

MANUAL DE UTILIZACIÓN DE TRANSDUCTORES Y SISTEMAS DE
ADQUISICIÓN DE DATOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA EXPERIMENTAL

JAVIER HERNÁN SÁNCHEZ PULGARÍN

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2009

MANUAL DE UTILIZACIÓN DE TRANSDUCTORES Y SISTEMAS DE
ADQUISICIÓN DE DATOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA EXPERIMENTAL

JAVIER HERNÁN SÁNCHEZ PULGARÍN

Trabajo de grado para optar por el título
de Ingeniero Mecánico

FABIO ANTONIO PINEDA BOTERO
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2009

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

Mi familia, que me ha apoyado durante todo este proceso educativo y me ha brindado su paciencia, amor y dedicación.

Al ingeniero mecánico Fabio Pineda, en calidad de asesor, por sus aportes y apoyo incondicional durante el transcurso del proyecto.

Al personal del laboratorio de Mecánica Experimental, que me colaboraron en el proceso de consulta y montaje.

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

A mis padres y hermana, que me apoyaron y acompañaron en este largo proceso.

CONTENIDO

	Pág.
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1.DEFORMACIÓN	15
1.2.RELACIÓN ESFUERZO-DEFORMACIÓN UNITARIA	16
1.3.GALGAS DE DEFORMACIÓN	18
1.4.MÉTODO DE MEDICIÓN	20
1.5.TRANSMISIÓN DE DATOS	23
1.6.MEDIOS GUIADOS	27
1.7.MEDIOS NO GUIADOS	31
1.8.CAMPOS DE APLICACIÓN	32
2. DESCRIPCIÓN DE TRANSDUCTORES	35
2.1.TRANSDUCTORES RESISTIVOS	36
2.2.TRANSDUCTORES INDUCTIVOS	37
2.3.TRANSDUCTORES CAPACITIVOS	38
2.4.TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS	39
2.5.TRANSDUCTORES DE ACELERACIÓN	40
2.6.TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO	47
2.7.TRANSDUCTORES DE PRESIÓN	51
2.8.TRANSDUCTORES DE ORIENTACIÓN	56
2.9.SONÓMETROS	61
3. SISTEMAS DE ADQUICISIÓN DE DATOS	66
3.1.PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS	67
3.2.PROCESAMIENTO DE SEÑALES	69
3.3.SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y AMPLIFICADORES DE SEÑAL	71
4. ESQUEMAS DE CONEXIONES Y PUESTA A PUNTO DEL SOFTWARE PARA INICIAR MEDICIONES	91
4.1.TRANSDUCTORES DE ACELERACIÓN	91

4.2.TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO	101
4.3.TRANSDUCTORES DE PRESIÓN	108
4.4.TRANSDUCTORES DE DEFORMACIÓN	121
4.5.TRANSDUCTORES DE ORIENTACIÓN	147
4.6.SONÓMETROS	150
5. CONCLUSIONES	154
6. BIBLIOGRAFÍA	156
6.1.INTERNET	156
6.2.CLASICA	159

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Diagrama esfuerzo-deformación unitaria para un acero dúctil.	16
Ilustración 2. Deformación en los tres ejes.	18
Ilustración 3. Puente de Wheatstone.	20
Ilustración 4. Configuración clásica del puente.	21
Ilustración 5. Espectro electromagnético.	26
Ilustración 6. Cable coaxial.	29
Ilustración 7. Cable fibra óptica.	30
Ilustración 8. Ejemplo de transductor resistivo. Galgas extensométricas.	36
Ilustración 9. Transductores inductivos.	37
Ilustración 10. Esquema de transductor capacitivo.	39
Ilustración 11. Esquema de transductor piezoeléctrico.	40
Ilustración 12. Dimensiones del transductor K-Beam en mm.	42
Ilustración 13. Esquema de pines del transductor K-Beam.	42
Ilustración 14. Dimensiones del acelerómetro K-Shear.	44
Ilustración 15. Acelerómetro B12/200 de HBM.	46
Ilustración 16. Disposición de bobinas de un transductor de desplazamiento.	47
Ilustración 17. Dimensiones del transductor de desplazamiento celesco.	49
Ilustración 18. Transductor de desplazamiento Celesco.	49
Ilustración 19. Dimensiones del transductor inductivo HBM.	50
Ilustración 20. Transductor de desplazamiento HBM.	50
Ilustración 21. Transductor de presión 601A de Kistler.	52
Ilustración 22. Características dimensionales del transductor P3.	54
Ilustración 23. Martillo de impacto Kistler.	55
Ilustración 24. Representación de encoder incremental	57
Ilustración 25. Encoder absoluto.	58
Ilustración 26. Giroscopio.	59

Ilustración 27. Giroscopio 3DM-GX1.	60
Ilustración 28. Micrófono de campo tipo 4189 de Büel & Kjær.	63
Ilustración 29. Transductor de ultrasonido Ultra-Trak.	65
Ilustración 30. Piezotron Coupler, Kistler.	72
Ilustración 31. ICAM 5073A.	74
Ilustración 32. Osciloscopio BK Precision.	75
Ilustración 33. Acondicionador de señal 5118B2 de Kistler.	77
Ilustración 34. PXI 1042Q de National Instruments.	79
Ilustración 35. Imagen de Scout55 de HBM.	81
Ilustración 36. MGC Plus de HBM.	83
Ilustración 37. NI SCXI-1000.	85
Ilustración 38. SG – Link	87
Ilustración 39. V – Link.	89
Ilustración 40. Montaje general, sensor triaxial y MGC Plus.	92
Ilustración 41. Conexión posterior en MGC Plus.	93
Ilustración 42. Cable DB9.	93
Ilustración 43. Conectores LEMO para transductor triaxial.	94
Ilustración 44. Forma de conexión, conector BNC y voltaje externo.	94
Ilustración 45. Montaje general transductor uniaxial K-Shear y SCXI.	95
Ilustración 46. Conexión posterior en SCXI, acelerómetro K-Shear.	96
Ilustración 47. Conexión posterior en amplificador 5118B2 de Kistler.	96
Ilustración 48. Montaje general sensor uniaxial HBM B12 y SCXI.	97
Ilustración 49. Conexión posterior en SCXI, acelerómetro B12 de HBM.	98
Ilustración 50. Menú inicial del software Sigma.	99
Ilustración 51. Ventana de medición para acelerómetros.	100
Ilustración 52. Interfaz del software Sigma con gráfica de datos.	101
Ilustración 53. Montaje general transductor de desplazamiento SP2 de Celesco, A.	102
Ilustración 54. Montaje general transductor de desplazamiento SP2 de Celesco, B.	102
Ilustración 55. Conexión posterior del transductor SP2 en MGC Plus.	103

