



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería de Tecnología Industrial

INCORPORACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS DE ADQUISICIÓN AL SISTEMA DE CALIDAD DE UNA EMPRESA

AUTOR:

Rodríguez Sanz, Lucía

TUTOR:

Merino Senovilla, Juan Carlos

Física de la materia condensada,

Cristalografía y Mineralogía

Valladolid, Septiembre 2018.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a varias personas la ayuda que me han prestado en la realización de este Trabajo Fin de Grado. Entre ellas, y en primer lugar, a mi tutor Juan Carlos Merino por ayudarme y permitirme realizar el presente TFG.

A Esteban Cañibano por haber confiado en mí para la realización de este TFG y, además, por su ayuda y apoyo sin las cuales hubiera sido muy difícil la realización de este trabajo.

También quiero agradecer la ayuda a David García, Susana Escalante y Sergio Alonso siempre dispuestos a ayudarme, aconsejarme y enseñarme en las pruebas con los equipos que manejábamos y corrección del trabajo. Ante todas las dificultades que se han presentado siempre han estado dispuestos a dedicarme su tiempo y sus conocimientos.

Agradecer al resto de compañeros de Cidaut que me han hecho sentir una más en el equipo y que han hecho de esta, una experiencia inolvidable.

Por último, gracias a mi familia por apoyarme y animarme durante todo este tiempo.

RESUMEN

Cidaut cuenta con varias instalaciones donde se realizan ensayos de impacto, en dichos ensayos se utilizan un gran número de sensores específicos cuyas señales son registradas por sistemas de adquisición y acondicionamiento especiales.

Se compran dos nuevos equipos MBUS PRO como sustitución a los actuales, NA33. A la llegada de los nuevos dispositivos se comprueban sus estados y se realizan pruebas de aceptación que verifican su correcto funcionamiento.

Gracias a la incorporación de estos sistemas, más precisos y con nuevas funciones, se ve necesario el estudio de realización de calibración, ya que, es el proceso que garantiza la confianza del equipo y con ello la calidad del producto. Se descarta la calibración externa por motivos de coste y disposición. Se toma como referencia el sistema anterior debido a que pertenece al mismo fabricante y presenta características similares. Tras una serie de pruebas se llega a la conclusión de que la forma óptima de calibrarlos es realizar el proceso manualmente. Se define las pruebas necesarias teniendo en cuenta las cartas de calibración facilitadas por el fabricante, las cartas de calibración del dispositivo antiguo y en función al uso en ensayos.

Una vez se ha definido el proceso, se actualizan los documentos internos en el sistema de calidad de Cidaut.

PALABRAS CLAVE

Calibración, sistema de adquisición, medida, ensayo impacto, sistema MBUS Pro, sistema NA33.

ABSTRACT

Cidaut has different facilities where crash tests are carried out, in these kind of tests a large number of specific sensors are used, whose signals are registered by special data acquisition systems.

Two new MBUS PRO devices were purchased as a replacement for the current ones, NA33. When the new devices were arrived, the first step was to check them and to make some tests for verify their working.

Thanks to the incorporation of these systems more precise and with new functions it was necessary to study the calibration; it is the process that guarantees the trust of the device and the quality of the product. External calibration is removed for reasons of cost and disposal. The previous system was taken as a reference because it belongs to the same manufacturer and has similar characteristics. After performing different tests, it was concluded that the best way to calibrate them is to carry out the process manually. The tests were defined taking into account the calibration documents provided by the manufacturer, the calibration documents of the old device and according to their use in tests.

Once the process has been defined, the internal documents are updated in the Cidaut quality system.

KEYWORDS

Calibration, data acquisition system, measurement, crash test, MBUS Pro system, NA33 system.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	5
PALABRAS CLAVE.....	5
ABSTRACT	7
KEYWORDS	7
ÍNDICE.....	9
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	13
1.1. CONTEXTO.....	13
1.2. OBJETIVO.....	14
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	15
2. CADENA DE MEDIDA.....	17
2.1. INTRODUCCIÓN.....	17
2.2. TRANSDUCTORES.....	18
2.2.1. Características metrológicas de los transductores	18
2.2.1. Clasificación de transductores.....	23
2.3. ACONDICIONADORES	31
2.3.1. Multiplexores analógicos.....	33
2.3.2. Amplificador:	33
2.3.3. Filtros	35
2.4. CONVERTIDORES.....	38
2.4.1. Parámetros característicos	38
2.4.2. Dispositivos sample & hold	39
2.4.3. Convertidores A/D.....	39
2.4.4. Convertidor D/A	42
3. ESTADO DE LA TÉCNICA.....	43

3.1.	INTRODUCCIÓN.....	43
3.2.	SISTEMA DE ADQUISICIÓN ACTUAL: NA33	44
3.2.1.	<i>Descripción.....</i>	45
3.2.2.	<i>Calibración del sistema NA33.....</i>	53
3.2.3.	<i>Validez de los resultados.....</i>	68
3.2.4.	<i>Intervalo de calibración</i>	68
3.3.	INSTALACIONES PREPARADAS PARA CRASH	68
4.	NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN: M-BUS PRO	75
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	75
4.2.	DESCRIPCIÓN.....	76
4.3.	COMPARATIVA SISTEMAS MBUS PRO Y NA33	89
5.	DESARROLLO.....	91
5.1.	CONFIGURACIÓN M=BUS PRO	91
5.2.	INICIALIZACIÓN M=BUS PRO	93
5.3.	PRUEBAS DE ACEPTACIÓN: M=BUS PRO.....	97
5.4.	MODIFICACIONES DE LAS INSTALACIONES.....	103
5.5.	ESTUDIO DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA MBUS PRO	106
5.5.1.	<i>Introducción.....</i>	106
5.5.2.	<i>Cartas de calibración facilitadas por Mesrring.....</i>	107
5.5.3.	<i>Selección del procedimiento de calibración</i>	115
5.5.4.	<i>Pruebas calibración semiautomática.....</i>	120
5.6.	CALIBRACIÓN DEL SISTEMA M=BUS PRO EN CIDAUT	128
5.6.1.	<i>Calibración manual.....</i>	128
5.6.2.	<i>Objeto de calibración</i>	128
5.6.3.	<i>Equipo e instalaciones.....</i>	128
5.6.4.	<i>Parámetros a determinar</i>	129
5.6.5.	<i>Procedimiento</i>	130
5.6.6.	<i>Validez de los resultados.....</i>	140
5.6.7.	<i>Interpretación de los resultados.....</i>	147
5.6.8.	<i>Intervalo de calibración</i>	147
5.7.	PROCEDIMIENTO DE CALIDAD DE CIDAUT	147
5.8.	CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN EL SISTEMA MBUS.....	159

5.8.1. Introducción.....	160
5.8.2. Factores que contribuyen a la magnitud adquirida en la calibración.....	160
5.8.3. Incertidumbre de calibración en amplitud.....	166
5.8.4. Factores que contribuyen al tiempo de adquisición	169
5.8.5. Incertidumbre de calibración en base de tiempos.....	172
6. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	175
6.1. COSTE DEL PROYECTO	175
6.2. COSTE CALIBRACIÓN INTERNA	176
6.3. COSTE CALIBRACIÓN EXTERNA.....	177
6.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	177
7. CONCLUSIONES	179
8. LÍNEAS FUTURAS	185
9. BIBLIOGRAFÍA	187
10. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	189
11. ÍNDICE DE TABLAS	193
12. ÍNDICE DE ECUACIONES.....	195
13. ANEXOS	197
13.1. ANEXO I. CONCEPTOS CALIBRACIÓN.....	197
13.2. ANEXO II. PROGRAMA DE LA TARJETA DE CALIBRACIÓN AUTOMÁTICA.	200
13.3. ANEXO III. ISO 6487.	208

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. CONTEXTO

El presente TFG surge debido a la necesidad de las empresas de tener la seguridad de que los resultados que les proporcionan sus equipos de medida son correctos cuando se utilizan en actividades claves como controlar las variables de los procesos, asegurar la calidad o la seguridad de sus productos, sus procesos o sus servicios, u obtener los datos necesarios para el análisis y la toma de decisiones importantes.

El envejecimiento de los componentes, los cambios de temperatura y el esfuerzo mecánico que soportan los equipos deterioran poco a poco sus funciones. Cuando esto sucede, los ensayos y las medidas comienzan a perder confianza y se refleja tanto en el diseño como en la calidad del producto. Este tipo de situaciones puede ser evitado, por medio del proceso de calibración.

Por ello, es fundamental contar con servicios de calibración técnicamente competentes que puedan cubrir las necesidades metrológicas de la empresa, cada vez más diversas y tecnológicamente más complejas. Los laboratorios acreditados son los únicos que garantizan la trazabilidad y la fiabilidad de los resultados de las calibraciones.

Para calibrar un instrumento o patrón es necesario disponer de uno de mayor precisión que proporcione el valor convencionalmente verdadero que es el que se empleará para compararlo con la indicación del instrumento sometido a calibración.

La correcta calibración de los equipos proporciona la seguridad de que los productos o servicios que se ofrecen reúnen las especificaciones requeridas. Cada vez son más numerosas las razones que llevan a los fabricantes a calibrar sus equipos de medida con el fin de:

- Mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos.
- Responder a los requisitos establecidos en las normas de calidad.

- Garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas.

Por esta razón, la Fundación Cidaut propone realizar un estudio del proceso de calibración necesario para garantizar la conformidad de medida de dos nuevos sistemas de adquisición MBUS Pro que se incorporan a las instalaciones.

A continuación, se presentarán las distintas fases de este proyecto que van desde la realización del Estado de la Técnica hasta la definición de un proceso de calibración y sus cartas de calibración resultantes.

1.2. OBJETIVO

El presente documento tiene por objeto dar a conocer los procedimientos necesarios en una empresa durante la vida útil de un equipo para garantizar la confianza y la calidad del producto.

Para conseguir dicho objetivo existen varios objetivos secundarios, de tal forma que se puede garantizar que para que el objetivo principal se cumpla, deben cumplirse los secundarios:

- Realizar un análisis comparativo sobre las características y funciones entre el sistema de adquisición actual y el nuevo.
- Definir la configuración del nuevo equipo en el soporte.
- Comprobar el funcionamiento del equipo durante la primera inicialización y sus pruebas de aceptación.
- Estudiar las modificaciones necesarias en las instalaciones para su uso.
- Realizar un estudio para la obtención del proceso de calibración óptimo en la empresa.
- Actualización de documentos internos de la empresa concernientes a los sistemas de adquisición.
- Cálculo de la incertidumbre en amplitud y tiempo del equipo.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para definir el proceso de calidad de los nuevos equipos de adquisición MBUS Pro, se ha trabajado en un estudio dividido en distintos capítulos del proyecto.

En el punto 2, "La cadena de medida" se ha realizado un análisis de los distintos elementos en una cadena de medida.

En el punto 3, "Estado de la Técnica" se ha estudiado las características del sistema de adquisición actual (NA33):

- En primer lugar, se han desarrollado sus características y funciones en los ensayos impacto.
- Se ha realizado un estudio sobre las pruebas y ensayos incluidos en el proceso de calibración de dicho equipo.
- Por último, se ha analizado las instalaciones de impacto en las cuales el sistema de adquisición se encuentra en uso.

En el punto 4, "Nuevo sistema de adquisición MBUS Pro" se han estudiado las características y funciones del nuevo equipo y se ha realizado una comparación entre el antiguo y el nuevo sistema de adquisición.

En el punto 5, "Desarrollo" se incluye todo el trabajo realizado desde el recibimiento de los nuevos equipos hasta la definición del proceso de adquisición.

- En primer lugar, se define la configuración óptima del equipo en la placa soporte diseñada por Cidaut.
- Se inicializa el equipo atendiendo a los documentos facilitados por Messring y se observan factores distintos al sistema antiguo que se deben de tener en cuenta en su funcionamiento.
- Se realiza un estudio de las modificaciones necesarias para la adaptación de los nuevos equipos en las instalaciones.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

- Se analizan las cartas de calibración facilitadas por Messring y se realizan las pruebas necesarias para la selección del proceso óptimo.
- Se definen las pruebas y ensayos a realizar en el proceso de calibración, los límites para la validación de los resultados y los equipos necesarios para su ejecución.
- Una vez que se ha definido el proceso y sus parámetros de validez se incluyen en la documentación interna de la empresa. Además, se configuran e implementan las cartas de calibración resultantes y se incluyen en el procedimiento de calidad de Cidaut.
- Se establecen los factores contribuyentes a la incertidumbre del equipo tanto en amplitud como en bases de tiempo.

En el punto 0, "Valoración económica" se expone la justificación económica del proyecto comparando los costes de calibración externa y calibración interna (proceso desarrollado en el proyecto).

En el punto 7, " Conclusiones" se resumen las conclusiones que se obtienen a lo largo del proyecto. Dichas conclusiones estarán relacionadas con los objetivos establecidos.

En el punto 0, "Líneas futuras" se describe nuevas formas de calibración a largo plazo en el caso que surgieran nuevos sistemas desarrollados por el fabricante o nuevos equipos patrón en las instalaciones.

2. CADENA DE MEDIDA

2.1. INTRODUCCIÓN

Muchas aplicaciones implican medidas ambientales o estructurales mediante sensores. Estos sensores, a su vez, requieren el acondicionamiento de las señales antes de que un dispositivo de adquisición de datos pueda medir con eficacia y precisión la señal. El acondicionamiento de señal es uno de los componentes más importantes de un sistema de adquisición de datos; ya que, sin la optimización de las señales, no se puede confiar en la exactitud de la medida. Todo este conjunto de elementos de instrumentación que recorre la señal desde la entrada o fuente hasta la salida o destino se denomina cadena de medida (Ilustración 1).

Las necesidades de acondicionamiento de las señales varían ampliamente dependiendo de la funcionalidad del sensor, por lo que ningún instrumento puede proporcionar todo tipo de acondicionamiento para todos los sensores. Por ejemplo, los termopares producen señales de muy baja tensión, lo cual requiere linealización, amplificación y filtrado, mientras que las galgas extensiométricas y acelerómetros necesitan excitación. Otras señales pueden no necesitar ninguna de ellas, sino que se basan en gran medida en el aislamiento de alta tensión.

La mayoría de las señales requieren alguna forma de adaptación antes de que puedan ser digitalizadas. Todas estas tecnologías que requieren un trabajo de preparación conllevan un acondicionamiento de la señal.

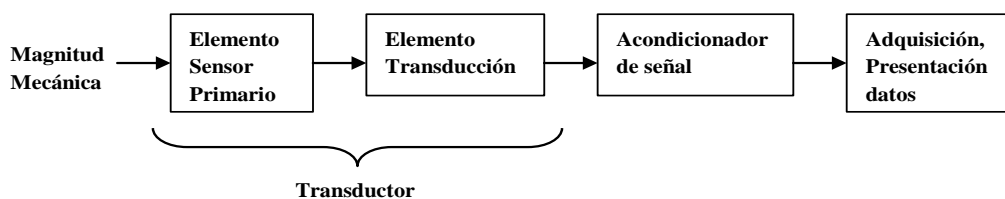


Ilustración 1: esquema de la cadena de medida.

2.2. TRANSDUCTORES

Los transductores constituyen el elemento de la cadena de medida que entra en contacto con el medio físico transformando la magnitud a medir en otra, generalmente eléctrica, utilizable en una cadena de medida.

Dado que en muchos casos el acondicionador de señal a utilizar está físicamente unido al transductor, o la frontera entre ellos no es totalmente clara, hay ocasiones en que las características metrológicas se refieren al sistema completo compuesto por el transductor y el acondicionador de señal.

2.2.1. Características metrológicas de los transductores

Rangos

- Rango mecánico: aquel en que el transductor es capaz de operar sin que sufra un daño mecánico.
- Rango de trabajo: aquel en que el transductor no sólo no sufre daño mecánico, sino que además, tampoco se ven modificadas sus características de respuesta.
- Rango dinámico: aquel en que el transductor es capaz de operar dentro de sus características de diseño (linealidad, sensibilidad, resolución, etc.).
- Rango de utilización: aquel en el que variará la magnitud a medir durante la utilización de transductor.

Sensibilidad

Al realizar la calibración del transductor, se obtiene la función de calibración, $M=F(S)$, que permite obtener el valor de la magnitud a medir en función de la salida del transductor.

La derivada con respecto a la salida de ésta función: $dM/dS = F'(S)$ es la sensibilidad del transductor, que se expresa como función de S , ya que, puede variar a lo largo del rango de operación.

La sensibilidad se define como, la variación obtenida en la señal de salida para una variación unidad de la magnitud a medir.

Resolución

La resolución es la mínima diferencia en la magnitud a medir que puede ser detectada de manera fiable por el transductor, y que está afectada por otros factores como el ruido, la deriva, la histéresis etc.

Ruido

El ruido, en una cadena de medida, está constituido por cualquier perturbación aleatoria, ajena a la magnitud a medir, que sea capaz de alterar la lectura.

Debido a que el ruido es un fenómeno aleatorio, su nivel de correlación con la señal es cero con lo que en muchos casos es posible, mediante procesos estadísticos adecuados, obtener información de una señal incluso en presencia de ruidos de fondo muy elevados.

Histéresis

Al realizar la calibración de un transductor el procedimiento habitual es realizar varias series de medidas, ascendentes y descendentes, de la salida del transductor en función de la magnitud física a medir. En cada

serie, dependiendo de que ésta sea ascendente o descendente, la calibración puede seguir curvas diferentes, como se representa en la Ilustración 2. La histéresis es la diferencia máxima entre estas dos curvas.

Esta será mayor cuanto mayor sea el rango sobre el que se realiza la calibración, de modo que para rangos de variación parciales será menor. Debe considerarse la variación dentro de todo el rango dinámico aunque se trabaje en un rango parcial para asegurar que el valor obtenido es el máximo que puede presentarse durante la utilización.

Repetitividad

La repetitividad se define como la capacidad de un transductor para reproducir el mismo valor a la salida al aplicarle a la entrada: la misma magnitud en la misma dirección y en ciclos sucesivos.

Linealidad

Al utilizar un transductor, siempre es interesante disponer de una señal de salida que sea función lineal de la magnitud a medir. La linealidad da una idea de la bondad del transductor en este sentido, y se define como la máxima desviación de la curva de calibración respecto a una línea recta.

En aquellos casos en que la salida del transductor sea intrínsecamente no lineal, puede definirse un parámetro de conformidad, como la máxima desviación respecto a una curva no lineal especificada (parábola, exponencial, etc.).

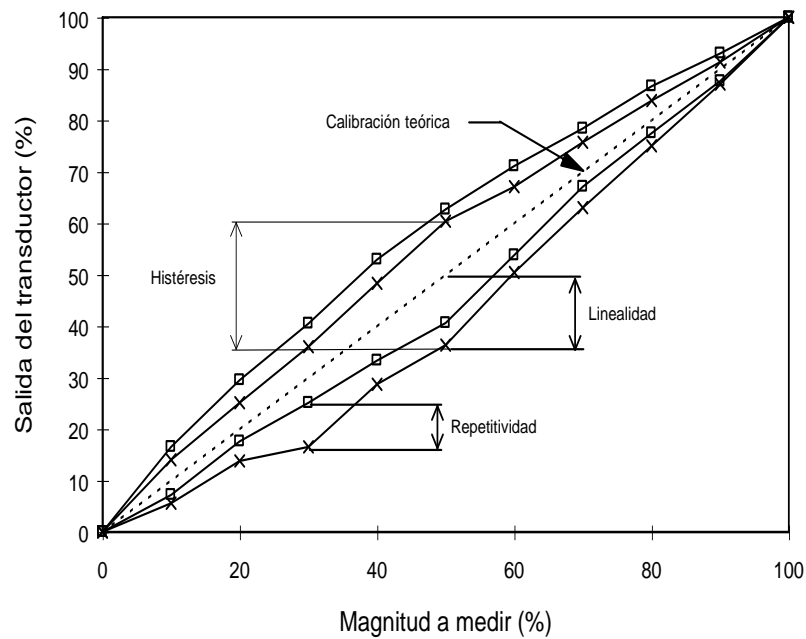


Ilustración 2: gráfico repetibilidad, linealidad e histéresis.

Rango de frecuencias

Cuando se trata de medir magnitudes rápidamente variables, es necesario tener en cuenta la capacidad del transductor para seguir estas variaciones. La respuesta dinámica da una idea del rango de frecuencias de la magnitud a medir, que el transductor es capaz de reproducir en la señal de salida.

Un transductor en el que se produzcan variaciones de la señal a medir, con componentes a frecuencias superiores a las tolerables por su respuesta dinámica, producirá un filtrado de la magnitud a medir, esto puede suponer una amplificación o una atenuación en función de la frecuencia de la señal.

La respuesta dinámica no sólo plantea problemas a frecuencias elevadas, pues existen transductores en los que esta limitación se produce a frecuencias bajas, como es el caso de los transductores piezoeléctricos, en los que la capacidad para registrar valores estacionarios o lentamente

variables es muy pobre, siendo preciso en estos casos considerar el margen de utilización a frecuencias bajas.

Las características de respuesta en frecuencia suelen definirse a través de las curvas de respuesta en amplitud y fase en función de la frecuencia, un rango de frecuencias o el tiempo de respuesta ante una entrada escalón, si este no sigue una ecuación lineal además, será necesario tener en cuenta el amortiguamiento del sistema.

Deriva

La deriva es el fenómeno por el cual la curva de calibración se desplaza paralelamente a sí misma, por efecto de una variable de influencia, modificando la señal de salida para un mismo valor de la magnitud a medir.

Según el tipo de transductor, y en ocasiones dependiendo también del acondicionador de señal, puede producirse esta deriva espontáneamente a lo largo del tiempo, debido a fenómenos eléctricos, con lo que será preciso considerar el tiempo como una variable de influencia.

En otros casos ésta deriva es consecuencia de un proceso de envejecimiento o de deterioro debido al ambiente a que está sometido el transductor.

2.2.1. Clasificación de transductores

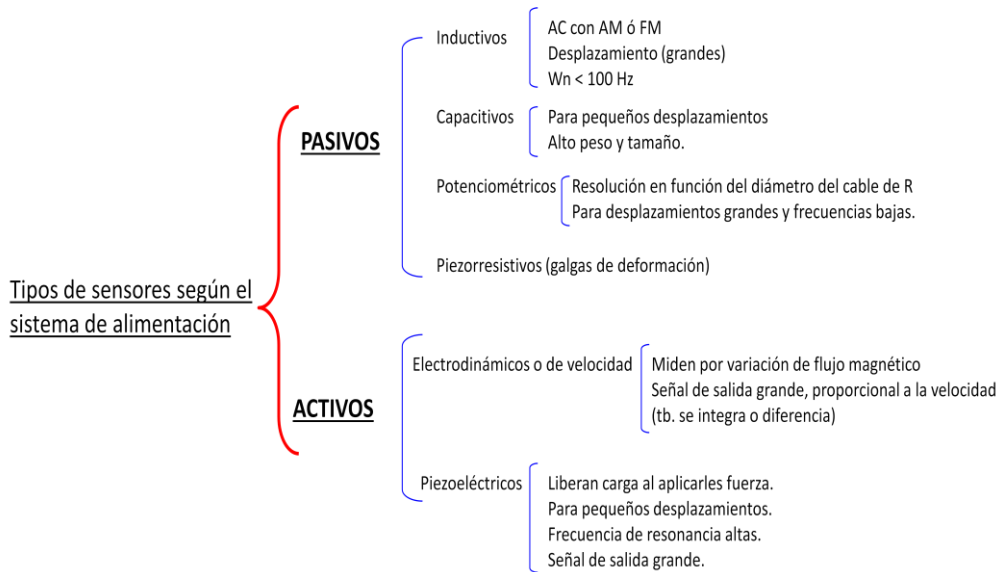


Ilustración 3: esquema de sensores según la alimentación.

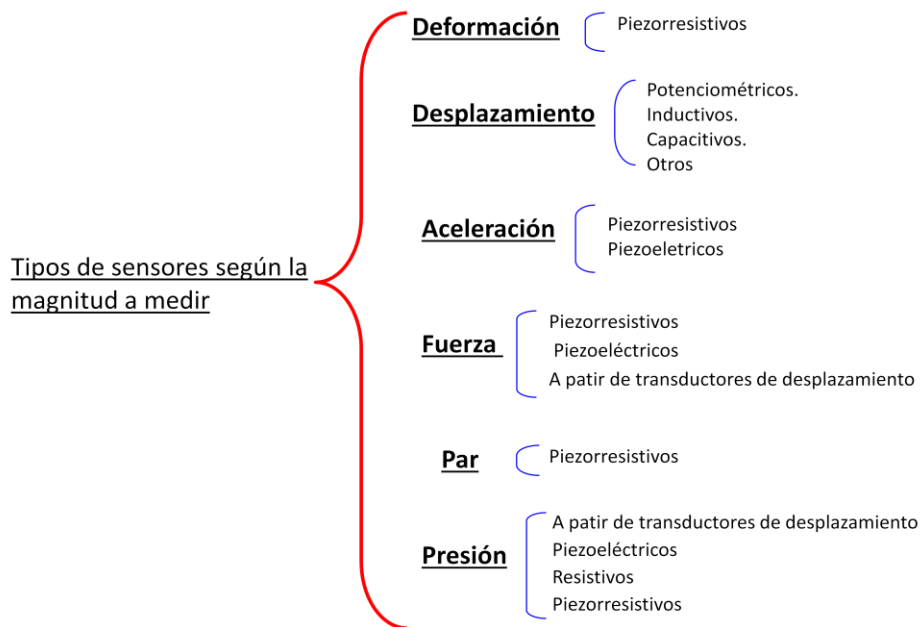


Ilustración 4: esquema de sensores según la magnitud a medir.

Sensores inductivos

El principio de funcionamiento de estos transductores está basado en transferir el desplazamiento que se desea medir a un elemento de un circuito magnético, lo que proporciona una variación del flujo a través de un arrollamiento empleado para la medida.

Los transductores inductivos son alimentados con una tensión alterna cuya frecuencia se limita a unos 10 kHz a fin de reducir las pérdidas magnéticas, las capacidades parásitas y las corrientes de Foucault. A estos problemas hay que añadir las perturbaciones electromagnéticas que generan este tipo de instalaciones, así como la sensibilidad de las mismas a perturbaciones similares procedentes de una fuente externa.

1. Autoinducciones (circuitos magnéticos de entrehierro variable): la respuesta es mucho más lineal y la ganancia es mayor cuando se usan dos bobinas en oposición.

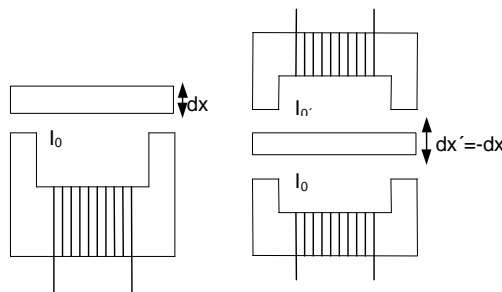


Ilustración 5: sensor inductivo por autoinducción.

2. Circuitos magnéticos con bobinas de núcleo móvil: son más lineales que los anteriores. Es necesario tomar precauciones a fin de minimizar fenómenos disipativos y perturbadores.

El rango de medida de estos transductores se extiende desde $\pm 0.1\text{mm}$ hasta $\pm 200\text{mm}$, con una sensibilidad media entre 10 y 100 mV/V/mm. El error de no linealidad se sitúa entre el 0.5 y el 2% del valor de fondo de escala.

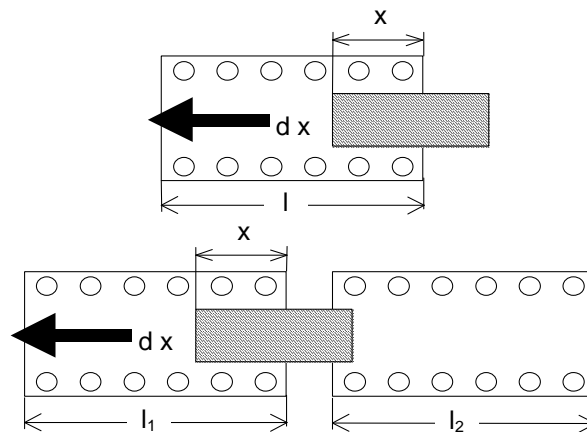


Ilustración 6: sensor inductivo por bobinas de núcleo móvil.

Transformador Diferencial Variable.

Excelentes características metrológicas, particularmente en la linealidad y resolución.

Existen transductores de desplazamiento lineal (LVDT), aunque también se han desarrollado versiones para desplazamiento angular (RVDT).

Está constituido por un bobinado primario que es excitado con una tensión alterna, y dos bobinados secundarios cuyo coeficiente de inducción mutua con el primario depende de la posición del núcleo móvil.

Las frecuencias típicas de excitación están entre 50Hz y 25kHz, para fenómenos dinámicos se requiere una frecuencia de excitación de al menos diez veces la del fenómeno objeto de medida.

Los LVDT pueden trabajar en ambientes hostiles, tanto desde el punto de vista de altas presiones y temperaturas, como en atmósferas corrosivas o con elevados índices de radioactividad.

Transductores Inductivos de Desplazamiento Angular.

-Potenciómetro inductivo. Está constituido por dos arrollamientos planos (asimilables a dos espiras) colocados uno en un rotor y otro en estator, ambos de material ferromagnético.

Su principio de funcionamiento se basa en la variación del coeficiente de inducción mutua entre ambos bobinados cuando cambia su posición relativa.

-Microsín. Se disponen en un estator de cuatro polos en dos arrollamientos primarios en serie, alimentados con una corriente alterna generalmente de frecuencia inferior a 10kHz. En los mismos polos se disponen otros cuatro arrollamientos secundarios también conectados en serie, pero de manera que las f.e.m. (fuerza electromotriz) en ellos inducidas se encuentran en oposición dos a dos.

Sensores capacitivos

La capacidad de una estructura formada por dos placas planas conductoras de área A colocadas a una distancia d vale:

$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

Ecuación 1: capacidad eléctrica.

Siendo ε la constante dieléctrica del material colocado entre las dos placas.

Estos sistemas se caracterizan por tener una salida de alta impedancia y necesitar una tensión de excitación relativamente alta.

Se requiere precisión en el mecanizado de las placas, que suelen operar con distancias entre ellas relativamente pequeñas.

El montaje diferencial con dos condensadores en oposición requiere gran precisión y estabilidad, ya que, aparte de compensar efectos no lineales, permite eliminar los problemas ocasionados por variaciones de la constante dieléctrica del medio (generalmente aire) provocadas por cambios de presión, temperatura, humedad, etc.

A nivel industrial, los transductores inductivos tienen una mayor difusión que los sistemas capacitivos, que en general requieren instrumentación específica para su uso. No obstante, y dada su mayor facilidad de construcción e implementación a nivel de prototipo, suelen seleccionarse, estos últimos en labores científicas y de investigación.

Sensores potenciométricos

Se basan en medir el desplazamiento del móvil a base de trasladar un contacto deslizante sobre un elemento resistivo.

El contacto implica rozamientos, y con ello desgastes; lo que origina cargas sobre el móvil por una parte, y degradación del transductor por otra.

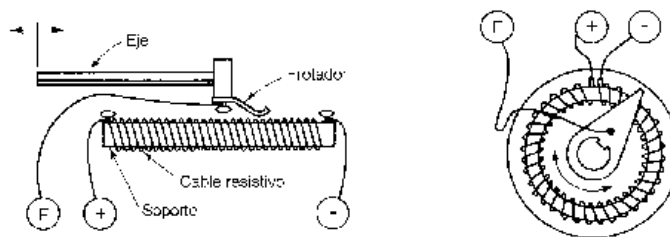
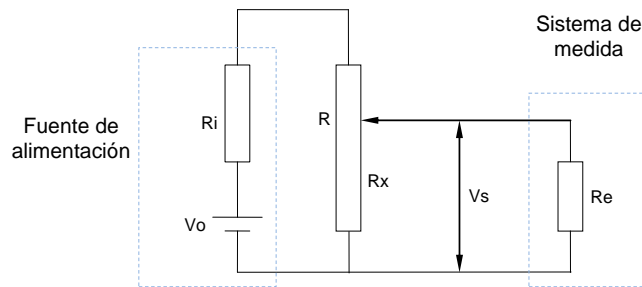


Ilustración 7: esquema sensor potenciómetro.



$$V_s = V_0 \frac{R_x}{R_i + R} \frac{1}{1 + \frac{R_x}{R_e} \left[1 - \frac{R_x}{R_i + R} \right]}$$

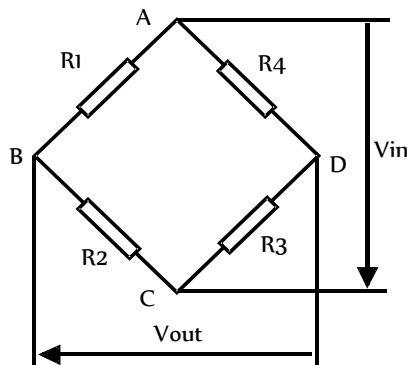
Ilustración 8: circuito eléctrico sensor potenciómetro.

Ecuación 2: voltaje en sensores potenciométricos.

Sensores piezorresistivos

Este tipo de transductores miden la deformación sufrida por el elemento elástico, a través de unas bandas extensiométricas o galgas pegadas sobre su superficie.

Las variaciones de resistencia de una galga generalmente se miden mediante el circuito llamado Puente de Wheatstone.



$$V_{out} = V_{in} \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} = Cte.$$

Ilustración 9: puente de sensores.

Ecuación 3: voltaje en sensores piezorresistivos.

En realidad el valor de las resistencias nunca coincidirá exactamente, es decir, aunque externamente no se actúe sobre él, existirá una tensión de salida inicial de unos pocos milivoltios denominada offset del transductor, siendo éste un valor característico que debe permanecer invariable durante toda la vida útil del sensor. El offset inicial puede ser eliminado a través del balanceo del puente este permite establecer el cero u origen de medida. El

elemento principal de este dispositivo es una resistencia variable sobre la que se actúa manual o automáticamente.

Configuraciones del puente de Wheatstone:

Grupo	Montaje	Semi-Puente		Semi-Puente	
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
1	a	Galga Activa	Resis. fija	Resist. fija	Resist. fija
	b	Galga Activa	Resis. fija	Resist. fija	Galga Activa
2	a	Galga Activa	Galga Pasiva	Resist. fija	Resist. fija
	b	Galga Activa	Galga Pasiva	Galga Pasiva	Galga activa
3	a	Galga Activa +	Galga Activa -	Resist. fija	Resist. fija
	b	Galga Activa +	Galga Activa -	Galga Activa -	Galga Activa +

Tabla 1: configuraciones del puente de Wheatstone.

La 1a es la más sencilla. Es necesario compensar los efectos de la temperatura mediante resistencias o cables auxiliares ($V_{out} = V_{in} K \epsilon/4$). La 1b puede utilizarse para duplicar la sensibilidad y eliminar variables, en esta configuración si $\Delta R_4 = \delta R_1$, la tensión de salida se duplica ($V_{out} = V_{in} K \epsilon/2$), mientras que si $\Delta R_4 = -\delta R_1$, la tensión de salida es nula. La influencia de la temperatura también se duplica. La configuración 2a se utiliza para compensar las variaciones por temperatura haciendo que las variaciones ΔR_1 y ΔR_2 debidas a la temperatura se anulen por estar en ramas contiguas. La 2b presenta las ventajas de las configuraciones 1b y 2a juntas. La 3a permite duplicar la sensibilidad igual que el 1b cuando las variaciones son de signo opuesto [$\Delta R_1(+)$ y $\Delta R_2(-)$] y además, realiza la compensación por temperatura. La tensión de salida es lineal. Por último la 3b es la más completa y será preferente siempre que pueda realizarse. Permite

multiplicar por cuatro la sensibilidad, compensar los efectos de la temperatura y la salida es lineal.

