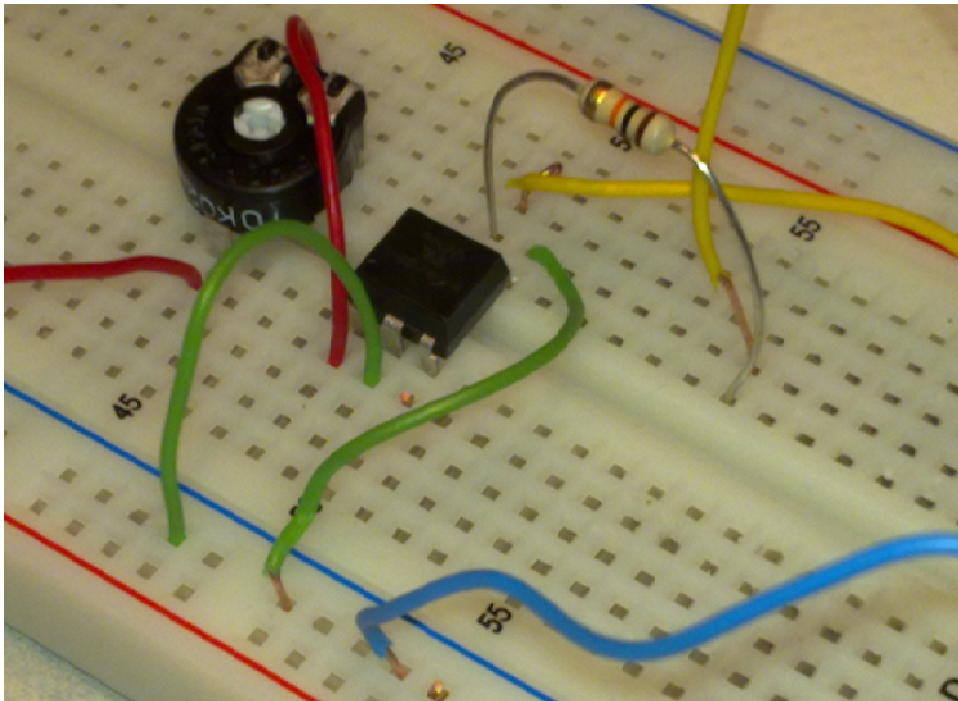


Figura 7.27: Montaje final para acondicionamiento de la señal

7.6.2.1.5. Esquema de conexión

El esquema lineal se puede explicar muy fácilmente:

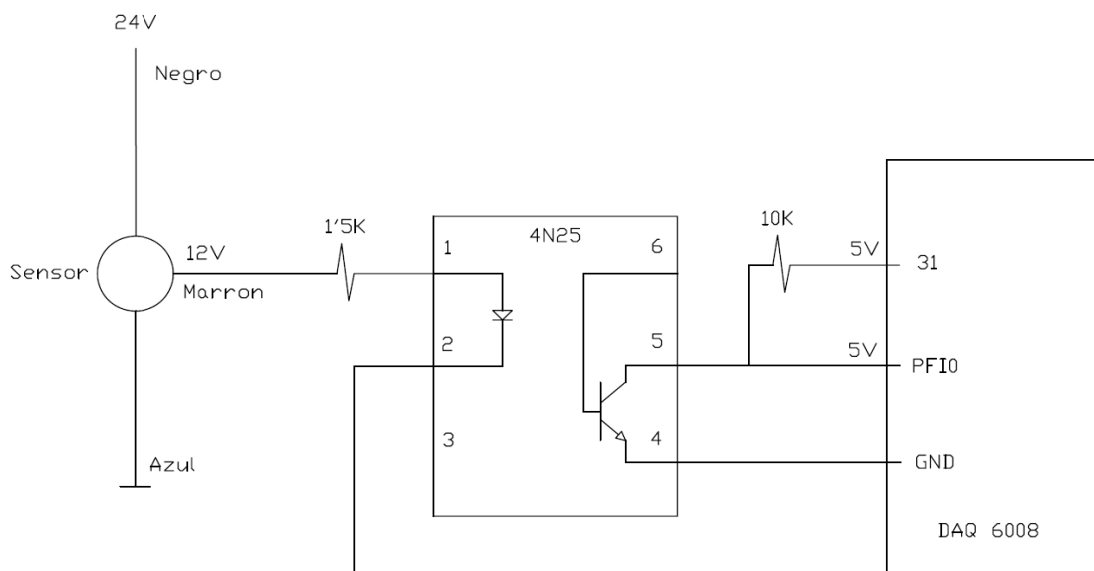


Figura 7.28: Esquema de montaje del sensor inductivo con el DAQ

El sensor envía una señal a la patilla 1 del 4N25, que es el optoacoplador, la resistencia de $1.5\text{ k}\Omega$ sirve para hacer que circule una corriente tal que haga que el diodo LED que hay dentro del 4N25 emita una luz que excite el fototransistor.

Esto hace que el transistor permita la circulación de corriente entre las patillas 5 y 4, el transistor permite la circulación de corriente por la pata de salida, entonces el contador, que es la patilla PFIO, detecta un pico al hacer que la tensión U_{54} , es decir, la tensión entre el colector y el emisor sea menor a 0.8 V , que es el límite del nivel bajo del estándar TTL.

Teóricamente se supone una tensión U_{CE} igual a 0.2 V .

Este montaje se encapsuló, ya que como son elementos tan frágiles, no queríamos que sufrieran ningún daño, además las soldaduras de estaño en este tipo de material se rompen muy fácilmente.

El encapsulado quedó así:

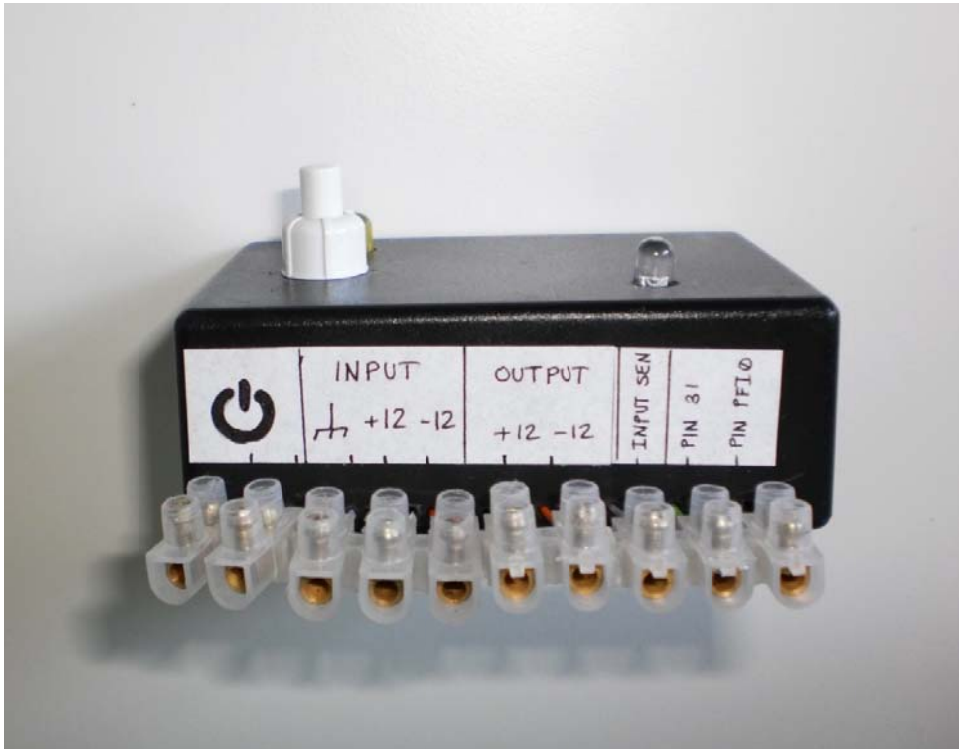


Figura 7.29: Encapsulado de la etapa de acondicionamiento del DAQ

7.6.2.1.6. Lectura de datos con el DAQ

Para leer los datos con LabVIEW se realizaron dos diseños, un diseño cuenta los pulsos que se producen en un determinado espacio de tiempo, por ejemplo 0.1 segundos y esta información la muestra en pantalla a la vez que se va registrando la información en un fichero .txt para luego tratarla con Excel y así poder realizar las operaciones necesarias. El otro circuito, que es el que finalmente usamos, realiza medidas de tiempo parcial entre pulso y pulso y también mide el tiempo total del ensayo. Este último programa es el que teníamos que usar, ya que con el tiempo entre pulso y pulso podríamos sacar la velocidad y con ello, toda la información posterior necesaria.