Ilustración 56. Montaje general transductor WA100.	104
Ilustración 57. Conexión posterior del transductor WA100 en SCXI.	105
Ilustración 58. Inicialización del software Sigma.	106
Ilustración 59. Menú medición del software Sigma.	107
Ilustración 60. Ventana de adquisición de datos de transductores de desplazamiento.	107
Ilustración 61. Montaje general transductor P3 y MGC Plus.	108
Ilustración 62. Conexión transductor P3 parte posterior.	109
Ilustración 63. Conexión posterior transductor de presión P3 en MGC Plus.	110
Ilustración 64. Montaje general transductor 601A de Kistler.	111
Ilustración 65. Detalle conexión en ICAM de Kistler.	112
Ilustración 66. Detalle del transductor de presión 601A de Kistler.	112
Ilustración 67. Detalle de la fuente de voltaje BK Precision.	113
Ilustración 68. Detalle de la conexión del transductor 601A en PXI.	113
Ilustración 69. Ventana de configuración, software Control ICAM 5073.	115
Ilustración 70. Ventana de configuración de transductores de presión (Settings).	116
Ilustración 71. Ventana de configuración de transductores de presión (Device).	117
Ilustración 72. Parámetros de escala del transductor de presión.	118
Ilustración 73. Diagrama de bloques en software LabView para mediciones.	118
Ilustración 74. Ventana de gráfico de muestreo en LabView.	119
Ilustración 75. Montaje general martillo de impacto Kistler y MGC Plus.	119
Ilustración 76. Conexión posterior martillo de impacto Kistler en MGC Plus, A.	120
Ilustración 77. Conexión posterior martillo de impacto Kistler en MGC Plus, B.	120
Ilustración 78. Montaje general strain gage sobre barra plana.	121
Ilustración 79. Conexión posterior de strain gages en DAQ SCXI.	122
Ilustración 80. Opción Deformación en menú Medición del software Sigma.	124
Ilustración 81. Montaje general de puente de galgas con V-Link.	125
Ilustración 82. Receptor de señal V-Link.	125
Ilustración 83. Arreglo de galgas HBM.	126
Ilustración 84. Ventana principal del software Agile-Link.	129

Ilustración 85. Reconocimiento del hardware en software Agile-Link..	129
Ilustración 86. Agregando nodo de medición de MicroStrain.	130
Ilustración 87. Indicación de número de nodo en dispositivo V-Link.	130
Ilustración 88. Indicación de número de nodo en ventana de configuración.	131
Ilustración 89. Indicación de nivel de señal del nodo inalámbrico V-Link.	131
Ilustración 90. Ventana configuración de nodos del software Agile-Link.	133
Ilustración 91. Ventana configuración del software Agile-Link.	133
Ilustración 92. Pestaña Streaming de configuración de nodo, Agile-Link.	135
Ilustración 93. Ventana LDC de configuración de nodo, Agile-Link.	136
Ilustración 94. Pestaña Datalogging de configuración de nodo, Agile-Link.	137
Ilustración 95. Visualización de la opción Stream del software Agile-Link.	138
Ilustración 96. Grafica de comportamiento, datos leídos por acelerómetro.	139
Ilustración 97. Visualización de la opción LDC, Agile-Link.	139
Ilustración 98. Ventana Data Collector, Agile-Link.	140
Ilustración 99. Ventana Graph View, Agile-Link.	140
Ilustración 100. Menu Datalogging, Agile-Link.	141
Ilustración 101. Menú Plugins, software Agile-Link.	142
Ilustración 102. Selección de tipo de puente.	143
Ilustración 103. Ventana de especificación de galga.	144
Ilustración 104. Calibración Shunt.	145
Ilustración 105. Resultados de calibración.	145
Ilustración 106. Grafica de medición de datos en software Agile-Link.	146
Ilustración 107. Montaje general, giroscopio y SCXI.	147
Ilustración 108. Interfaz gráfica software Sigma.	148
Ilustración 109. Opciones menú medición, software Sigma.	149
Ilustración 110. Interfaz giroscopio, software Sigma.	149
Ilustración 111. Montaje general micrófono tipo 4189 de B&K.	150
Ilustración 112. Conexión posterior de micrófono tipo 4189 en Front – end.	151
Ilustración 113. Representación gráfica de la tarjeta amplificadora AP402i.	153

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación entre diferentes medios de transmisión y ancho de banda.	25
Tabla 2. Algunos tipos básicos de transductores y su clasificación.	36
Tabla 3. Datos técnicos, acelerómetro K-Beam de Kistler.	43
Tabla 4. Datos técnicos, acelerómetro K-Shear de Kistler.	44
Tabla 5. Datos técnicos acelerómetro B12 de HBM.	46
Tabla 6. Datos técnicos, sensor desplazamiento SP2 de Celesco.	48
Tabla 7. Datos técnicos transductor de desplazamiento de barra HBM.	51
Tabla 8. Datos técnicos transductor de presión 601A de Kistler.	53
Tabla 9. Datos técnicos transductor P3 de HBM.	54
Tabla 10. Datos técnicos martillo de impacto Kistler.	56
Tabla 11. Datos técnicos giróscopo 3DM-GX1.	61
Tabla 12. Datos técnicos micrófono B&K.	64
Tabla 13. Datos Técnicos transductor de ultrasonido ultra track 750.	65
Tabla 14. Datos técnicos Piezotron Coupler de Kistler.	72
Tabla 15. Datos técnicos de ICAM, Kistler.	74
Tabla 16. Datos técnicos Osciloscopio BK Precision.	76
Tabla 17. Datos técnicos acondicionador de señal 5118B2 de Kistler.	78
Tabla 18. Características Técnicas PXI 1042Q de National Instruments.	80
Tabla 19. Características técnicas de Scout55 de HBM.	82
Tabla 20. Datos Técnicos MGC Plus de HBM.	84
Tabla 21. Especificaciones SCXI-1000 de National Instruments.	86
Tabla 22. Datos técnicos SG – Link de MicroStrain.	88
Tabla 23. Datos técnicos sensor inalámbrico V – Link de MicroStrain.	90
Tabla 24. Distribución de pines SG-Link de MicroStrain.	127
Tabla 25. Distribución de puertos V-Link de MicroStrain.	127

INTRODUCCIÓN

El análisis de variables físicas siempre ha sido parte integral de la ingeniería con el propósito de estudiar lo que ocurre en aplicaciones reales y saber que tanto la teoría difiere de la realidad. Hoy en día esto es posible, gracias a las herramientas informáticas, y por ello es posible predecir fallas, monitorear equipos y saber cuándo intervenir en mantenimiento diferentes dispositivos y maquinas.

En la industria, la necesidad de mantener una producción continua, conservar ambientes controlados y garantizar el buen funcionamiento de los dispositivos, hace que surja la necesidad de conocer que tanto las magnitudes de las diferentes variables físicas, se acercan a los resultados de cálculo, concebidos en papel y lápiz, en la etapa de diseño.

El saber el comportamiento de los elementos, bajo ciertas condiciones de funcionamiento, es una necesidad hoy en día para que el proceso de creación e inventiva siga evolucionando a través del tiempo como lo ha hecho en los últimos años. Debido a esto el propósito de la Mecánica Experimental, es estudiar cómo se comportan estas variables en la realidad, ayudándose de sensores y sistemas de adquisición de datos, para obtener así gráficas de comportamiento y procesarlas, logrando de esta manera que la ingeniería mejore y evolucione.

El proyecto pretende crear un manual de utilización de los sensores y equipos de adquisición de datos del laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad Eafit, con la idea de que cualquier estudiante o persona que tenga necesidad de hacer uso de estos equipos, pueda hacerlo de una manera sencilla y práctica, introduciéndolo así a la generación de ideas en el ambiente práctico de la mecánica experimental.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaboración de un manual de usuario de equipos y sensores de mayor frecuencia de utilización en el laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad Eafit.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Seleccionar, con ayuda del personal de laboratorio, cuales son los equipos de mayor frecuencia de utilización en la práctica experimental, así como definir cuáles son los accesorios requeridos (sensores, conectores, cables, etc.).

Definir las especificaciones técnicas de los equipos de mayor frecuencia de utilización en el laboratorio, con base en la información disponible en catálogos de los fabricantes.