Características principales:

- ✓ Equipo de acondicionamiento de señal más general y sencillo.
- ✓ Capacidad de medir señales continuas o de muy baja frecuencia (respuesta desde frecuencia 0) y su menor sensibilidad a interferencias y a ruidos eléctricos. Muy utilizados para acelerómetros.
- ✓ A cambio, presentan problemas a frecuencias elevadas o en mediciones de aceleraciones de baja amplitud, así como una mayor influencia de la temperatura.

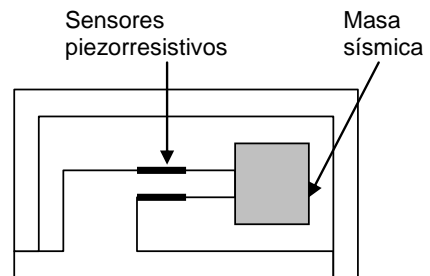


Ilustración 10: sensor piezorresistivo.

Sensores piezoeléctricos

El cuarzo en su estado puro es capaz de generar carga eléctrica sobre ciertas caras del cristal cuando una fuerza externa se aplica sobre él. Este efecto físico, se conoce como piezoelectricidad directa. Inversamente cuando un voltaje eléctrico es aplicado al cristal, una tensión mecánica tiene lugar deformándolo, esta propiedad es llamada piezoelectricidad recíproca.

La magnitud de la carga resultante con el efecto longitudinal no depende de las dimensiones geométricas de las superficies del cuarzo, sino únicamente de la fuerza aplicada. Por otro lado, la magnitud del voltaje aplicado sí que depende de la geometría, debido a que el voltaje es igual a la carga generada Q dividido por la capacitancia del transductor C , donde las capacitancias del cable conectado y de la entrada al amplificador están incluidas.

✓ Rangos dinámicos y de frecuencias muy amplios.

✓ Estable, robusto, no tiene partes móviles y admite ambientes muy hostiles.

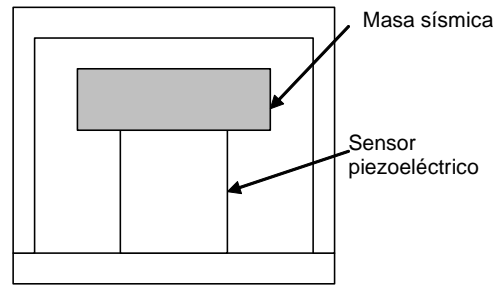


Ilustración 11: sensor piezoeléctrico.

✓ No necesita corriente de alimentación, aunque son bastante sensibles a parásitos exteriores desde el cable.

2.3. ACONDICIONADORES

Normalmente, una cadena de medida suele estar compuesta por los siguientes elementos:

1. Fenómeno físico.
2. Transductor.
3. Acondicionamiento de la señal (amplificación y filtrado hardware).
4. Conversor Analógico-Digital (A/D).
5. Ordenador.
6. Conversor Digital-Analógico (D/A).
7. Acondicionamiento de la señal (Filtro software).

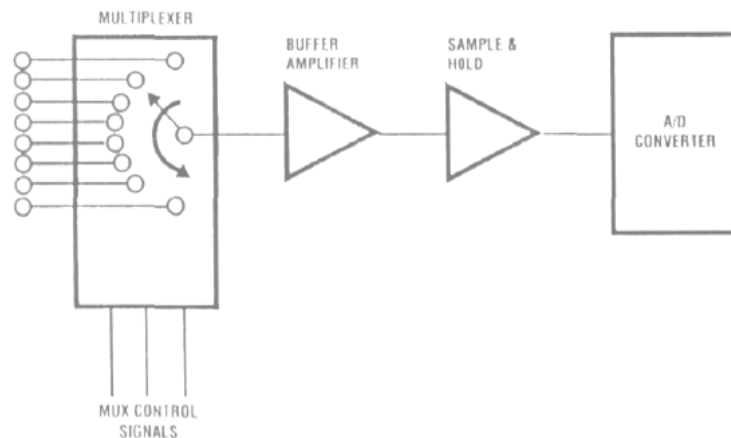


Ilustración 12: elementos de un sistema de acondicionamiento y adquisición.

Generalmente la salida de los transductores suele ser muy pequeña y con una impedancia muy elevada, además, de llevar habitualmente señales indeseables. Por todo ello, no pueden ser conectados directamente a los aparatos de visualización y registro. Es necesario acondicionar la señal antes. Un acondicionador de señal es un elemento o elementos de un sistema de medida o control que procesan la señal procedente de un transductor bien para adecuarla a un nuevo formato.

Los acondicionadores están formados por amplificadores que se comportan linealmente dentro de un rango de amplitudes, frecuencias y ganancias dadas. A mayor amplificación, las condiciones de funcionamiento del amplificador se hacen más críticas y son más sensibles al ruido que se produzca en el circuito del puente. Como hemos visto las salidas son muy pequeñas, del orden de milivoltios, por lo que se ha de tener que usar una ganancia elevada, y una gran impedancia para no influir en la configuración del puente. Generalmente, se hace un filtrado para eliminar frecuencias que no proceden de la variable que estamos midiendo.

Además, los acondicionadores tienen otras funciones, como los de extensometría, que proporcionan también la alimentación del Puente de Wheatstone en continua (entre 2 y 15 V_{CC}).

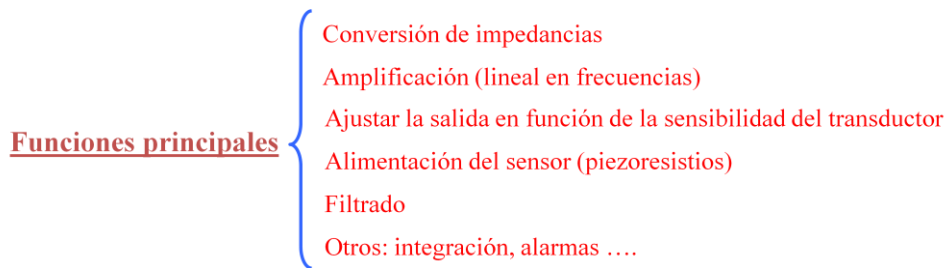


Ilustración 13: funciones de un acondicionador.

2.3.1. Multiplexores analógicos

Permiten compartir un convertidor A/D entre varias líneas o canales de entrada sin distorsionar la señal. Existen dos tipos:

- Mecánicos: sujetos a desgaste, imprecisos, etc.
- Electrónicos: basados en transistores FET.

2.3.2. Amplificador:

Existen dos tipos de amplificadores.

1. Circuitos basados en el puente de Wheatstone.

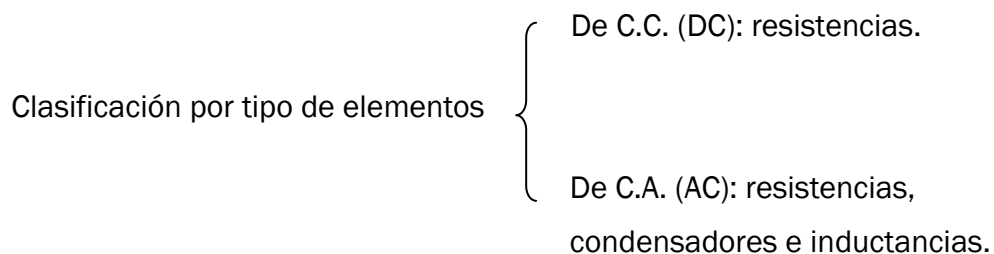


Ilustración 14: clasificación de amplificadores basados en el puente de Wheatstone por tipo de elemento.

Por número de ramas con elementos variables

- Un elemento (*quarter bridge*).
- Dos elementos o medio puente (*half bridge*).
- Puente completo (*full bridge*).

Ilustración 15: clasificación de amplificadores basados en el puente de Wheatstone por ramas con elementos variables.

2. Circuitos basados en amplificadores operacionales (AO): dispositivo que amplifica la diferencia de tensión entre sus dos entradas. El más utilizado es el Buffer.

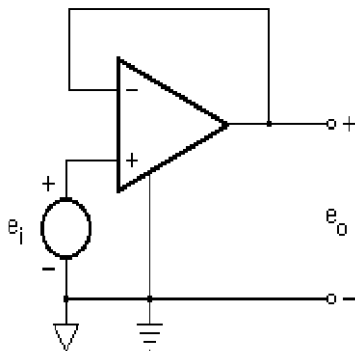


Ilustración 16: amplificador operacional.

✓ La impedancia de entrada es infinita, aunque en la realidad será finita de orden de $1M \Omega$.

✓ Teóricamente la impedancia de salida es nula por lo que la tensión es independiente al circuito al que se conecte.

✓ No hay amplificación de tensión, pero sí de potencia.

✓ La salida sigue a la entrada.

✓ Fallos de puesta a cero:

-Input offset voltage: tensión de salida no nula con entradas nulas.

-Input bias current: por las entradas del AO tienen que circular pequeñas intensidades para polarizar los transistores, lo que provoca una tensión de salida.

✓ Tiempo de respuesta no nulo:

-Slew rate: máxima variación de la tensión de salida en el tiempo. Es importante para señales periódicas no senoidales.

2.3.3. Filtros

Filtrar una señal es eliminar de ella las componentes de frecuencia no deseada, generalmente para mejorar la relación señal-ruido.

El filtrado puede realizarse en dos puntos de la cadena de medida

-Filtros analógicos: se pasa la señal analógica por un circuito electrónico.

-Filtros digitales: se aplica un algoritmo a los datos ya muestreados. Este se aplicará al final de la cadena de medida.

Los filtros en dominio frecuencia son los más comunes, tanto para filtros analógicos como para digitales y pueden ser de varios tipos.

-Pasa-bajas (low-pass) (a).

-Pasa-altas (high-pass) (b).

-Pasa-banda (band-pass) (c).

-Rechaza-banda (band-stop)

(d).

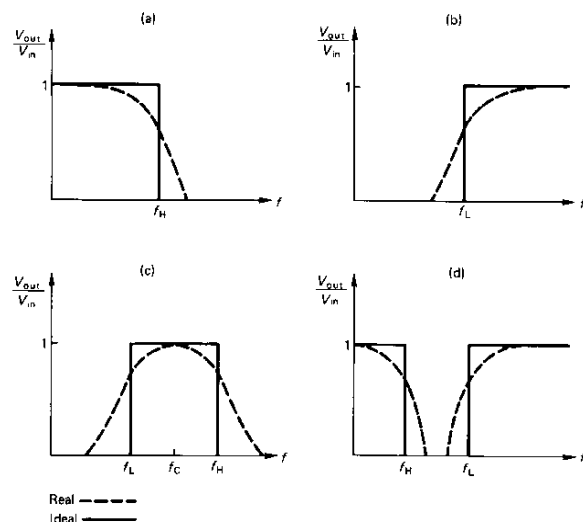


Ilustración 17: tipos de filtros.

Filtro analógico (antialiasing)

Siempre se va a necesitar un filtro analógico en el sistema de medida para evitar el aliasing, es decir, la aparición de frecuencias falsas por muestrear sin cumplir las condiciones del teorema de muestreo de Nyquist.

De acuerdo con el teorema de Nyquist, la frecuencia de muestreo debe ser de al menos dos veces la frecuencia del máximo componente espectral de la señal de interés. En otras palabras, la frecuencia máxima de la señal de entrada debe ser menor o igual a la mitad de la frecuencia de muestreo.

Para asegurar que el contenido de frecuencia de la señal de entrada está limitado se utiliza un filtro pasa bajas (un filtro que permite el paso de frecuencias bajas pero atenúa las frecuencias altas). Este filtro se conoce como antialiasing debido a que, al atenuar las frecuencias altas (mayores que la frecuencia de Nyquist), evita que las componentes del aliasing sean muestreadas. Dado que en dicho punto (antes del convertidor) la señal es aún analógica, el filtro antialiasing debe ser un filtro analógico.

Un filtro ideal permitiría el paso de todas las frecuencias apropiadas (por debajo de f_1) y suprimiría todas las frecuencias no deseadas (por arriba de f_1). Sin embargo, no es posible implementar dicho filtro físicamente. En la práctica, los filtros se comportan como se muestra en la ilustración (Ilustración 18 b), permitiendo el paso de todas las frecuencias menores que f_1 , y bloqueando todas las frecuencias mayores que f_2 . La región entre f_1 y f_2 se conoce como banda de transición, en la cual se da una atenuación gradual de las frecuencias de entrada.

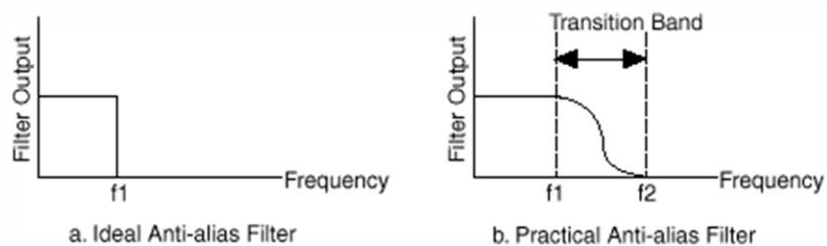


Ilustración 18: esquemas de filtro antialiasing teórico y real.

Filtros digitales

Este filtrado se realiza de forma software al final de la cadena de medida.

- Aplicar la transformada rápida de Fourier (FFT) a los datos.
- Multiplicar la transformada de los datos por el filtro.
- Volver a aplicar la FFT para obtener la señal filtrada.

Filtros CFC (channel frequency class): frecuencia designada que indica que la respuesta en frecuencia del canal se encuentra dentro de ciertos límites (ISO 6487). A continuación, se muestran los más utilizados: CFC600, CFC1000, CFC60 y CFC180.

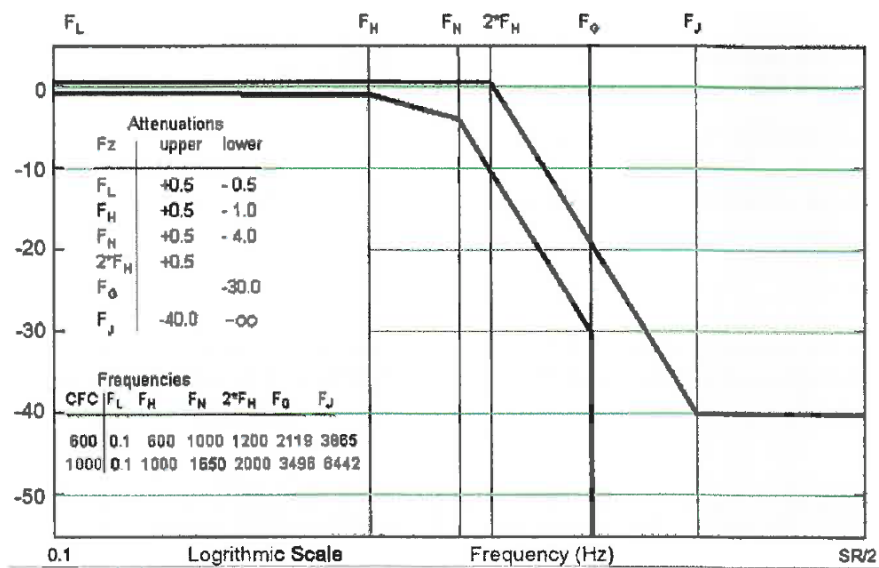


Ilustración 19: filtros CFC600 y CFC1000.

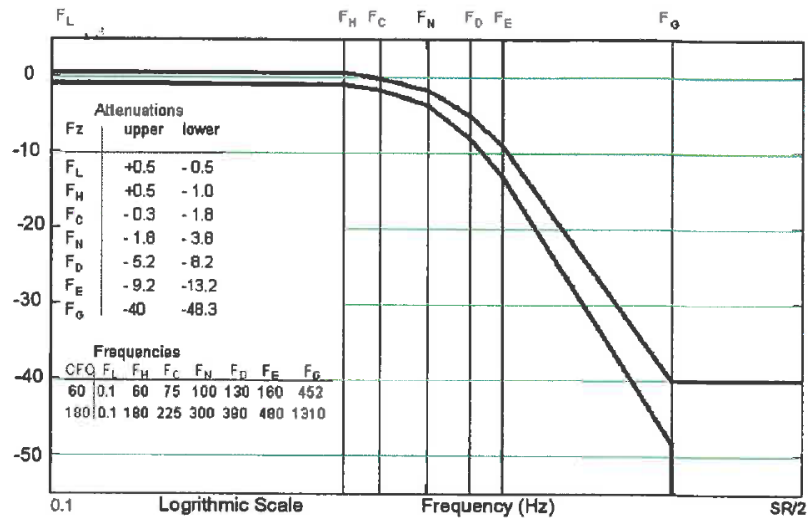


Ilustración 20: filtros CFC600y CFC100.

2.4. CONVERTIDORES

2.4.1. Parámetros característicos

-Frecuencia de muestreo. Es determinante para evitar problemas de *aliasing*.

-Resolución= $(V_{max} - V_{min}) / 2^n$ donde n es el numero de bits.

-Tiempo de muestreo, el tiempo de conversión determina la frecuencia máxima de muestreo.

2.4.2. Dispositivos sample & hold

Mantienen fija una señal a la entrada de un dispositivo A/D/A hasta realizar la conversión.

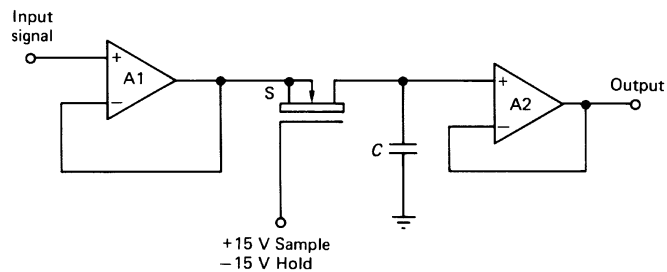


Ilustración 21: dispositivo Sample&hold.

Tienen dos posiciones:

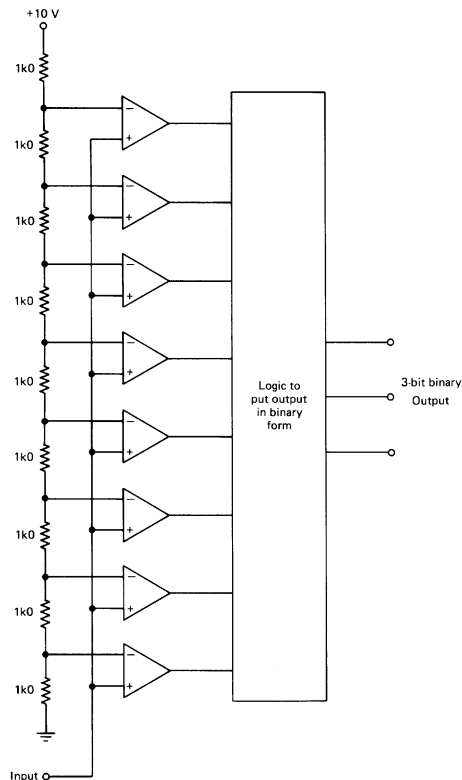
- Dejar pasar la señal
- Mantenerla

Estos dispositivos se construyen a partir de transistores FET (interruptores electrónicos) y condensadores.

2.4.3. Convertidores A/D

La conversión analógica-digital consiste en asociar un número binario a una tensión analógica, este número binario se convierte en un número entero y en función de la calibración a una magnitud física.

Convertidor en paralelo o flash



✓ La entrada se alimenta a la vez a N comparadores, cuyas otras entradas son N tensiones de referencia igualmente espaciadas.

✓ Es el tipo de convertidor A/D más rápido, obteniéndose tiempos de conversión de 6 ns.

✓ Son los más caros por requerir 2^N comparadores. No suele haberlos de más de 8 bits por su complejidad.

Ilustración 22: convertidor en paralelo.

Convertidor por aproximaciones sucesivas

✓ Un elemento integrador produce una rampa de tensión a partir de una referencia.

✓ Esta señal se compara a la que se quiere convertir.

✓ Un contador binario cuenta el tiempo que tarda la referencia en alcanzar a la señal de entrada.

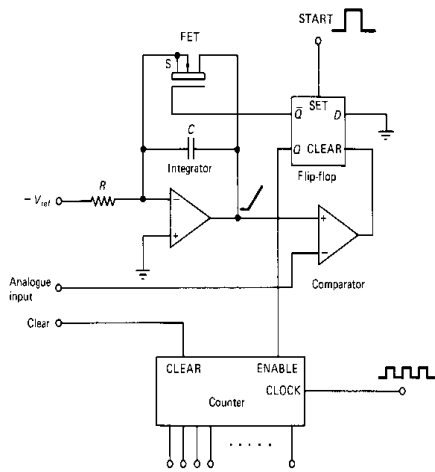


Ilustración 23: convertidor por aproximaciones sucesivas.

Convertidor por integración

- ✓ Velocidad superior a los de rampa al mismo precio.
- ✓ Precisión elevada.
- ✓ Muy utilizados.
- ✓ Funcionamiento (búsqueda binaria): se convierten códigos binarios de prueba a forma analógica y se comparan con la entrada. Para un conversor de N bits se necesitan probar N aproximaciones para obtener la conversión final.

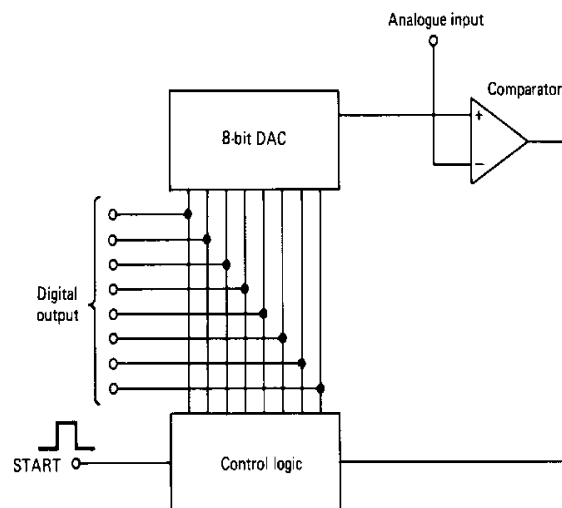


Ilustración 24: convertidor por integración.

2.4.4. Convertidor D/A

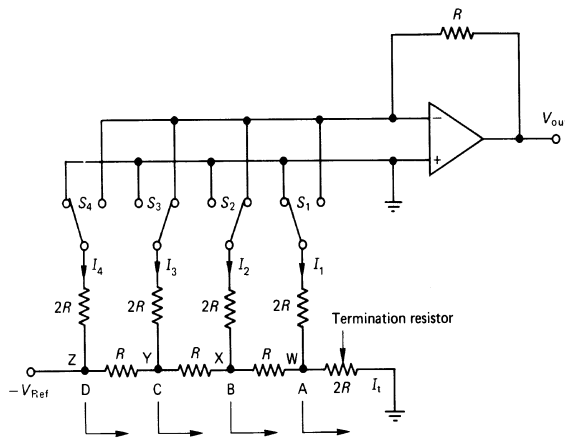


Ilustración 25: convertidor D/A.

- ✓ Se utilizan para sistema de control.
- ✓ Configuración en escalera.
- ✓ Sólo hay resistencias de valores R y $2R$, por lo que puede construirse con buena respuesta a variaciones de temperatura.
- ✓ Se puede extender a cualquier número de bits.

3. ESTADO DE LA TÉCNICA

3.1. INTRODUCCIÓN

Un crash test es un ensayo que reproduce o simula un impacto de vehículo en laboratorios de seguridad pasiva. Tiene por objeto analizar el comportamiento de un sistema ante el impacto (sistemas de retención, airbags, carrocerías...) para mejorar la seguridad, reduciendo las consecuencias de los accidentes.

Los crash tests pueden ser reales, con vehículo completo, cuando se impacta un vehículo contra un elemento fijo o móvil (catapulta directa), o de simulación, cuando el sistema se sitúa sobre una plataforma (generalmente, catapulta inversa o sled) y ésta se mueve reproduciendo el mismo choque que se produciría con el vehículo empleando un dispositivo mecánico que reproduce la aceleración del vehículo en un crash real. La duración de dichas simulaciones de choque es menor a décimas de segundo.

La instrumentación es importante en ensayos de impacto, ya que, todo ocurre muy rápido y es importante contar con elementos muy dinámicos y precisos para no perder detalle del evento y registrarlo con precisión.

Existen series específicas de acelerómetros para las diferentes partes del vehículo y del dummy (maniquí para ensayos de choque o colisiones), así como otro tipo de sensores: células de carga triaxiales, sensores de presión para airbags, etc., todos estos sensores son muy dinámicos y por tanto, también tenemos que contar con un equipo con alta frecuencia de adquisición por canal y con opción de grabar sonido y video de forma síncrona, para realizar un ensayo lo más completo posible.

En general los sensores utilizados en estas pruebas son piezorresistivos y extensiométricos, por lo que es necesario excitación para su funcionamiento y amplificación de la señal debido a que generan valores de voltaje muy bajos.

Los equipos de adquisición que se van a estudiar tienen como objetivo:

- Adquirir y acondicionar las señales.
- Recibir y transmitir trigger (tiempo cero).
- Disparar pirotécnicos como pretensores de cinturón y airbags.
- Proporcionar la excitación necesaria a los sensores.
- Almacenar datos.

Además, los sistemas de adquisición y acondicionamiento utilizados en este tipo de ensayos deben soportar altas aceleraciones y deceleraciones, debido a que son dispositivos que se usan onboard (fijo al objeto a ensayar).

3.2. SISTEMA DE ADQUISICIÓN ACTUAL: NA33

Actualmente en Cidaut se cuenta con dos pistas de simulación crash test: catapulta directa e inversa donde se utiliza el sistema de adquisición NA33. Este equipo se encarga de adquirir y acondicionar todas las señales de ensayo para su posterior descarga y análisis de los resultados.

La calibración del dispositivo MBUS Pro se realiza de forma automatizada por el fabricante (Messring), a partir de una tarjeta programada encargada de ejecutar las pruebas y análisis oportunos. Además, la carta de calibración también se realiza de forma automática.

Se toma dicha calibración como referencia debido a que ambos equipos pertenecen al mismo fabricante y poseen características similares. Los dos utilizan el mismo software (Crashsoft) y cumplirán la misma función, por lo que se mantienen las mismas condiciones de uso. Por esta razón se

estudian los parámetros de ambos y se analizan las pruebas realizadas por la tarjeta de calibración.

A continuación se explican las características del NA33 para una mejor comprensión del nuevo sistema MBUS.

Shockproof Data Acquisition System
Type NA33

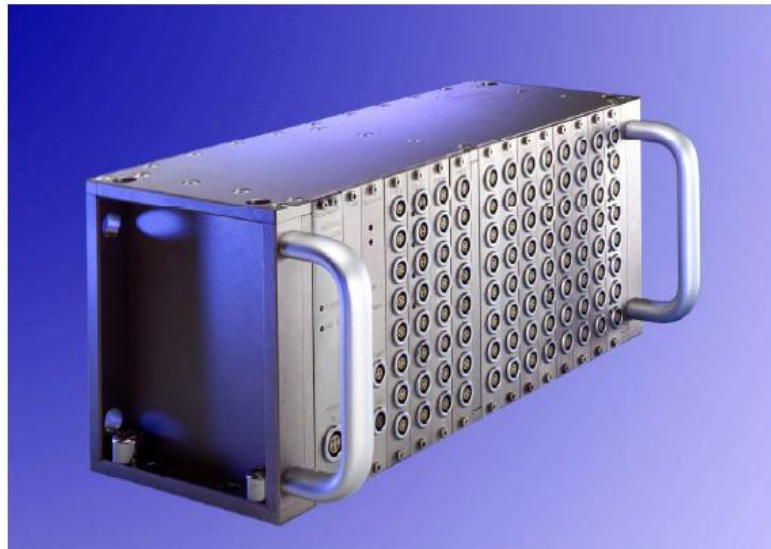


Ilustración 26: equipo NA33.

3.2.1. Descripción

- Se trata de un equipo de acondicionamiento y adquisición con las siguientes características:
 - Capacidad para 12 tarjetas (digitales o analógicas).
 - Tarjeta de alimentación o de power. Batería recargable.
 - Tarjeta controladora. Hardware encargado de la adquisición de datos, así como de la descarga de los mismos a la computadora.

-Tarjeta DC/DC convertidora o de red. La conexión se establece a través de un conector, empleado para enviar y recibir información.

- Soporte físico. Consiste en una estructura que permite alojar por medio de guías las distintas tarjetas, sujetas con dos tornillos en sus extremos.

- 16 bits de resolución.
- El equipo está diseñado para niveles de deceleración de hasta 500g durante 3ms, siempre que la dirección del impacto coincida con la de la conexión de los lemos (tipo de conector empleado). Si el equipo es montado en cualquier otra dirección el nivel máximo que puede aguantar disminuye hasta 100g o 150g.
- Hasta 100Hz de frecuencia de muestreo para cada canal. El tiempo total de adquisición depende del número de canales usados en cada tarjeta.
- Diferentes modos de trigger programable (señal encargada de dar tiempo cero):

-Trigger analógico o digital: la señal llega a una tarjeta digital o analógica.

-Externo (trigger bus): utiliza un bus RS485, ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (10 Mbit/s hasta 12 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que, el par trenzado reduce los ruidos que se inducen en la línea de transmisión.

- Opción de pretrigger (registro de datos antes del trigger).
- Los datos pueden permanecer almacenados durante más de 48 h.

Tarjeta power

- Es la primera tarjeta del NA33.
- Solo tiene un conector por el que se alimenta externamente el equipo. A través de los pines 1 y 2 debe introducirse un voltaje entre 18V y 22V. Este voltaje además, sirve para cargar la batería interna cuando se encuentre descargada.
- El proceso de descarga depende de la cantidad de tarjetas en el equipo, tipo de sensores conectados, que el equipo este armado o no, temperatura de la batería...
- Los pines 3 y 4 sirven para la comunicación con baterías externas.
- La batería interna sería capaz de soportar un sistema de 60 sensores de 700 Ω de impedancia durante 10 min.
- Led CHARGED: parpadeo, en caso de mantenerse más tiempo apagado que encendido quiere decir que la batería es baja.
- Led POWER OK: encendida cuando esta correctamente conectada y el procesador de carga y descarga de la batería esta activo.

Tarjeta convertidora

- Segunda tarjeta del NA33.
- Da soporte al equipo a través de tres voltajes de salida: -8V,+8V y +5V.
- El voltaje de entrada está entre 9V y 22V.
- POWE OK led: encendido cuando los 3 voltajes de salida tengas el nivel correcto y estén adecuadamente conectados.

Tarjeta controladora

- Tercera tarjeta.
- Se encarga de la organización y administración de la información del equipo.

- Intercambia datos con el PC.
- Controla las tarjetas digitales y analógicas:
 - Balanceo.
 - Ganancia.
 - Organiza almacenaje de datos.
 - Velocidad de muestreo.
 - Frecuencia de corte.
 - Tiempo de disparo.
- Chequea y evalúa los canales de trigger.
- Administra la alimentación del equipo: monitoriza el grado de batería, desconecta las tarjetas en caso de sobrevoltaje...
- Administra la señal de trigger.
- ON led (verde): diferente información según la frecuencia del parpadeo de esta luz:
 - Lento: comprobando el estado del bus.
 - Rápido: batería trabajando, POWER OK.
 - Muy rápido: batería trabajando, POWER bajo.
 - 5 s On/200 ms Off: controladora preparada para trabajar.
 - On continuo: controladora no operativa.
- READY led (rojo): el sistema se encuentra armado cuando se encuentra encendida.
- TRIGGER led (amarillo): encendido cuando recibe una respuesta trigger y permanece hasta que el equipo vuelve a armarse.
- NET led (verde): encendido cuando el sistema está conectado a la red.
- El cable de red es tipo lemo, ya que, es el más seguro en ensayos de crash. El extremo opuesto es Western para la conexión a la red.

- TRIGGER BUS: el conector es un lemo externo de 4 pines, numerados en sentido contrario a las agujas del reloj:
 - Pin 1: +5V (alimentación) (blanco).
 - Pin 2: -señal (sig) (marrón).
 - Pin 3: +señal (sig) (verde).
 - Pin 4: tierra (amarillo).
- Un trigger tiene lugar cuando entre los pines 2 y 3 se genera una entrada escalón.
- Se puede trigger en cascada hasta 16 NA33.

Tarjeta analógica

- Tarjetas analógicas, formadas cada una de ellas por ocho canales para la adquisición de datos procedentes de todo tipo de sensores piezorresistivos y de galgas de deformación.
- Cada tarjeta analógica contiene 8 canales con sus conectores:

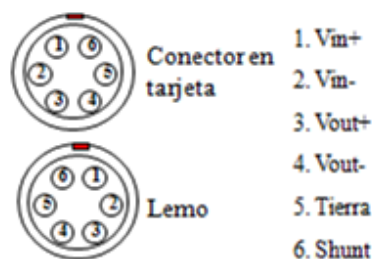


Ilustración 27: disposición del lemo en canales analógicos.

- La alimentación para los sensores es bipolar y puede elegirse en el *Prepare* (software del sistema de adquisición) del ensayo: 10V (-5V/5V) ó 5V (-2.5V/2.5V).
- La intensidad nominal de la alimentación son 29mA (para 350Ω y 10V). Si la impedancia de entrada del sensor fuera menor,

conviene seleccionar en el *Prepare* la mínima alimentación (5V) para que la intensidad no sea excesiva, en estos casos es posible que el Crashsoft muestre un aviso de sobrecarga de la fuente. No obstante, lo ideal para que esto no ocurra es que la impedancia de entrada de los sensores sea como mínimo de 350Ω.

- Máximo voltaje de entrada al acondicionador $\pm 7V$ (el NA33 posee protección para sobrevoltajes de $\pm 40V$).
- El NA33 es capaz de sumar un voltaje de $\pm 3V$ a la señal. Este es el ajuste del cero por hardware, consiste en un voltaje que contrarresta al offset del sensor para intentar que sea cero, pero generalmente no se consigue cero y hará falta un ajuste por software. El Crashsoft resta a la curva la media de las 100 primeras muestras de la adquisición.
- Sensores de puente completo:

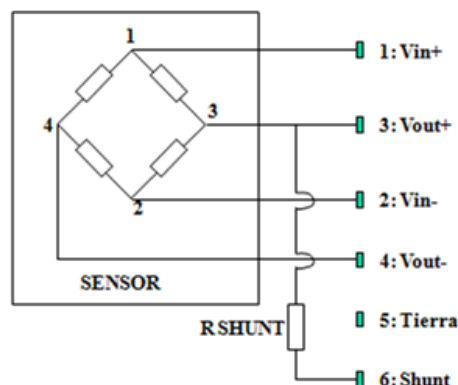


Ilustración 28: configuración sensor puente completo.

- La resistencia de entrada entre pines 1 y 2, y resistencia de salida entre pines 3 y 4 deben permanecer constantes durante la vida del sensor y se detalla en la carta de calibración del mismo.
- En los sensores con resistencia de calibración *Shunt*, el equipo lo único que hace es puentear el pin 6 con el 1, y el pin 6 con el 2,

para comprobar ambos lados del rango de medida, positivo y negativo respectivamente.

- Los sensores utilizados serán principalmente de dos tipos: de medio puente y puente completo.

- Sensores de medio puente

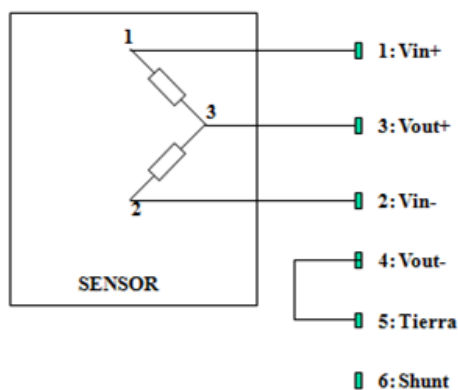


Ilustración 29: configuración sensor medio puente.