Voy a explicar los dos circuitos ya que son muy diferentes y así podremos apreciar las diferentes maneras de emplear LabVIEW.

Diseño 1:

Este diseño se basa en contar el número de pulsos en un determinado espacio de tiempo, para luego guardar esa información en un .txt y también visualizarla en el panel frontal.

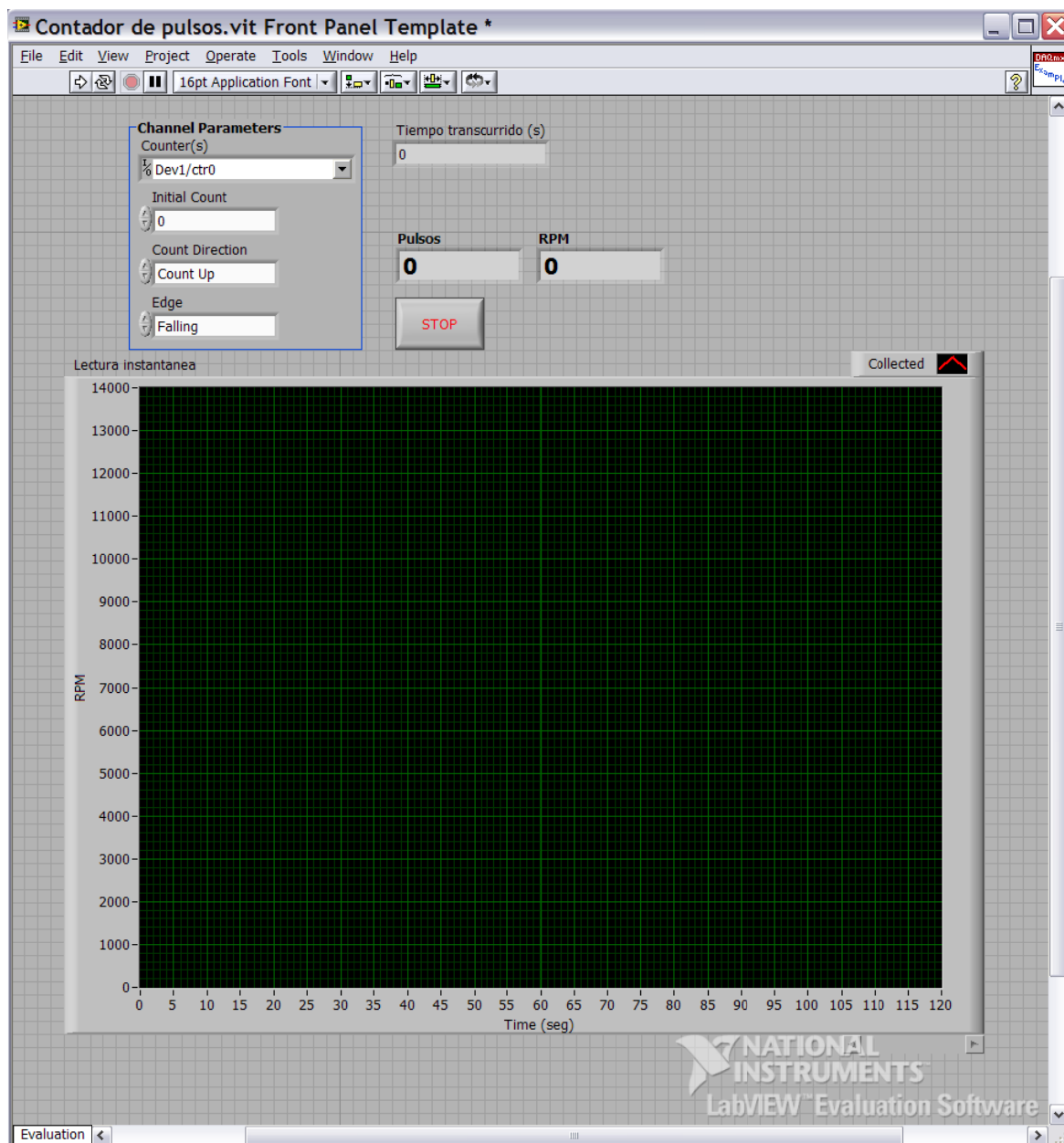


Figura 7.30: Front panel

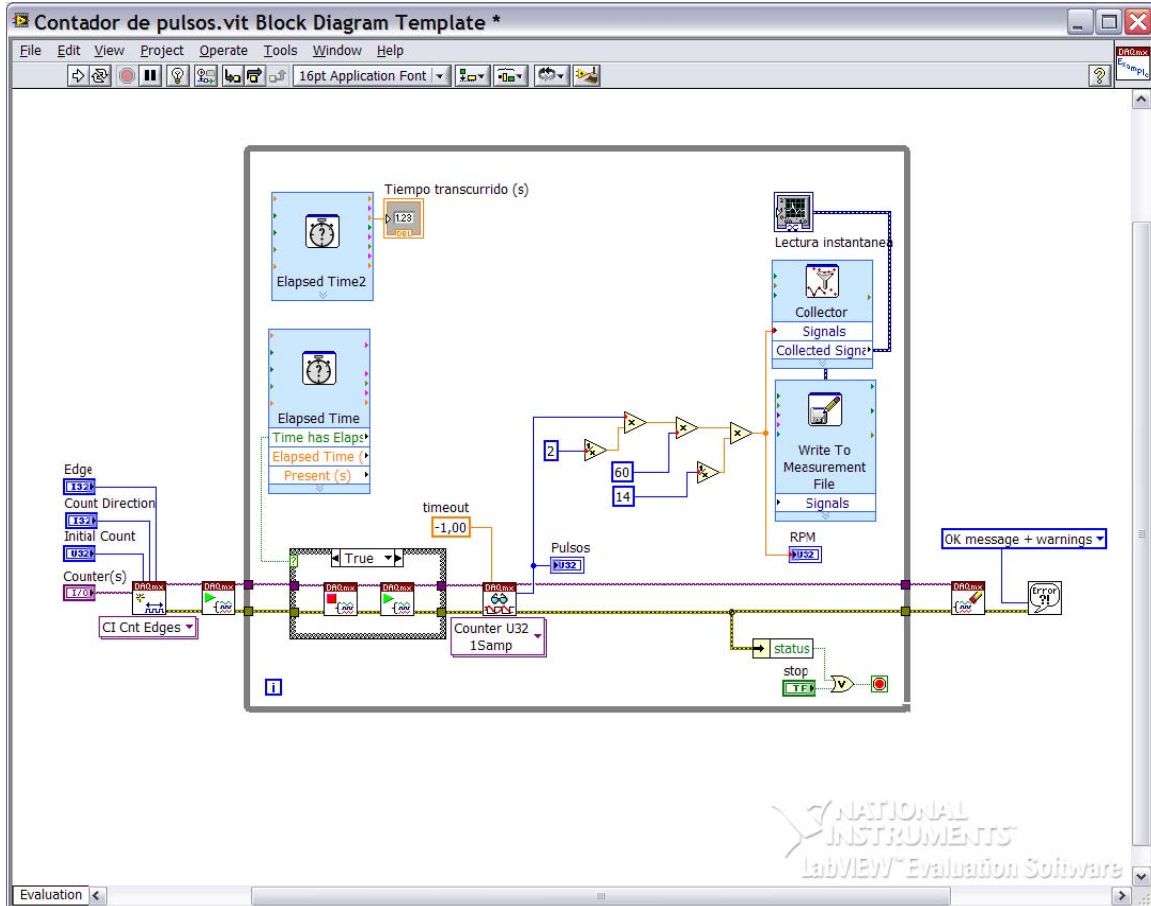


Figura 7.31: Block panel

Como se puede ver, los esquemas han evolucionado bastante en comparación con los que utilizamos a la hora de medir temperatura, ya que estas medidas son mucho más complejas.