Describir el procedimiento de montaje de los sensores para cada uno de los equipos de interés, por medio de diagramas descriptivos.

Introducir al usuario en el software requerido y en la configuración inicial de los sensores para dar comienzo a las mediciones.

1. MARCO TEÓRICO

Al hablar de deformación debe tenerse en cuenta la relación que ésta tiene con las propiedades mecánicas de los materiales. Éste concepto es análogo al alargamiento unitario, el cual será explicado en parte en éste capítulo. Así mismo existen dispositivos capaces de medir estas variables y de transmitir las; algunos de estos principios también se explican a continuación.

1.1. DEFORMACIÓN

Como se enuncia anteriormente, la deformación es una relación adimensional del alargamiento producido bajo el efecto de una carga, en un material. Esta carga puede actuar en tensión o compresión y la relación está descrita por la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

ε = Deformación unitaria

ΔL = Alargamiento o contracción

L_0 = Longitud inicial

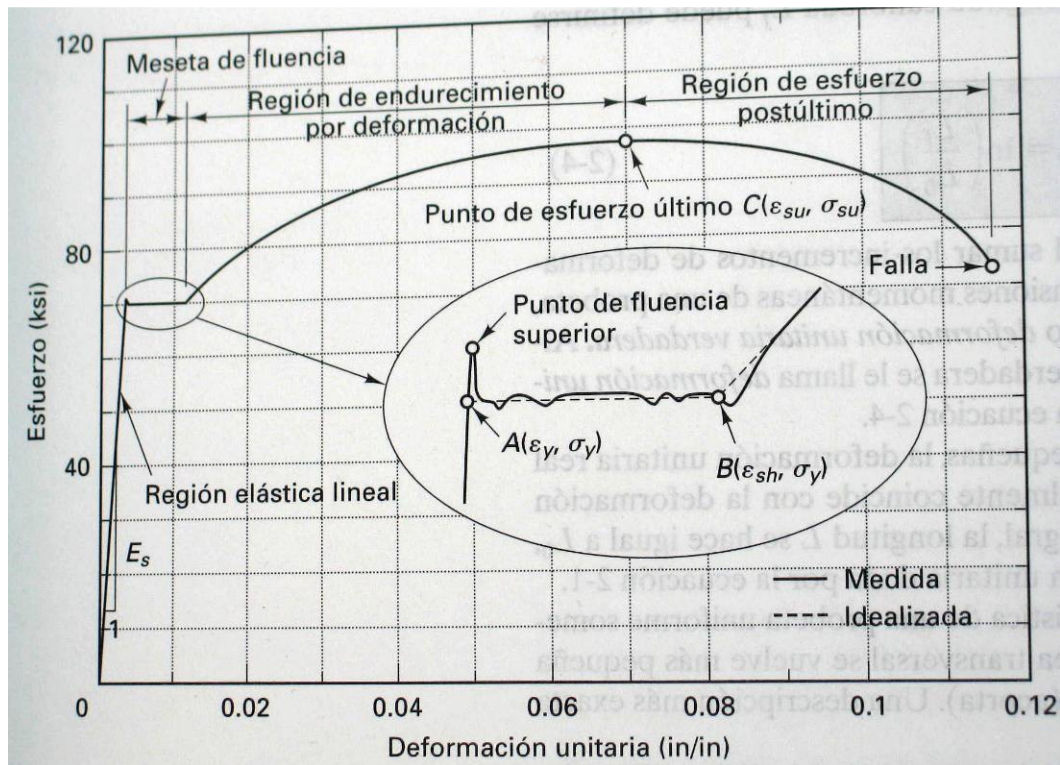
Esta expresión define la deformación unitaria en tensión (o compresión), se trata entonces de una cantidad adimensional, la cual es costumbre referirse a ella como una microdeformación unitaria. En la mayor parte de aplicaciones de ingeniería esta cantidad es del orden del 0.1%.

1.2. RELACIÓN ESFUERZO-DEFORMACIÓN UNITARIA

En los experimentos de resistencia de materiales el objetivo es ver el comportamiento mecánico de los mismos, con pruebas en tensión y compresión. La información que de allí se obtiene son relaciones empíricas de fuerza-deformación debido a respuestas macroscópicas de las piezas a las cargas aplicadas.

En el estudio experimental de las propiedades mecánicas de los materiales, es costumbre trazar los diagramas de la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria. Esas curvas se denominan *diagramas de esfuerzo-deformación unitaria*.

Ilustración 1. Diagrama esfuerzo-deformación unitaria para un acero dúctil.



Mecánica de Sólidos. Egor P. Popov. P 61.

Otra relación que incluye al esfuerzo y la deformación está dada por la ley de Hooke y aplica si el material es isotrópico y homogéneo y no sobrepasa su límite elástico; de esta manera la relación entre esfuerzo y deformación unitaria puede considerarse lineal para todos los materiales y basándose en este principio, la extensometría eléctrica es el método que tiene por objeto la medida de las deformaciones superficiales de los cuerpos.

$$\sigma = E\varepsilon$$

Ley de Hooke

σ = Esfuerzo a tracción

E = Módulo de elasticidad

ε = Deformación unitaria

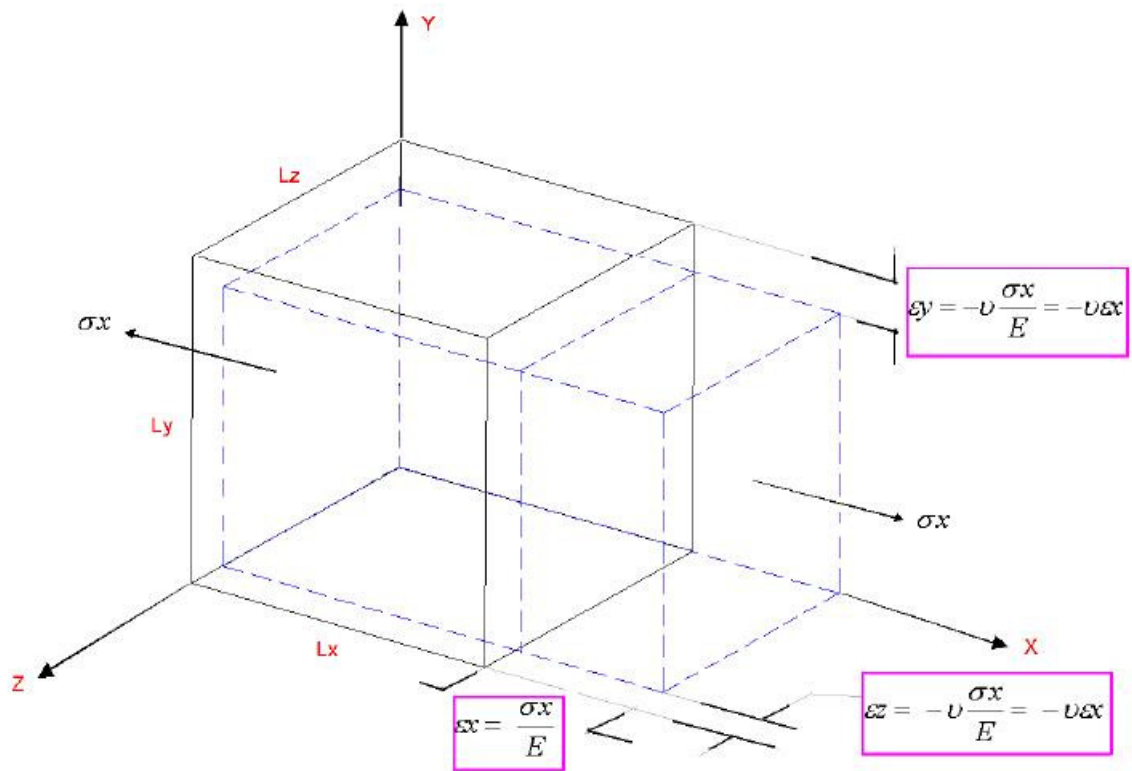
El módulo de elasticidad o módulo de Young, es interpretado como un índice de la rigidez o resistencia a la deformación de los materiales.