- Sensores de 3 hilos como potenciómetros sin completar el puente o acelerómetros de medio puente, son alimentados por los extremos (V_{in}) recogiendo la variación de voltaje entre el nodo de unión de las dos galgas y tierra (0V de la fuente) en el caso de los acelerómetros, o entre el nodo móvil de un potenciómetro y tierra.
- A este tipo de sensores no se les ha incorporado la resistencia *shunt*, ya que, lo aconsejable es usar para esta comprobación un brazo del puente de resistencia fija y en el caso de los acelerómetros esto supondría colocar una resistencia en paralelo a las bandas extensométricas (resistencias variables). Para los potenciómetros ocurre algo parecido porque dependiendo de la posición del cursor el valor de la calibración variaría.

Tarjetas digitales

- Tarjetas digitales, formadas por cuatro canales de salida y cuatro de entrada cada una (Ilustración 31). Los de salida permiten dar una señal en el instante de tiempo que sea preciso respecto de la señal de trigger. Cada uno de los cuatro canales de entrada permite la obtención de dos señales digitales que podrán ser empleadas para recibir la señal de trigger.
- Cada tarjeta tiene 4 salidas y 8 entradas digitales:
 - a) Salidas digitales (una señal por canal)
- Las salidas digitales son comúnmente utilizadas para disparar airbags, pretensores de cinturones... Debajo de cada canal digital de salida existe un led que durante la ejecución de un ensayo sólo se enciende si la resistencia conectada es la adecuada: entre 1Ω y 10Ω , en caso contrario el Crashsoft (Software) te informa si la resistencia es demasiado baja o demasiado alta mostrando un mensaje de error, la secuencia de ejecución del ensayo se pararía hasta que la causa del error fuera solucionada, generalmente esto puede ocurrir cuando el conector no ha sido adecuadamente conectado al módulo.
- La señal eléctrica de salida tiene unas características especiales para la ignición de airbags (8A durante 2ms de $1500\mu\text{F}$).



Ilustración 30: configuración del lemo en las salidas digitales.

b) Entradas digitales (Dos señales por canal)

- Cada entrada digital al NA33 alimenta dos canales (como podemos ver en la Ilustración 31).
- El mínimo cambio eléctrico que detecta el NA son 2.3V, nivel que habría que tener en cuenta si la resistencia de los cables no fuera despreciable o si se adquiriera directamente una señal amplificada desde fuera.

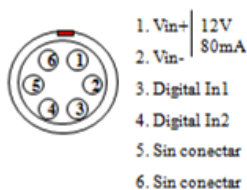


Ilustración 31: configuración del lemo en las entradas digitales.

3.2.2. Calibración del sistema NA33

Equipo e instalaciones

La instalación para una correcta y mejor calibración del equipo de acondicionamiento y adquisición, deberá disponer de una correcta puesta a tierra de la instrumentación para evitar distorsiones en los resultados provocados por la componente de la red eléctrica (50Hz) y sus armónicos. El equipo necesario para la calibración del NA33 es la tarjeta de calibración.

Parámetros a determinar

- Medición de la alimentación a un puente cuya resistencia de entrada es un valor límite según características del fabricante.

- Cuantificación de la atenuación de una señal a determinadas frecuencias según características del fabricante o valores admitidos como buenos.
- Comprobación del estado de trigger en los equipos de adquisición y acondicionamiento.
- Valor del tiempo de decaimiento de las señales digitales de salida.
- Detección de una determinada resistencia en las salidas digitales.
- Error temporal en la medida de señales patrón.

Desarrollo

1. Operaciones previas

Las operaciones previas a realizar se describen a continuación:

a) Se comprobará que las condiciones ambientales de la sala no sobrepasan los límites especificados con la ayuda del termohigrómetro.

b) Inspección visual antes de toda conexión a red:

-Conectores del panel frontal: pines dañados, conectores perdidos...

-Componentes: decoloración, partes perdidas...

c) Se procederá a limpiar adecuadamente el equipo, con paños o gamuzas no abrasivas y algún producto de limpieza no corrosivo.

d) Ejecución del programa de testeo y comprobación del estado del equipo a través de la herramienta que proporciona el Crashsoft 3: */Tools/System Manager/ (se debe cambiar el número de la dirección IP correspondiente al equipo)/Create report //*. El resultado de esta ejecución es un fichero *.txt que guardaremos como registro. En este report, podremos extraer la información de los números de serie de las tarjetas tanto digitales como analógicas y la alimentación al bus de conexión. Si esta tensión de

alimentación es de aproximadamente de ± 8 (V_{DC}) y la temperatura no es superior a 45°C, podremos continuar con el resto de operaciones.

e) Comprobación del estado de las protecciones contra cortocircuito de la alimentación de cada uno de los canales analógicos. Esto pertenece a la parte inicial de ejecución de la calibración automática. Para ello deben seguirse los pasos que a continuación se citan.

f) Se identificará el equipo a calibrar con la marca, modelo y número de serie de todas las tarjetas, con lo extraído en su *report* o informe resultado y lo correspondiente en la base de datos de equipos, así como de la fuente de alimentación externa empleada en la calibración.

g) En el caso de los instrumentos eléctricos, éstos deben estar conectados a la red eléctrica durante al menos 30 minutos antes del inicio de la calibración.

La calibración consistirá en dos partes fundamentales:

-Calibración de las tarjetas analógicas.

-Verificación de las tarjetas digitales.

Estas dos operaciones implican la calibración y chequeo de la controladora y de todos los módulos auxiliares imprescindibles para el buen funcionamiento del equipo a calibrar.

Para la calibración de las tarjetas analógicas y la verificación de las tarjetas digitales es necesario tener inserta la tarjeta de calibración en el equipo a calibrar, es decir, en la armadura del sistema. Si el equipo a calibrar estuviera con las 12 tarjetas completas, se podrán sustituir dos de ellas para colocar el equipo patrón.

Una vez transcurrido el tiempo de estabilización eléctrica, como se indica en el apartado g), se podrá hacer efectiva la conexión entre la tarjeta de calibración y la tarjeta del sistema a calibrar, uniéndolos unívocamente cada

canal de la tarjeta patrón con el canal de cada tarjeta a calibrar, mediante el cable correspondiente.

2. Calibración de las tarjetas analógicas

Todo el conjunto de pruebas y toma de medidas que se muestran a continuación se realizarán automáticamente la tarjeta de calibración diseñada por el fabricante del equipo.

5. Calibration Board	
Analog Channel	8 channels simultaneously with different input signals, offset test, crosstalk between channels, anti-alias filter
Bridge Supply	Simulation of static or dynamic loads and short circuit, readout of supply voltage
Curve generation	Arbitrary, software programmable
Frequency	0..10 kHz
Voltage	0.. ± 5 V or 0.. ± 0.05 V
Resolution	16 bit
Digital Channel	16 channels simultaneously with independent signals
Airbag firing channels	Output voltage, crosstalk
Calibration Procedure	Fully automatic, software programmable
Calibration Results	Comparison between DAS input and readout of DAS, fully automatic
Software	CrashSoft 3 under Win2000 and XP
Hardware	Plug-in-board in NA33-Data Acquisition System

Ilustración 32: especificaciones de la tarjeta de calibración del NA33

La calibración de las tarjetas analógicas para sensores piezorresistivos, está dividida en diferentes partes:

- a. Comprobación del estado de la alimentación al puente de los sensores.

Se comprobará la alimentación al puente para unos valores de resistencias límites y diferentes valores de alimentación. La resistencia será simulada internamente por la tarjeta de calibración empleada. Los datos que se considerarán de resistencias serán los indicados en Tabla 2.

V(V)	R(Ω)	Lim sup(V)	Lim inf(V)
5	0	5.008	4.992
5	150	5.009	4.991
10	0	10.008	9.992
10	300	10.009	9.991

Tabla 2: estado de la alimentación al puente de los sensores.

Esta comprobación se realizará mediante la función *.MeasureExcitationVoltage(p1,p2,p3,p4)*, donde p1, p2, p3 y p4 son; la carga en ohmios, el valor nominal de la tensión de alimentación, el límite superior y el límite inferior respectivamente.

b. Comprobación del offset de cada canal.

Con esta operación se trata de medir el offset de entrada de los canales analógicos. La tarjeta de calibración, internamente coloca los pines a tierra y más tarde provoca una tensión igual a la tensión nominal de offset, en este caso de cero. El valor ideal del offset medido es de 0(V). Esta comprobación se hará a la ganancia de 100.

Valor nominal (V)	Límite superior (V)	Límite inferior (V)
0.000	0.100	-0.100

Tabla 3: offset.

La comprobación se realizará mediante el comando *.MeasureChannelOffset(p1,p2,p3,p4)*, donde p1, p2, p3 y p4 tienen los valores de la ganancia de entrada (150), valor nominal del offset, límite superior de aprobación y límite inferior de aprobación respectivamente.

c. Comprobación del control de offset de entrada.

Con esta operación se trata de comprobar la capacidad de controlar el offset de entrada de cada canal analógico. La tarjeta de calibración, internamente, coloca los pines a tierra y más tarde provoca una tensión igual a la tensión nominal. El valor ideal del offset será el nominal. Esta comprobación se hará a la ganancia de 150. Los valores de la tensión nominal serán de +1.425(V) y -1.425(V).

Valor nominal (V)	Limite superior (V)	Limite inferior (V)
1.425	3.000	0.925
-1.425	-0.925	-3.000

Tabla 4: control de offset de entrada.

Esta operación se realizará mediante el comando `.CheckInputOffsetControl(p1,p2,p3)`, donde el significado de los parámetros es: valor nominal de la tensión de entrada, límite superior de aceptación y límite inferior de aceptación.

d. Comprobación del control de offset de salida.

Con esta operación se trata de comprobar la capacidad de controlar el offset de salida de cada canal analógico. La tarjeta de calibración, internamente coloca los pines a tierra y más tarde provoca una tensión igual a la tensión nominal. El valor ideal del offset será el nominal. Esta comprobación se hará a la ganancia de 1. Los valores de la tensión nominal serán de +3(V) y -3(V).

Valor nominal (V)	Limite superior (V)	Limite inferior (V)
3.000	3.035	2.965
-3.000	-2.965	-3.035

Tabla 5: control de offset de salida.

La operación se controlará mediante el comando `.checkOutputOffsetControl(p1,p2,p3)`, donde el significado de los parámetros es el valor nominal de la tensión de entrada, el límite superior de aceptación y el límite inferior de aceptación.

e. Estudio de la linealidad de la ganancia.

La tarjeta de calibración introducirá diferentes valores de tensión para un mismo valor de ganancia, que será de 100, para comprobar la linealidad de la ganancia. Los valores de tensión serán los indicados en la tabla 6.

Modelo	Tensión de entrada (V)
NA-33	-0.040
	-0.035
	-0.030
	-0.025
	-0.020
	-0.015
	-0.010
	-0.005
	0.000
	0.005
	0.010
	0.015
	0.020
	0.025
	0.030
	0.035
	0.040

Tabla 6: linealidad.

Este estudio de no - linealidad se realizará mediante la función `.CheckLinearity(p1,p2,p3,p4,p5)`, donde el significado de los parámetros serán: p1 es la tensión inicial (-0.4V), p2 es la tensión final (0.4V), p3 es el salto de tensión (0.005V), p4 es el límite superior (0.00505) y p5 es el límite inferior (0.00495).

Los límites de aceptación para que la linealidad de la ganancia sea aceptada como buena se actualizarán para cada medida tomada en función del offset.

Los límites son calculados por el programa para cada toma de medidas.

f. Estudio de la pre-amplificación.

Con esta prueba se trata de comprobar la pre-amplificación, a diferentes ganancias seleccionadas, indicadas en la Tabla 7, para un mismo voltaje de 0.004(V). Si la pre-amplificación funciona correctamente el voltaje medido debe ser el mismo que la tensión nominal.

Ganancia	Valor nominal (V)	Limite superior (V)	Limite inferior (V)
1	0.004	0.0045	0.0035
10	0.004	0.00408	0.00392
100	0.004	0.00408	0.00392
1000	0.004	0.00408	0.00392

Tabla 7: pre-amplificación.

El control de la pre-amplificación se realizará mediante el comando `.CheckInputAmplifier(p1,p2,p3,p4)`, donde cada parámetro significa: ganancia de pre-amplificación, resultado de la tensión después de la amplificación, límite superior de aceptación y límite inferior de aceptación.

g. Estudio de la pos-amplificación.

Con esta prueba se pretende comprobar el estado de la amplificación principal para un equipo de acondicionamiento y adquisición NA33.

El chequeo de la pos-amplificación se realizará a ganancias de 2.0 y de 9.988 para una misma tensión de 0.004(V).

Si la pos-amplificación funciona correctamente el voltaje medido debe ser el mismo que la tensión nominal de entrada.

Ganancia	Valor nominal (V)	Límite superior (V)	Límite inferior (V)
2	0.004	0.0045	0.0035
9.988	0.004	0.00408	0.00399

Tabla 8: post-amplificación.

El control de la pos-amplificación se realiza mediante la función `.checkOutputAmplifier(p1,p2,p3,p4)`, donde los parámetros significan: ganancia de salida, resultado de la tensión después de la amplificación, límite superior de aceptación y límite inferior de aceptación.

h. Estudio de la sensibilidad transversal.

Con esta prueba se trata de ver la interacción de un canal con los demás, siendo este resultado recíproco entre cada pareja de canales.

En un canal se introduce una tensión y se mide voltaje en el resto de los canales. La tensión de entrada será de 4.0 (V).

Valor nominal (dB)	Límite superior (dB)	Límite inferior (dB)
-85.000	-85.000	-1000.000

Tabla 9: sensibilidad transversal.

El control de la sensibilidad transversal se realiza mediante el comando `.CheckChannelCrosstalk(p1,p2,p3,p4)`, donde los parámetros significan: número del canal a comprobar, mínima atenuación en unidades de decibelios, amplitud de la tensión en voltios y cada uno de los canales que medir.

i. Calibración dinámica o chequeo del filtro antialiasing.

Se selecciona una señal senoidal de amplitud y frecuencia específicas ($1(V_p)$ y $1650(Hz)$), de tal manera que ésta sea la entrada al equipo de adquisición y acondicionamiento para cada uno de los canales. De esta manera podremos comprobar la atenuación que produce el filtro antialiasing en la señal adquirida.

Para medir esta atenuación se hará una adquisición de la onda patrón, a continuación, se detectarán los máximos y los mínimos haciendo una media de cada uno de los dos y con la fórmula que se muestra a continuación se evaluará la atenuación producida.

$$\text{atenuación} = 20 * \log\left(\frac{(\text{max} - \text{min})}{V_{PP}}\right)$$

max: máximo.

min: mínimo.

V_{PP} : tensión de pico a pico de la onda patrón. En este caso será de $2(V)$.

Frecuencia y amplitud de la onda patrón	Filtro antialiasing
1 (V_p) y 1650 (Hz)	No seleccionable. La mitad de la frecuencia de adquisición.

Tabla 10: filtro antialiasing.

Valor nominal (dB)	Limite superior (dB)	Limite inferior (dB)
-3.000	0.000	-4.000

Tabla 11: validez filtro antialiasing.

La calibración dinámica se controla con la función

`.CheckFilter(p1,p2,p3,p4):`

p1: frecuencia (1650)

p2: atenuación máxima dB (-4).

p3: amplitud de onda (1).

p4: pointer to Project interface
(workspace.CurrentProject)

j. Calibración de la base de tiempos.

Se tratará de medir el error temporal mediante la introducción de una señal senoidal de frecuencia conocida, comprobando la duración del periodo.

La señal será una onda seno de frecuencia 100(Hz) y 1.0 (V_p).

Valor nominal (ms)	Limite superior (ms)	Limite inferior (ms)
10.000	10.500	9.500

Tabla 12: validez base de tiempos.

La comprobación del tiempo se realiza con el comando `.CheckTime(p1,p2,p3,p4,p5,p6)`, donde los parámetros significan: tipo de señal de entrada (p1=0, senoidal), frecuencia de la señal en hercios (p2), tensión de la señal de entrada (p3), límite superior de aceptación en la medición del tiempo (p4), límite inferior de aceptación en la medición del tiempo (p5) y canal a comprobar (p6).

k. Comprobación de la relación de rechazo en modo común.

Se trata de verificar el parámetro CMRR del amplificador de cada canal analógico. La tarjeta de calibración mide la señal en todos los canales y calcula la atenuación. Esta atenuación debe ser menor que el límite de atenuación mínimo.

Valor nominal (dB)	Limite superior (dB)	Limite inferior (dB)
-85.000	-50.000	-1000.000

Tabla 13: validez CMRR.

Esta comprobación se realiza mediante el comando *.CheckCommonModeRejectionRatio(p1,p2,p3,p4)*, donde: selección de la ganancia (1), límite superior de aceptación, tensión de la señal de entrada (4V) y canal a medir respectivamente.

I. Comprobación de la saturación en la alimentación.

Se comprueba la capacidad de detección de saturación en la alimentación al puente. La tarjeta de calibración crea un cortocircuito en la alimentación al puente de cada canal analógico y el software correspondiente chequea si es capaz de detectarlo.

El control se realizará mediante el comando *.CheckOverloadDisplay(p1)*, donde *p1* es la tensión nominal a comprobar.

Para que el equipo muestre un correcto funcionamiento frente a una detección de saturación en la alimentación debe medir el valor de 0(V), sin posibilidad de un intervalo de aceptación.

m. Comprobación del interruptor de shunt.

Con esta comprobación se verifica el correcto funcionamiento del contacto de shunt. Este contacto tiene tres posiciones:

-Voltaje de alimentación positivo (Vpos).

-Posición de 'OFF'.

-Voltaje de alimentación negativo (Vneg).

La comprobación se basa en poner a prueba las tres posiciones. Se dará por buena esta prueba si todos los valores son los correctos en las tres posiciones.

Condiciones	Valor nominal (dB)	Limite superior (dB)	Limite inferior (dB)
Excitación positiva	2.500	2.550	2.450
Línea de shunt desconectada	0.000	0.050	-0.050
Excitación negativa	-2.500	-2.450	-2.550

Tabla 14: shunt.

La comprobación se realizará mediante el comando `.CheckShuntInput(p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,p9)`, donde p1 es la tensión nominal en la posición de alimentación positiva, p2 es el límite superior de aceptación, p3 es el límite inferior de aceptación, p4 es la tensión nominal en la posición de OFF, p5 es el límite superior de aceptación, p6 es el límite inferior de aceptación, p7 es la tensión nominal en la posición de alimentación negativo, p8 es el límite superior de aceptación y por último p9 es el límite inferior de aceptación.

3. Calibración de las tarjetas digitales

Todas las pruebas y toma de medidas se realizarán automáticamente mediante la ejecución de un procedimiento diseñado a recomendación del fabricante del equipo.

La verificación de este tipo de tarjetas consiste en:

- a. Comprobación del estado de la alimentación de las entradas digitales.

La tarjeta de calibración comprobará el estado de la alimentación que las entradas digitales son capaces de proporcionar.

Cuando se simula una resistencia de carga 0Ω , realmente se está comprobando la capacidad de detección de sobrecarga del equipo.

Valor de la resistencia (Ω)	Resultados
200	[11,13](V)

Tabla 15: estado de alimentación al puente de sensores.

Esta comprobación se hará mediante la ejecución del comando *.MeasureExcitationVoltage(p1,p2,p3,p4)*, donde los parámetros significan: carga en ohmios, valor nominal de la excitación de 12 V, límite superior de aceptación y límite inferior de aceptación respectivamente.

- b. Comprobación del correcto funcionamiento de la visualización de error por sobrecarga.

Result=Calfunctions.CheckOverloadDisplay(V1) donde V1 es el voltaje de alimentación que en este caso son 12 V.

- c. Comprobación del correcto funcionamiento del trigger, de paso alto a bajo y viceversa en las entradas digitales.

Para cada entrada digital se simulará el cambio de nivel del/los trigger/s mediante una variable binaria.

La comprobación del cambio de nivel del/los trigger se realizará mediante la ejecución de la función *.CheckDigitalInput()*.

- d. Comprobación de la sensibilidad de las salidas digitales a una resistencia aproximadamente.

Con esta prueba la tarjeta de calibración comprobará la capacidad de las salidas digitales para detectar un posible disparo por medio de la detección de una resistencia. Para este test se conectará el cable especial que contiene una resistencia de 5Ω que simulará un módulo de air-bag conectado.

La comprobación de la sensibilidad de cada canal de salida digital a un determinado valor de resistencia se hará por medio de la ejecución de la instrucción *.CheckResistanceSensing()*.

- e. Medición del tiempo de decaimiento de la tensión de las salidas digitales.

Se trata de simular un posible disparo en las salidas digitales y con ello medir el tiempo de decaimiento de una señal RC.

Valor nominal (ms)	Limite superior (ms)	Limite inferior (ms)
8.000	11.000	6.000

Tabla 16: tiempo de decaimiento.

Esta comprobación se hará por medio de la ejecución *.CheckOutput(p1,p2,p3,p4,p5)*, donde los parámetros son:

V1: tipo de test (AC=1, DC=2, time=3). En este caso 3.

V2: tiempo de muestreo (0.025ms).

V3: valor nominal del test (8ms).

V4: límite superior (11ms)..

V5: límite inferior (6ms)

3.2.3. Validez de los resultados

Se considerará válida una calibración si:

-Las conexiones pertinentes son las adecuadas al comienzo de la calibración.

-Las condiciones ambientales son las especificadas.

-Las últimas operaciones de calibración o verificación de los equipos que intervienen han resultado aptos.

Como hemos visto en las tablas anteriores se han detallado las tolerancias o valores límites para los cuales se considera que el equipo de acondicionamiento y adquisición NA33 está dentro de especificaciones y no requiere ajuste. Cuando alguna medida se salga de las tolerancias será necesario evaluar si afecta a su uso habitual debiendo especificarlo en su carta de calibración correspondiente.

3.2.4. Intervalo de calibración

Dada la alta estabilidad de estos equipos de acondicionamiento y adquisición, el periodo de recalibración seleccionado es de 12 meses.

3.3. INSTALACIONES PREPARADAS PARA CRASH

Cidaut cuenta con instalaciones preparadas para ensayos tipo vehículo completo y tipo sled donde el sistema de adquisición que se emplea es el NA33. El equipo se dispone onboard, dentro del vehículo o plataforma de reproducción de choque, donde se conectan los sensores encargados de registrar las señales necesarias en el ensayo. Los sensores están provistos de resistencia shunt interna la cual se utiliza para la comprobación del correcto funcionamiento del sensor. A continuación, se

muestran las instalaciones con las que cuenta Cidaut para los dos tipos de ensayo.



Ilustración 33: pista para ensayos de vehículo completo.

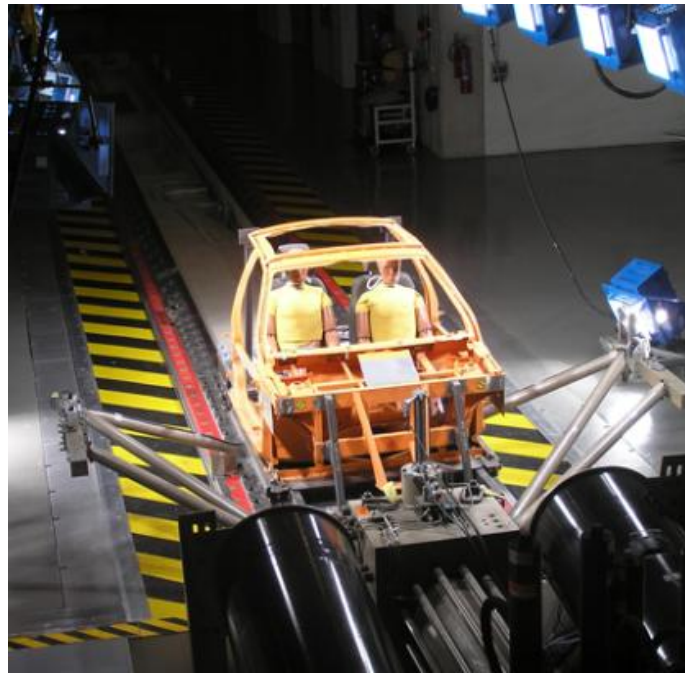


Ilustración 34: pista para ensayos sled.

Para la comunicación entre equipo de adquisición y las instalaciones se utiliza una manguera encargada de transmitir power, red y trigger (Ilustración 38). El power es el encargado del suministro de batería al sistema, aunque disponga de batería recargable esta se reserva en el caso de la existencia de

algún problema durante el ensayo, como puede ser una desconexión. El trigger es la señal digital encargada de dar el tiempo cero al sistema de adquisición y se obtiene a través del cierre de circuito obtenido por pulsador, programación o el contacto producido en la colisión entre el vehículo y el objeto. Además, la manguera se encarga de la transmisión de otras señales importantes en crash, como puede ser el trigger y power de las cámaras.

Dicha manguera es la encargada de comunicación de los datos registrados en el ensayo a través del sistema de adquisición y la sala de control, esto se lleva a cabo a partir de un armario (Ilustración 35) al que llega dicha manguera y el cual distribuye las señales hasta el ordenador de la sala de control.

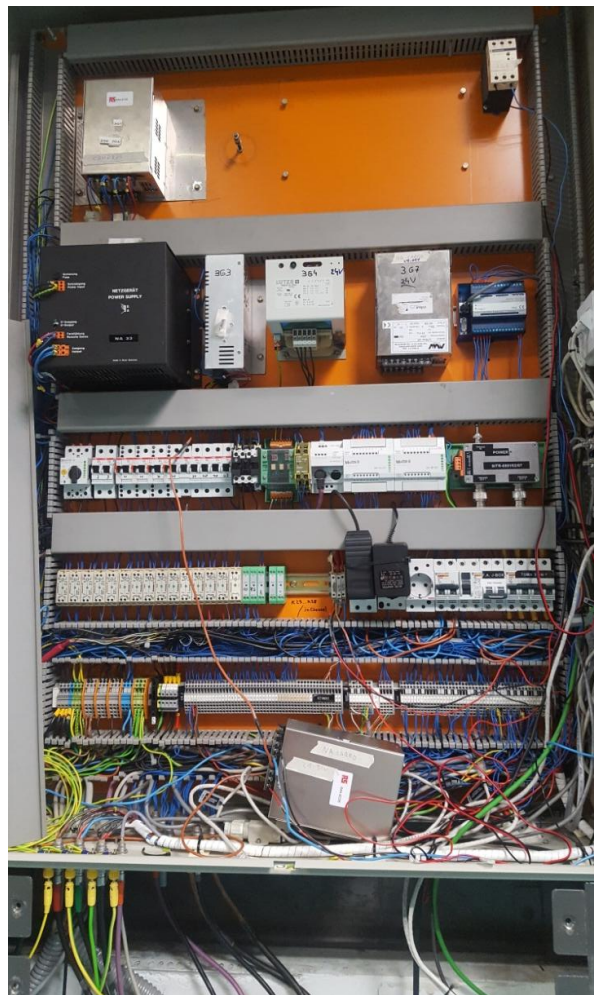


Ilustración 35: armario de comunicación entre el sistema de adquisición y la sala de control.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Además, de dicho armario existe otro de control de la instalación el cual es el encargado de registrar parámetros de ensayo como la velocidad, distancia libre o recorrido. Los datos son comunicados a otro ordenador de la sala de control desde el cual se registran y se modifican los valores a través de un software específico.



Ilustración 36: armario de control de la instalación.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

En la sala de control además de los ordenadores de control de instalación y equipo de adquisición, existe otro de control de cámaras. El conjunto de estos ordenadores están interconectados para el registro de datos en sincronía.



Ilustración 37: sala de control.

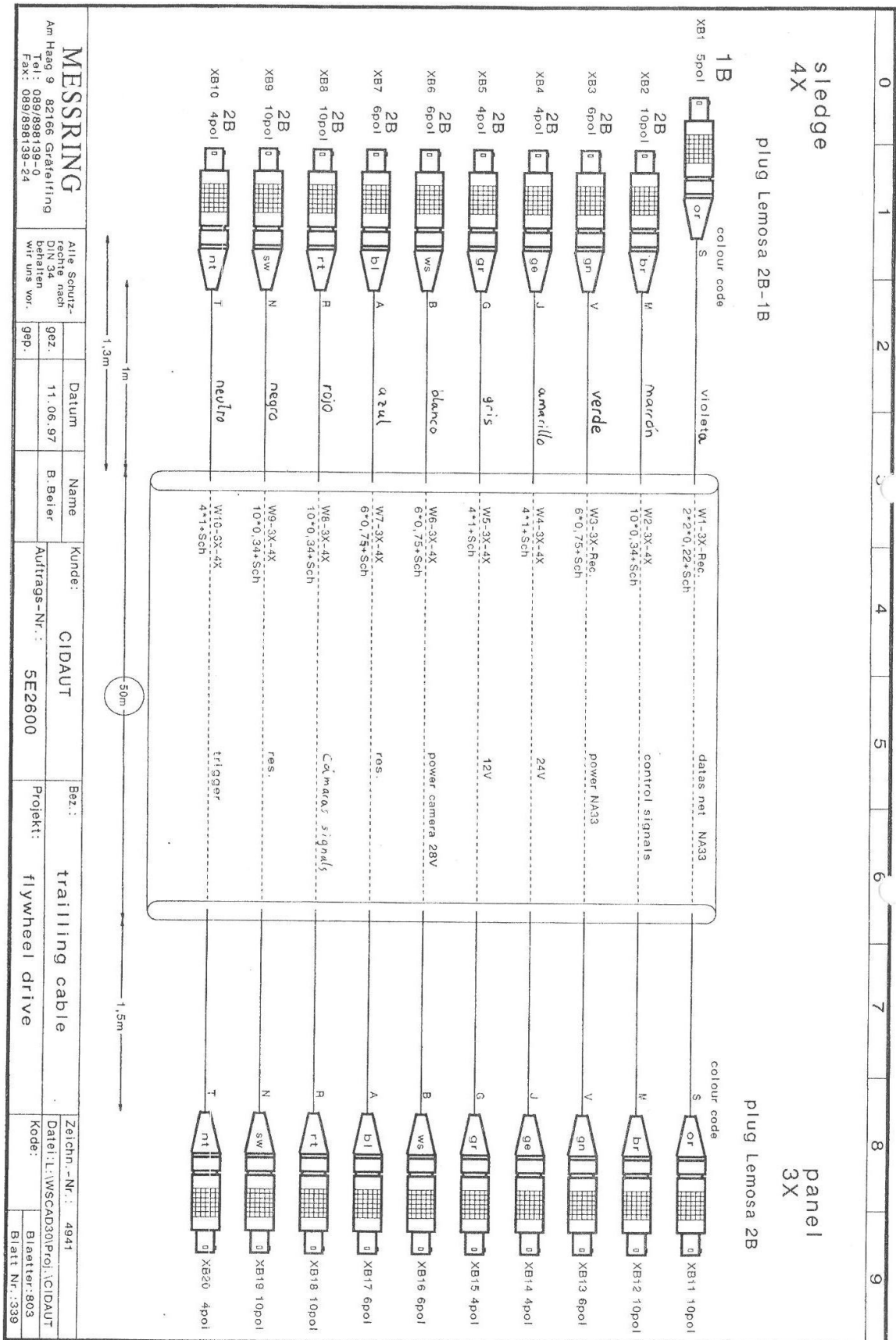


Ilustración 38: esquema de las señales transmitidas por la manguera de la instalación.

4. NUEVO SISTEMA DE ADQUISICIÓN: M-BUS PRO

4.1. INTRODUCCIÓN

Se compran dos sistemas MBUS Pro debido a que es un sistema novedoso, más preciso y presenta mayor flexibilidad respecto a la configuración de los ensayos. Además, se evita la problemática con otros tipos de sistemas de otros proveedores, ya que, el equipo de adquisición actual, NA33, pertenece al mismo fabricante, Messring, y esto conlleva la existencia de similitudes de funcionamiento y características de ambos. El nuevo sistema utiliza el mismo software, por lo que no son necesarias nuevas licencias y se evita el tiempo de adaptación y aprendizaje de uno nuevo. Teniendo en cuenta estos y otros factores como el económico, finalmente se decide que este sistema será la mejor opción para Cidaut.

Al pertenecer al mismo fabricante el estudio del proceso de calibración del nuevo sistema se basa en el proceso realizado para el NA33, por tanto, es necesario conocer el funcionamiento de ambos equipos, así como las diferencias que presentan, para adaptar dicho proceso y sus parámetros a la nueva calibración.

El equipo MBus Pro no tiene opción de sistema de calibración, como la tarjeta del NA33, por lo que las únicas opciones para realizar la calibración internamente son: utilizar dicha tarjeta (al tratarse del mismo fabricante y ser dos equipos semejantes puede resultar apta) o en el caso de no ser posible, calibrar de forma manual.

El nuevo sistema de adquisición se usará junto al actual de forma paralela, ambos sistemas coexistirán hasta que el actual deba retirarse por desgaste o por resultado de una calibración no apta.



M-BUS Pro Data Acquisition System

Ilustración 39: equipo MBUS Pro

4.2. DESCRIPCIÓN

- El equipo MBUS Pro, al igual que el NA33, es un sistema de adquisición y acondicionamiento onboard para aplicaciones en ensayos de crash. Ambos sistemas son modulares, cuyos funcionamientos son semejantes, pero existen diferencias a tener en cuenta.
- El M=BUS Pro está controlado por una Gateway, la cual está conectada al trigger, power y estación de trabajo. Sus principales componentes son:
 - Capacidad para 11 tarjetas (digitales o analógicas).
 - Terminadores.
 - Gateway.
 - FAM. Unidad de disparo y medición.

- Soporte físico. Consiste en una armadura que permite fijar los módulos del MBus Pro mediante pasadores. Este soporte ha sido diseñado internamente en Cidaut, ya que, el rack del fabricante era longitudinal y no se consideró la forma más

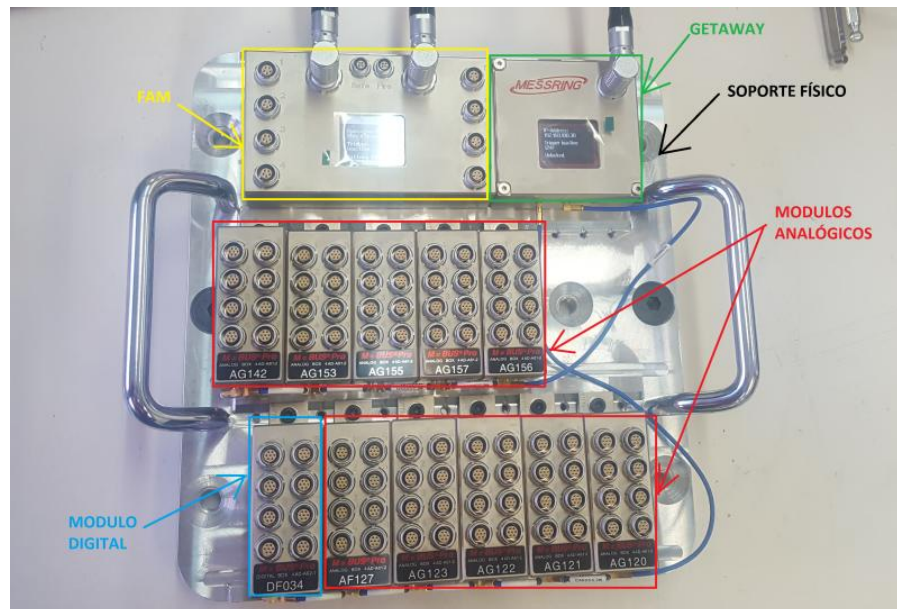


Ilustración 40: configuración MBUS.

eficiente para procesos onboard debido al reducido espacio que se dispone en ensayos de crash y sled (sistema de simulación de crashes).