En el panel frontal podemos elegir entre una serie de configuraciones del DAQ. La opción más importante que hay que editar es la de Edge, ya que es con la que configuramos si contamos los flancos de bajada o de subida, siendo los de bajada en el caso de nuestro DAQ 6008.

En el panel de bloques se puede apreciar lo siguiente:

- Tenemos información dentro de un contorno rectangular gris, ese contorno es un bucle de repetición While. Que se activa de acuerdo a la información de entrada que le envía el DAQ.
- A la izquierda tenemos la información que envía el DAQ y también tenemos los enlaces entre el panel frontal y este, como el bloque Edge, el Count Direction etc.
- Dentro del bucle While tenemos varios medidores de tiempo, uno parcial y otro total.
- Tenemos el bloque contador del que sale la información que va a parar a una serie de operaciones lógicas, para después guardar la información en el bloque "Write to Measurement File"

Dividimos la información entre 2, ya que como ejemplo ponemos que mida picos cada 2 segundos. Después se multiplica por 60 para mostrar revoluciones por minuto y por último se divide por 14 ya que este es el número de dientes de la rueda dentada.

Básicamente esta es la explicación de este sistema.

A continuación muestro un ejemplo del panel frontal después de realizar una lectura:

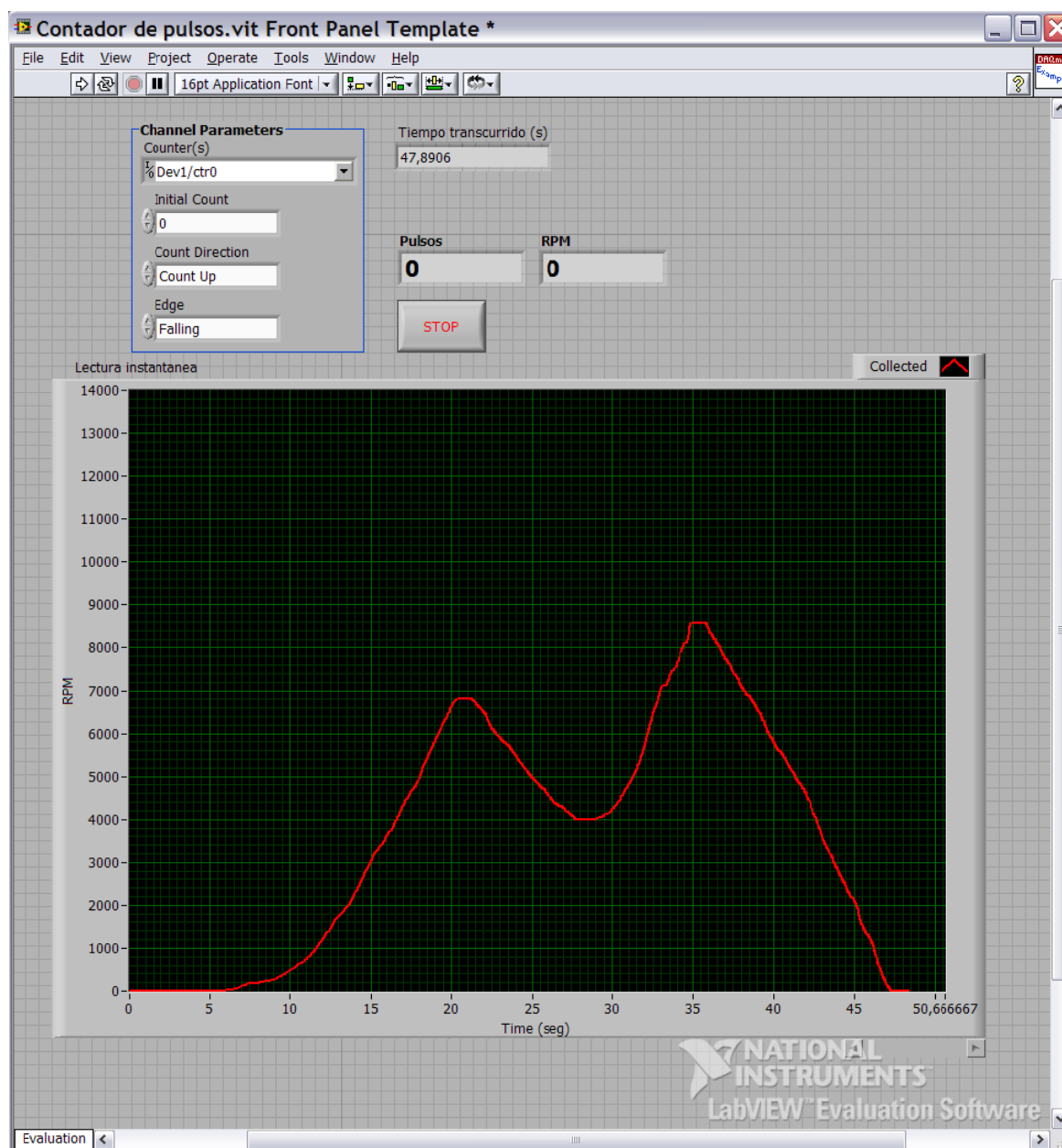


Figura 7.32: Front panel

Esta gráfica es una simulación, ya que este diseño no es el que al final hemos utilizados a la hora de medir las revoluciones.

Diseño 2:

Este segundo diseño se basa en una secuencia de operaciones que se tienen que llevar a cabo una detrás de otra, vamos a estudiarlo:

El panel Frontal queda de la siguiente manera:

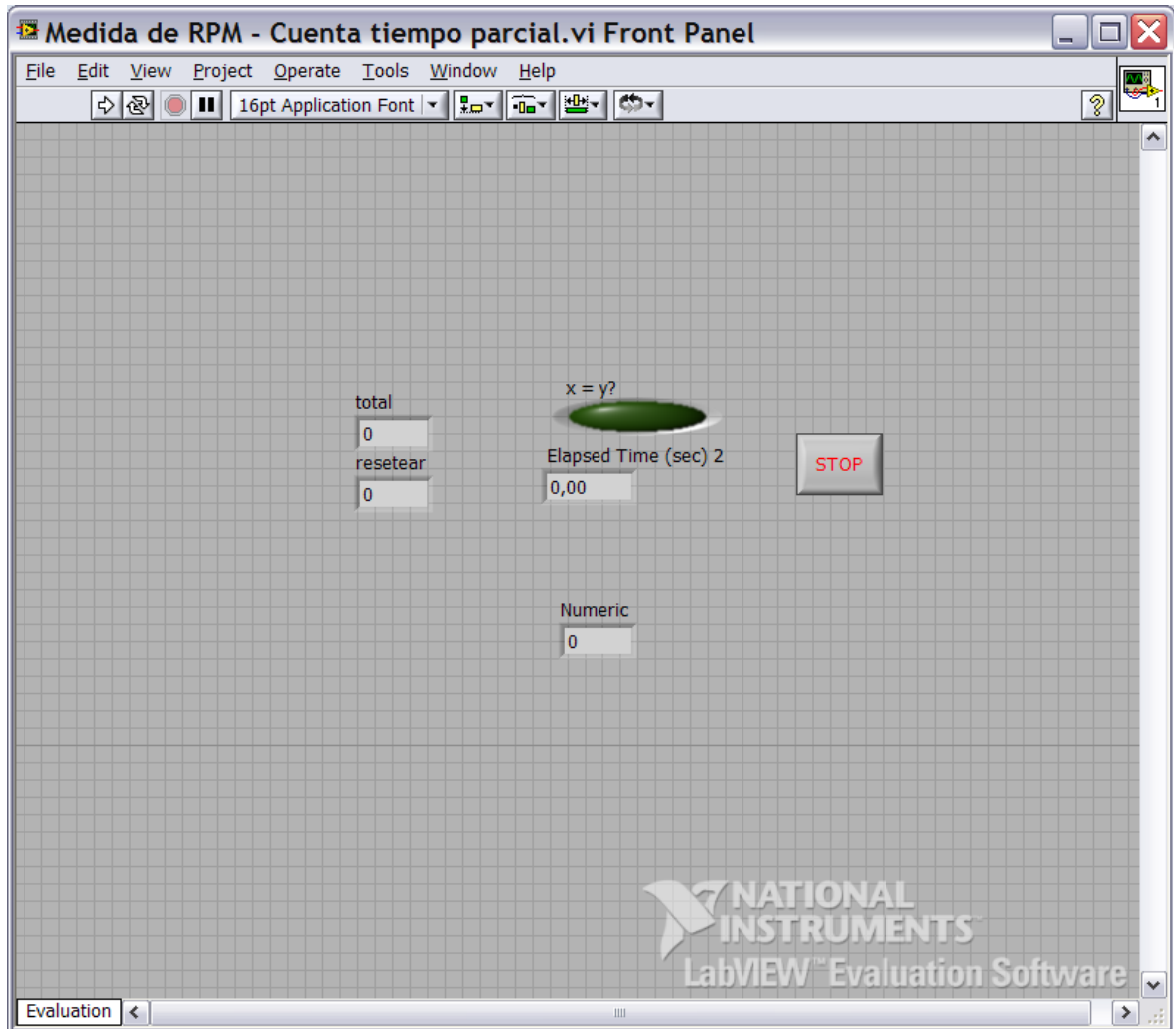


Figura 7.33: Front panel

Vemos que este panel queda mucho más limpio que el del diseño anterior, ya que solo registramos tiempos entre pulso y pulso y esta información se guardan en un .txt.

El panel de bloques es así:

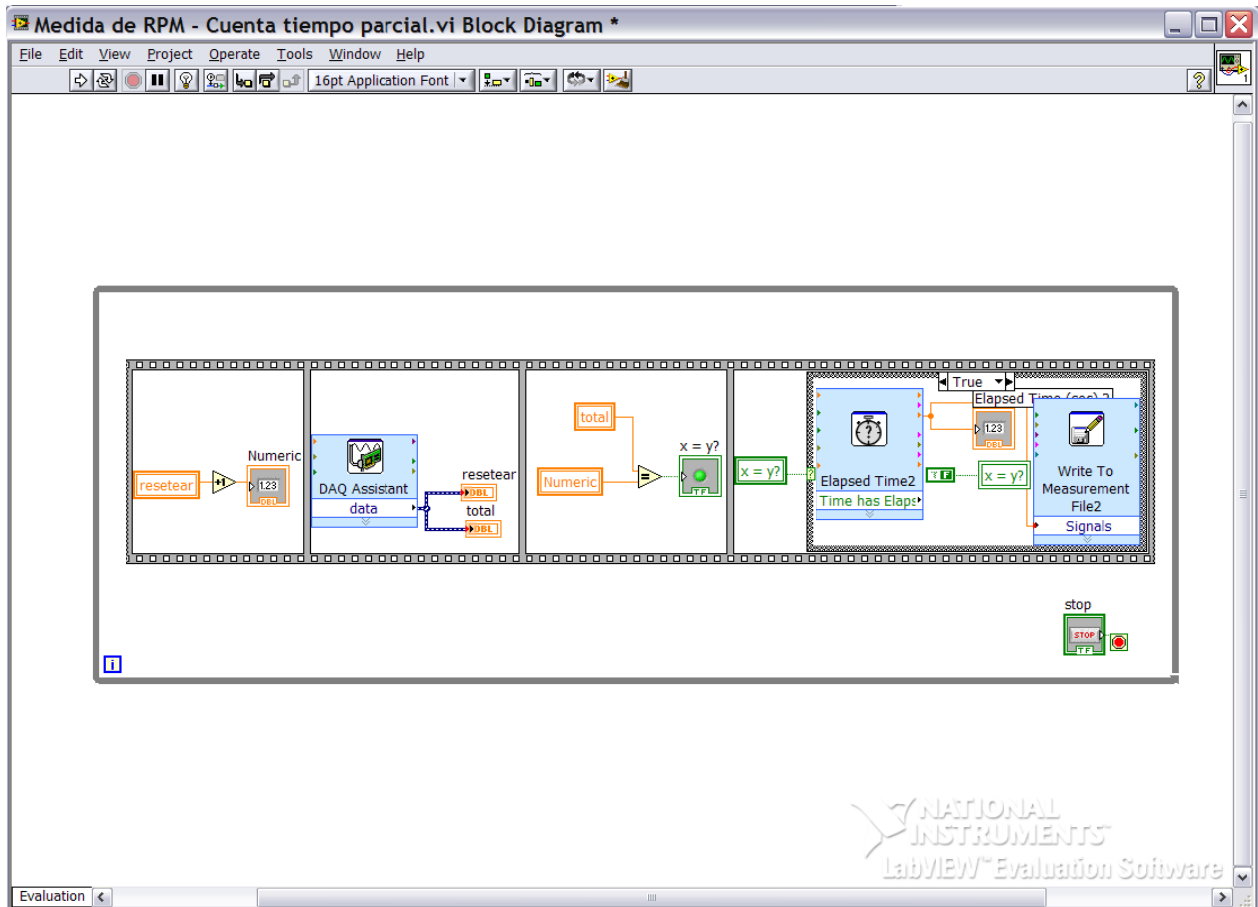


Figura 7.34: Block panel

Vemos que hay diferentes bloques dentro del bucle While, estos bloques se ejecutan si se cumplen las condiciones que llevan impuestas.

- El primer bloque es un contador que se resetea cada vez que hay un pulso, para así volver a contar.
- El segundo bloque es el que recibe información del DAQ, este envía información al primer bloque y al tercero.
- El tercer bloque recibe información del bloque 2 y del bloque 1, compara la información y si coinciden, se activa el bloque 4.
- El bloque 4 mide el tiempo de la secuencia que le hemos enviado, la muestra en pantalla y registra la información en un archivo de texto .txt.

Este diseño es el que utilizamos en el banco de ensayos.

Una vez llegados a este punto ya podemos decir que estamos preparados para medir las revoluciones del motor en el banco de ensayos.

Vamos a pasar a la medida de temperatura del motor en el banco.

7.6.3. Medición de temperatura

Este tipo de medición de temperatura varía un poco en comparación con los sistemas empleados para aprender a utilizar LabVIEW.

Para medir la temperatura ambiente sí que empleamos un LM35, ya que funciona perfectamente para ese propósito.

Para medir la temperatura del motor basta con controlar la temperatura del líquido del circuito de refrigeración. Esta tarea la realizamos con un sensor de temperatura NTC M12-H de la casa Bosch.



Figura 7.35: Sensor de temperatura de Bosch

Este sensor de temperatura está diseñado para medir la temperatura de líquidos, por ejemplo, aceite, agua o combustible. En nuestro caso, el agua del circuito de refrigeración.

Esta señal puede ser utilizada como un valor de control para las unidades de control del motor o como un valor de medición que se registra con un sistema de adquisición de datos.

Tiene un rango de medida de -40°C hasta 150°C .

Tiene una resistencia nominal de $2,5\text{ k}\Omega$ para 20° es por eso que tiene que formar parte de un divisor de tensión unido con una resistencia de 10K para que nos proporcione una tensión proporcional a la resistencia detectada, es decir, a la temperatura medida.

Nuevamente este valor de tensión es enviado a la tarjeta de adquisición que lo adaptará y por medio de la ecuación y programa oportuno lo transformará en su valor de temperatura correspondiente registrando este valor en una base de datos.