Al efectuarse un esfuerzo a tracción, se produce además una deformación longitudinal (alargamiento), se produce una disminución de la sección transversal (estrechamiento). La relación de Poisson demuestra que estas dos deformaciones son proporcionales entre si dentro de los límites de la ley de Hooke.

$$\nu = \frac{\text{Deformación unitaria Transversa } (\varepsilon_y)}{\text{Deformación unitaria Longitudinal } (\varepsilon_x)}$$

En la siguiente gráfica se mostrará las deformaciones longitudinales y de contracción sobre u cuerpo sometido a un esfuerzo de tracción.

Ilustración 2. Deformación en los tres ejes.



Isaza, s.a. P 4.

1.3. GALGAS DE DEFORMACIÓN

La extensometría eléctrica se encarga de medir deformaciones mecánicas a través de una resistencia eléctrica llamada galga de deformación o *strain gage*. El principio bajo el que operan estas galgas es el mismo al de una resistencia eléctrica, donde esta propiedad se ve alterada al someterse a una deformación mecánica.

La conformación de este dispositivo es simplemente un filamento o hilo conductor metálico impreso sobre un soporte aislante de resina epóxica, poliéster o material análogo, que comúnmente se fija a un espécimen en condiciones sin carga por medio de un pegante. Al aplicársele una carga al espécimen, éste junto con la

galga se deforma produciendo un cambio en la resistencia del *strain gage* que a su vez es interpretado como una fuerza.

Se emplean también, combinadas con muelles o piezas deformables para detectar de forma indirecta esfuerzos. En definitiva, suelen usarse más que como sensores de deformación, como sensores de medida indirecta de esfuerzos (fuerza o par).

El principio de medida de estas galgas se basa en 3 premisas:

- El valor de la resistencia de un conductor es en función de sus características geométricas.
- A todo aumento de longitud corresponde una disminución de la sección transversal.
- La variación de la resistividad es proporcional a la variación relativa de volumen.

La relación del cambio de resistencia con la deformación unitaria se ilustrará con la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta L}{L} = K\varepsilon$$

ΔR = Cambio de resistencia (Ω)

R = Resistencia inicial de la strain gage (Ω)

K = Factor de galga

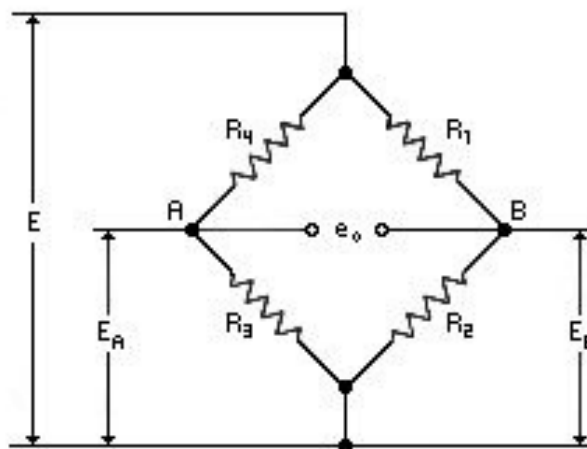
$\frac{\Delta L}{L} = \varepsilon$ Deformación unitaria

El factor de galga (K) es proporcionado por el fabricante, la resistencia es una constante de fabricación de la galga y el (ΔR) es lo que se mide. Por lo tanto conocido todos los valores anteriores, se puede calcular la deformación unitaria.

1.4. MÉTODO DE MEDICIÓN

Las galgas varían su resistencia cuando sufren una deformación mecánica. Para medir esa variación de resistencia se usa el puente de Wheatstone con preferencia a cualquier otro circuito. Éste es un sistema pasivo formado por cuatro impedancias (R_1 , R_2 , R_3 , R_4), montadas dos a dos en serie.

Ilustración 3. Puente de Wheatstone.



@ Vishay, 2007.

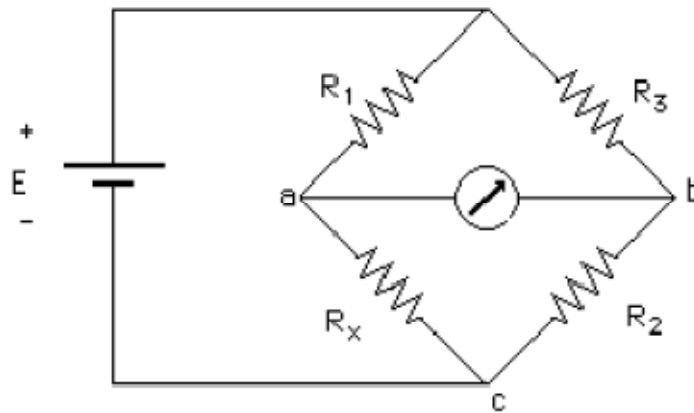
Esta disposición es tal, que en equilibrio las 4 resistencias valen lo mismo, $R_1=R_2=R_3=R_4=R_0$. Con lo cual la diferencia de potencial entre los puntos A y B es cero.

Este es un circuito para encontrar la resistencia (o impedancia) de un componente, sabiendo la de otros 3 componentes. En tal caso, debe conocerse el valor de 3 resistencias y una de ellas será variable. La idea es equilibrar el puente buscando un valor de la resistencia variable, con el cual la diferencia de potencial entre los nodos A y B sea cero. En este punto se puede calcular el valor de la resistencia incógnita.

1.4.1. Principio de funcionamiento.¹

Por lo general, la configuración con la que se representa el circuito del puente de Wheatstone se muestra en la ilustración 4.

Ilustración 4. Configuración clásica del puente.



@ Universidad Simón Bolívar, 2008.

Las resistencias R_1 y R_3 , son resistencias de precisión, R_2 es una resistencia variable calibrada, R_x es la resistencia bajo medición y G es un galvanómetro de gran sensibilidad (mide intensidad de pequeñas corrientes eléctricas).

Si se varía R_2 hasta que el galvanómetro indique cero corriente, se cumple que:

$$V_{ac} = V_{bc}$$

Donde:

$$V_{ac} = \frac{R_x}{R_x + R_1} \cdot E$$

$$V_{bc} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot E$$

¹ Universidad Simón Bolívar. Texto de laboratorio, capítulo 9, Puente de Wheatstone.

De esta manera:

$$\frac{R_x}{R_x + R_1} = \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

Se puede deducir entonces que:

$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_2}{R_3}$$

Por lo tanto:

$$R_x = \frac{R_1}{R_3} \cdot R_2$$

La condición de equilibrio del puente, cuando la corriente por el galvanómetro es igual a cero, está dada por la expresión: $R_1 \cdot R_2 = R_3 \cdot R_x$

1.4.2. Factores de los que depende la exactitud del puente.

La exactitud y precisión con la que se determina el valor R_x de una resistencia con un puente de wheatstone, dependen de los siguientes factores.