- En este sistema no existe tarjeta power, convertidora o controladora como tal, cada bus se comunican con la Gateway a través de un cable compuesto por el trigger, power y Ethernet. Los módulos están formados por su propia batería interna y su controladora.
- El sistema está diseñado para soportar altas aceleraciones de más de 1.000g que pueden ocurrir durante dichas pruebas donde el sistema va a bordo del objeto a ensayar.
- Las unidades MBus Pro están diseñadas para trabajar con galgas de deformación y sensores piezorresistivos.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

- Rango de temperatura: 0-50 C° y rango de humedad: 10-70% RH.
- Las señales digitales se pueden registrar fácilmente y las airbags se pueden implementar para un instante deseado mediante el trigger bus.
- Excitación a sensores de resistencias mayores a 200Ω. Por debajo de este valor el sistema pueden sufrir sobrecargas.
- Respecto a la ganancia existen diferencias notables entre NA33 y el nuevo equipo, ya que, el nuevo sistema contiene menos niveles de dicha ganancia, por esta razón el nuevo equipo tomará el valor inmediatamente superior, es decir, el rango real será mayor. El inconveniente de esto es que al aumentar el rango, se reserva más espacio de memoria en el MBus que en el NA33 y por tanto, se tendrá menos resolución.

FAM BOX

- Conexión coaxial para dar soporte a la señal de trigger, Ethernet y power.

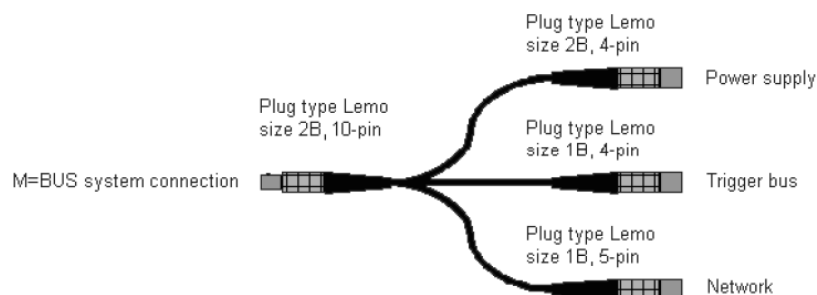


Ilustración 41: conexión coaxial.

- Conexión Ethernet a 100 Mbits/s.
- Programación simple a través de CrashSoft o Web-Interface.
- Unidad de medida y disparo de 8 canales utilizados para el accionamiento de equipos pirotécnicos como airbags y pretensores de cinturones.

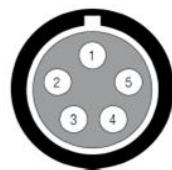
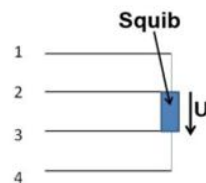


Figure 4: Socket, ignition channel 1 ... 8

Pin	Description
1	Fire In / Out -
2	Fire Sense -: Sense line to the - connection of the ignition tablet to measure the ignition voltage.
3	Fire Out + : + connection of the ignition tablet
4	Fire Sense+ -: Sense line to the + connection of the ignition tablet (to measure the ignition voltage)
5	Fire In +



Pin	Description
1	Fire In / Out -
2	Fire Sense -: Sense line to the - connection of the ignition tablet (to measure the ignition voltage)
3	Fire Out + : + connection of the ignition tablet
4	Fire Sense+ -: Sense line to the + connection of the ignition tablet (to measure the ignition voltage)
5	Fire In +

Ilustración 42: configuración del lemo en los canales de salida.

- Contiene 8 temporizadores programables de forma independiente.
- Tiempo de disparo ajustable de 0.1 ms a 65.5 s en intervalos de 0.01 ms.
- Corriente de disparo ajustable. El tiempo de disparo depende de la intensidad seleccionada y la resistencia conectada como se muestra en la siguiente ilustración:

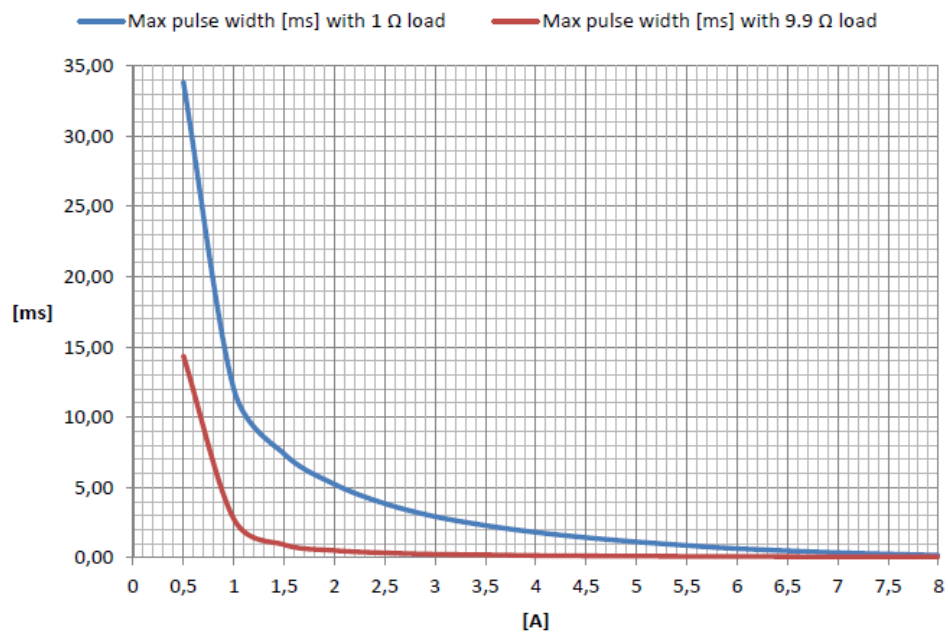


Ilustración 43: corriente de disparo.

NOTA: Con una resistencia de 1Ω si se limita la intensidad a 2 A (lo recomendado por el fabricante) se mantendrá la señal durante 5ms. Se aconseja evitar la zona “plana”, ya que, con intensidades demasiado altas los tiempos de descarga serán tan bajos que podrían no llegar a disparar. Un airbag estándar se encuentra en torno a 2Ω por lo que si se limita a 2 A se disparará aproximadamente a 5 ms.

- 16 frecuencias de disparo en corriente continua entre 4.88 KHz y 160 KHz (12Vpp).
- Medida de la corriente de disparo y voltaje a 400 KHz con una resolución de 16 bits.
- Registro de datos durante 300 ms (60 pre-trigger y 240 post-trigger).
- Sistema de copia de seguridad con batería interna.

- Pantalla donde se muestra el estado del equipo:

Device information:

- Dirección IP.
- Subnet Mask.
- Número de serie.

System information:

- Temperatura del equipo (entorno a 40°C).
- Hora y fecha.

Device status:

- Modo de operación (Fire & Measurement).
- Estado del trigger.
- Estado de la batería (Voltios).

Mensaje: Danger cuando se encuentra armado a la espera de trigger.

Display	FAM box status
...downloading	Measuring data is being transmitted from the FAM box
Download O.K!	Measuring data has been successfully transmitted from the FAM box
Download failed! Please try again!	A transmission error occurred during the transmission of the measuring data.
Fire & Measurement	
fire/measure	The connected gas generators are ignited by the FAM box. Ignition current and ignition voltage are measured.
fire	The connected gas generators are ignited by the FAM box. Ignition current and ignition voltage are NOT measured.
measure	Only ignition current and ignition voltage are measured. The connected propelling charges are NOT ignited via the FAM box. The ignition voltage is supplied externally, via pin 5 of the ignition channel socket.

Ilustración 44: mensajes del estado de la FAM.

Ignition settings:

-Verde: conexión correcta.

-Roja: error de conexión o corto circuito.

-DC: corriente continua.

- AG: corriente alterna.

- Safety pin: puede colocarse en dos posiciones: safe y fire. Cuando se encuentra colocado en la posición safe, la energía de disparo se encuentra bloqueada.

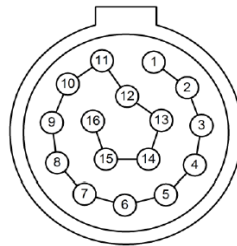
Gateway

La Ethernet Gateway es un sistema de comunicación estándar con buses y se aplica directamente en el objeto de prueba.

- Soporte de 3 M=BUS (posibilidad de 6) con hasta 32 participantes cada una.
- Caja de aluminio reforzado.
- Consumo bajo de corriente.
- El MBUS conecta los módulos de los buses a través de una conexión en cadena con un cable coaxial para dar soporte a los M=BUS Loggers, power y señal de trigger que recibe de la FAM.
- Alimentación de entre 18 y 22V (compatible con NA33).
- Sistema de copia de seguridad con batería interna. El equipo MBUS está equipada con un sistema de seguridad que se activa automáticamente en caso de desconexión del cable de suministro. El

disparador del sistema se registra y se almacena en una memoria no volátil.

- Conexión con la FAM.



Pin	Description
1	Network TX+
2	Network TX-
3	Network RX+
4	Network RX-
5	Trigger 5 V / 120 mA
6	Trigger Signal B
7	Trigger Signal A
8	Trigger Isolated Ground
9	485 A
10	485 B
11	Supply +22 V
12	Supply +22 V
13	Supply +22 V
14	Ground
15	Ground
16	Ground

Ilustración 45: Conexión GATEWAY-FAM.

- Pantalla donde se muestra el estado del equipo:
 - Dirección IP.
 - Netmask.
 - Estado de la Getaway.
 - Estado del trigger.
 - Locked to.
 - La pantalla OLED integrada muestra el estado y voltaje de alimentación de las líneas M = BUS.
 - Número de loggers detectados.
 - Número de logger detectados +TNF (no detecta terminador).
 - X cuando no detecta M=BUS.

- Ideal en los buses 3,4 y 5 (buses no en uso).



Ilustración 46: pantalla Gateway.

- También otorga una comunicación bidireccional entre Gateway y Logger que permite un fácil control mediante la herramienta de software M = BUS suministrada.
- Una memoria de datos local no volátil de 2 MByte se puede utilizar como almacenamiento y se puede configurar como dispositivo de registro para la comunicación.
- Trigger bus: utiliza un bus RS485, ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (10 Mbit/s hasta 12 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que, el par trenzado reduce los ruidos que se inducen en la línea de transmisión. Este bus puede utilizar distintos sistemas para el cierre del circuito: switch, optoacoplador (dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo LED) o un TTL(tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales donde los elementos de entrada y salida del dispositivo son transistores bipolares y normalmente alimentan entorno a 5V). Compatible con NA33.

Terminadores

- Comprueba el estado del bus y la calidad de la señal durante la adquisición de datos.
- El M = BUS Pro Terminador es el último elemento en cada línea de bus.
- Termina la línea de alta frecuencia y responde a la finalización del BUS a la Getaway.
- Conexión con el M=BUS de tipo MMCX.
- Se colocado debajo del último módulo del M=BUS.
- Aluminio reforzado.

Tarjetas analógicas

- Diseñado para adquirir señales de transductores resistivos o activos a través de conectores lemo con protección contra sobretensión o cortocircuito.
- Los módulos ANALOG DAS son unidades independientes de 8 canales con una interfaz programable para adaptar toda la gama de sensores existentes. Su conector lemo (en el módulo) se muestra a continuación:



Pin	Description
1	Positive excitation (+5 V)
2	Negative excitation (GND)
3	Positive sensor input
4	Negative sensor input
5	-50 V ... +50 V input
6	ID-module
7	Not connected

The socket housing is connected to ground

Ilustración 47: configuración del lemo en un canal analógico.

- ANALOG DAS está equipado con una memoria flash de 4 GB y un sistema de seguridad que se activa automáticamente en caso de rotura del cable.
- Sistema de copia de seguridad con batería interna. Tiempo de carga de 20 minutos.
- Resolución de 16 bits.
- Frecuencia de muestreo de 20 o 100 kHz.
- 3 horas de tiempo de grabación con 8 canales a 20 kHz.
- Módulo ID tipo Dallas a través de un pin independiente.
- Resistencias shunt internas (en los NA33 venía provista en el sensor) que pueden conectarse a la tensión de excitación positiva y tierra para cada canal.
- Ajuste de offset de 0 a 5V.
- Semipuente de resistencias que pueden conectarse a la tensión de excitación positiva o tierra para cada canal.
- Conector M=BUS tipo MMCX.
- Filtro anti-aliasing (2.5 KHz a 20KHz /12.5 KHz a 100KHz y passband ripple de 0.1 dB).

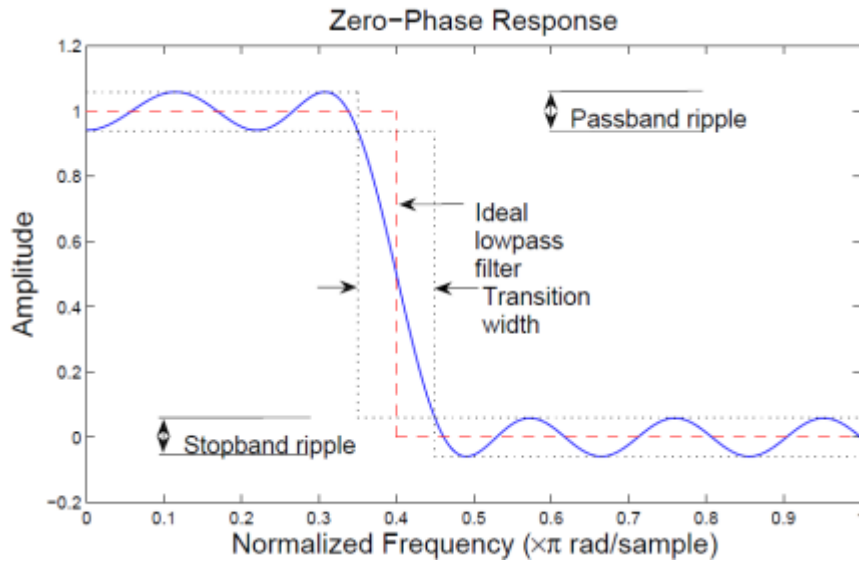
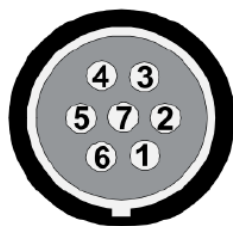


Ilustración 48: parámetros filtro anti-aliasing.

Tarjeta digital

- Módulo de 16 canales (2 por lemo) para la adquisición de señales digitales tales como triggers o interruptores por contacto programables individualmente.



Pin	Description
1	Positive excitation (+5 V)
2	Negative excitation (GND)
3	Dig. INA (+5 V)
4	Dig. INB (+15 V)
5	ID-module
6	Not connected
7	Not connected

The socket housing is connected to ground

Ilustración 49: configuración del lemo en un canal digital.

- Los 16 canales de este módulo están emparejados en 8 grupos (2 canales por conector LEMO).
- La velocidad de muestreo se puede programar hasta 1000 kHz con resolución de 1 bit y de 100kHz con 12 bits. (En señales de 1 bit queremos la mayor rapidez de respuesta, lo importante es conocer

cuándo se produce el contacto, pero hay que tener en cuenta que si no es un sensor muy estable existen picos que pueden disparar la señal).

- Alimentación: 0-5V y 0-15V (voltaje de protección a 48V).
- Módulo ID a través de un pin independiente.
- El módulo M = BUS Pro Digital está equipado con un sistema de copia de seguridad que se activa automáticamente en caso de rotura del cable.
- Digital DAS está equipado con una memoria no volátil de 4 GB (carga de batería durante 20 minutos).
- 1.5 horas de tiempo de grabación con 16 canales a 20 kHz.
- El módulo Digital DAS también puede adquirir señales analógicas unipolares (para un voltaje dado se representa con un 1 si se sobrepasa y con un 0 si está por debajo) con una resolución de 12 bits.
- El canal 1 del módulo digital proporciona una tensión auxiliar de 12 V y, por lo tanto, permite el suministro a fotocélulas u otros dispositivos. Por ejemplo, en sensores de presión específicos para crashes laterales se necesita un mayor suministro de voltios, normalmente se conecta al coche pero de esta forma no se puede medir la corriente de alimentación directamente.

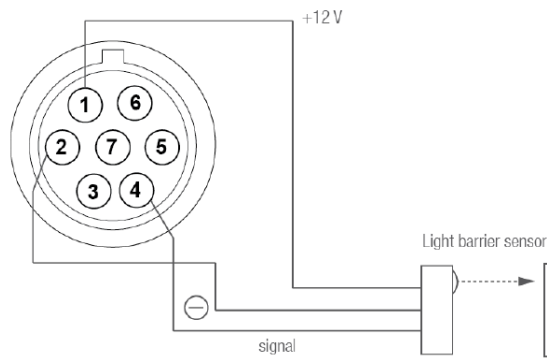


Ilustración 50: configuración del lemo en el canal 1 digital.

4.3. COMPARATIVA SISTEMAS MBUS PRO Y NA33

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las diferencias principales que hay que tener en cuenta para diseñar dicho proceso:

	NA33	MBUS PRO
Safety pin	No	Si
Shunt	Si	No
ID	No	Dallas
Trigger	Analógico (4 pines) Digital Externo	Externo (5pines)
Frecuencia de muestreo	20Hz	20/100Hz
Excitación	10/5V	5V
High voltaje (entradas analógicas)	No	Si
Entrada digital, V _{mín}	2.3V	Programable
Ajuste offset	3V	5V
Ganancia	1-10.000V en 14.744	1-2.000 en 13

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

	pasos	pasos
Entradas digitales, Vexcitación	Canal 1-8: 12V	Canal 1: 12V Canal 2-8: 5V
Entradas digitales, V medida	Señal A: 12V Señal B: 12V	Señal A: 5V Señal B: 15V
Salidas digitales	Tarjeta digital (2 pines)	FAM BOX (5 pines)
Corriente de disparo (Salidas digitales)	8A durante 2ms	Programable
Frecuencia de adquisición en salidas digitales	No medida	400 Hz

Tabla 17: Tabla resumen, diferencias entre NA33 y MBUS Pro.

En conclusión, el nuevo sistema presenta muchas diferencias y ventajas frente al sistema NA33: la instalación de chip ID Dallas conlleva un gran ahorro de tiempo en la preparación de ensayos y reduce la posibilidad de error, el equipo da la posibilidad de medir voltaje y corriente de disparo, al mismo tiempo, dicha corriente es configurable y el umbral de entradas digitales es programable.

Además, de estas características presenta una ventaja importante en este tipo de ensayos, el peso del equipo es aproximadamente la mitad al del equipo actual y es capaz de soportar mayores rangos de aceleraciones.

5. DESARROLLO

5.1. CONFIGURACIÓN M=BUS PRO

A la llegada del equipo, se revisan los componentes y su estado y se procede al estudio de una buena configuración para su uso, ya que, se utilizará un soporte distinto al del fabricante debido a condiciones de optimización de espacio en ensayos de crash. El soporte se ha diseñado internamente en Cidaut.

Se prueban distintas configuraciones, las cuales tienen que cumplir una serie de especificaciones:

- Las conexiones deben ser seguras y estar colocadas en la dirección de aceleración del crash.
- Las conexiones con los buses deben de ser lo más accesible posible, para una conexión y desconexión cuidadosa y así no deteriorar el equipo en las actividades diarias.
- Buena sujeción de los módulos al soporte.
- Canales libres para fáciles conexiones.
- Display de FAM y Getaway, y leds de buses despejados para su visualización.

Atendiendo estas consideraciones se disponen dos configuraciones posibles que se muestran a continuación:

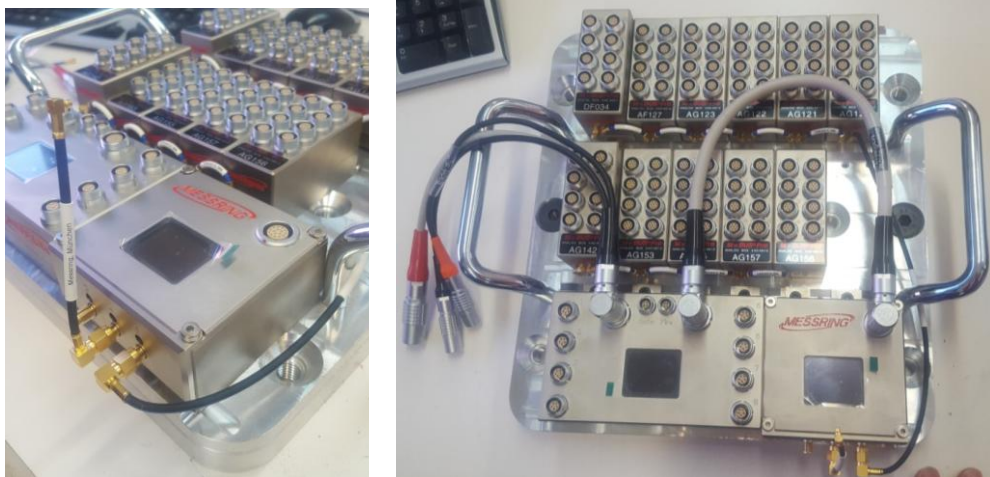


Ilustración 51: configuración 1 MBUS.



Ilustración 52: configuración 2 MBUS.

Como observamos en las primeras ilustraciones (Ilustración 51), esa no es una buena disposición del equipo, ya que, los cables de la FAM y Getaway incomodan las conexiones con los transductores, por esta razón se opta por la disposición de la Ilustración 52.

Una vez colocados y asegurados los componentes en esta configuración se observan las conexiones pertinentes y se ve necesario requerir líneas de buses más largas porque las recibidas están pensadas para un soporte longitudinal y no son suficientes. Además, se piden cables coaxiales de la FAM y Getaway para un menor obstáculo para la conexión con el resto de módulos.

Se solicitan cables roscados (dichos cables presentan una rosca en la conexión con el equipo) debido a que la conexión de dummies se realiza de forma diaria y este tipo de cables tienen una vida útil mayor que la de los cables de anclaje que acompañaban al sistema (la Getaway contiene una placa para la adaptación de cables roscados).

La configuración elegida utiliza un soporte diseñado internamente de manera que optimice el espacio, permite la fácil accesibilidad a las conexiones y módulos y la visualización de pantallas y luces de dichas tarjetas.

5.2. INICIALIZACIÓN M=BUS PRO

- 1) Disposición del M=BUS Pro.
- 2) Configurar M = BUS Pro usando CrashSoft 3.
- 3) Todos los sensores deben definirse en la base de datos de CrashSoft 3.
- 4) Conectar los sensores deseados.
- 5) Conectarse a la red.
- 6) Encender, conectar la alimentación. Al mismo tiempo las baterías internas se cargan.
- 7) Conectar el trigger y comprobar la conexión.
- 8) Iniciar el paquete CrashSoft 3 en un PC / Notebook / o estación de trabajo que esté conectada a la misma red.
- 9) Seguir las instrucciones proporcionadas en la pantalla.
- 10) Descargar los datos al PC y realizar el análisis necesario. Después de la descarga de datos, CrashSoft 3 iniciará automáticamente la ventana de ANALYSIS por sí mismo.
- 11) Apagar, el sistema se apaga desconectando el cable de alimentación.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Al realizar los primeros escaneos del nuevo sistema de adquisición se detectan algunos aspectos a tener en cuenta.

- Error de comunicación: problemas en el bus 0, solo se detectan 4 módulos cuando deberían ser 7 (6+terminador) o se tarda demasiado tiempo en escanear dicho módulo.

Bus	Colocación	Logger	Nota
0	1	AG120	
0	2	AG121	
0	3	AG122	
0	4	AG123	
0	5	AF127	Menor frecuencia de parpadeo del led
0	6	DF034	Menor frecuencia de parpadeo del led
0	7	TERMINADOR	
1	1	AG156	
1	2	AG157	
1	3	AG155	
1	4	AG153	
1	5	AG142	
1	6	TERMINADOR	

Tabla 18: configuración MBUS.

Tras varias reuniones con Messring se llega a la conclusión que algunos problemas pueden estar relacionados con el logger AF127, este presenta algunas variaciones respecto al resto debido a que pertenece a otro fabricante de PCB (placa de componentes electrónicos). Para evaluar la comunicación entre los distintos módulos se mide la refracción de cada uno. Este módulo tiene valores de refracción muy altos, en torno a 85 mp, y el resto se encuentran cercanos a los 40 mp. Debido a este

problema de comunicación la frecuencia de parpadeo del módulo AF127 se diferencia del resto. Los leds de los módulos tienen dos estados:

-Luz intermitente (mientras el equipo esté conectado a la batería).

-Luz fija (mientras el equipo se encuentra en grabación de datos).

- Selección del sistema de adquisición conjunto: no existe un sistema conjunto M=BUS Pro nombrado en el software como en el caso del NA33.

Existe una herramienta para la agrupación de los distintos módulos en un sistema conjunto pero que no se guarda para futuros ensayos. Se plantea como una futura mejora en el software.

- Temperatura de la Gateway muy alta. La temperatura estándar debe estar entorno a 40°C.
- Tiempo de descarga de datos de la FAM alto. Debido a las altas frecuencias de muestreo de hasta 400 KHz.
- Tiempo de espera del trigger.
- Aviso tiempo de disparo de 0,01 ms como mínimo.
- Diferentes tiempos de inicio al armar. Se debe a la comunicación entre módulos.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Device	Gateway	Bus	Address	Start [s]	End [s]	T0 Mode	T0 [Samples]
AG120	MESSRI...	0	1	-51.21545	1.03495	First trigger	0
AG121	MESSRI...	0	2	-51.1903	1.03495	First trigger	0
AG122	MESSRI...	0	3	-51.16975	1.03495	First trigger	0
AG123	MESSRI...	0	6	-51.14925	1.03495	First trigger	0
AG155	MESSRI...	1	3	-49.79835	1.03495	First trigger	0
AG142	MESSRI...	1	5	-49.75955	1.22695	First trigger	0

Tabla 19: tiempos de grabación.

- Safety pin: en el momento de lanzar un ensayo emerge una ventana la cual se elimina quitando y poniendo dicho pin para continuar.

Opción de utilizar un cable adaptado que controle el interruptor desde la sala de control cuando se requiera quitar y poner dicho pin. El fabricante descarta una solución a partir de software (se estudiará en las próximas generaciones de FAM).

- El voltaje máximo que puede medir la FAM es de 12 V (100.000 KHz). Los canales de disparo de la FAM miden el voltaje y la intensidad de salida.

Se puede modificar algunos parámetros en las salidas digitales como el delay, periodo o intensidad. Son mejores corrientes más bajas en un tiempo más largo. Al limitar la corriente del condensador este tarda más en descargar, siendo suficiente para disparar. Con corrientes más altas durará muy poco y quizá no se llegue a disparar. Se recomienda disparar el airbag con corriente eléctrica constante a 2 A.

- El canal 1 de la FAM presenta una resistencia de 150Ω mientras que la resistencia del resto de canales es mayor de 1000Ω (circuito abierto). Al conectar el pin simulador de resistencia aparentemente no se observa ningún problema en dicho canal.

Device / Board / Channel	Location	Delay	Status
FAM Box FD006			
—Igniter channel 1	13DASH0100AFTI0	0.025 s	Open circuit (150.31 Ohm)
—Igniter channel 2	13DASH0200AFTI0	0.03 s	Open circuit (>1000 Ohm)
—Igniter channel 3	13DASH0300AFTI0	0.035 s	Open circuit (>1000 Ohm)
—Igniter channel 4	10ZERO010000TI0	0.00001 s	Open circuit (>1000 Ohm)
—Igniter channel 5	11STWL0100AFTI0	0.01 s	Open circuit (>1000 Ohm)
—Igniter channel 6	11STWL0200AFTI0	0.015 s	Open circuit (>1000 Ohm)
—Igniter channel 7	11STWL0300AFTI0	0.02 s	Open circuit (>1000 Ohm)
—Igniter channel 8	10ZERO020000TI0	0.005 s	Open circuit (>1000 Ohm)

Tabla 20: canales de disparo.

Atendiendo a estos factores se decidió junto al fabricante mandar a analizar los componentes debido a los problemas de comunicación y revisión del resto de cuestiones planteadas.

Se solucionan los errores expuestos anteriormente y los factores que presentan diferencias frente al sistema actual se tienen en cuenta para la actualización de protocolos y preparación de ensayos.

5.3. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN: M=BUS PRO

Una vez se ha verificado su estado y se ha configurado se continúa con una serie de comprobaciones y pruebas:

Se realizan ensayos en los que se simulan airbags reales a través de resistencias (2.2Ω aproximadamente) para observar el comportamiento de la FAM respecto a tiempos de disparo, medida de corriente y de voltaje. Para ello se conectan las resistencias a los canales de disparo y se hace pasar dicho cable por un amperímetro de inducción que nos medirá la corriente que suministra el equipo en la salida. La señal de dicho sensor se adquirirá por medio del MBus para su posterior comparación. También se realizan una serie de pruebas adquiriendo con el sistema NA33.

Ensayo con duración de descarga de 10 ms (retardo de 30ms) y limitación de corriente de 2 A (la recomendada por el fabricante):

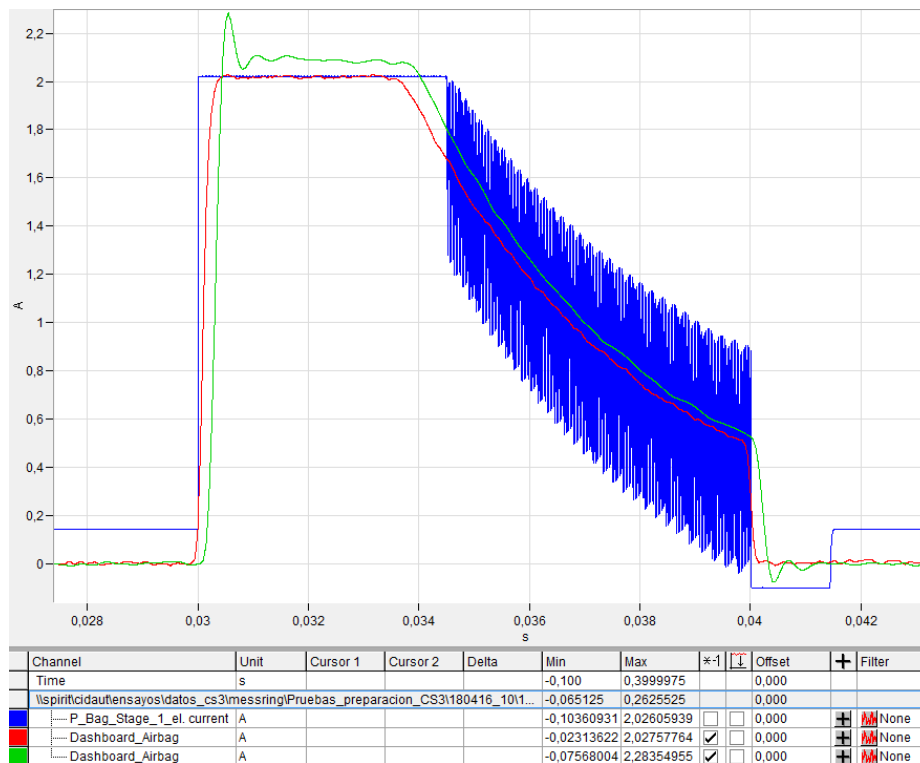


Ilustración 53: comparativa disparo a 2 A.

En la ilustración anterior se puede distinguir las distintas señales de corriente adquiridas:

- Azul: dada por la FAM.
- Verde: adquirida por el MBus.
- Roja: adquirida por el NA33.

Se observa una curva plana en 2 A, esto se debe a la limitación que se ha impuesto sobre la corriente. Por esta razón, se comprueba que se dispone de más energía para aumentar la duración de descarga o la corriente.

Las señales adquiridas con NA33 y MBus son muy similares. La curva adquirida por el MBus muestra un pequeño desvío poco significativo y un

retardo respecto a las otras señales, esto se puede deber a la conexión del trigger. Por otro lado, la señal dada por la FAM muestra un offset inicial que puede hacerse cero por software pero no por hardware.

Prueba a 6 A de amplitud y 10 ms de descarga (retardo de 30ms):

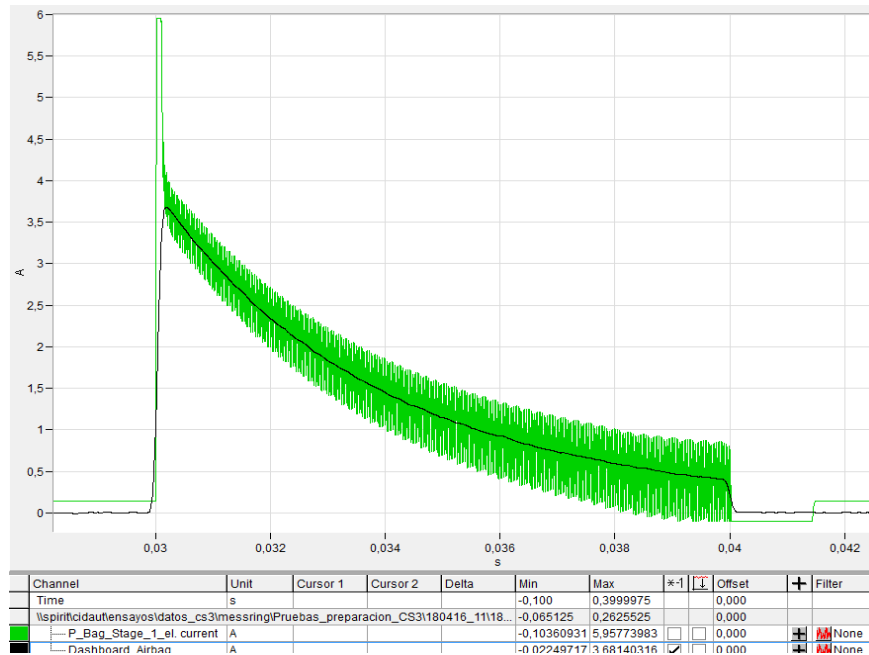


Ilustración 54: comparativa disparo a 6 A.

Como se puede observar en la señal dada por la FAM la corriente llega a 6 A pero en realidad la medida solo alcanza los 3.8 A, además, se manifiesta una oscilación en el decrecimiento. La FAM muestra una señal durante el tiempo señalado pero al final de la descarga la corriente que se mantiene es prácticamente despreciable, esto se debe a que no se ha limitado realmente la corriente. Con ello se ha querido definir el tiempo que puede suministrar corriente a los airbags limitando la corriente a 2 A. Se ha realizado una prueba con un tiempo de descarga de 50 ms.

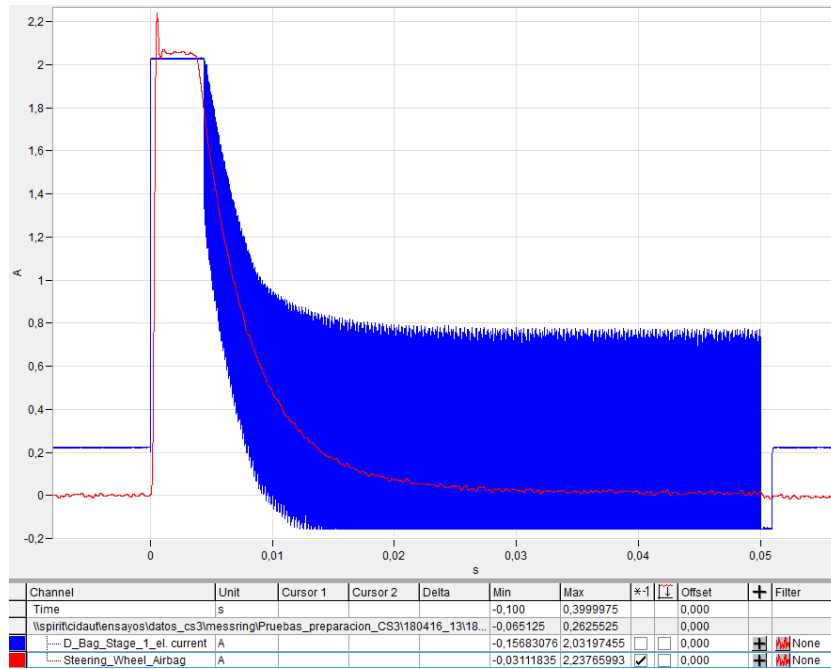


Ilustración 55: comparativa periodo 50 ms.