Podemos observar el comportamiento del sensor en función de la temperatura en esta gráfica:

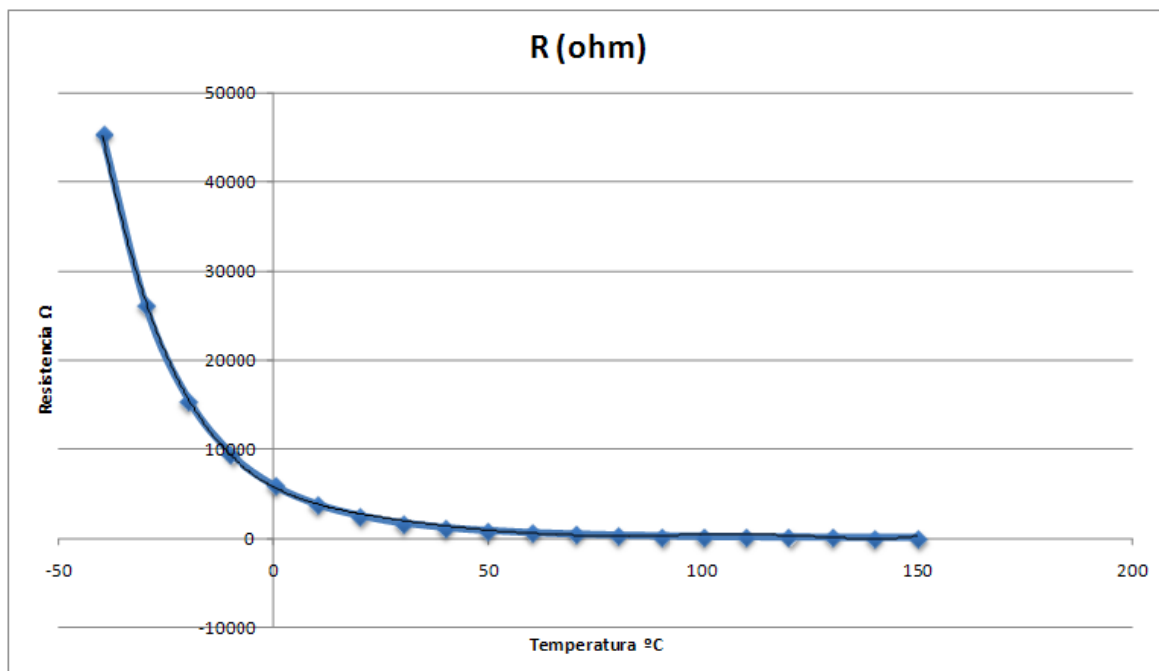


Figura 7.36: Comportamiento del sensor con la temperatura

El circuito montado en el banco queda de la siguiente manera:



Figura 7.37: Montaje del sensor en el circuito de refrigeración

El sensor de temperatura se coloca justamente a la salida del motor, después el circuito continúa hacia un radiador que instalamos en la parte trasera del banco, el ventilador del radiador lo activamos con una fuente de alimentación conectada a la red.

El programa en LabVIEW queda de la siguiente manera:

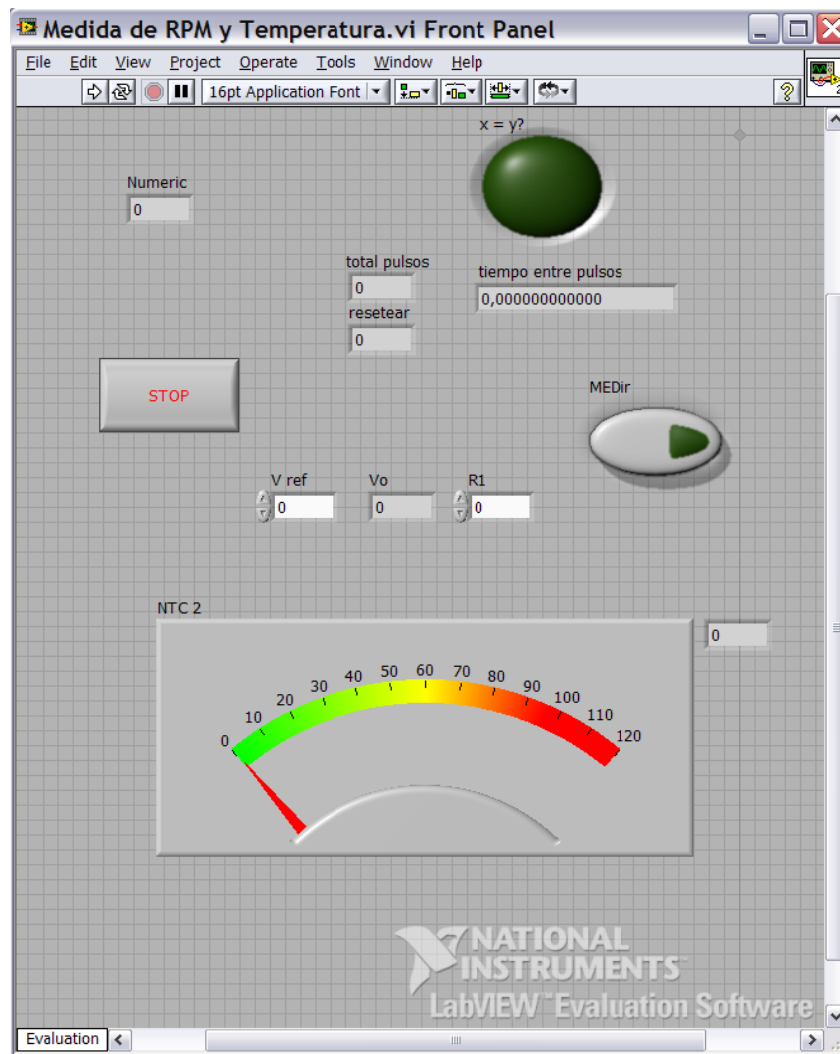


Figura 7.38: Front panel

En este programa ya están unidos el programa de medir temperatura y el de medir la velocidad del motor.

A la parte de medir temperatura le corresponde la aguja que indica la temperatura y las tres casillas de encima, las cuales dan información del circuito.

$$V_{ref} = \text{Tensión de alimentación}$$

$$V_o = \text{Tensión de medida}$$

$$R_1 = \text{Resistencia en el divisor de tensión}$$

El panel de bloques:

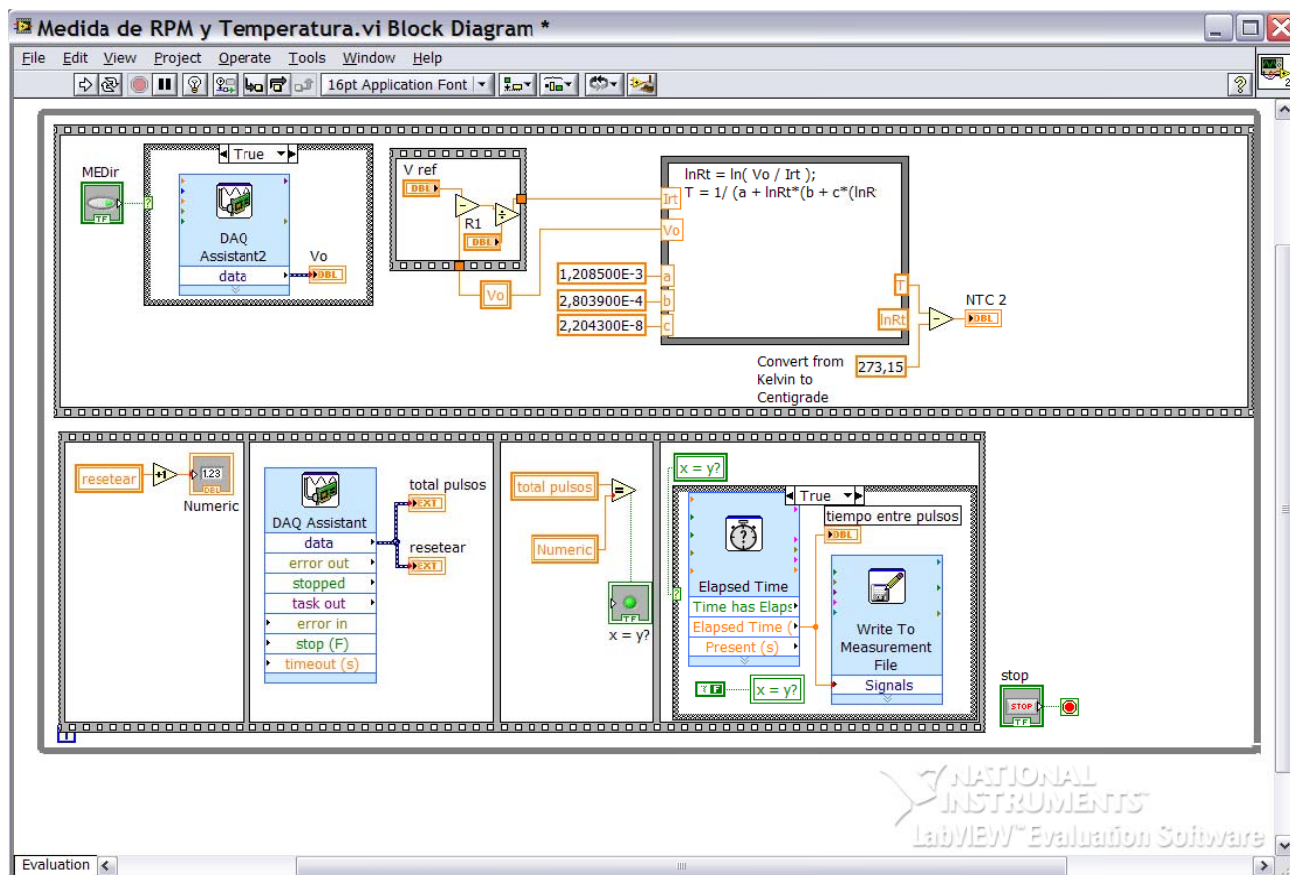


Figura 7.39: Block panel

El esquema superior es el correspondiente al NTC.

- En el primer bloque el DAQ envía una tensión, concretamente la tensión proporcionada por el divisor de tensión.
- En el segundo bloque, se multiplica la tensión por una serie de constantes para luego en el bloque 3 introducir estos datos en la ecuación de comportamiento del NTC y así obtener la temperatura medida.

Estos fueron los sistemas montados en el banco de potencia, a continuación se muestran una serie de fotografías del banco montando con todos los elementos.



Figura 7.40: Sensores en el banco de potencia

Podemos ver como cada elemento está colocado en su posición.

El rodillo está con la corona dentada a su izquierda dentro del banco. Este bloque unido al motor mediante la cadena y el motor unido con el tubo de escape y el circuito de refrigeración.

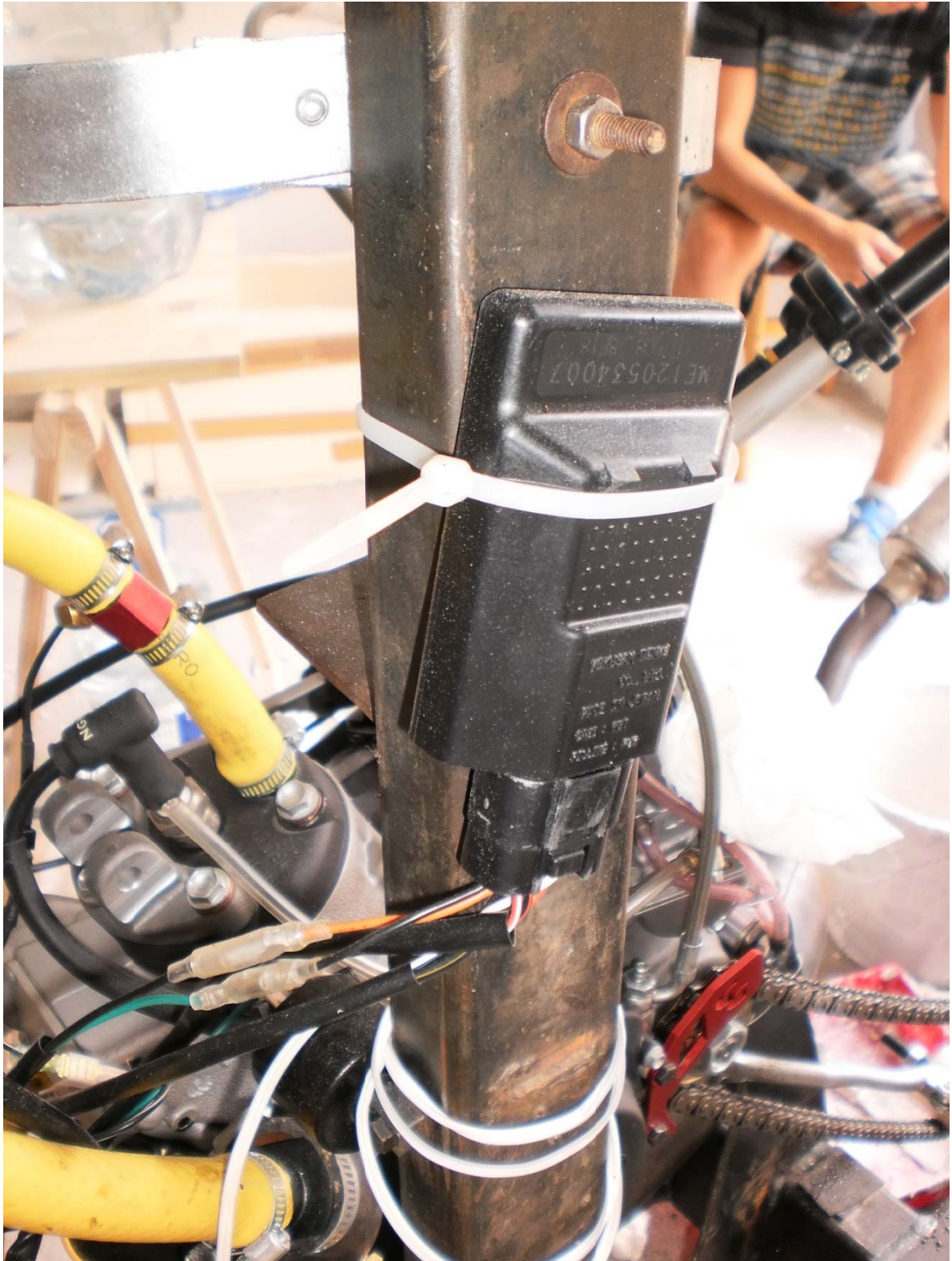


Figura 7.41: Sensores en el banco de potencia

Desde este ángulo vemos el CDI, que es el dispositivo que controla el encendido del motor, este va conectado al motor y a la bobina para controlar en qué punto del recorrido del pistón se tiene que realizar la chispa en la bujía.

También se puede ver un sensor de temperatura NTC igual al de la casa Bosch, que colocamos intercalado en el circuito de refrigeración. Este sensor se montó aquí para

probarlo y así después poder montarlo en la moto, ya que es más pequeño y la instalación es mucho más fiable que el de Bosch.

7.6.4. Resultados con el banco de potencia

Una vez realizadas las pruebas y teniendo los datos guardados en ficheros de texto, otros componentes del equipo se encargaron de trabajar con la información en Excel. Una de las gráficas que es interesante es la potencia que podía desarrollar el motor en una aceleración. Los datos obtenidos ratifican que la medida está bien realizada, ya que las características ofrecidas por el fabricante decían que el motor tenía una potencia máxima de 32CV, dato que se aprecia claramente en la gráfica.