- De la exactitud y precisión de las otras 3 resistencias que constituyen el

puente. Si R_x está dada por la expresión: $R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$

El error relativo de R_x en función de los errores relativos de las resistencias,

está dado por la expresión: $\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3}$

- Cuanto menores sean los valores nominales de las resistencias de precisión R_1 y R_3 , mayores serán las corrientes en el circuito y será más simple detectar variaciones de las mismas.
- Cuanto mayor sea el valor de la fuente E , mayores serán las corrientes en el circuito, por que será más simple detectar variaciones en sus valores. Debido a las condiciones impuestas sobre la batería y las resistencias, se tiene que realizar los arreglos de galgas tomando en cuenta las limitaciones de potencia de éstas últimas.
- Cuanto mayor sea la sensibilidad del galvanómetro, se podrá apreciar mejor la corriente y por lo tanto se podrán ajustar las resistencias con mayor precisión para que la corriente sea cero.

1.5. TRANSMISIÓN DE DATOS

En un mundo donde el manejo de información se ha vuelto, con el pasar de los años, un tema y una problemática fundamental, surgen nuevas propuestas que simplifican los problemas que las vías de comunicación actuales, o las más conocidas, plantean.

Resumiendo la idea, la información que se necesita transmitir ya no depende de su extensión, es decir, los datos pueden viajar de un lugar a otro sin necesidad de recortar su tamaño. Lo que antes podía tomar horas o demasiados minutos, ahora puede viajar grandes distancias por medio de ondas electromagnéticas en tan solo unos instantes.

La tecnología de transmisión de datos se desarrolla a la par de los avances en los dispositivos de comunicación. Cada una, suplementa o complementa a la otra. Por esta estrecha relación, es posible confundir a menudo de que se trata una y otra, ya que ambas tienen como objetivo final, entregar un mensaje codificado.

Para entrar más en materia, se puede decir que los medios de transmisión vienen divididos en guiados (por cable) y no guiados (sin cable). Normalmente estos medios son afectados por los factores de fabricación y tienen unas características básicas que los diferencian:

- Ancho de banda: Mayor ancho de banda, proporciona mayor velocidad de transmisión.
- Problemas de transmisión: se les conoce como atenuación y se define como alta, en el cable coaxial y el par trenzado y baja en la fibra óptica.
- Interferencias: Tanto en los guiados como en los no guiados y ocasionan la distorsión o destrucción de los datos.
- Espectro electromagnético: Se define como el rango en el cual se mueven las señales que llevan los datos en ciertos tipos de medios no guiados.

1.5.1. Ancho de banda.

Es el rango de frecuencias que se transmiten por un medio. Como ejemplo se puede mencionar que el ancho de banda telefónico se encuentra entre 300 Hz y 3.400 Hz ó el ancho de banda del audio perceptible al oído humano, se encuentra entre 20 Hz y 20.000 Hz. Por lo general el ancho de banda hace referencia a la velocidad en que se puede transmitir.

Dentro del ancho de banda se encuentran las siguientes categorías:

- Categoría 3: con velocidad de 16 MHz
- Categoría 4: con velocidad de 20 MHz
- Categoría 5: con velocidad de 100 MHz

Tabla 1. Comparación entre diferentes medios de transmisión y ancho de banda.

Medio de transmisión	Ancho de banda	Categoría
Cable utp	16, 20, 100 MHz	3, 4, 5
Cable Coaxial	500 MHz	5
Fibra Óptica	De 10^{14} a 10^{15} Hz	5
Microondas terrestres	De 300 MHz a 26 GHz	5
Satélites	De 3 GHz a 30 GHz	5
Ondas de radio	De 3 KHz a 300 GHz	3, 4, 5

1.5.2. Atenuación.

Depende del tipo de medio que se esté usando, la distancia entre el trasmisor y el receptor y la velocidad de transmisión. Esta se suele expresar en forma de logaritmo (decibelio). La atenuación es sencillamente una disminución de la señal.

1.5.3. Interferencias.

La interferencia es causada por señales de otros sistemas de comunicación que son captadas conjuntamente a la señal propia. El ruido se define como ruido térmico o ruido impulsivo; el primero provocado normalmente por causas naturales y el segundo por interferencia de otros sistemas eléctricos.

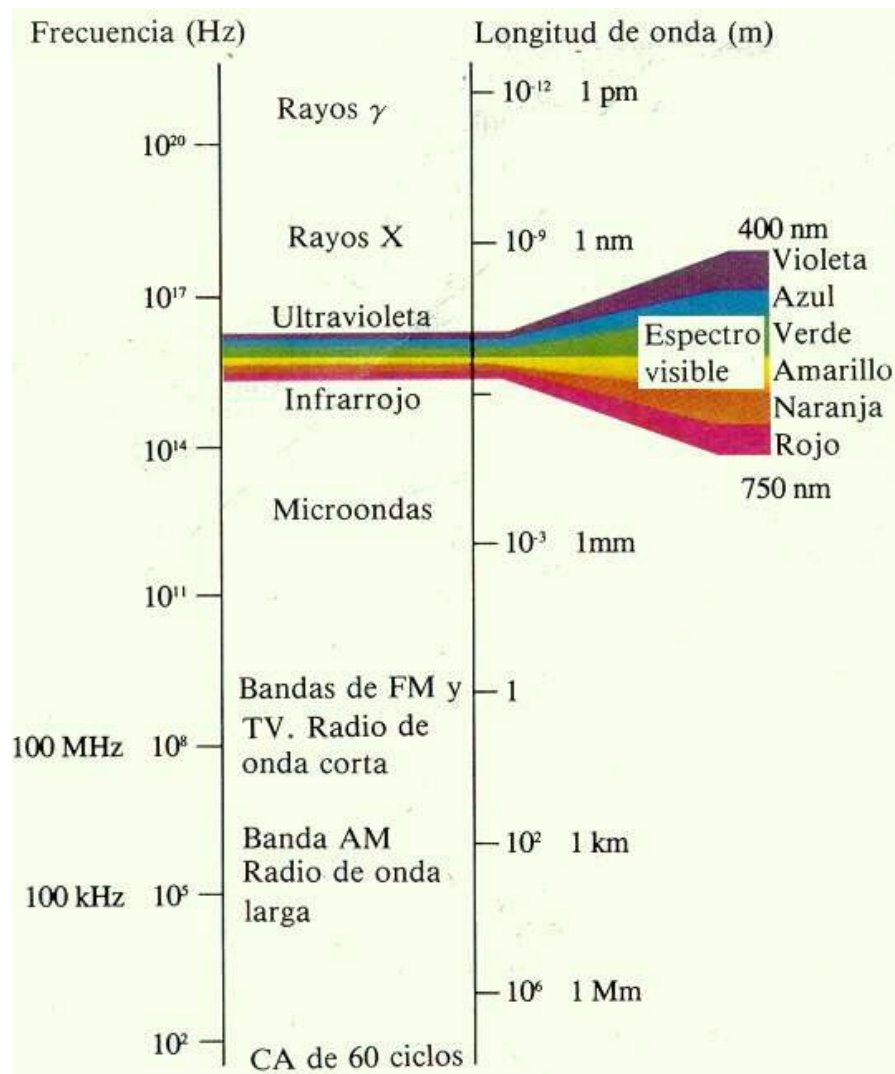
1.5.4. Espectro electromagnético.

En física, el espectro es la dispersión o descomposición de una radiación electromagnética compuesta por radiaciones de distintas longitudes de onda. Esta definición no es muy completa, sin embargo dentro del espectro se puede encontrar con las señales radiales, telefónicas, microondas, infrarrojos y la luz visible; el espectro es entonces el campo electromagnético donde se encuentran todas estas señales.