Como se esperaba al definir un tiempo de descarga tan amplio, la corriente decae demasiado y no es suficiente para disparar. Se puede considerar que a partir de los 10 ms de descarga iniciales la corriente es muy baja, por esta razón se define 10 ms como duración óptimo para el correcto funcionamiento. A continuación, se muestra una comparativa de las distintas señales obtenidas con distintas amplitudes de corriente:

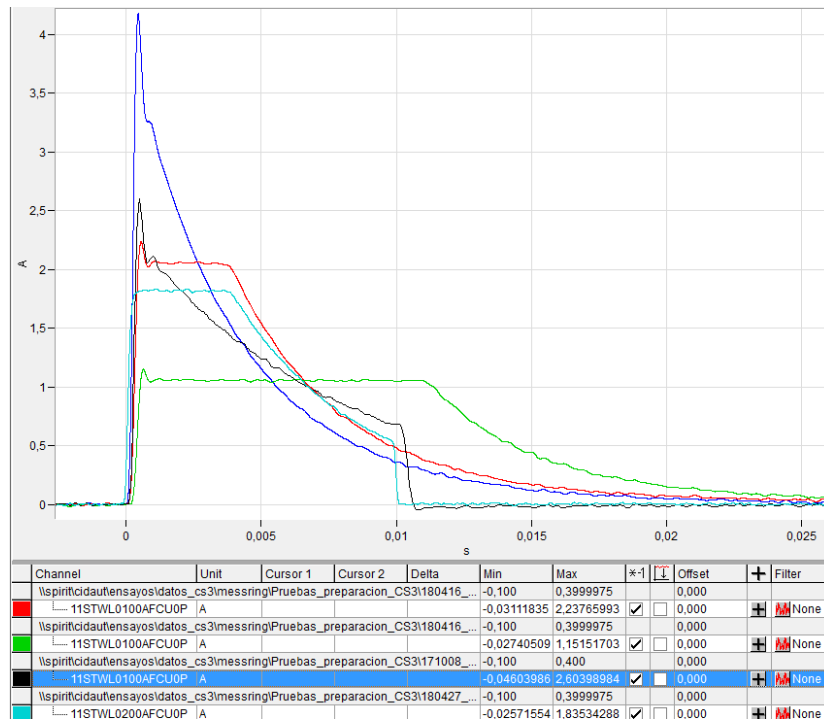


Ilustración 56: comparativa disparo a distintas corrientes.

Como podemos ver en la imagen anterior al limitar la corriente a 1 A el sistema mantiene los amperios, pero este valor puede ser demasiado bajo (gráfica verde). Al dejar sin limitación la corriente, el equipo suministra toda la energía almacenada en los primeros instantes (gráfica azul) alcanzando los 4 A, pero decae rápidamente. Por esta razón la mejor opción será fijar la amplitud entorno a 2 A, además, dicha señal es la más cercana a la obtenida en el sistema NA33 (gráfica negra).

Esta señal será suficiente para disparar un airbag (resistencia entre 1.7Ω y 2.5Ω), ya que, las condiciones de disparo son mayor o igual a 1.2 A durante 2ms.

Después de dicho análisis se pasa a la ejecución de pruebas con airbags reales por lo que el sistema funcionará bajo condiciones de ensayo real.

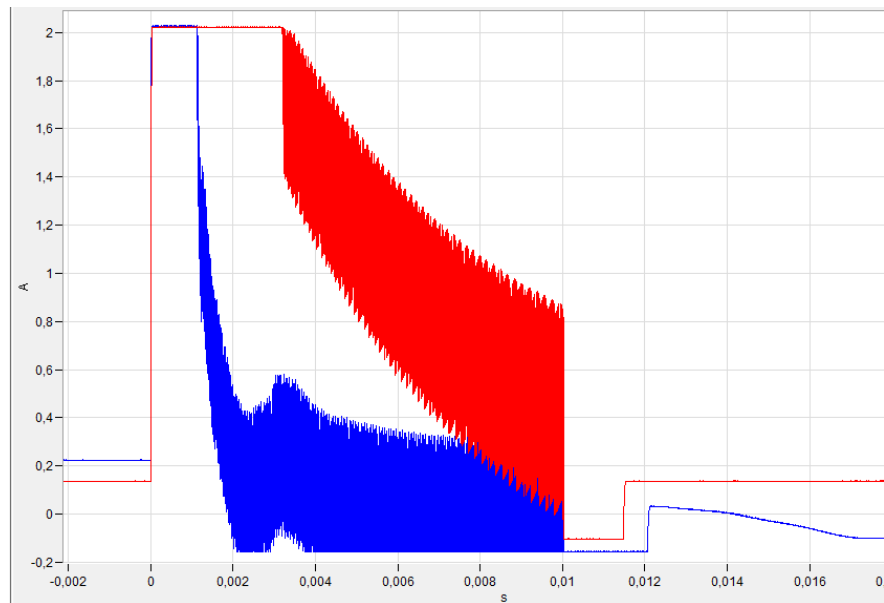


Ilustración 57: medida de la corriente en disparo de airbag real.

Comprobamos que los tiempos de disparo y la amplitud alcanzada son iguales.

Las diferencias existentes entre la corriente de un ensayo real (gráfica azul) y de simulación (gráfica roja) son debidas a que en pruebas reales la resistencia del airbag se desprende en el disparo por lo que el circuito queda abierto, en cambio, las simulaciones se realizan con resistencias fijas a lo largo de todo el proceso.

Para concluir, podemos decir que se han obtenido resultados satisfactorios en las pruebas de aceptación, esto es muy importante debido al alto coste de los ensayos y el alto nivel de instrumentación y preparación que requieren. Como se ha podido comprobar las medidas de voltaje y corriente no difieren de las señales medidas por los sensores de Cidaut. Además, la posibilidad de programación de corriente y tiempo de disparo aporta mayor flexibilidad para distintas configuraciones frente al equipo NA33.

5.4. MODIFICACIONES DE LAS INSTALACIONES

Con la implantación del nuevo sistema de adquisición se necesita la adaptación de las instalaciones y dispositivos al nuevo equipo.

En primer lugar se modifican los sensores y NA33:

- Se eliminan las resistencias shunt de sensores debido a que, el nuevo sistema vienen instaladas internamente. Los transductores modificados se señalizan y no se usan con el sistema NA33, ya que, al no tener la resistencia no se puede asegurar su correcto funcionamiento.

- Se incluyen shunt en el sistema NA33, a partir de este momento los sensores modificados pueden utilizarse en ambos sistemas.

- Se aprovecha la retirada de shunt para incluir chip ID module de tipo DALLAS. La instalación de dicho chip presenta grandes ventajas en el tiempo de preparación de un ensayo crash, ya que, con el sistema NA33 se debe realizar una lista de todos los sensores utilizados y su colocación, en cambio, con el MBus Pro, los sensores pueden conectarse aleatoriamente y es el equipo el encargado de identificar el sensor y su colocación.

Además de estos cambios se realizan ajustes en las instalaciones:

- Modificación de las mangueras de catapulta directa e inversa. Es necesario incluir una opción de safety pin, ya que, el nuevo sistema no dispara en caso de no cerrar el circuito en el instante antes de lanzar. Se introduce un nuevo botón en la sala de control que realiza esta función, en lugar de tener que abrir y cerrar el circuito desde el equipo que se encuentra armado para el ensayo.

- Además, es necesario incluir una conexión trigger especial para MBUS Pro debido a que el lemo del sistema actual y el nuevo son diferentes, presentan distinto número de pines.

Las modificaciones realizadas en las mangueras de ambas instalaciones pueden verse en la

Ilustración 59.

- Caja de comprobadores de airbag (verifica si la conexión es correcta comprobando la resistencia del airbag), se añade una opción para el nuevo equipo.

- Nuevos cables de disparo. Las salidas digitales del nuevo equipo de adquisición son capaces de medir voltaje e intensidad, por lo que, a diferencia del sistema NA33, que tiene 2 cables, el nuevo sistema tiene 4 cables que van a la resistencia del airbag.

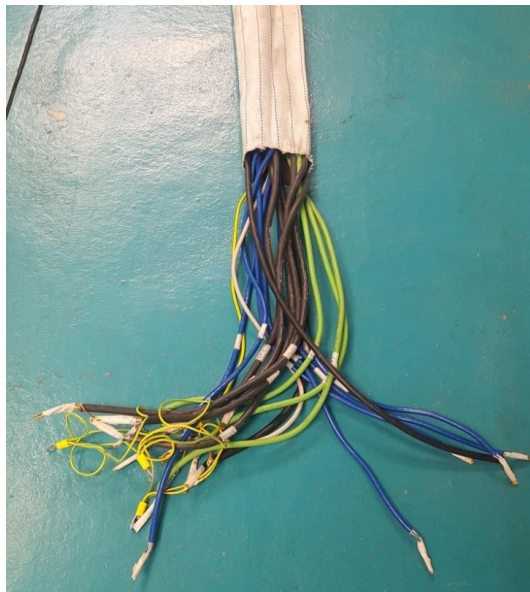


Ilustración 58: manguera de comunicación de datos actualizada.

Después de las adaptaciones en las instalaciones los dos sistemas pueden ser usados en ambas instalaciones con completa compatibilidad.

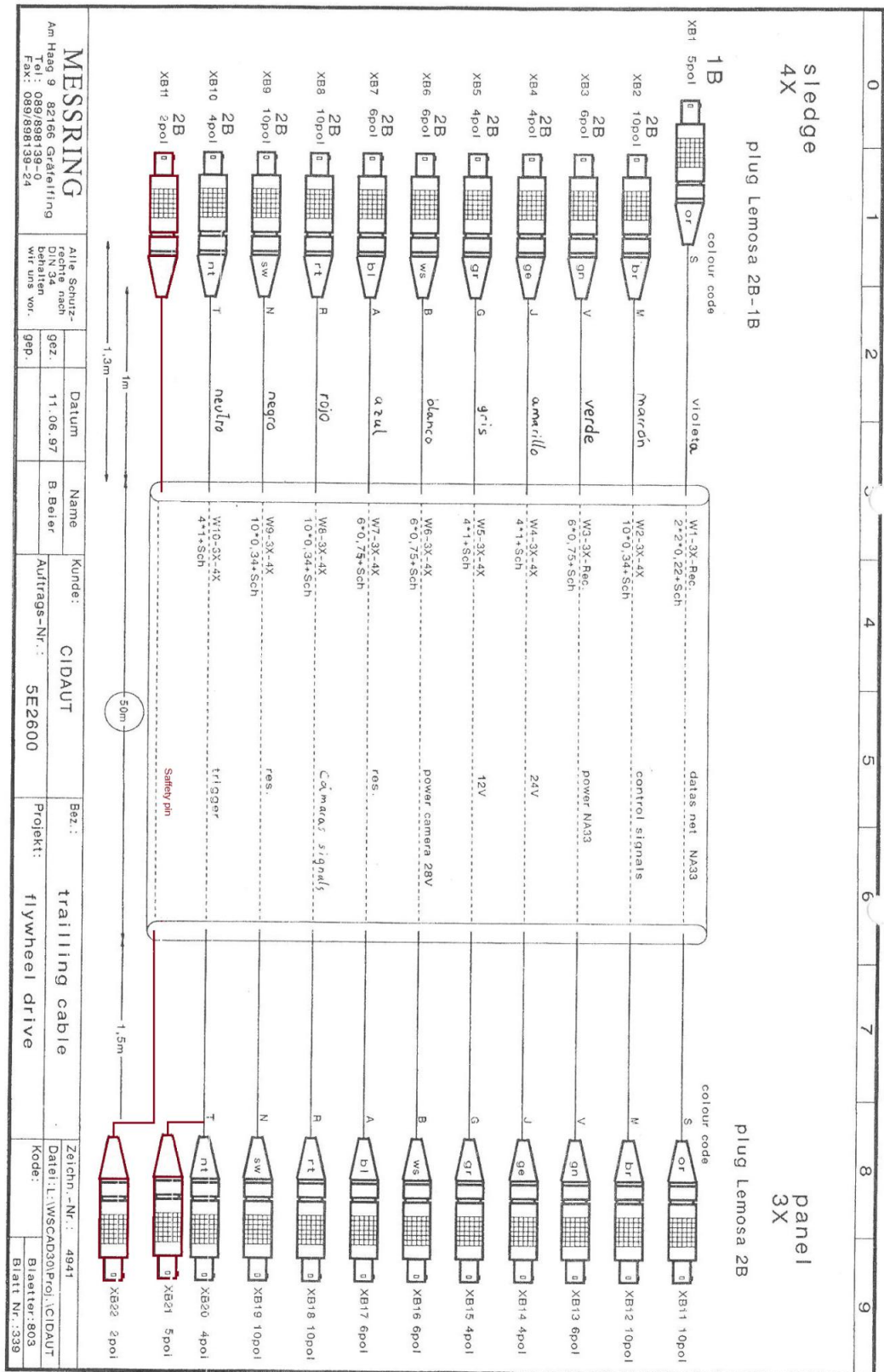


Ilustración 59: esquema conexiones manguera adaptada a MBUS Pro.

5.5. ESTUDIO DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA MBUS PRO

5.5.1. Introducción

Se realiza el análisis sobre las distintas posibilidades de realización de la calibración. Como se ha visto antes, el nuevo sistema no dispone de tarjeta u otro sistema de calibración, por lo que, las opciones a estudiar parten de la tarjeta del NA33.

-Calibración externa.

El equipo es enviado anualmente al fabricante quien es el encargado de la calibración. Esta elección requiere un alto coste económico y un periodo de tiempo en el que Cidaut no dispone del equipo.

-Calibración automática.

Forma óptima de realizar la calibración, al realizarse de forma totalmente automática se necesita menos tiempo y se evitan posibles errores humanos. Además, este es el procedimiento en uso actualmente para NA33, por lo que se implantaría menores variaciones respecto al resto de opciones. La tarjeta de calibración debe de ser patrón y presentar trazabilidad, por lo que se debe de enviar anualmente a Messring para su calibración.

-Calibración semiautomática.

La calibración semiautomática consiste en introducir señales patrón de la tarjeta de calibración de forma automática, adquirir con el sistema MBus toda la secuencia de calibración y realizar el análisis de la comparación de dichas señales de forma automática mediante el uso de un programa externo generado en Cidaut, con ello, conseguimos que la

intervención humana sea mínima. Para ello tenemos que comprobar que la tarjeta de calibración introduce las señales correctamente, a pesar de no estén conectadas en el equipo NA33.

Al igual que en la opción anterior la tarjeta de calibración debe de ser calibrada externamente.

-Calibración manual.

El funcionamiento de esta calibración consiste en la introducción manual de señales predeterminadas con equipos patrones ajenos a la tarjeta de calibración del NA33 y el análisis que resulta de comparar la señal adquirida y enviada.

5.5.2. Cartas de calibración facilitadas por Messring

La incertidumbre de medida indicada se refiere a un nivel de confianza de aproximadamente 95% constituidas por incertidumbres de medición estándar, el procedimiento de medición y el objeto calibrado. No se incluye ninguna contribución por la estabilidad a largo plazo.

1. Calibración de los módulos analógicos.

a) Medida de la frecuencia: calibración filtro antialiasing. Dicha prueba se realiza con la entrada de señales senoidales a una frecuencia y amplitud dada y midiendo su atenuación.

Como se ha visto en las especificaciones el filtro actúa a partir de 2.5 KHz a 20KHz y a partir de 12.5 KHz a 100KHz. En la Tabla 21 se puede observar que la atenuación comienza a ser importante a partir de estos valores.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Modulo	Canal	Fr	Amplitud	Damping	U	Fr muestreo	Resultado
AGXXX	1-8	420 Hz	0,5V	-0,04 dB	0,1 dB	500 KHz	OK
	1-8	1650 HZ	0,5V	-0,06 dB	0,1 dB	500 KHz	OK
	1-8	2550 HZ	0,49V	-0,09 dB	0,1 dB	500 KHz	OK
	1-8	2610 HZ	0,49V	-0,1 dB	0,1 dB	500 KHz	OK
	1-8	3000 HZ	0,49V	-0,12 dB	0,1 dB	500 KHz	OK
	1-8	4000 HZ	0,49V	-0,16 dB	0,1 dB	500 KHz	OK
	1-8	420 Hz	0,5V	-0,05 dB	0,1 dB	100 KHz	OK
	1-8	1650 HZ	0,5V	-0,09 dB	0,1 dB	100 KHz	OK
	1-8	2550 HZ	0,49V	-0,15 dB	0,1 dB	100 KHz	OK
	1-8	2610 HZ	0,49V	-0,16 dB	0,1 dB	100 KHz	OK
	1-8	3000 HZ	0,49V	-0,19 dB	0,1 dB	100 KHz	OK
	1-8	4000 HZ	0,48V	-0,32 dB	0,1 dB	100 KHz	OK
	1-8	420 Hz	0,49V	-0,12 dB	0,1 dB	20 KHz	OK
	1-8	1650 HZ	0,42V	-1,46 dB	0,1 dB	20 KHz	OK
	1-8	2550 HZ	0,33V	-3,62 dB	0,1 dB	20 KHz	OK

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

	1-8	2610 HZ	0,33V	-3,73dB	0,1 dB	20 KHz	OK
	1-8	3000 HZ	0,29V	-4,87 dB	0,1 dB	20 KHz	OK
	1-8	4000 HZ	0,16V	-4,96 dB	0,1 dB	20 KHz	OK

Tabla 21: medida de la frecuencia.

NOTA: en la primera carta de calibración del módulo AF solo aparece la medida en frecuencia.

- b) Voltaje de medida o de alimentación al equipo: calibración del offset y amplificación para todas las ganancias. Con ganancia 50 se comprueba la linealidad de la señal. Para la realización de dichas pruebas Messring utiliza una fuente que introduce, de forma directa, el voltaje a simular.

Modulo	Canal	Gain	Medida	Ref	Deriv	Tol	U	Resultado
AGXX X	1-8	1	0 mV	0mV	0 µV	2500 µV	44 µV	Ok
			2000,3 06 mV	2000 mV	306µ V	2500 µV	745 µV	Ok
		2	-0,076 mV	0 mV	-76 µV	1250 µV	22 µV	Ok
			1000,1 53 mV	1000 mV	153 µV	1250 µV	87 µV	Ok
		4	0 mV	0mV	0 µV	625 µV	11 µV	Ok
			500,03 8 mV	500 mV	38 µV	625 µV	79 µV	Ok
	5	0,031 mV	0 mV	31 µV	500 µV	9 µV	Ok	
		400,12	400 mV	122	500 µV	77 µV	Ok	

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

			2 mV		μV			
	10	-0,015 mV	0 mV		15 μV	250 μV	5 μV	Ok
		200,031 mV	200 mV		31 μV	250 μV	74 μV	Ok
	20	0 mV	0 mV		0 μV	125 μV	3 μV	Ok
		100,015 mV	100 mV		15 μV	125 μV	10 μV	Ok
	25	0,006 mV	0 mV		6 μV	100 μV	3 μV	Ok
		80,031 mV	80 mV		31 μV	100 μV	10 μV	Ok
	50	0,006 mV	0 mV		6 μV	50 μV	3 μV	Ok
		5,004 mV	5 mV		4 μV	50 μV	8 μV	Ok
		10,008 mV	10 mV		8 μV	50 μV	8 μV	Ok
		15,008 mV	15 mV		8 μV	50 μV	8 μV	Ok
		20,009 mV	20 mV		9 μV	50 μV	9 μV	Ok
		25,013 mV	25 mV		13 μV	50 μV	9 μV	Ok
		30,014 mV	30 mV		14 μV	50 μV	9 μV	Ok
		35,015 mV	35 mV		15 μV	50 μV	9 μV	Ok
		40,015 mV	40 mV		15 μV	50 μV	9 μV	Ok
	100	0,011 mV	0 mV		11 μV	63 μV	2 μV	Ok

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

			20,012 mV	20 mV	12 μ V	63 μ V	9 μ V	Ok
		200	0,006 mV	0 mV	6 μ V	31 μ V	2 μ V	Ok
			10,009 mV	10 mV	9 μ V	31 μ V	8 μ V	Ok
		250	0,002 mV	0 mV	2 μ V	60 μ V	2 μ V	Ok
			8,007 mV	8 mV	7 μ V	60 μ V	8 μ V	Ok
		500	0,002 mV	0 mV	2 μ V	30 μ V	2 μ V	Ok
			4,004 mV	4 mV	4 μ V	30 μ V	8 μ V	Ok
		100	-0,001 mV	0 mV	-1 μ V	30 μ V	2 μ V	Ok
		0	1.998 mV	2 mV	-2 μ V	30 μ V	8 μ V	Ok
		200	-0,001 mV	0 mV	-1 μ V	31 μ V	2 μ V	Ok
		0	0,995 mV	1 mV	-5 μ V	31 μ V	8 μ V	Ok

Tabla 22: voltaje de alimentación.

c) Voltaje de excitación del sensor. A través de un voltímetro se comprueba que existen 5V entre los pines 1 y 2 del lemo.

Modulo	Canal	Medida	Ref	Deriv	Tol	U	Resultado
AGXXX	1-8	4,999 V	5V	-1 mV	5mV	0,5 3 mV	OK

Tabla 23: voltaje de alimentación al puente de sensores.

- d) Corriente de excitación. Se comprueba la intensidad de excitación a través de una fuente que controle dicha corriente.

Modulo	Canal	Medida	Ref	Deriv	Tol	U	Resultado
AGXXX	1-8	0,014mA	0mA	0,14 mA	1mA	3 μ A	OK
		1,13mA	1mA	0,13 mA	1mA	3 μ A	OK
		2,13mA	2mA	0,13 mA	1mA	3 μ A	OK
		4,11mA	4mA	0,11 mA	1mA	3 μ A	OK
		10,07mA	10 mA	0,07 mA	1mA	3 μ A	OK

Tabla 24: corriente de alimentación al puente de sensores.

- e) Sensibilidad del voltaje. Este equipo puede ser configurado para la medida de altos voltajes ($\pm 50V$).

Modulo	Canal	Medida	Ref	Deriv	Tol	U	Resultado
AGXXX	1-8	0V	0V	0 mV	100mV	1mV	OK
		5V	5V	0 mV	100mV	1mV	OK
		10V	10V	0 mV	100mV	1mV	OK
		15V	15V	0 mV	100mV	3mV	OK
		20,003V	20 V	3,4 mV	100mV	3mV	OK
		25,003V	25V	3,4 mV	100mV	3mV	OK
		30,003V	30V	3,4	100mV	3mV	OK

				mV			
		35,003V	35V	3,4 mV	100mV	3mV	OK
		40,003V	40V	3,4 mV	100mV	3mV	OK

Tabla 25: sensibilidad de voltaje.

2. Calibración de los módulos digitales

a) Voltaje de medida o de alimentación al equipo: en cada conector existen dos canales digitales. Canales del 1-15 admiten un voltaje de entrada de hasta 5V entre los pines 1 y 3 y los canales 2-16 son capaces de medir un voltaje de 15V entre los pines 1 y 4.

Modulo	Canal	Medida	Ref	Deriv	Tol	U	Resultado
ADXX	1-15	-0,001 V	0V	-0,5 mV	7mV	0,704 mV	OK
	1-15	2,5V	2,5V	0,3mV	7mV	1,029mV	Ok
	1-15	2,5V	5V	0,3mV	7mV	1,029mV	Ok
	2-16	0,002 V	0V	1,5 mV	7mV	2,12 mV	OK
	2-16	7,502V	7,5V	1,6mV	7mV	2,271mV	Ok
	2-16	15,002V	15V	1,5mV	7mV	3,209mV	Ok

Tabla 26: voltaje de alimentación.

b) Tensión de excitación: el canal 1 es capaz de alimentar hasta 12 V y usarse para sensores específicos. El resto de canales alimenta a 5V.

Modulo	Canal	Medida	Ref	Deriv	Tol	U	Resultado
ADXXX	1	12,03V	12V	30mV	120mV	3,2 mV	OK
	2-8	5,001V	5V	0,6mV	50mV	0,5 mV	OK

Tabla 27: tensión de excitación.

c) Cambio de nivel: detección ante una entrada escalón.

Modulo	Canal	Resultado
ADXXX	1-16	OK
	1-16	Ok

Tabla 28: cambio de nivel.

3. Calibración de la FAM Box

a) Calibración en base de tiempos: se programan disparos a distintos tiempos y se registra con un equipo patrón.

Canal	Medida	Ref	Deriv	Tol	U
1-8	0.093958 ms	0.1 ms	-0.006042 ms	0.25 ms	0.22 μ s
	10.000957 ms	10 ms	0.000957 ms	0.25 ms	0.22 μ s
	49.994381 ms	50 ms	-0.005619 ms	0.25 ms	0.32 μ s
	99.994498 ms	100 ms	-0.005502 ms	0.25 ms	0.52 μ s
	999.98805 ms	1000 ms	-0.01195 ms	0.25 ms	4.7 μ s

Tabla 29: base de tiempos.

b) Calibración de la corriente de salida: se programan distintas limitaciones de corriente que se comprueban con un sensor de intensidad.

Canal	Medida	Ref	Deriv	Tol	U	Resultado
1-8	0.107 A	0.1 A	0.016 A	0.075 A	7 mA	OK
1-8	0.195 A	0.2 A	-0.002 A	0.075 A	7 mA	OK

1-8	0.292 A	0.3 A	-0.006 A	0.075 A	7 mA	OK
1-8	0.39 A	0.4 A	-0.008 A	0.075 A	7 mA	OK
1-8	1.024 A	1 A	-0.04 A	0.075 A	7 mA	OK
1-8	1.992 A	2 A	0.014 A	0.075 A	7 mA	OK
1-8	2.978 A	3 A	-0.007 A	0.075 A	7 mA	OK
1-8	3.975 A	4 A	-0.012 A	0.075 A	7 mA	OK

Tabla 30: corriente de salida.

5.5.3. Selección del procedimiento de calibración

La calibración externa se suspende ante la posibilidad de una calibración interna, con un ahorro en el coste y además, el equipo no necesitaría salir de las instalaciones en ningún momento, por lo que, tendría menor riesgo de daños y estaría disponible si fuese necesario.

Se realiza varias pruebas con la tarjeta de calibración el sistema actual, NA33, y el nuevo equipo, MBUS Pro. Se descarta la calibración automática debido a problemas de conectividad del programa y el equipo.

Una vez descartado la calibración automática se realiza un análisis de las pruebas a realizar de manera interna comparando la documentación recibida de la calibración realizada por Messring y las pruebas realizadas por la tarjeta de calibración del sistema NA33.

La calibración del sistema de adquisición y acondicionador de datos está dividida en diferentes partes:

1. Tarjetas analógicas

a. Estado de excitación.

Se comprobará la alimentación al puente para distintos valores de resistencias, por lo que, de acuerdo con la Ley de Ohms $I=V/R$, circularán distintas intensidades. Correspondiente a Tabla 23 y Tabla 24.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

V(V)	R(Ω)	Lim sup(V)	Lim inf(V)
5	150	5.009	4.991
5	300	5.009	4.991

Tabla 31: estado de excitación.

Esta comprobación se realizará mediante la función *.MeasureExcitationVoltage(p1,p2,p3,p4)*.

b. Comprobación del offset de cada canal.

Se trata de medir la desviación de voltaje respecto a una entrada nula.

Calibración antigua con ganancia 100.

Correspondiente a una parte de la Tabla 22.

Gain	Ref (v)
1	0
2	0
4	0
5	0
10	0
20	0
25	0
50	0
100	0
200	0
250	0
500	0
1000	0
2000	0

Tabla 32: offset.

Esta comprobación se realizará mediante la función *.MeasureChannelOffset(p1,p2,p3,p4)*.

c. Estudio de la linealidad de la ganancia.

La tarjeta de calibración introducirá diferentes valores de tensión para un mismo valor de ganancia para comprobar la linealidad de la ganancia. En el caso de la calibración hecha por Mesring la ganancia utilizada es de 50 pero en este caso la ganancia es interna de 100.

Se hará en un rango de -0.04V a 0.04V. Rango de Mesring 0V a 0.04V. Correspondiente a una parte de la Tabla 22.

Este estudio de no - linealidad se realizará mediante la función `.CheckLinearity(p1,p2,p3,p4,p5)`.

d. Estudio de la amplificación.

Con esta prueba se trata de comprobar la amplificación, a diferentes ganancias seleccionadas (1, 2, 4, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1000 y 2000) para un mismo voltaje de 0.004V. Si la amplificación funciona correctamente el voltaje medido debe ser el mismo que la tensión nominal. Correspondiente a una parte de la Tabla 22.

El control de la amplificación se realizará mediante el comando `.CheckInputAmplifier(p1,p2,p3,p4)`.

e. Calibración dinámica o chequeo del filtro antialiasing.

Se selecciona una señal senoidal de amplitud y frecuencia específicas. Aunque la carta de Messring realiza dicha prueba a distintas frecuencias la calibración interna se hará a 1650Hz debido a que esta es la frecuencia crítica donde aparecen los efectos del filtro a una frecuencia de muestreo de 20 KHz

(frecuencia de muestreo en uso). Correspondiente con la Tabla 21.

$$\text{atenuación} = 20 * \log \left(\frac{(\text{max} - \text{min})(\text{mV})}{V_{PP}(\text{mV})} \right)$$

Ecuación 4: atenuación en decibelios.

max: media de los máximos.

min: media de los mínimos.

V_{PP} : tensión de pico a pico de la onda patrón. En este caso será de 1000(mV).

Canal	Fr	Amplitud	Damping	U	Fr de muestreo
1-8	420 Hz	0,5V	-0,04 dB	0,1 dB	500 KHz
1-8	1650 HZ	0,5V	-0,06 dB	0,1 dB	500 KHz
1-8	2550 HZ	0,49V	-0,09 dB	0,1 dB	500 KHz
1-8	2610 HZ	0,49V	-0,1 dB	0,1 dB	500 KHz
1-8	3000 HZ	0,49V	-0,12 dB	0,1 dB	500 KHz
1-8	4000 HZ	0,49V	-0,16 dB	0,1 dB	500 KHz
1-8	420 Hz	0,5V	-0,05 dB	0,1 dB	100 KHz
1-8	1650 HZ	0,5V	-0,09 dB	0,1 dB	100 KHz
1-8	2550 HZ	0,49V	-0,15 dB	0,1 dB	100 KHz
1-8	2610 HZ	0,49V	-0,16 dB	0,1 dB	100 KHz
1-8	3000 HZ	0,49V	-0,19 dB	0,1 dB	100 KHz
1-8	4000 HZ	0,48V	-0,32 dB	0,1 dB	100 KHz
1-8	420 Hz	0,49V	-0,12 dB	0,1 dB	20 KHz
1-8	1650 HZ	0,42V	-1,46 dB	0,1 dB	20 KHz
1-8	2550 HZ	0,33V	-3,62 dB	0,1 dB	20 KHz
1-8	2610 HZ	0,33V	-3,73dB	0,1 dB	20 KHz

1-8	3000 HZ	0,29V	-4,87 dB	0,1 dB	20 KHz
1-8	4000 HZ	0,16V	-0,96 dB	0,1 dB	20 KHz

Tabla 33: medida de la frecuencia.

El control de esta prueba se realizará con el comando:

CheckFilter(p1,p2,p3,p4).

- f. Calibración de la base de tiempos.

Se tratará de medir el error temporal mediante la introducción de una señal senoidal de frecuencia conocida, comprobando la duración del periodo.

La señal será una onda seno de frecuencia 100(Hz) y 1.0 (V_p).

La comprobación del tiempo se realiza con el comando *.CheckTime(p1,p2,p3,p4,p5,p6).*

2. Tarjetas digitales

- a. Comprobación del estado de excitación de las entradas digitales.

Esta comprobación se realizará de igual forma que las tarjetas analógicas, es decir, conectando una o varias resistencias y comprobando que el voltaje de entrada al puente del sensor es 5V (12V en el canal1). Correspondencia con Tabla 27.

Esta comprobación se hará mediante la ejecución del comando *.MeasureExcitationVoltage(p1,p2,p3,p4).*

- b. Comprobación del correcto funcionamiento de la visualización de error por sobrecarga.

.CheckOverloadDisplay(V1)

- c. Comprobación del correcto funcionamiento del trigger, de paso alto a bajo y viceversa en las entradas digitales.

Para cada entrada digital se simulará el cambio de nivel del/los trigger/s mediante una variable binaria. Correspondiendo con Tabla 28.

.CheckDigitalInput().

5.5.4. Pruebas calibración semiautomática

Se realizan las primeras pruebas con la configuración de calibración del NA33. Con esta disposición se quiere conocer posibles errores en las salidas de la tarjeta patrón. Se realiza la calibración y se observa un mensaje de error (ilustración 47) cuando el canal está mal conectado o en vacío. A pesar de la aparición de esta ventana se comprueba que las señales son enviadas.



Ilustración 60: error de conexión.

En la ilustración que se muestra a continuación se pueden observar todas las pruebas que se realizan en la actual calibración del sistema NA33.

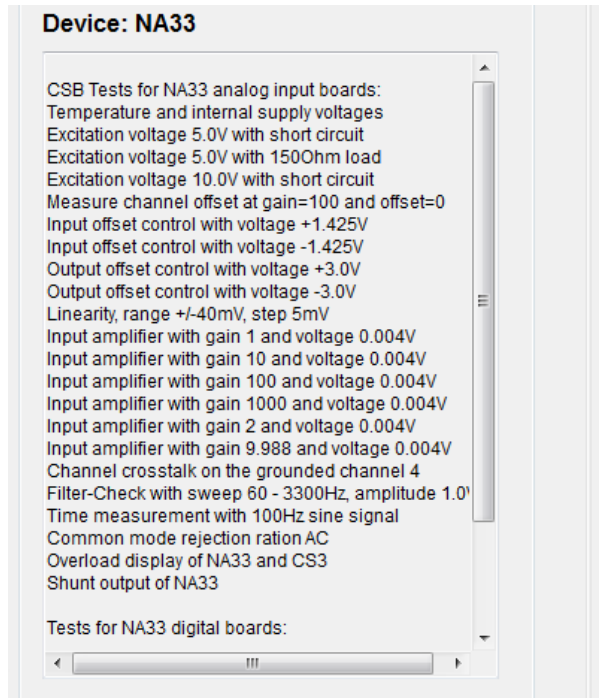


Ilustración 61: pruebas NA33.

Tras las primeras calibraciones de los canales analógicos se puede ver que algunas funciones dan como resultado error cuando el canal está en vacío o mal conectado, esto se debe a que se necesita tener acceso al canal a calibrar para controlar la señal. Las funciones que presentan dichos problemas se muestran a continuación:

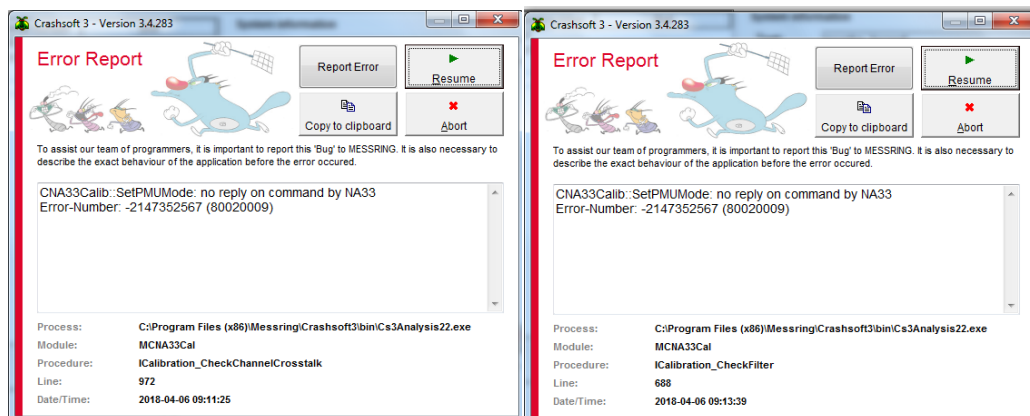


Ilustración 62: error sensibilidad transversal.