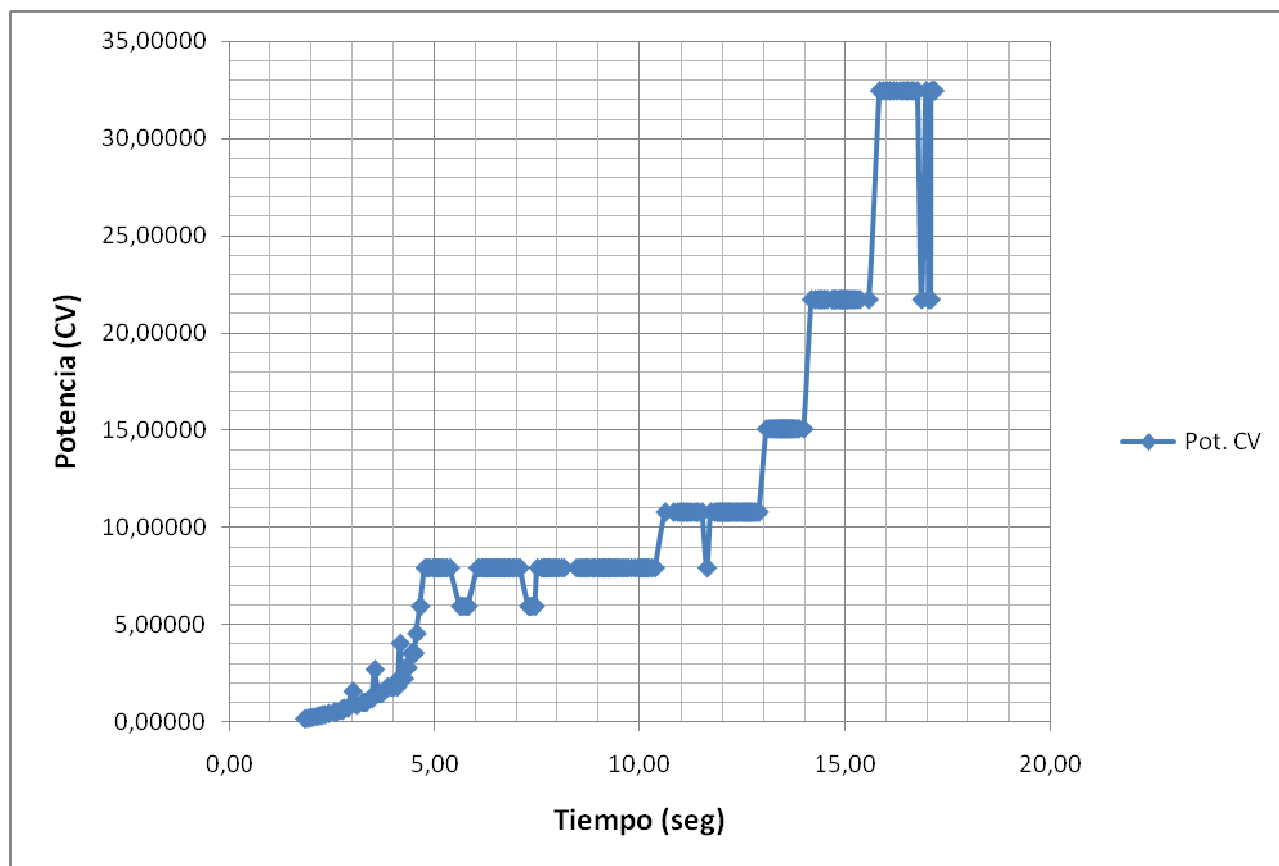


Figura 7.42: Medición de la potencia del motor

También se realizaron otro tipo de graficas, en función de la velocidad angular, de la velocidad lineal etc.

En un test de aceleración se podían llegar a recoger alrededor de 1500 datos de tiempos después de haber pasado la información por un filtrado para eliminar las muestras erróneas debidas al ruido electromagnético recogido por los aparatos. Todos estos datos se recogían en un ensayo que dura alrededor de 15 segundos.

La temperatura la manteníamos constante a unos 60°C, cuando se superaba esta temperatura encendíamos el ventilador del radiador.

8. SENSORIZACIÓN DE LA MOTO

Una vez estudiado el motor, ya se podía montar sobre la moto para empezar a probar el funcionamiento en pista.

Claro está, el funcionamiento del motor también se tenía que controlar al estar montado sobre la moto.

Los dos parámetros fundamentales a la hora de monitorizar el motor sobre la moto son:

- Temperatura: Para que el motor tenga un buen rendimiento y para no dañarlo, es imprescindible controlar la temperatura constantemente.
- Revoluciones: Para el piloto, poder leer en cada momento el nivel de revoluciones al que está pilotando es muy importante, ya que ellos utilizan este dato constantemente a la hora de trazar curvas, acelerar etc. Es un dato para ellos mucho más importante que la velocidad.

8.1. Lecturas realizadas en la moto

En la moto se montaron 2 sensores, uno para medir temperatura y otro para medir las revoluciones del motor.

A continuación explico su funcionamiento.

Los dos sensores enviaban la información a un display montado debajo de la cúpula del carenado, es decir, delante del manillar, donde el piloto tuviera facilidad para mirar la información.

Este display es el Koso RX1N:



Figura 8.1: Display

El marcador analógico muestra las revoluciones y la pantalla muestra la información que el usuario quiera, en nuestro caso la temperatura.

8.1.1. Lectura de temperatura

La temperatura la leíamos igual que en el banco de potencia, con un sensor NTC en el circuito de refrigeración a la salida del motor.



Figura 8.2: Sensor de temperatura para la moto

Como se puede ver, este sensor es igual que el NTC usado en el banco de potencia, con la diferencia de que este sensor es más pequeño y también tiene un montaje mucho más fiable, ya que con el otro sensor había que perforar el manguito e introducir el sensor por el agujero, produciendo goteo si no se sellaba bien.

La información se envía al display y este la muestra por pantalla.

8.1.2. Lectura de revoluciones

Medir las revoluciones del motor es una tarea muy fácil. Ya que al ser un motor con un solo pistón solo hay que medir las revoluciones en un sitio.

El sensor es simplemente un cable arrollado al cable de la bujía, es decir, el sensor interpreta que cuando salta la chispa en la bujía se produce un ciclo en el motor.

Había que ajustar el sensor ya que la bujía crea dos chispas, una fuerte y otra más débil de seguridad, para asegurarse la explosión de la gasolina.

El sensor se puede ver en la siguiente foto. Es el cable naranja y vemos que termina arrollado en el cable de la bujía y envuelto en cinta roja.

También se puede ver el sensor de temperatura en un lateral de la moto.



Figura 8.3: Montaje en la moto

9. JORNADAS DE COMPETICIÓN

A continuación, explico en qué consistían las jornadas de competición que se llevaron a cabo en Alcañiz del 1 al 3 de Octubre. Después explicaré los resultados obtenidos.

La competición consta de dos fases diferenciadas.

Una fase MS1 dedicada a realizar presentaciones ante un jurado explicando diferentes aspectos llevados a cabo a lo largo de toda la competición y otra fase llamada MS2 que en principio iba a ser una carrera entre todas las motos que hubieran pasado las pruebas de seguridad, pero al final quedó en unas vueltas cronometradas con todas las motos en pista, ya que la normativa no permite realizar carreras con este tipo de motocicletas “caseras”.

• Fase MS1:

La fase MS1 fue una fase demostrativa en la que los equipos tuvimos que mostrar y explicar el prototipo realizado y el proyecto de industrialización del citado prototipo.

Demostración del prototipo:

- Los equipos presentamos un prototipo para que fuera revisado por los inspectores conforme a los aspectos dimensionales y de seguridad que indica el reglamento técnico.
- Por otra parte se realizó una mínima prueba de funcionamiento en parque cerrado. La prueba consistió en una prueba de arranque y parada y de maniobrabilidad a derechas e izquierdas entre 10 conos situados a 3 m de distancia.



Figura 9.1: Probador con la moto

- Demostración del proyecto industrial:

El proyecto industrial fue defendido ante un jurado de expertos elegidos por la organización y tenía que tratar los siguientes aspectos:

Presentación 1:

- Diseño del vehículo.
- Análisis y cálculos técnicos.

Presentación 2:

- Sistema de fabricación e industrialización y comercialización.
- Análisis de costos de desarrollo del prototipo y del proceso industrial de fabricación de la serie.

Los 6 mejores equipos en el cómputo de las dos presentaciones pasarían a realizar otra vez las presentaciones, esta vez unidas y esta nueva presentación sería calificada por todos los miembros del jurado.

Jurados:

Los jurados que evaluaron los proyectos estaban formados por técnicos del sector industrial y de la competición de vehículos de dos ruedas elegidos por la organización, tanto para esta categoría como la categoría MS. 2.