Los problemas de interferencia, distorsión y ruido, pueden causar errores en la recepción de la información, normalmente expresados como la aparición de bits erróneos.

En la figura 5, se muestra como se compone el espectro electromagnético y las diferentes frecuencias y longitudes de onda de cada componente.

Ilustración 5. Espectro electromagnético.



@ Geocities/ físicas, 2008.

1.6. MEDIOS GUIADOS

Son los que utilizan componentes físicos y sólidos para la transmisión de datos. Se conocen también como medios de transmisión por cable.

1.6.1. Par trenzado.²

Se conoce como un par de conductores de cobre aislados, entrelazados formando una espiral. Es un enlace de comunicaciones. El hecho de ser trenzado es para evitar la diafonía (sonido indeseado el cual es producido por un receptor telefónico).

Este es el medio más común de transmisión de datos en la actualidad. En este medio se encuentra a favor el hecho de ser el medio más económico que se puede ubicar en el mercado actual. Su desventaja es que tiene una baja velocidad de transferencia en medio rango de alcance.

Dentro de sus características de transmisión se encuentra con que con un transmisor analógico son necesarios transmisores cada 5 o 6 Km; con un transmisor digital se tiene que las señales que viajan pueden ser tanto analógicas como digitales, necesitan repetidores de señal cada 2 o 3 Km lo que les da muy poca velocidad de transmisión, menos de 2 Mbps

En una red LAN las velocidades varían entre 10 y 100 Mbps en una distancia de 100 mts, de lo cual se puede además decir que la capacidad de transmisión esta limitada a 100 Mbps, además es muy susceptible a interferencias y ruidos. Para esto se han buscado soluciones como la creación de cables utp (los más comunes, es el cable telefónico normal pero dado a interferencias electromagnéticas) y los cables stp (cuyos pares vienen dentro de mallas

² www.textoscientificos.com/redes. Medios de transmisión. 2008.

metálicas que producen menos interferencias, aunque es más caro y difícil de manejar ya que es más grueso y pesado).

Dentro de los cables utp se encuentran las categorías: cat 3 (con calidad telefónica, más económico, con diseño apropiado y distancias limitadas hasta 16 MHz con datos; y la longitud del trenzado es de 7'5 a 10 cm), cat4 (hasta 20 MHz) y cat 5 (llega hasta 100 MHz, es más caro, aunque esta siento altamente usado en las nuevas construcciones, y su longitud de trenzado va de 0'6 a 0'85 cm).

Se dice entonces que el par trenzado cubre una distancia aproximada de menos de 100 mts y transporta aproximadamente menos de 1 Mbps

1.6.2. Cable coaxial.

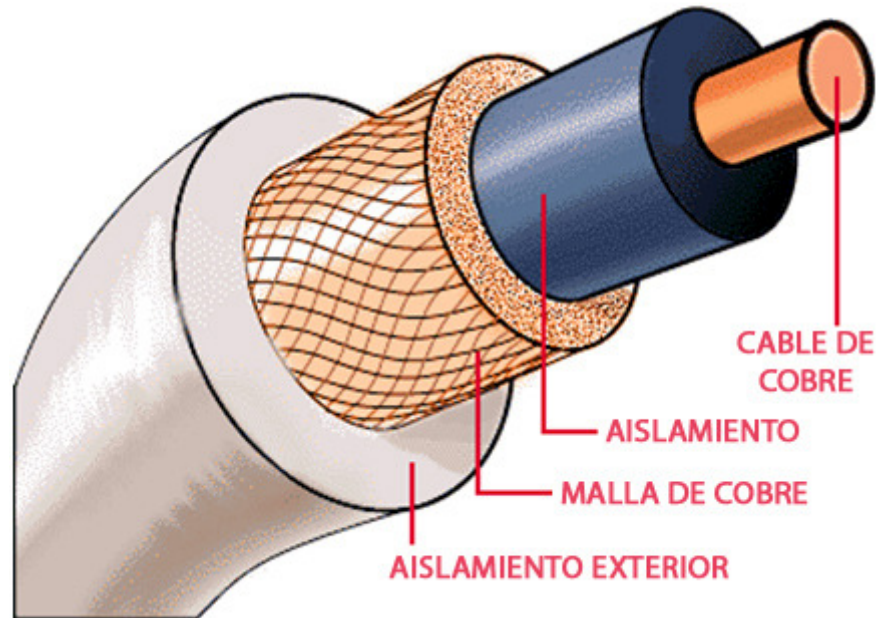
Este es un medio relativamente reciente y muy conocido ya que es el más usado, por ejemplo, en los sistemas de televisión por cable. Este cable se distingue, ya que es cilíndrico y rodea a otro conducto cilíndrico que es recubierto por un cable conductor, usualmente de cobre. Este medio posee más ancho de banda (500 MHz) y es más inmune al ruido. Tiene múltiples aplicaciones, como la televisión por cable, telefonía a larga distancia (10.000 llamadas de voz simultáneamente) y redes de área local.

Se caracteriza en su transmisión, cuando es el caso análogo, en que es necesario amplificadores cada pocos kilómetros y los mismos más cerca de mayores frecuencias de trabajo, hasta 500 MHz; cuando la transmisión es digital, necesita repetidores cada 1Km y los repetidores más cerca de mayores velocidades de transmisión.

La transmisión por este cable, cubre entonces varios cientos de metros y transporta decenas de Mbps.

En la ilustración 6 se puede ver el cable y sus componentes.

Ilustración 6. Cable coaxial.



@ sobreaudio, 2008.

1.6.3. Fibra óptica.

Este es el medio más novedoso, su uso se está masificando y está reemplazando al par trenzado y al cable coaxial en casi todos los campos. Por este cable los datos se transmiten mediante un haz confinado de naturaleza óptica. Es mucho más caro y difícil de manejar, pero sus altas características en rendimiento y calidad de transmisión, le dan una gran ventaja frente a los demás medios.

Este cable en su composición física, es constituido por un núcleo de una o varias fibras o hebras muy finas de cristal o plástico; un revestimiento de cristal o plástico con propiedades ópticas diferentes a las del núcleo, cada fibra viene rodeada de

su propio revestimiento y una cubierta plástica para protegerla de humedades y el entorno.

En sus características de transmisión, se encuentra que se basa en el principio de reflexión total. Su guía de ondas va desde 10^{14} Hz a 10^{15} Hz, esto incluye todo el espectro visible y parte del infrarrojo.

Esta tecnología usa la multiplexación por división que es lo mismo que la división por frecuencias, utiliza múltiples canales, cada uno con diferente longitud de onda y una fibra, hasta 80 haces con 10 Gbps cada uno.

De este medio se puede decir que su distancia está definida por varios kilómetros y su capacidad de transmisión, está dada por varios Gbps.

Ilustración 7. Cable fibra óptica.



@ Proyectos fin de carrera, 2008.

1.7. MEDIOS NO GUIADOS

Estos son los medios sin cable y han tenido gran acogida al poder cubrir grandes distancias hacia cualquier dirección. El mayor logro se da al aparecer la carrera espacial, con los satélites y esta tecnología no para de cambiar.

La transmisión y recepción se realiza por medio de antenas, las cuales deben estar alineadas cuando la transmisión es direccional; si es omnidireccional, la señal se propaga en todas las direcciones.

1.7.1. Microondas terrestres.

Estas ondas, son un tipo de ondas electromagnéticas situadas en el intervalo del milímetro al metro y cuya propagación puede efectuarse al interior de tubos metálicos. Esta es una onda de corta longitud.