Ilustración 63: error prueba dinámica.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

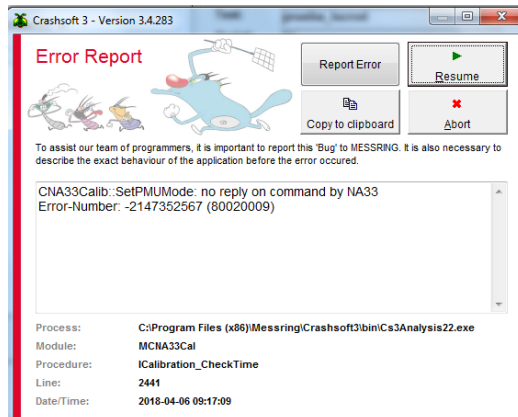


Ilustración 64: error en base de tiempos.

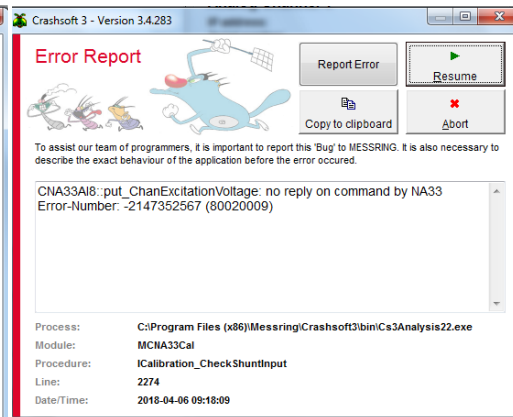


Ilustración 65: error shunt.

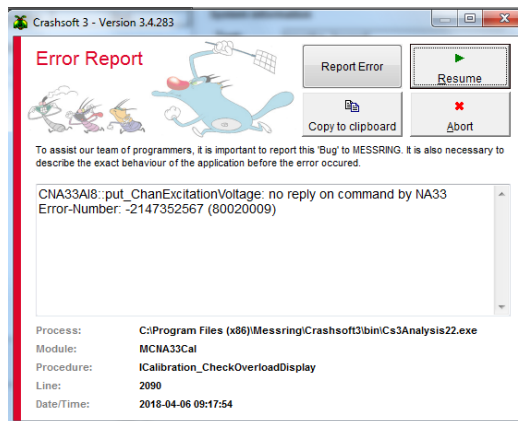


Ilustración 66: error sobrecarga.

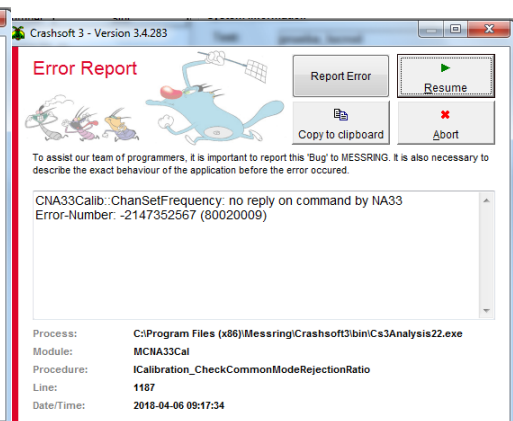


Ilustración 67: error CMRR.

Como se ha visto en el punto 4.3 existen diferencias entre los dos procesos de calibración del NA33 y MBUS, por lo que se ha procedido a la modificación del programa para la adaptación al nuevo equipo (13.2). Las primeras modificaciones que se realizan son las variaciones de parámetros y la eliminación de funciones. No presenta errores.

Con la ejecución de la función *.checkinputamplifier* emerge una ventana la cual avisa que la ganancia escogida está fuera del rango. En la ilustración 55 se puede ver dicha ventana en la parte central de la pantalla, además, se observan las pruebas realizadas tras las modificaciones, y cuál de ellas se encontraba en ejecución. En la parte de la izquierda encontramos el

dispositivo de calibración y el sistema a calibrar donde se aprecian los canales que se encuentran conectados.

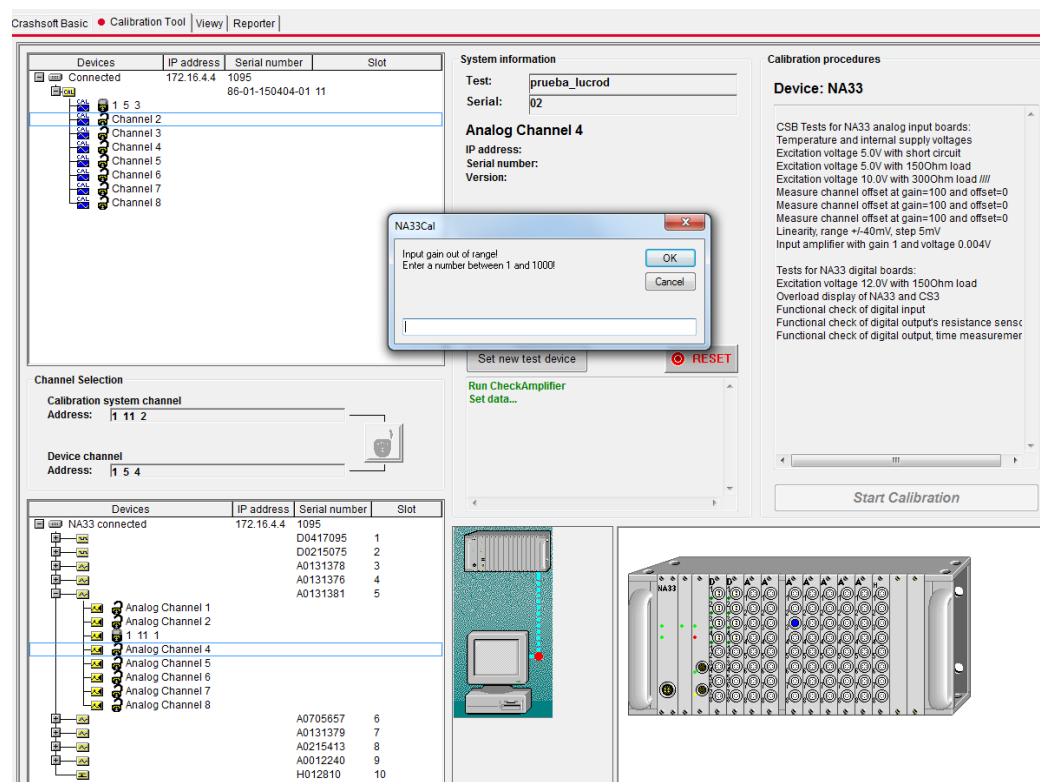


Ilustración 68: script calibración. Error ganancia.

Se hace lo mismo para los canales digitales y no se obtiene como resultado ningún error.

Por otro lado, se plantea la posibilidad de introducir pausas entre algunas de las funciones para poder modificar parámetros como la ganancia en el canal a calibrar. Se programa el software para que aparezca una ventana que pausa la ejecución de la calibración mientras no se dé a continuar.

Una vez comprobado que la tarjeta de calibración envía las señales independientemente de donde esté conectado, pasamos al control del sistema de adquisición MBUs Pro por medio de un desacoplamiento en el que cada sistema podrá ser controlado de forma paralela a través del software, de esta forma se podrá analizar los datos adquirido por el sistema.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Para la adquisición de dichos datos es necesario definir algunos parámetros como el tipo de sensor conectado al canal de calibración, frecuencia de muestreo y tiempo de grabación de datos. Como se ve en la siguiente imagen se opta por una frecuencia de 20KHz (20KHz/100KHz), ya que, en primer lugar se probarán funciones estáticas en las que el factor predominante será el tiempo máximo que el equipo es capaz de grabar. El periodo de adquisición se define en 10 min debido a que es aproximadamente el tiempo que tarda en realizar dichas pruebas.

Type	Locati	ISO Lab	Comp	Serial	Positive Range	Negative Range	Pref Unit	Sampling Rate [Hz]	Pre Trigger [ms]	Post Trigger [ms]	Offset Correct Pre Tes	Offset Correct Post Te
Crash Facility	(none)		C_Direc	<invalid				20000	0	600000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Car	Vehicle	1						20000	0	600000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Door	Door Fr	11DOOR						20000	0	600000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
WS10-75i	AUDI S	10VEHCC	200220	SEDE-0	750,000	-750	mm	20000	0	600000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Side Impact	Mobile E	MO									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ilustración 69: configuración 10 min.

Al ejecutar el programa emerge un aviso de tiempo de adquisición muy alto. Por esta razón, no es posible abrir el archivo. Existe otra forma de descarga de datos para ciclos tan amplios que no es directa.

El tiempo máximo de adquisición con descarga directa de señales es de 60000 ms.

Se realizan pruebas con un tiempo de 30seg y una única función:

Type	Locati	ISO Lab	Comp	Serial	Positive Range	Negative Range	Pref Unit	Sampling Rate [Hz]	Pre Trigger [ms]	Post Trigger [ms]	Offset Correct Pre Tes	Offset Correct Post Te
Crash Facility	(none)		C_Direc	<invalid				20000	0	30000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Car	Vehicle	1						20000	0	30000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Door	Door Fr	11DOOR						20000	0	30000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7264B-20	AUDI S	10VEHCC	B27101	ACER-0	2000,00	-2000	g	20000	0	30000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Side Impact	Mobile E	MO									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ilustración 70: configuración 30 s.

Resultados obtenidos:

Result = **.MeasureExcitationVoltage**(0,5.000, 5.008, 4.992)

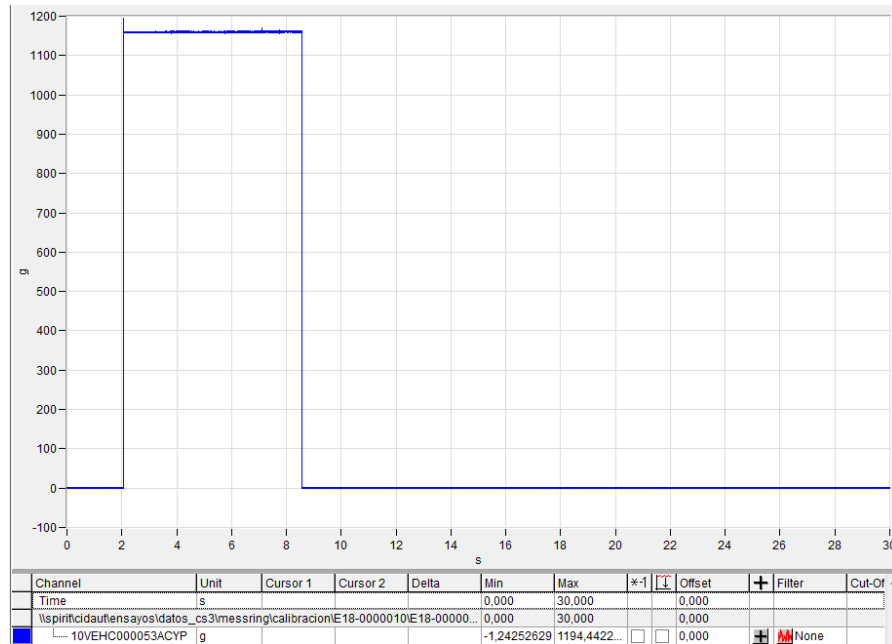


Ilustración 71: señal adquirida en la prueba de voltaje de excitación (sensor de aceleración).

Se obtiene una señal escalón de 1195 g aproximadamente debido a que el sensor utilizado era de aceleración. Sabiendo que su sensibilidad es de 0,0812 mV por g por 5V obtenemos que el voltaje medido es 100 mV. Este valor no es correcto, ya que, en esta parte se alimenta a 5V.

Para verificar estos resultados se cambia el tipo de sensor a un sensor de voltaje.

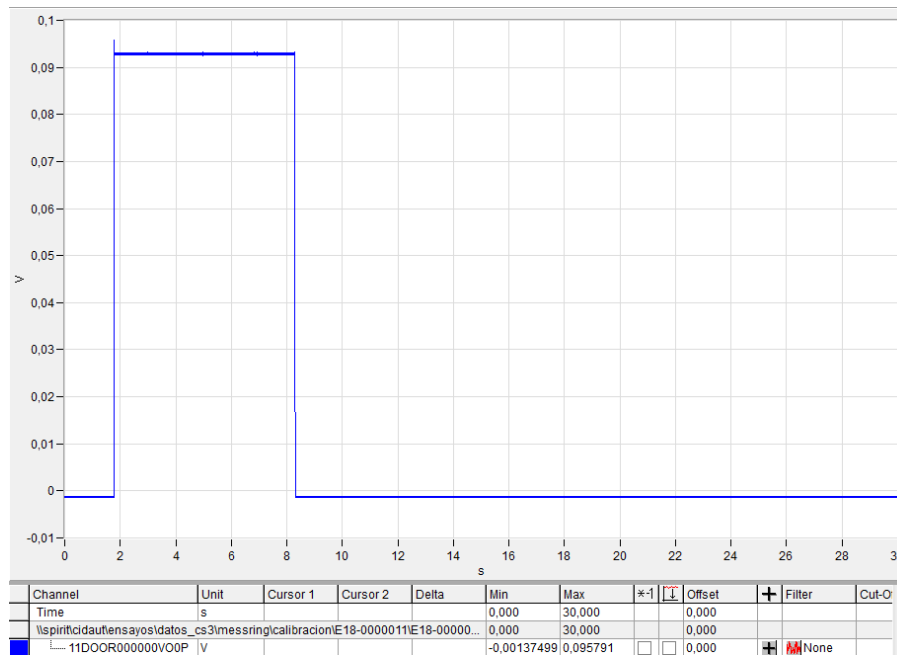


Ilustración 72: señal adquirida en la prueba de voltaje de excitación (sensor de voltaje).

Los resultados obtenidos son los equivalentes a los que se han obtenido en la prueba anterior por lo que no se trata de un error debido al tipo de sensor o la sensibilidad.

A continuación se experimenta con otros valores en dicha función:

Result = `.MeasureExcitationVoltage(150,5.000, 5.009, 4.991)`

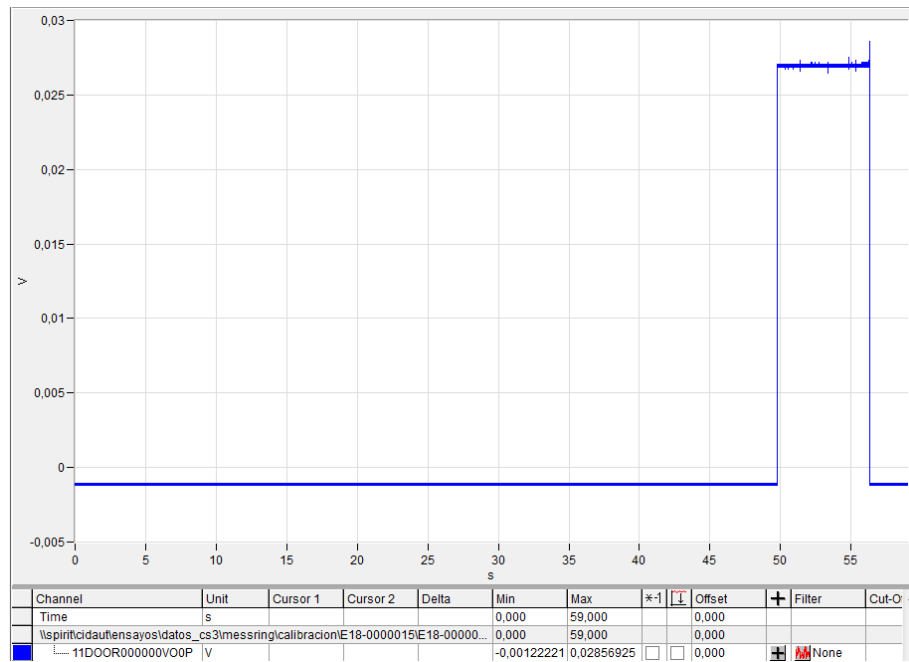


Ilustración 73: señal adquirida en la prueba de voltaje de excitación con resistencia de 150 Ω .

Como se puede ver la señal adquirida tampoco es de 5V.

Analizando dichas pruebas, se llega a la conclusión de que el nuevo sistema MBUS no recibe las señales patrón enviadas por la tarjeta de calibración correctamente, por lo que no es posible llevar a cabo la calibración semiautomática.

5.6. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA M=BUS PRO EN CIDAUT

5.6.1. Calibración manual

Se opta por la calibración manual debido a que es posible realizarla con el equipo disponible en Cidaut por lo que no es necesario realizar una gran inversión y además, como se ha comentado anteriormente **la calibración interna manual supone menor coste y no es necesario que el equipo abandone las instalaciones.**

5.6.2. Objeto de calibración

El objeto de esta calibración es conocer el comportamiento y características técnicas del equipo de acondicionamiento y adquisición MBUS en comparación con señales, consideradas como patrón y además trazables a patrones nacionales o internacionales.

5.6.3. Equipo e instalaciones

La instalación para una correcta y mejor calibración del equipo de acondicionamiento y adquisición, deberá disponer de una correcta puesta a tierra de la instrumentación para evitar distorsiones en los resultados provocados por la componente de la red eléctrica (50Hz) y sus armónicos.

En la Tabla 34 se indican todos los equipos necesarios para la correcta realización de las distintas operaciones en la calibración de los sistemas de acondicionamiento y adquisición.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Nombre	Requisitos	Intervalo de Calibración
Generador de ondas	Amplitud mínima 50(mV _p). Frecuencia mínima 1650 (Hz). Incertidumbre máxima de calibración de $\pm 0.3\%$.	Un año
Simulador de deformación	Simulación de deformación comprendida entre 100 y 99900 ($\mu\epsilon$). Incertidumbre máxima de calibración de $\pm 2\%$.	Un año
Resistencias	Valores nominales: 240 (Ω), 350 (Ω)	Verificación antes de cada calibración.
Termohigrómetro	Capacidad para la medida de temperatura y humedad relativa en 22 ± 3 °C y 50 ± 15 HR.	Un año
Multímetro	Capacidad para la medida de tensión continua, tensión alterna, resistencia y frecuencia. Incertidumbre máxima de medida de tensión será de $\pm 0.003\%$.	Un año
Fuente	Capacidad para la alimentación de voltajes entre 0 y 50V.	Un año

Tabla 34: equipos y patrones necesarios en la calibración de los sistemas de acondicionamiento y adquisición.

5.6.4. Parámetros a determinar

Los parámetros que se determinan son:

- Medición de la alimentación a un puente cuya resistencia de entrada es un valor límite según características del fabricante.
- Comprobación de linealidad en equipos de adquisición y acondicionamiento.
- Medición de la ganancia del amplificador y del offset del sistema.
- Cuantificación de la atenuación de una señal a determinadas frecuencias según características del fabricante o valores admitidos como buenos.
- Comprobación del estado de trigger en los equipos de adquisición y acondicionamiento.
- Medición del estado de alimentación proporcionada por las tarjetas digitales.
- Medición del voltaje de excitación en las tarjetas digitales.
- Error temporal en la medida de señales patrón.

5.6.5. Procedimiento

1. Operaciones previas

Las operaciones previas a realizar se describirán a continuación:

a) Se comprobará que las condiciones ambientales de la sala no sobrepasan los límites especificados, con la ayuda del termohigrómetro. El rango de temperaturas será de 22 ± 3 (°C) y 50 ± 15 (%HR).

b) Inspección visual antes de toda conexión a red:

- Conectores frontales y laterales: pines dañados, conectores perdidos...
- Componentes: decoloración, partes perdidas...

c) Se procederá a limpiar adecuadamente el equipo, con paños o gamuzas no abrasivas y algún producto de limpieza no corrosivo.

d) Se identificará el equipo a calibrar con la marca, modelo y número de serie de todas las tarjetas y lo correspondiente en la base de datos de equipos, así como de la fuente de alimentación externa empleada en la calibración.

e) En el caso de los instrumentos eléctricos, éstos deben estar conectados a la red eléctrica durante al menos 30 minutos antes del inicio de la calibración.

La calibración consistirá en tres partes fundamentales:

- Calibración de las tarjetas analógicas.
- Calibración de las tarjetas digitales.
- Calibración de la FAM Box.

Se realiza un análisis de las pruebas a realizar de manera manual basándonos en la documentación del NA33 y la aportada por el fabricante.

La calibración del sistema de adquisición y acondicionamiento de datos para sensores piezorresistivos y extensiométricos está dividida en varias partes:

2. Tarjetas analógicas

a. Comprobación del estado de la excitación

Se comprobará la alimentación al puente para varios valores de carga, para ello se conectará entre los terminales de alimentación una resistencia, mientras que los hilos de salida

quedarán en circuito abierto. Los datos que se considerarán de resistencias serán los indicados en la Tabla 35.

Además, se comprobará el estado de las protecciones contra cortocircuito de la alimentación de cada uno de los canales analógicos, para ello se provocará un cortocircuito y verificaremos que no existe tensión en el canal.

Antes de proceder a la comprobación del estado de la alimentación al puente de los sensores, se comprobará con la ayuda del multímetro que los valores de las resistencias se mantienen en torno a los valores nominales.

Modelo	Tensión de alimentación seleccionada (V _{DC})	Valor de la resistencia (Ω)
MBUS	5	CC
	5	240
	5	350

Tabla 35: estado de excitación.

Se escogen estos valores de resistencias porque los sensores que están en uso se encuentran en torno a esta magnitud. Además, de acuerdo con las especificaciones del sistema, no es capaz de mantener la alimentación a 5V con resistencias menores a 200 Ω .

b. Medida de voltaje

Para dichas calibraciones no será necesario adquirir por lo que, se reduce el tiempo de la actividad. En lugar de esto se utilizará la herramienta MBUS TOOL con la que se puede observar dichos parámetros y variar la ganancia.

Con la ayuda del simulador de deformación se comprobarán los valores medidos con los suministrados por el equipo patrón para cada uno de los canales. Las medidas a tomar son las indicadas en la Tabla 36.

Esta configuración es más fiel a la realidad que a través de fuentes de alimentación regulables, ya que, se basa en el desequilibrio del puente del sensor.

- Amplificación y offset

La diferencia entre la documentación aportada por el fabricante (Tabla 22) y la siguiente tabla son los valores máximos de voltaje que alcanza en dicha prueba. Debido a las limitaciones del simulador de deformación la tensión máxima en este caso será 0.2V.

Modelo	Ganancia	Rango (m/m)	Valor simulado ($\mu\epsilon$)	Input teórico (V)
MBUS	1	1,000,000	0	0
			80,200	0.2
	2	500,000	0	0
			80,200	0.2
	4	250,000	0	0
			80,200	0.2
	5	120,000	0	0
			80,200	0.2
	10	100,000	0	0
			80,200	0.2
	20	50,000	0	0
			40,100	0.1
	25	25,000	0	0
			32,100	0.08

	100	10,000	0	0
			8,000	0.02
	200	5,000	0	0
			4,000	0.01
	250	2,500	0	0
			3,200	0.008
	500	2,000	0	0
			1,600	0.004
	1000	1,000	0	0
			800	0.002
	2000	500	0	0
			400	0.001

Tabla 36: voltaje de alimentación.

- Linealidad

Modelo	Ganancia	Rango	Input teórico (mV)	Valor simulado (με)
MBUS	50	20,00 0	0	0
			5	2,000
			10	4,000
			15	6,000
			20	8,000
			25	10,000
			30	12,000
			35	14,000

Tabla 37: linealidad.

c. Medida de alto voltaje

De igual forma que en la prueba anterior se utilizará MBUS TOOL que nos permite observar las medida del equipo online pero en

este caso se marcará la opción de medida *high voltaje* que permite tensiones de hasta 50V. Se introducirán valores de voltaje a través de una fuente patrón.

Modelo	Canal	Input teórico (V)
MBUS	1-8	0V
		5V
		10V
		15V
		20 V
		25V
		30V
		35V
		40V

Ilustración 74: alto voltaje de alimentación.

d. Calibración dinámica

A diferencia de las pruebas estáticas, en las que se puede ver el valor medido online, en esta prueba es necesario adquirir.

Se selecciona en el generador de ondas una señal senoidal de amplitud y frecuencia específicas, de tal manera que ésta sea la entrada al equipo de adquisición y acondicionamiento para cada uno de los canales. De esta manera, se podrá comprobar la atenuación que produce el filtro antialiasing en la adquisición de los datos.

Para medir esta atenuación se analizarán los datos de adquisición de la onda patrón, a continuación se registrarán los máximos y los mínimos y con la fórmula se evaluará la atenuación producida.

$$atenuación = 20 * \log \left(\frac{(max - min)(mV)}{V_{PP} (mV)} \right)$$

Ecuación 5: atenuación en decibelios.

max: media de los máximos.

min: media de los mínimos.

V_{PP} : tensión de pico a pico de la onda patrón. En este caso será de 1000(mV).

Modelo	Frecuencia y amplitud de la onda patrón	Filtro antialiasing
MBUS	1 (V _P) y 1650 (Hz)	No seleccionable.
	1 (V _P) y 2000 (Hz)	La mitad de la frecuencia de adquisición.
	1 (V _P) y 2550 (Hz)	

Tabla 38: medida en frecuencias.

Se define con dicha configuración debido a que los ensayos se realizarán adquiriendo a 20 kHz. Atendiendo las especificaciones del equipo se han definido las frecuencias críticas donde dicho filtro comienza a atenuar significativamente.

e. Calibración de la base de tiempos

Se tratará de medir el error temporal mediante la introducción de una señal senoidal de frecuencia conocida, comprobando la duración del periodo.

Se verificará que la frecuencia de la señal adquirida coincide con la onda patrón, comprobándose así la desviación en tiempo.

La señal será una onda seno de frecuencia 2000(Hz) y 1.0 (Vp).

3. Calibración de las tarjetas digitales

a. Comprobación del cambio de nivel

Para cada entrada digital se verificará el cambio de nivel conectando un 'interruptor' de tal manera que por pantalla en el software correspondiente se observe el cambio de nivel.

b. Comprobación del estado de la excitación proporcionada por las tarjetas digitales

Se comprobará la excitación para unos valores de resistencias extremos, para este caso el valor de la alimentación permanece fijo 5 (V_{DC}) no – configurable, a excepción del canal 1 que alimentas a 12 V.

Los datos que se considerarán como óptimos serán los indicados en la Tabla 39, según el valor de las resistencias.

Modelo	Valor de la resistencia (Ω)
MBUS	CC
	240
	350

Tabla 39: estado de excitación.

c. Voltaje de medida o de alimentación al equipo.

Se comprueba el voltaje de entrada en cada canal. Por cada conector existen dos canales digitales. Se escogen dichos valores de voltaje para comprobar offset y valores máximos que pueden ser medidos. Para ello se introducirán estos voltajes a través de una fuente y se comprobarán los valores medidos con un multímetro patrón.

Modelo	Canal	Valor de la tensión (V)
MBUS	1-15	0
	1-15	2.5
	1-15	5
	2-16	0
	2-16	7.5
	2-16	15

Tabla 40: voltaje de alimentación.

4. Calibración de las salidas digitales. FAM.

Dicha calibración se realizará de forma externa debido a la falta de trazabilidad del osciloscopio y a la falta de un sensor patrón.

En caso de disponer de dichos dispositivos este será el procedimiento a seguir.

a. Sensibilidad de las salidas digitales a una resistencia aproximadamente de 2Ω .

Al conectar una resistencia de unos 2Ω (resistencia de un airbag) a cada una de las salidas digitales, se debe mostrar por

pantalla dicho canal en color verde. De esta manera se comprueba que la carga es reconocida.

b. Comprobación de corriente y periodo suficiente.

Se conecta a cada una de las salidas digitales una resistencia de aproximadamente 2 (Ω) y se adquiere la corriente que pasa por dicha resistencia en el momento de descarga de los condensadores. La intensidad debe ser mayor o igual a 1.2 A durante al menos 2ms.

c. Calibración de corriente de salida.

Se trata de simular un posible disparo en las salidas digitales y con ello medir la corriente de salida que se alcanza en una señal RC. Esto se realiza a través de un sensor patrón. Corresponde a la Tabla 41.

Modelo	Valor de la corriente(A)
MBUS	2

Tabla 41: corriente de salida.

Aunque Messring realice la calibración con distintos valores de corriente, nosotros vamos a calibrar el sistema para 2 A, ya que, dicha corriente es la que se pondrá en uso.

d. Calibración de la base de tiempos.

Se trata de simular un posible disparo en las salidas digitales y medir con un osciloscopio el retraso de la señal. De esta manera

se comprueba el correcto funcionamiento de disparo de airbags y flashes, factor muy importante en ensayos tipo crash y sled. Esta prueba se realiza a partir de un osciloscopio capaz de medir el retardo de la señal.

Modelo	Ref
MBUS	0.1 ms
	10 ms

Tabla 42: tiempo.

Aunque Messring realice la calibración con gran variedad de tiempos de disparo, nosotros vamos a calibrar el sistema para 0.1 ms y 10 ms. En ensayos crash la curva de aceleración tiene un periodo entorno a 50-80 ms y los dispositivos de disparo actuarán en los momentos iniciales del impacto.

5.6.6. Validez de los resultados

Los valores de tolerancias y rangos de validación han sido definidos basándose en la documentación aportada por el proveedor y por conocimientos fundamentados en la experiencia.

1. Calibración de una tarjeta analógica

- a. Comprobación del estado de la alimentación al puente de los sensores

En la comprobación de la alimentación al puente de los sensores de las tarjetas analógicas los resultados se considerarán válidos si se cumple lo especificado en la Tabla 43.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Tensión de alimentación seleccionada (V _{DC})	Valor de la resistencia (Ω)	Límite inferior (V)	Límite superior (V)
5	CC	-0.005	+0.005
5	240	4.995	5.005
5	350	4.995	5.005

Tabla 43: límites de medición de la tensión de alimentación.

b. Medida de voltaje

Los valores medidos en las pruebas de offset, amplificación y linealidad de un canal deben estar dentro de los rangos que se indican en la Tabla 44 y Tabla 45.

- Amplificación y offset

Ganancia	Rango (m/m)	Valor simulado ($\mu\epsilon$)	Input teórico (V)	Límite inferior (V)	Límite superior (V)
1	1,000,000	0	0	-0.0025	+0.0025
		80,200	0.2	0.1975	0.2025
2	500,000	0	0	-0.00125	+0.00125
		80,200	0.2	0.19875	0.200125
4	250,000	0	0	-0.000625	+0.000625
		80,200	0.2	0.199375	0.200625
5	120,000	0	0	-0.0005	+0.0005
		80,200	0.2	0.1995	0.2005
10	100,000	0	0	-0.00025	+0.00025
		80,200	0.2	0.19975	0.20025
20	50,000	0	0	-0.000125	-0.000125
		40,100	0.1	0.099875	0.100125
25	25,000	0	0	-0.0001	-0.0001

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

		32,100	0.08	0.0799	0.0801
100	10,000	0	0	-0.000063	-0.000063
		8,000	0.02	0.019937	0.020063
200	5,000	0	0	-0.000031	-0.000031
		4,000	0.01	0.009969	0.010031
250	2,500	0	0	-0.00006	+0.00006
		3,200	0.008	0.00794	0.00806
500	2,000	0	0	-0.00003	+0.00003
		1,600	0.004	0.00397	0.00403
1000	1,000	0	0	-0.00003	+0.00003
		800	0.002	0.00197	0.00203
2000	500	0	0	-0.000031	-0.000031
		400	0.001	0.000969	0.001031

Tabla 44: valores de aceptación del offset y amplificación un canal.

- Linealidad

Ganancia	Tensión de alimentación	Límite inferior (mV)	Límite inferior (mV)
50	0 mV	-0.05	0.05
	5 mV	4.95	5.05
	10 mV	9.95	10.05
	15 mV	14.95	15.05
	20 mV	19.95	20.05
	25 mV	24.95	25.05
	30 mV	29.95	30.05
	35 mV	34.95	35.05

Tabla 45: valores de la calibración de linealidad.

a. Medida de alto voltaje

Los límites de aceptación de la entrada a alto voltaje se muestran en la Tabla 46.

Ref	Tol	Límite inferior (V)	Límite inferior (V)
0V	100mV	-0.1	0.1
5V	100mV	4.9	5.1
10V	100mV	9.9	10.1
15V	100mV	14.9	15.1
20 V	100mV	19.9	20.1
25V	100mV	24.9	25.1
30V	100mV	29.9	30.1
35V	100mV	34.9	35.1
40V	100mV	39.9	40.1

Tabla 46: valores de aceptación a alto voltaje.

b. Calibración dinámica

Los límites de aceptación de la atenuación del filtro antialiasing para que sea aceptada se indican en Tabla 47.

Frecuencia y amplitud de la onda patrón	Valor nominal (dB)	Límite superior (dB)	Límite inferior (dB)
1 (V _P) y 1650 (Hz)	-3.000	0.000	-4.000
1 (V _P) y 2000 (Hz)	-3.000	0.000	-4.000
1 (V _P) y 2550 (Hz)	-3.000	0.000	-4.000

Tabla 47: límites de aceptación del filtro antialiasing.

c. Calibración de la base de tiempos

La señal será una onda seno de frecuencia 2000(Hz) y 1.0 (Vp).

Los límites de aceptación para que la base de tiempos sea aceptada como buena se indican en Tabla 48.

Valor nominal (ms)	Límite superior (ms)	Límite inferior (ms)
0.5	0.25	0.75

Tabla 48: límites de aceptación de la base de tiempos.

2. Calibración de las tarjetas digitales

a. Comprobación del cambio de nivel

Se observará una señal de tipo escalón al pulsar un interruptor el cual cerrará el circuito.

b. Comprobación del estado de la alimentación proporcionada por las tarjetas digitales

Los datos que se considerarán como óptimos serán los indicados en la Tabla 49, según el valor de las resistencias.

Canal	Tensión de alimentación seleccionada (V _{DC})	Valor de la resistencia (Ω)	Límite inferior (V)	Límite superior (V)
1	12	CC	-0.12	0.12
	12	240	11.88	12.12

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

	12	350	11.88	12.12
2-8	5	CC	-0.05	0.05
	5	240	4.95	5.05
	5	350	4.95	5.05

Tabla 49: valores de la excitación.

c. Voltaje de entrada

Los límites de aceptación del voltaje de alimentación para que sea aceptada se indican en la Tabla 50.

Canal	Valor de la tensión (V)	Límite inferior (V)	Límite superior (V)
1-15	0	-0.007	0.007
1-15	2.5	2.493	2.507
1-15	5	4.993	5.007
2-16	0	-0.007	0.007
2-16	7.5	7.493	7.507
2-16	15	14.993	15.007

Tabla 50: valores del voltaje a la entrada.

3. Calibración salidas digitales. FAM

a. Sensibilidad de las salidas digitales a una resistencia aproximadamente de 2 (Ω).

Se verificará que el sistema muestra por pantalla los canales con dicha resistencia en color verde y además muestran su valor.

- b. Comprobación de la corriente durante un tiempo suficiente.

Para el cumplimiento de las condiciones de disparo de airbags la corriente debe mantener un valor mayor o igual a 1.2 A durante un tiempo de 2 ms.

- c. Calibración de corriente de salida.

Se adquirirá un ensayo en el que se limitará la corriente de salida a varios parámetros y se comprobará que su valor se encuentra en el rango de la Tabla 51.

Valor de la corriente(A)	Límite inferior (A)	Límite superior (A)
2	1.993	2.007

Tabla 51: valores límite de la corriente.

- d. Calibración de la base de tiempos

Se comprobará que su valor se encuentra en el rango de Tabla 52.

Ref	Límite inferior (ms)	Límite superior (ms)
0.1 ms	-0.15	0.35
10 ms	9.75	10.25

Tabla 52: valores límite de tiempo.

Se trata de simular un posible disparo en las salidas digitales y con ello medir el retraso de la señal de trigger.

5.6.7. Interpretación de los resultados

Para una misma calibración si los resultados obtenidos superan los criterios de aceptación definidos en el 5.6.6 y además, el dato de incertidumbre supera en algún caso el 0.5%, será necesario hacer un análisis de las causas que hayan podido llevar a que el equipo se degrade en esta magnitud y en caso de no ser posible una reparación, será necesario la baja inmediata del equipo.

5.6.8. Intervalo de calibración

Dada la alta estabilidad de estos equipos de acondicionamiento y adquisición, el periodo de recalibración será de 12 meses.