Premios:

Los premios eran:

- a- Mejor diseño
- b- Al mejor proyecto industrial.

En la categoría a) el premio fue de 3.000€ con trofeo.

En la categoría b) el premio fue de 6000€ con trofeo para el equipo y un stage para los integrantes del equipo en empresas industriales del sector o empresas de competición.

• Fase MS2:

La fase MS2 es una fase de validación experimental en la que las motos prototipo de los equipos participantes que hubieran superado la Fase MS1 tendrían que demostrar su calidad de actuación superando distintas pruebas en banco y en circuito.

▪ Pruebas de seguridad en banco:

Estas pruebas pretenden ser una garantía de robustez, fiabilidad y seguridad ante las pruebas en circuito.

Así las motos deberían superar las siguientes pruebas:

- Prueba de resistencia de chasis según especificaciones de reglamento técnico.

- Prueba de frenada en banco de rodillos según especificaciones de reglamento técnico.
- Análisis de gases de escape según especificaciones de reglamento técnico.

La sistemática de presentación y prueba de las motos se realizó mediante un proceso de verificación que se dio a conocer a los equipos con suficiente antelación.

■ Pruebas dinámicas Fase MS2:

Evaluación de prestaciones:

Los equipos que superamos las pruebas de seguridad pusimos las motos a disposición de profesionales de pruebas y ensayos elegidos por la organización que hicieron una valoración de sus prestaciones en el circuito de velocidad.

Cada moto fue probada por un mínimo de tres pilotos, los cuales evaluaron:

- Capacidad de frenada.
- Capacidad de aceleración.
- Maniobrabilidad.
- Estabilidad.
- Velocidad punta.

Los probadores fueron designados por la organización de la prueba y su resolución era inapelable.

Como consecuencia de la evaluación conjunta de sus prestaciones, se estableció una clasificación de las motos.

● Pruebas cronometradas:

Las motos que superaron la prueba anterior, participaron en unas pruebas de velocidad en circuito cerrado.

Esta prueba tenía carácter competitivo con una valoración ligeramente superior a la de cada prueba dinámica realizada anteriormente.

Las motos eran pilotadas por pilotos de categoría promoción seleccionados por la organización y sorteadas entre ellos.

La carrera se llevó a cabo en el circuito de velocidad de Alcañiz y tuvo una duración aproximada de 20 minutos.



Figura 9.2: Piloto en el box

■ Premios:

Se otorgaron premios a las dos primeras motos clasificadas.

Al equipo de la primera moto clasificada se le entregó un premio de 6000 € y trofeo.

Al equipo clasificado en segundo lugar se le entregó un premio de 3000€ y trofeo.

El resto de equipos participantes recibieron un trofeo recordatorio de su participación en la prueba.

	ene-09	mar-09	mar-10	jul-10	oct-10
Inscripción					
Justif. Sponsors					
Cierre diseño					
Justif. Participación					
Participación en compet.					

Tabla 9.1: Calendario de la competición

10. RESULTADOS

10.1. Fase MS1:

Esta fase se llevó a cabo el viernes.

Una presentación era acerca del diseño, esta presentación la presentaron Jorge y Fernando y la otra presentación acerca del proyecto industrial la presentamos Javier Alcay y yo.

Al final del día se colgó en un panel la información acerca de los equipos que había pasado a la siguiente ronda, entre los cuales nos encontrábamos nosotros.

El siguiente paso era realizar una presentación juntando las dos presentaciones realizadas el viernes para explicarla el sábado ante el jurado.

El sábado por la mañana hicimos la presentación y tuvimos que esperar hasta por la noche para saber el resultado final en esta fase.

Esa noche en la cafetería del circuito se presentó el resultado final de la fase MS1, en la cual fuimos los cuartos clasificados.



Figura 10.1: Recogiendo el premio de la categoría MS1

10.2. Fase MS2:

El sábado a mediodía se realizaron las pruebas de seguridad en el banco, midiendo que la estructura de la moto fuera segura para los pilotos que luego las iban a probar.



Figura 10.2: Banco de pruebas de la competición

Ese mismo sábado por la tarde, los pilotos profesionales probaron las motos en las diferentes pruebas dinámicas y fueron diciendo si eran aptas para competir en pista el domingo. También detallaban el comportamiento de la moto al jurado para ir puntuándolas. En concreto nuestra moto no dio ningún problema, incluso el piloto probador dijo que la moto iba perfectamente, asemejándola a una moto comercial.

El domingo era el día que todo el mundo estaba esperando para ver a las motos rodar unas con otras.

Ese día se asignó un piloto a cada equipo y se permitió empezar a probar la moto en pista para ponerla a punto para las vueltas cronometradas.

Al ser un equipo de Aragón y tener componentes del equipo que éramos de los pueblos cercanos al circuito, nuestro box se convirtió en el más visitado por el público asistente.



Figura 10.3: Box del equipo

La clasificación de las vueltas cronometradas se iba a realizar de la siguiente manera, se daba un tiempo para dar vueltas en pista y se iban registrando los tiempos de vuelta con un transponder instalado en la horquilla delantera de la moto.

Este dispositivo enviaba los tiempos a la competición y ellos los almacenaban.

Al final se hacía la media de las 5 mejores vueltas de cada moto y de ahí salía el resultado de esta fase.

El resultado no lo supimos hasta pasado un rato de nervios inimaginables, estuvimos alrededor de media hora esperando junto con el resto de equipos y el público a que los organizadores subieran al podio a decir el resultado.

El comportamiento en pista de nuestra moto fue increíblemente positivo.

Al final conseguimos el 1^{er} puesto siendo los ganadores de la fase MS2 de MotoStudent 2010.



Figura 10.4: Podio

El sentimiento de ver que has conseguido algo que puede llegar tan alto es inexplicable.



Figura 10.5: Equipo con la moto

11. CONCLUSIÓN

En estos dos años, mi equipo y yo, hemos tenido que ir afrontando nuevos retos, hasta entonces desconocidos.

El primer reto fue crear una idea prometedora pero a la vez real y factible para poder conseguir que alguien del exterior confiase en nosotros y nos ofreciese su apoyo de forma económica. No es fácil hacer que personas, instituciones o empresas pongan su confianza en esta clase de proyectos en las que unos jóvenes estudiantes van a desarrollar todo el trabajo desde los cimientos hasta la cima.

Estaremos siempre agradecidos a aquellos que nos ofrecieron su apoyo, de la manera que fuera, ya que en el momento en el que confiaron en nosotros solamente teníamos ideas esbozadas en papel y toda nuestra ilusión.

El hecho de tener que realizar esta tarea en un plazo de tiempo tan reducido complicó mucho la situación. Teniendo en cuenta que nunca nos habíamos enfrentado a situaciones tan complicadas como lo fueron éstas. Tener plazos de tiempo presionando al equipo hizo que cada uno de nosotros hiciese lo máximo posible por conseguir financiación.

El trabajo en equipo ha sido fundamental, teniendo en cuenta que nunca habíamos trabajado juntos, la confianza en el equipo ha sido primordial.

Siendo estudiantes de ingeniería de ramas muy diversas hemos tenido que aprender a entendernos y a combinar en la manera de lo posible los trabajos de cada grupo de personas. A lo largo del camino siempre han surgido ideas diferentes para el mismo propósito y siempre hemos sabido encontrar un camino conjunto que nos agradase a todos para poder realizar nuestra tarea con dedicación y convencimiento, dando fruto por fin al proyecto que teníamos entre manos.

Estar acompañado a lo largo del camino de todos mis compañeros ha sido una experiencia muy satisfactoria. Es para mí un orgullo poder decir que formo parte de este equipo rodeado de estas personas.

Envueltos en un marco competitivo, saber que teníamos unos compañeros en toda España y también en el extranjero que también estaban intentando hacer una moto competitiva ha hecho que demos lo mejor de nosotros mismos para llevar este proyecto lo más alto posible.

Como apunte final solo me queda expresar mi satisfacción por ver que un proyecto que un día fue papel se haya convertido en realidad.



ANEXOS