El ancho de banda de estas microondas varía entre 300 a 3.000 MHz, aunque con canales de banda superior, entre 3.5 GHz y 26 GHz. Entre sus aplicaciones puede ser usado como enlace entre una empresa y un centro que funcione como centro de conmutación del operador, o como un enlace entre redes LAN.

Para la comunicación, se deben usar antenas parabólicas, las cuales deben estar alineadas o tener visión directa entre ellas; entre mayor sea la altura, mayor el alcance. Entre sus problemas se encuentran que puede darse pérdida de datos por atenuación e interferencias y es muy sensible a las malas condiciones atmosféricas.

1.7.2. Satélites.

Este medio se basa en la comunicación a través de estos dispositivos, los cuales una vez ubicados en la órbita terrestre, realizan transmisión de todo tipo de datos. Estas microondas manejan un ancho de banda entre 3 y 30 GHz, son usados para sistemas de televisión, transmisión telefónica a larga distancia y redes privadas punto a punto.

Los satélites no procesan información sino que más bien funcionan como un repetidor-amplificador y puede cubrir un amplio espacio de espectro terrestre.

1.7.3. Ondas de radio.

Son las más usadas pero apenas cuentan con un ancho de banda de 3 KHz a 300 GHz Son poco precisas y solo son usadas por determinadas redes de datos o los infrarrojos.

1.8. CAMPOS DE APLICACIÓN

Antes de ver algunos de los diferentes campos de aplicación en el área de la transmisión y adquisición remota de datos, se explica en breve que es de lo que se trata una adquisición remota.

Como puede inferirse desde su nombre, la adquisición remota de datos consiste en poder obtener una serie de información desde cierto punto, hasta otro punto específico; sin embargo esta transmisión no viaja por ningún medio físico o tangible. Como en puntos anteriores se menciona, el medio principal de este tipo de adquisición son ondas (o microondas) electromagnéticas.

En gran parte de la industria es posible encontrar un sinnúmero de aplicaciones para este tipo de solución en el campo de la comunicación. Esto se debe a que por necesidades muy específicas, los datos a obtener y posteriormente a transmitir, son generados en puntos o lugares donde no es posible o es poco factible tener una base primaria de adquisición.

Por su versatilidad, esta solución, abre una amplia gama de usos en los cuales puede sacarse provecho cuando las condiciones de comunicación no son buenas. Para dar mejor claridad, se mostrarán algunos ejemplos en los que el uso de este medio explota altamente todo su potencial.

1.8.1. Monitoreo remoto.

Este tipo de aplicación puede usarse para el monitoreo y control de vehículos industriales. Esto para garantizar que no se presenten usos inadecuados de los mismos. Para lograrlo, se pueden emplear dispositivos programables dentro de los vehículos que pueden responder enviando señales ante ciertas circunstancias de tiempo, movimiento y sensores anexos. Esto es de gran utilidad para empresas que tiene vehículos y prestan algún servicio y siempre quieren controlar en que momento y lugar se encuentran cada uno de ellos.

1.8.2. Vigilancia y seguridad.

Esto puede ser aplicado a vehículos cuyo rastreo y seguimiento sea de gran importancia. De esta forma, al salir de cierta área, sentir la proximidad de otro vehículo o salirse de una ruta predeterminada, se disparan señales que alertarán de la anomalía que se presente en determinado instante.

1.8.3. Industria minera.

Algunas empresas desean tener un mayor control en sus vehículos y optan por el monitoreo en tiempo real para así obtener un manejo mas efectivo, localización y actividades de producción en una mina abierta a un costo mínimo.

1.8.4. Adquisición remota.

Muchas de las necesidades en las industrias es enviar datos recolectados por sensores remotos. Además de ser información que puede ser procesada de alguna manera, puede también servir para disparar alertas y notificaciones en caso de que alguno de los parámetros medidos se salga de los rangos estimados para su normal funcionamiento.

2. DESCRIPCIÓN DE TRANSDUCTORES

En este capítulo se busca crear cierta afinidad con las clases de transductores existentes en el laboratorio de Mecánica Experimental de la universidad Eafit. Los transductores allí existentes sirven para la medida de diferentes variables, entre ellas están: Aceleración, desplazamiento, desplazamiento angular, presión, posición, deformación, fuerza de impacto.

Los transductores serán catalogados en familias, para así poder presentar de una forma más simple y ordenada sus características y así comparar entre ellos mismos sus especificaciones.

Aunque se podría considerar como un juego de palabras, es importante diferenciar términos como transductor y sensor. Un *transductor* es un dispositivo que convierte una forma de energía a otra y un *sensor* convierte un parámetro físico a una salida eléctrica. La diferencia entre uno y otro es básicamente que el sensor está siempre en contacto con la variable a medir o controlar y el transductor obtiene información de entornos físicos y químicos y a partir de esta información obtiene señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía, por lo que la señal medida resulta debilitada.

Tabla 2. Algunos tipos básicos de transductores y su clasificación.

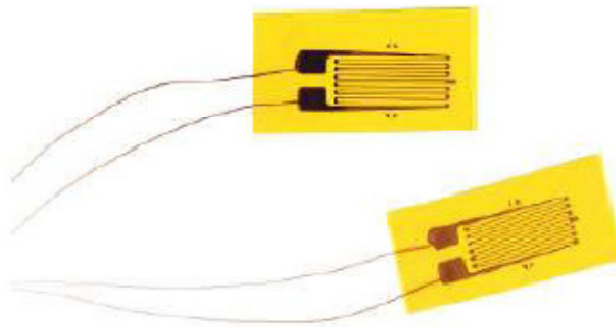
Transductores sensibles a deformación y desplazamiento	Transductores sensibles a temperatura
Resistivos	Termocuplas
Capacitivos	Termo-resistores
Inductivos	Sensores de radiación
Piezoeléctricos	

@, Escuela de Ingeniería de Antioquia 2009.

2.1. TRANSDUCTORES RESISTIVOS

La variación en la resistencia de distintos dispositivos se utiliza, por mencionar algunos ejemplos, para convertir temperatura y desplazamiento mecánico, en señales de naturaleza eléctrica. La resistencia de distintos elementos se ve afectada por la temperatura, material, forma geométrica y otras variables. Los tipos más comunes de sensores resistivos los constituyen los potenciómetros (que miden desplazamientos mecánicos), galgas extensométricas y termo-resistencias.

Ilustración 8. Ejemplo de transductor resistivo. Galgas extensométricas.

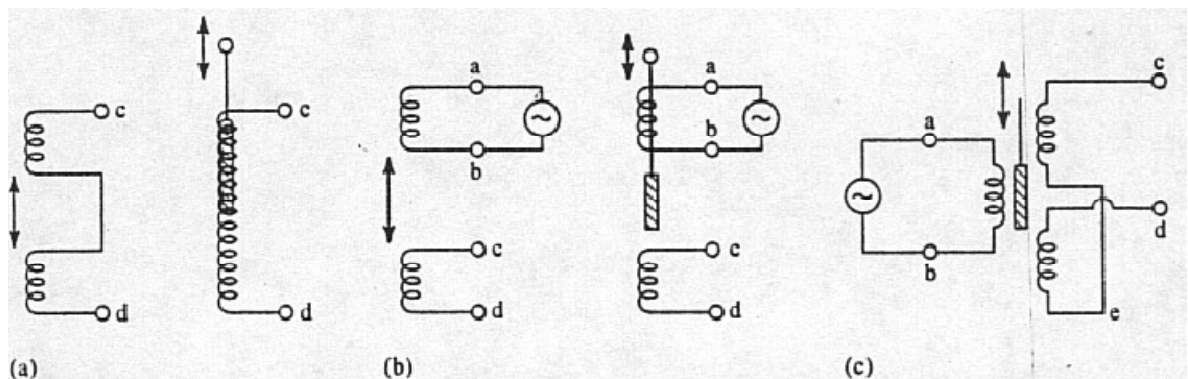


@, Omega 2009.