Se ha diseñado un proceso de calibración manual semejante al proceso del fabricante, Messring. Las pruebas realizadas se han establecido de acuerdo al uso del dispositivo en ensayos de crash, por esta razón se han modificado e incluido algunas pruebas. Además, los límites de validez de las pruebas se has fijado de acuerdo a las tolerancias establecidas por el fabricante.

5.7. PROCEDIMIENTO DE CALIDAD DE CIDAUT

A continuación, se muestra una carta de calibración real del sistema MBUS Pro realizada en Cidaut (módulos digitales y analógicos). El procedimiento realizado ha sido el resultado del estudio y análisis recogido en el presente documento y que se recoge en el apartado 5.6.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

La carta de calibración se ha implementado en Excel para ser generada de forma automática a partir de los datos introducidos manualmente. A continuación, se muestra alguna de la programación introducida en las hojas Excel para la generación automática de dicha carta.

=SI((ABS(E5-F5)<=(2*G5));SI((ABS(E5-C5)<=G5);"VERDADERO";"FALSO");"FALSO")

Canal	Tensión de alimentación (V _{cc})	Valor de la resistencia (Ω)	Output medido(V)	Medida patrón (V)	Tolerancia (V)	Resultado	Error máximo
1	5	CC	0	0,000014	0,005	VERDADERO	0,000014
	5	240	5,004	4,9954	0,005	VERDADERO	0,0086
	5	350	5	4,9967	0,005	VERDADERO	0,0033

Ilustración 75: programación carta de calibración en Excel.

Durante el proceso de calibración se introducen los datos medidos por el multímetro patrón y el equipo para la comprobación de los valores medidos. Las condiciones que deben cumplirse para que las prueba resulten aptas son: el error entre el valor patrón y el equipo debe ser menor del doble de la tolerancia (se trata de un semirango) y además, debe de estar centrado en el valor teórico (Ilustración 75). De esta manera nos aseguramos de dos formas distintas de que el valor está dentro del límite aceptable.

El valor teórico será el voltaje resultante de la deformación simulada y la excitación de alimentación:

=1/4*2*E12*5/1000

Canal	Ganancia	Rango a introducir (mV)	Valor simulado (mε)	Input teórico (V)	Input medido(V)	Input patrón (V)	Tolerancia (V)	Resultado
1	1	5.000	0	0	0	-0,000021	0,0025	VERDADERO
			80,2	0,2005	0,2003	0,20033		VERDADERO
	2	1.000	0	0	-0,000037	0,000018	0,00125	VERDADERO
			80,2	0,2005	0,200314	0,20033		VERDADERO
	4	600	0	0	-0,000024	0,00002	0,000625	VERDADERO
			80,2	0,2005	0,200334	0,20033		VERDADERO

Ilustración 76: ecuación del voltaje medido teórico.

Para la prueba dinámica se toma un valor de pico máximo y mínimo y se pasa a decibelios a través de la ecuación.

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

$f_x = 20 * \text{LOG10}((F60 - G60) / 1)$

B	C	D	E	F	G	H	I	J
Calibración dinámica → sample rate 100.000 Hz								
Canal	Frecuencia y amplitud de la onda patrón	Input teórico (mV)	Valor nominal (dB)	Máx medido (V)	Mín medido (V)	Atenuación (dB)	Límite inferior (dB)	Límite superior (dB)
1	1 (V _r) y 1650 (Hz)	0,0005	-3.000	0,44058594	-0,44272396	-1,07773804	-4,000	0
	1 (V _r) y 2000 (Hz)	0,0005	-3.000	0,43508816	-0,43310285	-1,22769431	-4,000	0
	1 (V _r) y 2550 (Hz)	0,0005	-3.000	0,4326447	-0,43524086	-1,23075075	-4,000	0

Ilustración 77: ecuación de la atenuación.

Una vez completado el resto de medidas y comprobado la diferencia entre la medida patrón y la del equipo este dentro de la tolerancia establecida, se genera la carta de calibración que recoge el resumen con los resultados de todas las pruebas de la calibración. A continuación se muestra una carta de calibración ejemplo, de los módulos digitales, realizada en Cidaut.

Fundación cidaut <small>Investigación y Desarrollo en Transporte y Energía</small>		CARTA DE CALIBRACIÓN. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y/O ADQUISICIÓN	Certificado N°:
Equipo calibrado: Código: Marca: Messing Modelo: MBUS Pro SN:		Equipos patrón: Multímetro: Generador de ondas: Simulador de deformación:	Equipos empleados: Fuente: Condiciones ambientales: Temperature [22.0 ± 3.0]°C): Humedad Relativa [50.0 ± 15.0] (%):
Procedimiento:		PC-003	

¹⁹ Comprobación del estado de la alimentación al puente de los sensores

Resistencia (Ω)	Canal	Valor nominal (V)	Límite superior (v)	Límite inferior (V)	Comprobación
350	1	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	2	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	3	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	4	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	5	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	6	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	7	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	8	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
240	1	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	2	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	3	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	4	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	5	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	6	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	7	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
	8	5,000	-0,005	4,995	VERDADERO
CC	1	0,000	-0,005	0,005	VERDADERO
	2	0,000	-0,005	0,005	VERDADERO
	3	0,000	-0,005	0,005	VERDADERO
	4	0,000	-0,005	0,005	VERDADERO
	5	0,000	-0,005	0,005	VERDADERO
	6	0,000	-0,005	0,005	VERDADERO
	7	0,000	-0,005	0,005	VERDADERO
	8	0,000	-0,005	0,005	VERDADERO

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

2º Medida de voltaje (offset y amplificación)

Ganancia Alimentación	1 0V	2 0V	4 0V	5 0V	10 0V	20 0V
Límites (V)	[-0,0025 : 0,0025]	[-0,00125 : 0,00125]	[-0,00625 : 0,00625]	[-0,0005 : 0,0005]	[-0,00025 : 0,00025]	[-0,000125 : 0,000125]
1	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
2	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
3	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
4	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
5	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
6	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
7	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
8	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO

Ganancia Alimentación	25 0V	100 0V	200 0V	250 0V	500 0V	1000 0V	2000 0V
Límites (V)	[-0,0001 : 0,0001]	[-0,000063 : 0,000063]	[-0,000031 : 0,000031]	[-0,00006 : 0,00006]	[-0,00003 : 0,00003]	[-0,00003 : 0,00003]	[-0,000031 : 0,000031]
1	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
2	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
3	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
4	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
5	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
6	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
7	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
8	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO

Ganancia Alimentación	1 0,2V	2 0,2V	4 0,2V	5 0,2V	10 0,2V	20 0,1V
Límites (V)	[-0,0025 : 0,0025]	[-0,00125 : 0,00125]	[-0,00625 : 0,00625]	[-0,0005 : 0,0005]	[-0,00025 : 0,00025]	[-0,000125 : 0,000125]
1	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
2	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
3	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
4	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
5	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
6	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
7	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
8	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO

Ganancia Alimentación	25 0,08V	100 0,02V	200 0,01V	250 0,008V	500 0,004V	1000 0,002V	2000 0,001V
Límites (V)	[-0,0001 : 0,0001]	[-0,000063 : 0,000063]	[-0,000031 : 0,000031]	[-0,00006 : 0,00006]	[-0,00003 : 0,00003]	[-0,00003 : 0,00003]	[-0,000031 : 0,000031]
1	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
2	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
3	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
4	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
5	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
6	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
7	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
8	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO

3º Comprobación de linealidad. Ganancia 50.

Alimentación (mV)	0mV	5mV	10mV	15mV	20mV	25mV	30mV
1	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
2	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
3	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
4	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
5	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
6	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
7	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
8	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO

Alimentación (mV)	35mV
1	VERDADERO
2	VERDADERO
3	VERDADERO
4	VERDADERO
5	VERDADERO
6	VERDADERO
7	VERDADERO
8	VERDADERO

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

4º Comprobación de alimentación del alto voltaje.

Alimentación (mV)	0V	5V	10V	15V	20V	25V	30V
1	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
2	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
3	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
4	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
5	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
6	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
7	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
8	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO

Alimentación (mV)	35V	40V
1	VERDADERO	VERDADERO
2	VERDADERO	VERDADERO
3	VERDADERO	VERDADERO
4	VERDADERO	VERDADERO
5	VERDADERO	VERDADERO
6	VERDADERO	VERDADERO
7	VERDADERO	VERDADERO
8	VERDADERO	VERDADERO

5º Calibración dinámica.

Frecuencia y amplitud	Canal	Valor nominal (dB)	Límite inferior (dB)	Límite superior (dB)	Comprobación
1 (VP) y 1650 (Hz)	1	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	2	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	3	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	4	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	5	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	6	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	7	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	8	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO

Frecuencia y amplitud	Canal	Valor nominal (dB)	Límite inferior (dB)	Límite superior (dB)	Comprobación
1 (VP) y 2000 (Hz)	1	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	2	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	3	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	4	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	5	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	6	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	7	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	8	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO

Frecuencia y amplitud	Canal	Valor nominal (dB)	Límite inferior (dB)	Límite superior (dB)	Comprobación
1 (VP) y 2550 (Hz)	1	-3,00000	-4,00000	0,00000	VERDADERO
	2	-3,00000	-4,00000	0,00000	#jNUM!
	3	-3,00000	-4,00000	0,00000	#jNUM!
	4	-3,00000	-4,00000	0,00000	#jNUM!
	5	-3,00000	-4,00000	0,00000	#jNUM!
	6	-3,00000	-4,00000	0,00000	#jNUM!
	7	-3,00000	-4,00000	0,00000	#jNUM!
	8	-3,00000	-4,00000	0,00000	#jNUM!

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

6ª Calibración en base de tiempos (2000Hz y 1Vp)

Frecuencia	Valor nominal (ms)	Límite inferior (ms)	Límite superior (ms)	Comprobación
1	0,5	0,75	0,25	VERDADERO
2	0,5	0,75	0,25	VERDADERO
3	0,5	0,75	0,25	VERDADERO
4	0,5	0,75	0,25	VERDADERO
5	0,5	0,75	0,25	VERDADERO
6	0,5	0,75	0,25	VERDADERO
7	0,5	0,75	0,25	VERDADERO
8	0,5	0,75	0,25	VERDADERO

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA AMPLITUD (%): 0,5

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL TIEMPO (micros): 61

Incertidumbre de calibración: Las incertidumbres asociadas a los resultados corresponden a un coeficiente de incertidumbre de k=2 (Nivel de confianza aproximado del 95,45%) y se han estimado según el Documento EAL R-2, equivalente al 'Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration'.

Trazabilidad metrológica: Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de los laboratorios reconocidos por ENAC u otra entidad firmante de acuerdos multilaterales relativos a calibración, como es la EA.

Observaciones:

Realizado por: Lucía Rodríguez Sanz	Aprobado por:	Fecha de realización: 02-ago.-18
		Fecha de próxima calibración: 02-ago.-19

De igual forma para los módulos digitales:



CARTA DE CALIBRACIÓN. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y/O ADQUISICIÓN

Certificado N°:

Equipo calibrado: Código: Marca: Messring Modelo: MBUS Pro S/N:	Equipos patrón: Multímetro: Generador de ondas: Simulador deformación:	Equipos empleados: Fuente: Condiciones ambientales: Temperatura [22.0 ± 3.0](°C): Humedad Relativa [50.0 ± 15.0](%):
Procedimiento: PC-003		

1ª Comprobación cambio de nivel

Canal	Comprobación
1	VERDADERO
3	VERDADERO
5	VERDADERO
7	VERDADERO
9	VERDADERO
11	VERDADERO
13	VERDADERO
15	VERDADERO

Canal	Comprobación
2	VERDADERO
4	VERDADERO
6	VERDADERO
8	VERDADERO
10	VERDADERO
12	VERDADERO
14	VERDADERO
16	VERDADERO

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

2º Comprobación del estado de la alimentación proporcionada por las tarjetas digitales

Canal	Tensión de alimentación	Valor de la resistencia (Ω)	Input medido (V)	Input patrón (V)	Tolerancia	Comprobación
1	12	CC	-0,0023	-0,0005	0,12	VERDADERO
		240	12,03	11,999	0,12	VERDADERO
		350	11,989	11,999	0,12	VERDADERO
2	5	CC	-0,0034	0,0008	0,05	VERDADERO
		240	5,004	4,9954	0,05	VERDADERO
		350	5	4,9967	0,05	VERDADERO
3	5	CC	0,0004	0,0032	0,05	VERDADERO
		240	5,0005	4,9965	0,05	VERDADERO
		350	5,0032	4,9976	0,05	VERDADERO
4	5	CC	0,0004	-0,0065	0,05	VERDADERO
		240	4,9987	4,997	0,05	VERDADERO
		350	5,002	4,997	0,05	VERDADERO
5	5	CC	-0,0076	-0,006	0,05	VERDADERO
		240	4,997	5	0,05	VERDADERO
		350	5,003	4,996	0,05	VERDADERO
6	5	CC	-0,005	0,00063	0,05	VERDADERO
		240	4,997	4,999	0,05	VERDADERO
		350	5	5,001	0,05	VERDADERO
7	5	CC	0,0002	0,00054	0,05	VERDADERO
		240	5,002	5	0,05	VERDADERO
		350	4,997	5,002	0,05	VERDADERO
8	5	CC	-0,003	-0,0007	0,05	VERDADERO
		240	4,999	5	0,05	VERDADERO
		350	5,001	4,997	0,05	VERDADERO

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

3º Voltaje de entrada

Canal	Valor nominal (V)	Input medido (V)	Input patrón (V)	Tolerancia	Comprobación
1	0	-0,003	-0,0007	0,007	VERDADERO
	2.5	2,449	2,435	0,007	VERDADERO
	5	4,998	4,9997	0,007	VERDADERO
3	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	5	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
5	0	0,0054	0,00445	0,007	VERDADERO
	2.5	2,44567	2,4478	0,007	VERDADERO
	5	5,002	5,0034	0,007	VERDADERO
7	0	-0,004	0,0021	0,007	VERDADERO
	2.5	2,051	2,05065	0,007	VERDADERO
	5	5,005	5,0076	0,007	VERDADERO
9	0	0,0005	0,00042	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,4975	0,007	VERDADERO
	5	4,9965	5,0001	0,007	VERDADERO
11	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	5	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
13	0	0,00325	0,000432	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	5	4,999	5,0043	0,007	VERDADERO
15	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	5	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
2	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
4	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
6	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

9	0	0,0005	0,00042	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,4975	0,007	VERDADERO
	5	4,9965	5,0001	0,007	VERDADERO
11	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	5	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
13	0	0,00325	0,000432	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	5	4,999	5,0043	0,007	VERDADERO
15	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	2.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	5	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
2	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
4	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
6	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
8	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
10	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
12	0	0,0005	0,000432	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
14	0	-0,0004	0,000098	0,007	VERDADERO
	7.5	2,4998	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0001	0,007	VERDADERO
16	0	0,0087	0,00032	0,007	VERDADERO
	7.5	2,503	2,498	0,007	VERDADERO
	15	4,997	5,0032	0,007	VERDADERO

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA AMPLITUD (%): 0,5

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL TIEMPO (micros): 61

Incertidumbre de calibración: Las incertidumbres asociadas a los resultados corresponden a un coeficiente de incertidumbre de $k=2$ (Nivel de confianza aproximado del 95,45%) y se han estimado según el Documento EAL R-2, equivalente al 'Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration'.

Trazabilidad metrológica: Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de los laboratorios reconocidos por ENAC u otra entidad firmante de acuerdos multilaterales relativos a calibración, como es la EA.

Observaciones:

Realizado por: Lucía Rodríguez Sanz	Aprobado por:	Fecha de realización: 03-ago.-18
		Fecha de próxima calibración: 03-ago.-19

La incertidumbre en amplitud será única en cada calibración, se calcula a partir de los parámetros incluidos en el apartado 0 pero utilizando el error de medida máximo específico en el proceso, este será el mayor valor absoluto entre el patrón y el equipo. Por otra parte, la incertidumbre en tiempo será fija para todas las calibraciones y será determinada como se explica en el punto 0. Ambas incertidumbres se calculan igual para módulos digitales y analógicos.

Dicha carta se ha realizado con el procedimiento establecido en la documentación interna PC-003, la cual recoge los procedimientos de calibración de todos los sistemas de acondicionamiento que se realizan internamente en Cidaut. Este archivo ha sido actualizado con la inclusión del nuevo equipo MBUS Pro después de realizar el estudio y análisis oportuno visto anteriormente. Además, dentro del documento mencionado se hace referencia al anexo IV del G-005, el cual incluye todas las condiciones y límites que se deben cumplir en las calibraciones para la validez del procedimiento.

Por motivos de confidencialidad, en el presente escrito, solo se incluyen las portadas de los archivos PC-003 y PG-005 pertenecientes a la documentación interna de Cidaut.



Procedimiento de calibración

PC-003

Procedimiento de calibración de los sistemas de acondicionamiento y/o adquisición

Versión: 09
Fecha: 26/08/18

Redactado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Lucía Rodríguez Sanz (V09)	Natalia Pérez Villarreal	Alberto Senén Perales García
Natalia Pérez Villarreal		
Responsable de la calidad de las calibraciones	Responsable de la calidad de las calibraciones	Responsable de laboratorio calib de equipos

Anexo IV_PG-005

Anexo IV: Criterios de aceptación de los equipos en una operación de control

Versión: 06
Fecha: 31/07/18

Redactado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Lucía Rodríguez Sanz (V06)	Virginia Ferrari	Responsables Técnicos de los laboratorios afectados
Ignacio Román		
Responsable de Calibración	Gestor de Calidad	
David García (v05)	Calidad	
Ingeniero de ensayos/calibración		

Se han programado las cartas de calibración en Excel de forma que se generan automáticamente al introducir los parámetros de las pruebas. El resultado será verdadero si el valor cumple la condición de encontrarse dentro de los límites de validez.

Cidaut realiza ensayos crash y cuenta con un laboratorio de calibración interno propio, por esta razón, es necesario actualizar la documentación. Se han actualizado los archivos concernientes a los sistemas de adquisición como es el PC-003 que recoge los procedimientos de calibración y el Anexo IV del PG-005 que recoge los requisitos de validez de dicha calibración.

5.8. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN EL SISTEMA MBUS

5.8.1. Introducción

En la calibración de un equipo de estas características, habrá que distinguir entre la incertidumbre que se introduce en la amplitud medida y la incertidumbre temporal.

5.8.2. Factores que contribuyen a la magnitud adquirida en la calibración

Las contribuciones a la incertidumbre típica o combinada de la magnitud adquirida en la calibración son:

- **u₁**: incertidumbre debida a la calibración del multímetro.
- **u₂**: incertidumbre debida a la regulación de carga del equipo a calibrar.
- **u₃**: incertidumbre debida a la variación de la medida con la temperatura.
- **u₄**: incertidumbre debida a la linealidad de la ganancia.
- **u₅**: incertidumbre debida a la resolución de la ganancia.
- **u₆**: incertidumbre debida a la variación del offset con la temperatura.
- **u₇**: incertidumbre debida a la variación de la ganancia con la temperatura.
- **u₈**: incertidumbre debida a la calibración del generador de ondas.
- **u₉**: incertidumbre debida a la resolución del bus de datos del equipo a calibrar.
- **u₁₀**: incertidumbre debida al error de redondeo.
- **u₁₁**: incertidumbre debida al máximo error medido.
- **u₁₂**: incertidumbre debida a la calibración del simulador de deformación.

Por tanto, la incertidumbre típica o combinada será la raíz cuadrada de la suma cuadrática de cada una de sus contribuciones, como se indica en la siguiente expresión:

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2 + u_9^2 + u_{10}^2 + u_{11}^2 + u_{12}^2}$$

Ecuación 6: incertidumbre típica de la amplitud de calibración.

u : incertidumbre típica o combinada de calibración de un sistema de acondicionamiento y adquisición.

U_1 : Incertidumbre debida a la calibración del multímetro.

La contribución a la incertidumbre debida a la calibración, es lo indicado en la expresión:

$$u_1 = \frac{\left(\frac{u_{cal,mul}(V) \cdot 100}{10(V)} \right)}{2} (\%)$$

Ecuación 7: incertidumbre debida a la calibración del multímetro.

$u_{cal,mul}$: incertidumbre de calibración del multímetro.

U_2 : Incertidumbre debida a la regulación de carga del equipo a calibrar.

La incertidumbre debida a la regulación de carga se considerará que sigue una distribución rectangular.

$$u_2 = \frac{\left(\frac{rc(V) \cdot 100}{10(V)} \right)}{\sqrt{3}} (\%)$$

Ecuación 8: incertidumbre debida a la regulación de carga.

rc: regulación de carga del equipo a calibrar.

U₃: Incertidumbre debida a la variación de la medida con la temperatura.

La incertidumbre debida a la variación de la medida con la temperatura se considerará que sigue una distribución rectangular.

$$u_3 = \frac{\left(\alpha_m \cdot 6(^{\circ}\text{C}) / 10000 \right)}{\sqrt{3}}$$

Ecuación 9: incertidumbre debida a la variación de la medida con la temperatura.

α_m : variación de la medida con la temperatura expresado en (ppm/°C).

U₄: Incertidumbre debida a la linealidad de la ganancia.

La no - linealidad de la ganancia del sistema de adquisición se considerará que sigue una distribución rectangular.

$$u_4 = \frac{l}{\sqrt{3}}(\%)$$

Ecuación 10: incertidumbre debida a la linealidad de la ganancia.

l : no linealidad de la ganancia en unidades de tanto por ciento.

U₅: Incertidumbre debida a la resolución de la ganancia.

La resolución de la ganancia se considerará que sigue una distribución rectangular.

$$u_5 = \frac{rg}{\sqrt{3}}(\%)$$

Ecuación 11: incertidumbre debida a la resolución de la ganancia.

rg : resolución de la ganancia en unidades de tanto por ciento.

U₆: Incertidumbre debida a las variaciones del offset con la temperatura

Se considerará que las variaciones del offset con la temperatura siguen una distribución rectangular.

$$u_6 = \frac{(\alpha_o(mV/^{\circ}C) \cdot 6(^{\circ}C)/100)}{\sqrt{3}}(\%)$$

Ecuación 12: incertidumbre debida a las variaciones del offset con la temperatura.

α_o : coeficiente de variación del offset con la temperatura.

U₇: Incertidumbre debida a las variaciones de la ganancia con la temperatura.

Se considerará que las variaciones de la ganancia con la temperatura siguen una distribución rectangular.

$$u_7 = \frac{(\alpha_g(ppm/^{\circ}C) \cdot 6(^{\circ}C)/10000)}{\sqrt{3}}(\%)$$

Ecuación 13: incertidumbre debido a las variaciones de la ganancia con la temperatura.

α_g : coeficiente térmico de la ganancia.

U₈: Incertidumbre debida a la calibración del generador de ondas.

$$u_8 = \frac{(U_{cal.GO} (V) \cdot 100/10(V))}{2} (\%)$$

Ecuación 14: incertidumbre debida a la calibración del generador de ondas.

$U_{cal.GO}$: incertidumbre expandida de calibración del generador de ondas.

U₉: Incertidumbre debida a la resolución del bus de datos.

La incertidumbre debida a la resolución del bus de datos del equipo a calibrar se considerará que sigue una distribución rectangular.

$$u_9 = \frac{\left(\frac{10(V)}{2^{N^{bits}}}\right) \cdot \left(\frac{100}{10(V)}\right)}{\sqrt{3}} (\%)$$

Ecuación 15: incertidumbre debida a la resolución del bus de datos.

N^{bits} : número de bits del bus de datos.

U₁₀: Incertidumbre debida al error por redondeo.

El error de redondeo es debido a la toma de datos de la calibración. Se considerará que sigue una distribución rectangular.

$$u_{10} = \frac{e_d}{\sqrt{3}} (\%)$$

Ecuación 16: incertidumbre debido al error por redondeo.

e_d : error de redondeo.

U₁₁: Incertidumbre debida al error medido durante la calibración

El error máximo de medida durante la calibración se considerará como una contribución tipo A y su contribución será la raíz cuadrada de la desviación típica entre el número total de muestras efectuadas.

$$u_{11} = \sqrt{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Ecuación 17: incertidumbre debido al error medido durante la calibración.

s: desviación típica.

n: número de total de medidas.

U₁₂: Incertidumbre debida a la calibración del simulador de deformación.

$$u_{12} = \frac{(U_{cal.S}(V) \cdot 100/10(V))}{k}$$

Ecuación 18: incertidumbre debida a la calibración del simulador de deformación.

U_{cal,S}: incertidumbre de calibración del simulador de deformación.

k: factor de cobertura para el que se calculó la incertidumbre de calibración del simulador de deformación.

Para la incertidumbre expandida de la magnitud de calibración se considera que el número de observaciones es suficiente, como para considerarlo una distribución normal (gausiana) y que la incertidumbre típica asociada a la estimación de salida tiene suficiente fiabilidad, por tanto, podemos considerar que el factor de cobertura es $k=2$, (probabilidad de cobertura de, aproximadamente un 95%), por lo que la incertidumbre expandida de medida será igual a $U=\pm 2 \cdot u\%$.

$$U_{ACAD} = k \cdot u$$

Ecuación 19: incertidumbre expandida en amplitud.

U_{ACAD} : incertidumbre expandida de calibración de la magnitud medida de un sistema de acondicionamiento y adquisición.

5.8.3. Incertidumbre de calibración en amplitud

El cálculo de la incertidumbre de calibración de un equipo de acondicionamiento y adquisición MBUS, se puede realizar de forma exhaustiva para cada calibración o tomando los valores máximos como a continuación se citan, siguiendo las siguientes cotas máximas, si en algún caso estos valores se superarán debería repetirse el cálculo. Las cotas máximas se establecen en la Tabla 53.

Estos valores son aplicables para la incertidumbre de medida de calibración en amplitud de una tarjeta analógica.

Contribución	Cota máxima (%)	¿Dónde?	Distribución	Valor (%)
Calibración del multímetro (u_1)	$\pm 0.001V.(100/5V)$	Cota máxima según resultados anteriores	k=2	± 0.005
Regulación de carga del equipo a calibrar (u_2)	$\pm 2500\mu V.(100/2V)$	Características fabricante	Rectangular	± 0.072
Variación de la medida con los cambios de	$\pm 0.072(\%/^{\circ}C).(6^{\circ}C)$	Características fabricante	Rectangular	± 0.25

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

temperatura (u ₃)				
Error de la no-linealidad de la ganancia (u ₄)	$\pm 50\mu V(100/40mV)$	Características fabricante	Rectangular	± 0.072
Resolución de la ganancia (u ₅)	$\pm 1.100/2000$	Características fabricante	Rectangular	± 0.03
Variación del offset con los cambios de la temperatura (u ₆)	$\pm 0.00358(V/^{\circ}C).(6^{\circ}C/5V)$	Características fabricante	Rectangular	± 0.0025
Variación de la ganancia con los cambios de temperatura (u ₇)	$\pm 16(ppm/^{\circ}C).(6^{\circ}C/10000)$	Características fabricante	Rectangular	± 0.01
Calibración del generador de ondas (u ₈)	$\pm 0.001V.(100/5V)$	Cota máxima según resultados anteriores	k=2	± 0.01
Resolución del bus de datos (u ₉)	$\pm 5(V)/2^{16} .(100/5(V))$	Características fabricante	Rectangular	± 0.0009
Error de redondeo (u ₁₀)	± 0.00001	Características fabricante	Rectangular	± 0.000006
Error de medida (u ₁₁)	± 2	Cota máxima según resultados anteriores	Normal	± 0.667

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Calibración del simulador de deformación (u ₁₂)	±0.001V.(100/5V)	Cota máxima según resultados anteriores	K=2	±0.01
Incertidumbre típica :				±0.667
$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2 + u_9^2 + u_{10}^2 + u_{11}^2 + u_{12}^2}$				
Incertidumbre expandida U (k=2) (%): Tanto por ciento de la lectura				±1.334

Tabla 53: incertidumbre de la calibración en amplitud.

* ΔT: variación de la temperatura durante la calibración, 23±3 (°C).

-Calibración del multímetro: valor máximo de incertidumbre de las calibraciones realizadas, dicho valor se divide por el valor máximo de voltaje en el uso normal del dispositivo (5V) para pasarlo a tanto por ciento. En la documentación de calibración se proporciona el factor de cobertura (K=2).

-Regulación de carga: para la validez de los resultados de calibración se escoge las tolerancias dadas por Messring, por esta razón, se toma el valor máximo de contribución en la prueba de calibración de voltaje de entrada, ya que, es en dicha prueba donde se regula la carga.

-Variación de la medida con los cambios de temperatura: se define el valor máximo de los valores dados por el fabricante. Además, se multiplica por 6°C debido a que esta será la máxima variación de temperatura apta en la calibración.

- Error de la no-linealidad de la ganancia: para la validez de los resultados de calibración se escoge los valores de tolerancias dados por Messring, por esta razón se toma el valor máximo de contribución en la prueba de calibración de linealidad.

- Resolución de la ganancia: dicho parámetro viene definido por el fabricante y se divide entre la mayor ganancia para pasar la contribución a tanto por ciento.
- Variación del offset con los cambios de la temperatura: valor máximo de la documentación aportada por Messring. Para pasarlo a número adimensional se multiplica por la máxima variación de temperatura y se divide entre el máximo voltaje de medida.
- Variación de la ganancia con los cambios de temperatura: valor máximo de calibración del fabricante. Se multiplica por 6 °C debido a que esta es la mayor variación apta.
- Calibración del generador de ondas: máxima incertidumbre de calibraciones anteriores dividida entre el valor máximo de medida. Coeficiente de cobertura definido en la documentación.
- Resolución del bus de datos: característica definida del equipo.
- Error de redondeo: se cogerán 5 decimales en la calibración.
- Error de medida: incertidumbre debida a factores aleatorios. Valor tomado experimentalmente de calibraciones del sistema de adquisición NA33.
- Calibración del simulador de deformación: valor máximo de calibraciones anteriores. Coeficiente de cobertura definido en la documentación.

5.8.4. Factores que contribuyen al tiempo de adquisición

Las contribuciones a la incertidumbre típica o combinada del tiempo de adquisición serán las siguientes:

- **u₁**: incertidumbre debida a la calibración temporal (frecuencia) del generador de ondas.
- **u₂**: incertidumbre debida a la frecuencia de adquisición empleada.

- u_3 : incertidumbre debida al error en el tiempo de adquisición.

Por tanto la incertidumbre típica o combinada del tiempo de adquisición será la indicada en la expresión:

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$$

Ecuación 20: incertidumbre típica del tiempo de calibración.

U_1 : Incertidumbre debida a la calibración temporal del generador de ondas.

$$u_1 = \frac{U_{tem.GO}}{k} (\mu s)$$

Ecuación 21: incertidumbre debida a la calibración temporal del generador de ondas.

$U_{tem.GO}$: incertidumbre expandida de calibración temporal del generador de ondas.

k : factor de cobertura para el que se calculó la incertidumbre expandida de calibración temporal del generador de ondas.

U_2 : Incertidumbre debida a la frecuencia de adquisición.

La frecuencia de adquisición empleada en la calibración se considerará que sigue una distribución rectangular.

$$u_2 = \frac{1}{\nu(Hz)} \cdot \frac{1000000}{\sqrt{3}} (\mu s)$$

Ecuación 22: incertidumbre debida a la frecuencia de adquisición.

U_3 : Incertidumbre debida al error en la medida del tiempo.

La contribución a la incertidumbre del error en la medida de tiempo se considerará que sigue una distribución triangular, tal y como se indica en la expresión:

$$u_3 = \frac{e_{tem.max}}{2 \cdot \sqrt{6}} (\mu s)$$

Ecuación 23: incertidumbre debida al error en la medida del tiempo.

El error máximo será, el máximo error obtenido en la medida de cinco ciclos y comparándolo con el periodo de la onda patrón adquirida en la calibración dinámica.

Para la incertidumbre expandida del tiempo se considera que el número de observaciones es suficiente, como para considerarlo una distribución normal (gausiana) y que la incertidumbre típica asociada a la estimación de salida tiene suficiente fiabilidad, por tanto, podemos considerar que el factor de cobertura es $k=2$, (probabilidad de cobertura de, aproximadamente, un 95%), por lo que la incertidumbre expandida de medida será igual a $U=\pm 2 \cdot u\%$.

$$U_{tem} = k \cdot u$$

Ecuación 24: incertidumbre expandida en tiempos.

U_{tem} : incertidumbre expandida de calibración temporal del equipo de acondicionamiento y adquisición.

La incertidumbre expandida de calibración del tiempo de adquisición será la incertidumbre absoluta a una adquisición. Para calcular la incertidumbre relativa a la toma de una muestra, habrá que dividir la incertidumbre expandida absoluta entre el número total de muestras.

5.8.5. Incertidumbre de calibración en base de tiempos

El cálculo de la incertidumbre de calibración de un equipo de acondicionamiento y adquisición MBUS en tiempo se puede realizar de forma exhaustiva para cada calibración o tomando los valores máximos como a continuación se citan, siguiendo las siguientes cotas máximas, si en algún caso estos valores se superarán debería repetirse el cálculo. Las cotas máximas se establecen en la Tabla 54.

Estos valores son aplicables para la incertidumbre de medida de calibración temporal de una tarjeta analógica.

Contribución	Cota máxima (μs)	¿Dónde?	Distribución	Valor (μs)
Calibración temporal del generador de ondas (u ₁)	±0.1	Cota máxima según resultados anteriores	k=2	±0.05
Frecuencia de adquisición empleada (u ₂)	$\pm \frac{1}{20000(\text{Hz})} = \pm 50$	Frecuencia de adquisición empleada en calibración y en los ensayos	Rectangular	±28.87
Error de medida (u ₃)	50	Características fabricante	Triangular	±8.3
Incertidumbre típica $u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$:				±30
Incertidumbre expandida U (k=2) (μs):				±60

Tabla 54: incertidumbre de la calibración en tiempos.

* ΔT: variación de la temperatura durante la calibración, 23±3 (°C).

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

- Calibración temporal del generador de ondas: incertidumbre máxima de calibraciones anteriores.

- Frecuencia de adquisición empleada: característica fija del equipo.

- Error medida: tiempo mínimo que puede medir el equipo.

Como se observa la incertidumbre resultante en amplitud es del 1.334% mientras que la incertidumbre del equipo NA33 es mayor. Este valor se obtiene al definir un error de medida del 2%, máximo por experiencia, en la realidad este valor será único en cada calibración y por lo tanto menor, debido a que el equipo es más preciso y exacto.

La principal diferencia entre la calibración de los módulos digitales es que anteriormente para NA33 se realizaba una verificación y en cambio en el nuevo sistema MBUS Pro se realiza una calibración, ya que, es posible programar el umbral y el funcionamiento de este.

Por otro lado, la incertidumbre temporal se establece en 60 μ s para todas las calibraciones relativas a la medición y registro de datos, no para la incertidumbre de disparo que depende de la calibración de la FAM BOX.

6. VALORACIÓN ECONÓMICA

6.1. COSTE DEL PROYECTO

Los costes por la implantación del sistema de calibración interno en Cidaut se muestran en la Tabla 55.

Costes directos	Personal	5.600€
	Amortización	0€
	Material	100€
Costes indirectos		2.052€
TOTAL		7.752€

Tabla 55: coste proyecto.

- Coste personal: personal de taller y técnicos de laboratorio.
- Amortización: los equipos a utilizar están amortizados.
- Coste material: cableado para conexiones y adaptaciones al nuevo equipo.
- Costes indirectos: se estima un 36% de costes indirectos respecto a los directos:

$$CI=0,36*CD=0,36*5.700=2.052€$$

Ecuación 25: costes indirectos del proyecto.

6.2. COSTE CALIBRACIÓN INTERNA

Los costes por la realización de la calibración de un equipo MBUS en Cidaut se muestran en la

Tabla 56.

Costes directos	Personal	2.928€
	Externa	2.400€
	Transporte	20€
Costes indirectos		1.918€
TOTAL		7.266€

Tabla 56: coste calibración interna.

- Coste personal: técnico de calibración.

1,5h /canal analógico x 8 canales /módulo X 10 módulos =120h

0,5h/canal digital X 8canales/módulo X 1módulo= 40h

El encargado de la calibración será un técnico de calibración cuyo salario viene dado por el Convenio Colectivo para la Industria Siderometalúrgica de la Provincia de Valladolid.

- Calibración externa: calibración en tiempo y amplitud en LACECAL.

Medida de tiempo de disparo: 180 €/canal x 8h=1.440 €

Calibración corriente de disparo 120 €/canal x 8h = 960 €

- Transporte: el laboratorio se encuentra en la escuela de ingenieros de Valladolid.
- Costes indirectos: se estima un 36% de costes indirectos respecto a los directos:

$$CI=0,36\%*CD=0,36*5.328=1.918€$$

Ecuación 26: coste indirecto de la calibración interna.

6.3. COSTE CALIBRACIÓN EXTERNA

Los costes por la realización de la calibración de un equipo MBUS por el fabricante se muestran en la Tabla 57.

Costes directos	Calibración	12.500€
	Embalaje y transporte	2.950€
TOTAL		15.450€

Tabla 57: coste calibración externa.

6.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Se estima una vida útil de estos equipos de aproximadamente 15 años.

A continuación se muestra la tabla que recoge el coste anual de calibración de un equipo MBUS Pro tanto interna como externamente.

	CALIBRACIÓN INTERNA	CALIBRACIÓN EXTERNA
	7.266€	15.450€
Inversión:	258,4€ *	-
TOTAL:	7.524,4€	15.450€

Tabla 58: justificación económica.

NOTA: la inversión se calcula como el coste del proyecto inicial entre la vida útil del equipo, ya que, su calibración es anualmente y entre el número de equipos, en este caso se contarán con dos sistemas de adquisición MBUS Pro.*

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

La realización de la calibración de forma interna supone un ahorro anual de aproximadamente 7.925€ por equipo, además, de tener disponibilidad del equipo en todo momento.

7. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto ha permitido alcanzar con éxito el principal objetivo del mismo, diseñar un proceso de calibración de un sistema nuevo de adquisición que garantiza la fiabilidad de sus resultados.

A continuación se mostrarán los objetivos técnicos secundarios que han permitido establecer el objeto final del proyecto:

- Se ha realizado un análisis de los actuales y nuevos sistemas que ha permitido observar sus diferentes características que deben tenerse en cuenta en el diseño de calibración, como puede ser la inclusión de nuevos ensayos o la modificación de pruebas.
- Se ha definido una configuración del equipo donde sus módulos se colocan de forma óptima para el ensayo, de tal forma, que sea fácil la conexión de los sensores, en la dirección de impacto, los cables no obstaculicen otras conexiones y las pantallas y leds sean perfectamente visibles.
- Se inicializa el equipo y se observan errores y factores a tener en cuenta en su uso. Después varias reuniones con el fabricante los módulos se corrigen. Los equipos no vuelven a mostrar fallos.
- Se realizan pruebas de aceptación con distintas configuraciones y realizando una comparación con resultados adquiridos con el sistema actual, el resultado es satisfactorio, el nuevo equipo presenta nuevas funciones y además, es más preciso.
- Paralelamente a estas pruebas comienza un seguimiento para la implantación del nuevo equipo en las instalaciones que consistirá en:

eliminación de shunt en sensores, instalación de chip ID en sensores, nueva calibración de sensores, instalación de shunt en equipo antiguo, adaptación de mangueras en las instalaciones e instalación pulsador safety pin. Una vez que estas modificaciones has sido verificadas las instalaciones están preparadas para el uso de ambos dispositivos.

- Para la realización del estudio de calibración del nuevo sistema de adquisición se analiza la situación actual del equipo NA33 debido a que pertenece al mismo fabricante y tienen la misma finalidad. Se plantean varias opciones para realizar la calibración interna: automática, semiautomática y manual, debido a problemas de comunicación entre la tarjeta de calibración del NA33 y el nuevo sistema, se establece el proceso de forma manual.

A modo de resumen, se muestran todas las pruebas que se van a realizar de forma manual y su comparación con las pruebas realizadas por el fabricante de forma automática.

a. Módulos analógicos.

-Comprobación de voltaje y corriente de excitación: estas pruebas no se realizan de la misma forma que el fabricante, ya que, Messring utilizaba sensores de corriente e intensidad patrón, en su lugar Cidaut realizara la medición del voltaje utilizando un multímetro patrón y variando la intensidad utilizando resistencias de distintos valores.

-Comprobación de voltaje de medida a distintas ganancias. El control de dicho voltaje se realiza con un simulador de deformación debido a que es un método más fiel a las impedancias de entrada a la realidad que una fuente de voltaje.

-Comprobación de alto voltaje de medida. Semejante al fabricante.

-Comprobación del filtro antialiasing: a diferencia de Messring que realiza dicha prueba con muchas más frecuencias de onda, se han escogido dichos valores debido a que son los críticos donde realmente el filtro puede provocar efectos no deseados.

-Comprobación de tiempos: esta comprobación no se comprueba por el fabricante pero se considera que es un factor determinante en el tipo de ensayos ejecutados en Cidaut, ya que, debe cumplir la normativa recogida en la ISO 6487.

b. Módulos digitales.

- Comprobación de cambio de nivel. Semejante al fabricante.

- Comprobación de estado de alimentación de las tarjetas digitales. Semejante al fabricante.

- Comprobación de voltaje de entrada. Semejante al fabricante.

c. FAM BOX.

-Detección de resistencia en salidas digitales. Se incluye, ya que, si no podría producir errores en su ejecución.

- Comprobación de la corriente durante un tiempo suficiente. Se verifica que la corriente dura el tiempo suficiente para disparar los dispositivos. Esta se incluye a mayores, ya que, es una condición que si no se cumple no garantiza su correcto funcionamiento.

- Comprobación de corriente de disparo. Se excluyen valores de corriente debido a que en los ensayos de crash siempre se limitará a 2 A.

-Comprobación de tiempos de disparo. Semejante al fabricante.

La calibración de la FAM BOX se realiza de forma externa pero se ha realizado el estudio de su procedimiento de calibración con razón de realizarse internamente cuando se disponga de un osciloscopio y un sensor de corriente patrón.

- Una vez se ha establecido el proceso de calibración del equipo MBUS Pro se actualizan los documentos de calidad de Cidaut implicados y se realiza una calibración real a modo de prueba. El resultado se observa en la carta de calibración interna adjunta en el apartado 5.7.
- Como se observa en la carta de calibración adjunta en el apartado 5.7. la incertidumbre resultante en amplitud es del 0,5% y la incertidumbres para módulos analógicos en el equipo NA33 se encontraban en torno al 1%. Esto se debe a que el nuevo sistema es más preciso y exacto que el actual. La principal diferencia en la calibración de los módulos digitales es que anteriormente para NA33 se realizaba una verificación y en cambio en el nuevo sistema MBUS Pro se realiza una calibración, ya que, es posible programar el umbral y el funcionamiento de este.

Por otro lado, la incertidumbre temporal se establece en 60 μ s para todas las calibraciones, valor adecuado y apto para los ensayos. Esta incertidumbre es la relativa para medición y registro de datos, no para la incertidumbre de disparo que depende de la calibración externa de la FAM BOX.

En el nuevo proceso de calibración se tienen en cuenta factores como: el tiempo de calibración, sus condiciones de uso y equipo disponible, debido a este último factor se decide realizar la calibración de la FAM externamente, pero de igual forma que los

módulos digitales y analógicos se establece su procedimiento para, en el futuro y contando con los dispositivos necesarios, realizarlo internamente.

De acuerdo con las cartas de calibración facilitadas por Messring y las resultantes del estudio de calibración se puede concluir que las pruebas realizadas son semejantes con las ventajas de no mandar el equipo fuera de las instalaciones (Munich, Alemania) y contar con él en caso de que fuese necesario, además, supone un gran ahorro anual tanto económico como temporal.

En definitiva, se han alcanzado todos los objetivos marcados al comiendo del proyecto y se ha obtenido importantes conocimientos en el proceso sobre la incorporación y el funcionamiento de un sistema de adquisición y acondicionamiento en instalaciones preparadas para ensayos Crash.

8. LÍNEAS FUTURAS

La calibración de los sistemas de adquisición y acondicionamiento MBUS Pro se realizará a lo largo de su vida útil siguiendo el proceso recogido en los documentos internos de Cidaut, los cuales contienen las pruebas y criterios de aceptación que son necesarios para la calibración anual de los sistemas.

En el caso de la FAM BOX su calibración se realizará de forma externa hasta que se cuenten los medios necesarios para hacerlo internamente, es decir, contar con un osciloscopio patrón y/o sensor de intensidad patrón. Si se contara con uno de estos dispositivos las pruebas concernientes a este se realizarán internamente mientras que otras se mantendrían externalizadas, lo que también supondría tanto ventajas en lo económico como en su disposición.

La calibración del equipo se realizará de forma interna, siempre y cuando, el fabricante no proponga un sistema más económico y rápido para hacerlo.

9. BIBLIOGRAFÍA

NORMATIVA

Norma española. (2005). UNE-EN ISO/IEC 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Oficina Territorial de Trabajo de Valladolid. (2017). Convenio Colectivo para la Industria Siderometalúrgica de la Provincia de Valladolid.

Organización Internacional de Normalización. (2015). ISO 6487. Measurement techniques in impact tests.

SAE International. (2014). SAE J211-1. Surface Vehicle recommended practice.

WEBS

Casualplay ¿Qué son los crash tests?

<http://www.casualplay.com/es/consejos-practicos/que-son-los-crash-tests>

Entidad nacional de acreditación. Calibración. <https://www.enac.es/que-hacemos/servicios-de-acreditacion/calibracion>

National Instruments. (2014) ¿Qué son los filtros Anti-Aliasing y por qué se utilizan?<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/7D2769CE61EC2F7786257D9A00560067>

Patrones de medición y tipos de errores. (2010).

<https://es.slideshare.net/yroso02n/patrones-de-medicin-y-tipos-de-errores>

DOCUMENTACIÓN INTERNA

Cidaut. (2006). Análisis de señales.

Cidaut. (2017). Cartas de calibración actuales.

Cidaut. Procedimientos de calibración de sistemas de adquisición (NA33).

Cidaut. (2004). Sistemas de instrumentación y tratamiento de datos.

Cidaut. (2006). Teoría de la cadena de medida.

Cidaut. (2010). Teoría de sensores.

Messring. (2016). ACTIVE MBUS PRO TERMINATOR.

Messring. (2018). Cartas de calibración MBUS Pro.

Messring. (2016). ETHERNET GATEWAY.

Messring. (2018). Libraries for Scripting Math, Util, PathTool and CCLib.

Documentation for CrashSoft 3.3

Messring. (2016). MBUS PRO ANALOG DAS.

Messring. (2016). MBUS PRO DIGITAL DAS.

Messring. (2016). MBUS PRO FIRE AND MEASUREMENT BOX (FAM BOX).

Messring. (2016). MBUS PRO QUICK START GUIDE.

Messring. (2016). OPERATING INSTRUCTION MBUS PRO FAM BOX.

Messring. (2007). Shockproof Data Acquisition System NA33.

10. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: esquema de la cadena de medida.	18
Ilustración 2: gráfico repetibilidad, linealidad e histéresis.	21
Ilustración 3: esquema de sensores según la alimentación.	23
Ilustración 4: esquema de sensores según la magnitud a medir.	23
Ilustración 5: sensor inductivo por autoinducción.....	24
Ilustración 6: sensor inductivo por bobinas de núcleo móvil.....	25
Ilustración 7: esquema sensor potenciómetro.	27
Ilustración 8: circuito eléctrico sensor potenciómetro.	28
Ilustración 9: puente de sensores.	28
Ilustración 10: sensor piezorresistivo.....	30
Ilustración 12: elementos de un sistema de acondicionamiento y adquisición.	32
Ilustración 11: sensor piezoeléctrico.....	31
Ilustración 13: funciones de un acondicionador.	33
Ilustración 14: clasificación de amplificadores basados en el puente de Wheatstone por tipo de elemento.	33
Ilustración 15: clasificación de amplificadores basados en el puente de Wheatstone por ramas con elementos variables.	34
Ilustración 16: amplificador operacional.....	34
Ilustración 17: tipos de filtros.	35
Ilustración 18: esquemas de filtro antialiasing teórico y real.....	36
Ilustración 19: filtros CFC600 y CFC1000.	37
Ilustración 20: filtros CFC600y CFC100.....	38
Ilustración 21: dispositivo Sample&hold.....	39
Ilustración 22: convertidor en paralelo.	40
Ilustración 23: convertidor por aproximaciones sucesivas.....	40
Ilustración 25: convertidor D/A.....	42
Ilustración 24: convertidor por integración.....	41
Ilustración 26: equipo NA33.	45
Ilustración 27: disposición del lemo en canales analógicos.	49

Ilustración 28: configuración sensor puente completo.....	50
Ilustración 29: configuración sensor medio puente.....	51
Ilustración 30: configuración del lemo en las salidas digitales.....	52
Ilustración 31: configuración del lemo en las entradas digitales.....	53
Ilustración 32: especificaciones de la tarjeta de calibración del NA33.....	56
Ilustración 33: pista para ensayos de vehículo completo.....	69
Ilustración 34: pista para ensayos sled.....	69
Ilustración 35: armario de comunicación entre el sistema de adquisición y la sala de control.....	70
Ilustración 36: armario de control de la instalación.....	71
Ilustración 37: sala de control.	72
Ilustración 38: esquema de las señales transmitidas por la manguera de la instalación.	73
Ilustración 39: equipo MBUS Pro	76
Ilustración 40: configuración MBUS.	77
Ilustración 41: conexión coaxial.....	78
Ilustración 42: configuración del lemo en los canales de salida.....	79
Ilustración 43: corriente de disparo.....	80
Ilustración 44: mensajes del estado de la FAM.....	81
Ilustración 45: Conexión GATEWAY-FAM.	83
Ilustración 46: pantalla Gateway.	84
Ilustración 47: configuración del lemo en un canal analógico.....	85
Ilustración 48: parámetros filtro anti-aliasing.....	87
Ilustración 49: configuración del lemo en un canal digital.....	87
Ilustración 50: configuración del lemo en el canal 1 digital.....	89
Ilustración 51: configuración 1 MBUS.....	92
Ilustración 52: configuración 2 MBUS.....	92
Ilustración 53: comparativa disparo a 2 A.	98
Ilustración 54: comparativa disparo a 6 A.	99
Ilustración 55: comparativa periodo 50 ms.....	100
Ilustración 56: comparativa disparo a distintas corrientes.	101
Ilustración 57: medida de la corriente en disparo de airbag real.	102
Ilustración 58: manguera de comunicación de datos actualizada.	104

Ilustración 59: esquema conexiones manguera adaptada a MBUS Pro.	105
Ilustración 60: error de conexión.	120
Ilustración 61: pruebas NA33.	121
Ilustración 62: error sensibilidad transversal. . Ilustración 63: error prueba dinámica.	121
Ilustración 64: error en base de tiempos.. Ilustración 65: error shunt...	122
Ilustración 66: error sobrecarga. Ilustración 67: error CMRR.....	122
Ilustración 68: script calibración. Error ganancia.	123
Ilustración 69: configuración 10 min.....	124
Ilustración 70: configuración 30 s.	124
Ilustración 71: señal adquirida en la prueba de voltaje de excitación (sensor de aceleración).....	125
Ilustración 72: señal adquirida en la prueba de voltaje de excitación (sensor de voltaje).	126
Ilustración 73: señal adquirida en la prueba de voltaje de excitación con resistencia de 150 Ω	127
Ilustración 74: alto voltaje de alimentación.....	135
Ilustración 75: programación carta de calibración en Excel.....	148
Ilustración 76: ecuación del voltaje medido teórico.....	148
Ilustración 77: ecuación de la atenuación.	149
Ilustración 78: Procedimiento e incertidumbre de calibración normalizadas.	208

11. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: configuraciones del puente de Wheatstone.....	29
Tabla 2: estado de la alimentación al puente de los sensores.	57
Tabla 3: offset.	57
Tabla 4: control de offset de entrada.	58
Tabla 5: control de offset de salida.	58
Tabla 6: linealidad.....	59
Tabla 7: pre-amplificación.	60
Tabla 8: post-amplificación.	61
Tabla 9: sensibilidad transversal.	61
Tabla 10: filtro antialiasing.....	62
Tabla 11: validez filtro antialiasing.....	62
Tabla 12: validez base de tiempos.	63
Tabla 13: validez CMRR.....	63
Tabla 14: shunt.	65
Tabla 15: estado de alimentación al puente de sensores.....	66
Tabla 16: tiempo de decaimiento.....	67
Tabla 17: Tabla resumen, diferencias entre NA33 y MBUS Pro.....	90
Tabla 18: configuración MBUS.....	94
Tabla 19: tiempos de grabación.	96
Tabla 20: canales de disparo.....	97
Tabla 21: medida de la frecuencia.....	109
Tabla 22: voltaje de alimentación.....	111
Tabla 23: voltaje de alimentación al puente de sensores.	111
Tabla 24: corriente de alimentación al puente de sensores.	112
Tabla 25: sensibilidad de voltaje.	113
Tabla 26: voltaje de alimentación.....	113
Tabla 27: tensión de excitación.	113
Tabla 28: cambio de nivel.	114
Tabla 29: base de tiempos.....	114
Tabla 30: corriente de salida.	115

Tabla 31: estado de excitación.	116
Tabla 32: offset.	116
Tabla 33: medida de la frecuencia.	119
Tabla 34: equipos y patrones necesarios en la calibración de los sistemas de acondicionamiento y adquisición.....	129
Tabla 35: estado de excitación.	132
Tabla 36: voltaje de alimentación.....	134
Tabla 37: linealidad.	134
Tabla 38: medida en frecuencias.	136
Tabla 39: estado de excitación.	137
Tabla 40: voltaje de alimentación.....	138
Tabla 41: corriente de salida.	139
Tabla 42: tiempo.	140
Tabla 43: límites de medición de la tensión de alimentación.	141
Tabla 44: valores de aceptación del offset y amplificación un canal.	142
Tabla 45: valores de la calibración de linealidad.	142
Tabla 46: valores de aceptación a alto voltaje.	143
Tabla 47: límites de aceptación del filtro antialiasing.....	143
Tabla 48: límites de aceptación de la base de tiempos.....	144
Tabla 49: valores de la excitación.	145
Tabla 50: valores del voltaje a la entrada.	145
Tabla 51: valores límite de la corriente.	146
Tabla 52: valores límite de tiempo.	146
Tabla 53: incertidumbre de la calibración en amplitud.	168
Tabla 54: incertidumbre de la calibración en tiempos.....	172
Tabla 55: coste proyecto.	175
Tabla 56: coste calibración interna.	176
Tabla 57: coste calibración externa.....	177
Tabla 58: justificación económica.	177

12. ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: capacidad eléctrica.	26
Ecuación 2: atenuación en decibelios.	136
Ecuación 3: incertidumbre típica de la amplitud de calibración.	161
Ecuación 4: incertidumbre debida a la calibración del multímetro.	161
Ecuación 5: incertidumbre debida a la regulación de carga.	161
Ecuación 6: incertidumbre debida a la variación de la medida con la temperatura.	162
Ecuación 7: incertidumbre debida a la linealidad de la ganancia.	162
Ecuación 8: incertidumbre debida a la resolución de la ganancia.	163
Ecuación 9: incertidumbre debida a las variaciones del offset con la temperatura.	163
Ecuación 10: incertidumbre debido a las variaciones de la ganancia con la temperatura.	163
Ecuación 11: incertidumbre debida a la calibración del generador de ondas.	164
Ecuación 12: incertidumbre debida a la resolución del bus de datos.	164
Ecuación 13: incertidumbre debido al error por redondeo.	164
Ecuación 14: incertidumbre debido al error medido durante la calibración.	165
Ecuación 15: incertidumbre debida a la calibración del simulador de deformación.	165
Ecuación 16: incertidumbre expandida en amplitud.	166
Ecuación 17: incertidumbre típica del tiempo de calibración.	170
Ecuación 18: incertidumbre debida a la calibración temporal del generador de ondas.	170
Ecuación 19: incertidumbre debida a la frecuencia de adquisición.	170
Ecuación 20: incertidumbre debida al error en la medida del tiempo.	171
Ecuación 21: incertidumbre expandida en tiempos.	171
Ecuación 22: costes indirectos del proyecto.	175
Ecuación 23: coste indirecto de la calibración interna.	176

13. ANEXOS

13.1. ANEXO I. CONCEPTOS CALIBRACIÓN.

CALIBRACIÓN

La calibración es el conjunto de operaciones con las que se establece, en unas condiciones específicas, la correspondencia entre los valores indicados en un instrumento, equipo o sistema de medida, y los valores conocidos correspondientes a una magnitud de medida o patrón, asegurando así la trazabilidad de las medidas a las correspondientes unidades básicas y procediendo a su ajuste.

NOTAS

- El resultado de una calibración permite atribuir a las indicaciones los valores correspondientes del mensurando o bien determinar las correcciones a aplicar en las indicaciones.
- Una calibración puede también servir para determinar otras propiedades metrológicas tales como los efectos de las magnitudes de influencia.
- Los resultados de una calibración pueden consignarse en un documento denominado, a veces, certificado de calibración o informe de calibración.

TRAZABILIDAD

Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

NOTAS

- A menudo, este concepto se expresa por el objetivo trazable.

- La cadena ininterrumpida de comparación se denomina cadena de trazabilidad.

AJUSTE

Operación destinada a llevar un instrumento de medida a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización. El ajuste puede ser automático, semiautomático o manual.

INCERTIDUMBRE

Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente ser atribuidos al mensurando.

NOTAS

- El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar (o un múltiplo de ésta) o la semiamplitud de un intervalo con un nivel de confianza determinado.

- La incertidumbre de medida comprende, en general, varios componentes. Algunos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden caracterizarse por sus desviaciones estándar experimentales. Los otros componentes, que también pueden ser caracterizados por desviaciones estándar, se evalúan asumiendo distribuciones de probabilidad, basadas en la experiencia adquirida o en otras informaciones.

- Se entiende que el resultado de la medición es la mejor estimación del valor del mensurando, y que todos los componentes de la incertidumbre, comprendidos los que provienen de efectos sistemáticos, tales como los componentes asociados a las correcciones y a los patrones de referencia, contribuyen a la dispersión.

PATRÓN DE MEDIDA (2)

Un patrón de medida se define como la representación física de una unidad de medición. Una unidad se realiza con referencia a un patrón físico arbitrario o a un fenómeno natural que incluye constantes físicas y atómicas. Existen diferentes tipos clasificados por su función y aplicación en las siguientes categorías:

- Patrones internacionales: se definen por acuerdos internacionales. Representan ciertas unidades de medida con la mayor exactitud que permite la tecnología de producción y medición.
- Patrones primarios: se encuentran en los distintos laboratorios nacionales
- Patrones secundarios: patrones básicos de referencia que se usan en laboratorios industriales de medición.
- Patrones de trabajo: herramientas principales en un laboratorio de mediciones.

13.2. ANEXO II. PROGRAMA DE LA TARJETA DE CALIBRACIÓN AUTOMÁTICA.

En este anexo se muestran los códigos necesarios para la ejecución de la calibración. A continuación se muestra el principal programa, el cual dependiendo del tipo de dispositivo que se vaya a calibrar llamará a un archivo específico.

```
'-----  
'  
' Name          : calibration.vbs  
' Created       : 17.07.2001 - ws  
' Copyright     : (c) Messring Software Service MSS GmbH  
'  
' Description   : Startup script for NA33 calibration system  
'  
' Dependencies :  
'  
'-----  
-----  
  
Option Explicit  
  
Sub main()  
  
    Dim CCProject  
  
    'Create a new project, or reuse the current project if it is  
in the virgin state.  
    With Workspace  
        If .CurrentProject Is Nothing Then  
            Set CCProject = .Projects.Add  
            Set .CurrentProject = CCProject  
        End If  
        If .CurrentProject.Virgin Then  
            Set CCProject = .CurrentProject  
        Else  
            Set CCProject = .Projects.Add  
            Set .CurrentProject = CCProject  
        End If  
    End With  
  
    With CCProject  
  
        '--Set the project name-----  
        .ProjectName = "Calibration Project"
```

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

```
'--Add controls-----  
-----  
    Dim MCCalibrationControl1  
    Dim Calib1  
  
    Set MCCalibrationControl1 = .Controls.AddByProgId (   
"MCCalibrationControl.ctlCalibration", "Calibration Tool")  
    Set Calib1 = MCCalibrationControl1.ContainedControl  
  
'--Generate a viewer control-----  
-----  
    Dim Cs3Ctrl  
    Dim Viewer  
  
    Set Cs3Ctrl = .Controls.AddByProgId ( "McView.ChannelView",  
"Viewy" )  
    Set Viewer = Cs3Ctrl.ContainedControl  
  
'--Generate a report control-----  
-----  
    Dim Cs3Ctrl2  
    Dim Reporter  
  
    Set Cs3Ctrl2 = .Controls.AddByProgId ( "MCReport.ctlReport",  
"Reporter" )  
    Set Reporter = Cs3Ctrl2.ContainedControl  
  
'-----  
-----  
  
End With  
  
With Workspace.MainForm  
  
'--Hide all other windows than the control window-----  
-----  
    .ExplorerVisible = False  
    .ScriptStatusVisible = False  
    .ToolBarVisible = False  
    .StatusBarVisible = False  
  
'-----  
-----  
  
End With  
  
With Calib1  
  
    MCCalibrationControl1.MakeVisible  
  
'--Look for all physical devices connected to LAN in the  
selected address range  
  
'    IP:  first address    last address  
    .FindAllCalibDevices "172.16.4.1", "172.16.4.32"
```

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

```
.FindAllTestDevices "172.16.4.1", "172.16.4.32" 'use this
line for NA34
' .FindAllTestDevices "192.168.100.1", "192.168.100.60"
'use this line for NA34

'--set path and file name of report layout file-----
-----

.SetReportLayoutFile =
Workspace.ScriptingHost.RunningScriptDirectory &
"\report\CIDAUT.rpx"
.EnableAccess = True

'--Set path of run script and load them-----
-----

.LoadRunScriptfromPath
Workspace.ScriptingHost.RunningScriptDirectory & "\"

'--Show New Test dialog-----
-----
Dim bResult

bResult = .ShowNewTestDialog()
If bResult = False Then
Workspace.CurrentProject.Clear
End If

'-----
-----
End With
'-----
-----
End Sub
```

Programa de calibración del NA33: este es llamado por el calibrador, el cual realiza las pruebas necesarias y le devuelve los resultados. El código que se muestra a continuación es el resultante de la adaptación del programa del sistema NA33 al nuevo sistema MBUS.

```
'-----
-----
'
' Name : NA33.csb
' Created : 07.06.2004 - ws
' Copyright : (c) Messring Software Service MSS GmbH
'
' Information : CSB Tests for NA33 analog input boards:
'
' Dependencies :
'
'-----
-----
```

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

Option Explicit

Sub main()

```
' hide script status window
Workspace.MainForm.ScriptStatusVisible = False

' get interface of the calibration control
Dim Calib1
Set Calib1 =
Workspace.CurrentProject.Controls(1).ContainedControl

Dim Result
Dim CalFunctions As ICalibration
Set CalFunctions = Calib1.IAllCal

With CalFunctions

.Power = 1 'switch test board on

'Result = .TestConnections //Mensaje de conexión errónea

'-----
' Name:          ReadSystemInternals
' Parameter1:   Single | Nominal value of +5,02V
' Parameter2:   Single | Upper bound
' Parameter3:   Single | Lower bound
' Parameter4:   Single | Nominal value of +8V
' Parameter5:   Single | Upper bound
' Parameter6:   Single | Lower bound
' Parameter7:   Single | Nominal value of -8V
' Parameter8:   Single | Upper bound
' Parameter9:   Single | Lower bound
' Description:  Temperature and internal supply voltages
'
'-----
Result = .ReadSystemInternals(5.26, 5.80, 4.50, _
                             8.16, 8.90, 7.40, _
                             -8.09,-7.20,-8.90)

'
' If Result = False Then
'     Exit Sub
' End If

If .BoardType = 1 Then

'-----
' Name:          MeasureExcitationVoltage
' Parameter1:   Integer | Load in ohms, -1 for no load
' Parameter2:   Single | Nominal value of pos. Excitation
' Parameter3:   Single | Upper bound
' Parameter4:   Single | Lower bound
' Description:  Excitation voltage 5.0V with short circuit
'
```

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

```
'-----  
'-----  
Result = .MeasureExcitationVoltage(0, _  
                                     5.000, 5.008, 4.992)  
' If Result = False Then  
'   Exit Sub  
' End If  
'-----  
'-----
```

```
' Name:          MeasureExcitationVoltage  
' Parameter1: Integer | Load in ohms, -1 for no load  
' Parameter2: Single  | Nominal value of pos. Excitation  
' Parameter3: Single  | Upper bound  
' Parameter4: Single  | Lower bound  
' Description: Excitation voltage 5.0V with 150Ohm load  
'  
'-----  
'-----
```

```
Result = .MeasureExcitationVoltage(150, _  
                                     5.000, 5.009, 4.991)  
'  
' If Result = False Then  
'   Exit Sub  
' End If  
'-----  
'-----
```

```
' Name:          MeasureExcitationVoltage  
' Parameter1: Integer | Load in ohms, -1 for no load  
' Parameter2: Single  | Nominal value of pos. Excitation  
' Parameter3: Single  | Upper bound  
' Parameter4: Single  | Lower bound  
' Description: Excitation voltage 10.0V with 300Ohm load  
'  
'-----  
'-----
```

```
Result = .MeasureExcitationVoltage(300, _  
                                     5.000, 5.008, 4.992)  
'  
' If Result = False Then  
'   Exit Sub  
' End If  
'-----  
'-----
```

```
' Name:          MeasureChannelOffset  
' Parameter1: Single | Input gain  
' Parameter1: Single | Nominal value of offset  
' Parameter2: Single | Upper bound  
' Parameter3: Single | Lower bound  
' Description: Measure channel offset at gain=100 and offset=0  
'  
'-----  
'-----
```

```
Result = .MeasureChannelOffset(100.0, 0.000, 0.100, -0.100)  
' PAUSA  
Begin Dialog UserDialog 270,84 ' %GRID:10,7,1,1  
  Text 100,21,90,14,"¿Continuar?",>.Text1  
  OKButton 30,49,90,21
```

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

```
    CancelButton 160,49,90,21
End Dialog
Dim dlg As UserDialog
Dialog dlg

Result = .MeasureChannelOffset(300.0, 0.000, 0.100, -0.100)
'
' If Result = False Then
'     Exit Sub
' End If
'-----
'
' Name:          CheckLinearity
' Parameter1:    Single | Voltage start value for test function
' Parameter2:    Single | Voltage end value for test function
' Parameter3:    Single | Voltage step
' Parameter4:    Single | Upper bound
' Parameter5:    Single | Lower bound
' Description:   Linearity, range +/-40mV, step 5mV
'-----
'-----
Result = .CheckLinearity( -0.040, 0.040, 0.005, 0.00505,
0.00495)
'
' If Result = False Then
'     Exit Sub
' End If
'-----
'-----
' Name:          CheckInputAmplifier
' Parameter1:    Integer | Input gain
' Parameter2:    Single  | Result voltage after amplifier
' Parameter3:    Single  | First bound
' Parameter4:    Single  | Second bound
' Description:   Input amplifier with gain 1000 and voltage
0.004V
'-----
'-----
Result = .CheckInputAmplifier( 1000.0, 0.004, 0.00450,
0.00350)
'
' If Result = False Then
'     Exit Sub
' End If
'-----
'-----
' Name:          CheckFilter
' Parameter1:    Single | Frequency FN, for CFC1000 = 1650Hz
' Parameter2:    Single | max. in dB
' Description:   Filter-Check with sweep 60 - 3300Hz, amplitude
1.0V
'-----
'-----
```

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

```
Result = .CheckFilter( 1650.0, -4.0, 1.0,
Workspace.CurrentProject)
'
' If Result = False Then
'   Exit Sub
' End If
'-----
'
' Name:          CheckTime
' Parameter1:   Integer | Type of signal: 0 = Sine, 1 = Rect
' Parameter2:   Double  | Frequency [Hz], Range: 10 to 10000
' Parameter3:   Double  | Amplitude of Signal, Range 0 to 5V
' Description:  Time measurement with 100Hz sine signal
'
'-----
Result = .CheckTime(0, 100.0, 1.0, 10.5, 9.5,
Workspace.CurrentProject)
'
' If Result = False Then
'   Exit Sub
' End If
'-----
'
' Information : Tests for NA33 digital boards:
'
'-----
ElseIf .BoardType = 2 Then
'-----
'
' Name:          MeasureExcitationVoltage
' Parameter1:   Integer | Load in ohms, -1 for no load
' Parameter2:   Single  | Nominal value of pos. Excitation
' Parameter3:   Single  | Upper bound
' Parameter4:   Single  | Lower bound
' Description:  Excitation voltage 12.0V with 150Ohm load
'
'-----
Result = .MeasureExcitationVoltage(200,
                                   12.000, 13.000, 11.000)
'
' If Result = False Then
'   Exit Sub
' End If
'-----
'
' Name:          CheckOverloadDisplay
' Parameter1:   Single  | Voltage amplitude
' Description:  Overload display of NA33 and CS3
'
'-----
Result = .CheckOverloadDisplay(12.0)
```

Incorporación de nuevos sistemas de adquisición al sistema de calidad de una empresa.

```
'
' If Result = False Then
'   Exit Sub
' End If
'-----
'
' Name:          CheckDigitalInput
' Description:   Functional check of digital input
'-----
Result = .CheckDigitalInput()
'
' If Result = False Then
'   Exit Sub
' End If
'-----
'
' Name:          CheckResistanceSensing
' Description:   Functional check of digital output's resistance
sensor
'-----
Result = .CheckResistanceSensing()
'
' If Result = False Then
'   Exit Sub
' End If
'-----
'
' Name:          CheckOutput
' Parameter1:    Integer | Test type, AC = 1, DC = 2, Time = 3
' Parameter2:    Single  | Sampling time in s
' Parameter3:    Single  | Test value
' Parameter4:    Single  | Upper bound
' Parameter5:    Single  | Lower bound
' Description:   Functional check of digital output, time
measurement
'-----
Result = .CheckOutput(3, 0.025, 8.0, 11.0, 6.0,
Workspace.CurrentProject)
'
' If Result = False Then
'   Exit Sub
' End If
End If

.Power = 0 'switch test board off
End With
End Sub
```


13.3. ANEXO III. ISO 6487.

La ISO 6487 normaliza las técnicas de medida reglamentadas para un ensayo impacto de vehículo y su instrumentación.

En el presente documento se ha incluido un extracto de la norma relacionado directamente con su desarrollo.

Dentro del apartado 4.5 sobre calibración se encuentra la norma sobre procedimientos e incertidumbres que se muestra a continuación:

4.5.3 Calibration procedures and uncertainties

The stated uncertainty should be the product of the standard deviation and coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution, corresponds to a coverage probability of approximately 95%.

Table 3 presents the relevant procedures.

The result of a calibration can be recorded in a document sometimes called a calibration certificate or calibration report.

Calibration procedures	Uncertainties
	Relative expanded measurement uncertainty for transducer types used in crash testing specific to the maximum value of the calibration range
Accelerometer Shock calibration (pendulum)	<1,8 %
Accelerometer Sinusoidal calibration (Shaker)	<2 % below 400 Hz <2,5 % from 400 Hz to 2 kHz <3,5 % from 2 kHz to 5 kHz
Acceleration static calibration (centrifuge)	<1,5 %
Force sensor – static calibration	<1 %
Displacement	<1 %
Angle	<1,5 %
Angular rate	<3 %
Pressure	1%
Temperature	<1 % or 0,2 K
Torque	<2 %
NOTE Calculation of uncertainties according to JCGM 100:2008.	

Ilustración 78: Procedimiento e incertidumbre de calibración normalizadas.