2.2. TRANSDUCTORES INDUCTIVOS

Los sensores inductivos aprovechan el hecho de que la distorsión en una bobina, ya sea por estiramiento o compresión, alterará su inductancia. La inductancia de una bobina depende de su geometría, de la permeabilidad magnética del medio y del número de espiras que la conforman; no obstante, el cambio en la inductancia es muy pequeño y no es muy utilizado.

Ilustración 9. Transductores inductivos.



@, Escuela de ingeniería de Antioquia 2009.

Los sensores inductivos usan un núcleo variable para generar cambios en la inductancia. El arreglo mostrado en la figura 9a, es llamado *auto inductancia*, aprovecha el principio de que es posible producir alteraciones en la inductancia propia de una bobina cambiando el factor de forma geométrica o moviendo un núcleo magnético dentro de esta. El arreglo mostrado en la figura 9b, se llama *transductor de inductancia mutua* y utiliza 2 bobinas. Para hacer variar la inductancia se juega con la distancia entre las dos bobinas, una bobina inducirá a la otra, aunque es posible dejarlas fijas y mover entre ellas un núcleo magnético.

En la figura 9c, se utiliza un arreglo llamado *transformador diferencial* o LVDT por sus siglas en inglés (*Linear Variable Differential Transformer*) y es el arreglo de inductancia de 3 bobinas más usado. En esta configuración la bobina central se excita con AC la cual induce voltajes iguales en las otras dos bobinas adyacentes.

Cuando se inserta un núcleo magnético, el sistema se desbalancea de manera proporcional a la posición del núcleo.

2.3. TRANSDUCTORES CAPACITIVOS

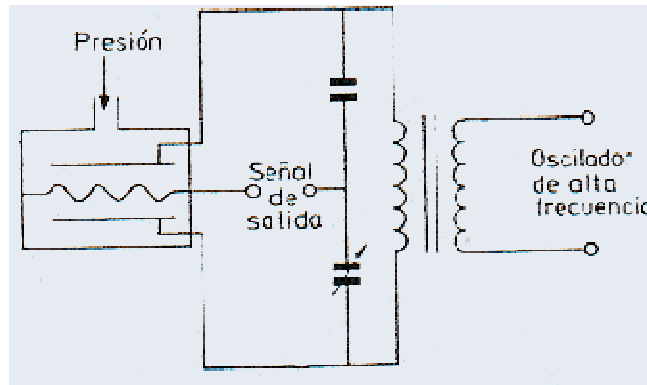
Los transductores capacitivos se emplean para detectar desplazamiento mecánico por el movimiento de una o ambas placas del condensador, produciendo entonces un cambio en la separación o en el área efectiva.

Los condensadores son dispositivos que acumulan energía, están compuestos por dos placas metálicas separadas por un material llamado dieléctrico que puede ser líquido, sólido, gaseoso o un vacío. Si se pone un voltaje a través de las placas del capacitor, éste generará un campo magnético entre ellas. Al variar la distancia entre la separación de las placas se puede modificar las propiedades de capacitancia; así la sensibilidad se incrementa cuando la separación entre las placas se acorta.

Un montaje útil de sensores capacitivos es el *capacitor diferencial*. Este tiene la ventaja de proporcionar mediciones de desplazamiento muy exactas. El circuito necesario para montarlo es similar al puente de wheatstone solo que en lugar de resistencias se usan condensadores. Se debe usar también una capacitancia variable para balancear el circuito.

En general se puede establecer que los sensores capacitivos tienen un pequeño tamaño, construcción robusta y un pequeño desplazamiento volumétrico y son adecuados para medidas estáticas y dinámicas. La señal de salida es débil por lo que precisan de amplificadores con el riesgo de introducir errores en la medición. Además son sensibles a variaciones de temperatura y a las aceleraciones transversales.

Ilustración 10. Esquema de transductor capacitivo.



@, Monografías 2009.

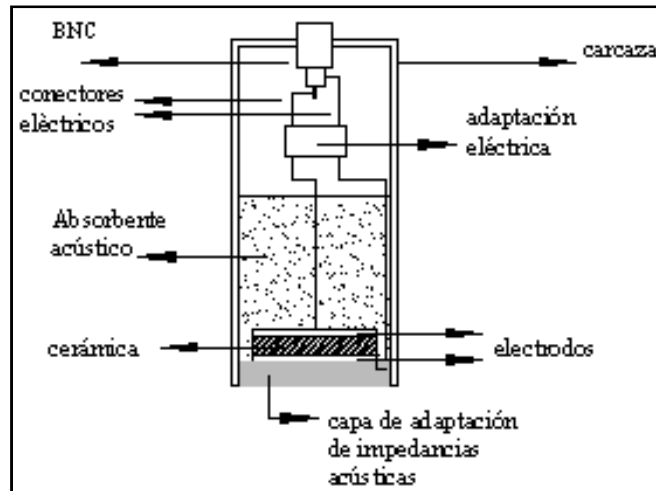
2.4. TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS

Los transductores piezoeléctricos son dispositivos de alta impedancia, debido a esto, solo pueden suministrar corrientes muy pequeñas. Si la temperatura es elevada demasiado hasta alcanzar el punto curie, estos materiales pueden perder sus propiedades.

El efecto piezoeléctrico, hace referencia a algunos materiales que son capaces de generar un potencial eléctrico en respuesta a una deformación mecánica. El material sufre un reordenamiento de las cargas internas, tanto positivas como negativas, y por ende producen un potencial eléctrico. Para medir este potencial generado se usan dos electrodos, su magnitud es proporcional a la deformación y depende en gran medida de la dirección en la que se aplique la deformación.

El efecto piezoeléctrico es reversible, osea, que la aplicación de un potencial eléctrico a un cristal piezoeléctrico produce deformación. Así mismo debe notarse que una limitación de los transductores piezoeléctricos es que no tienen buena respuesta a la aplicación de una carga constante, pero su aplicación es adecuada para la medición de fuerzas mecánicas cambiantes.

Ilustración 11. Esquema de transductor piezoeléctrico.



@, Unicamp 2009.

El anterior esquema representa un transductor piezoeléctrico de ultrasonido.

2.5. TRANSDUCTORES DE ACELERACIÓN

El transductor de aceleración es uno de los transductores más versátiles, siendo el más común el piezoeléctrico por compresión. Su principio se basa en la compresión de un retículo cristalino piezoeléctrico dando como resultado una carga eléctrica proporcional a la fuerza aplicada. Se puede considerar a éste acelerómetro como el transductor estándar para la medición de vibraciones en máquinas.

En su configuración³, el acelerómetro está compuesto de una masa sísmica sujeta a una base con un perno axial que se apoya en un resorte circular. El elemento piezoeléctrico está ajustado entre la base y la masa. Cuando una materia está sujeta a una fuerza, se genera una carga eléctrica entre sus superficies. Entre las materias de este tipo el más usado es el cuarzo. Si se

³ Disponible en internet: <<http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/elacelermetro.htm>>

incrementa la temperatura de un material piezoeléctrico, se va llegar al llamado "punto curie" o " temperatura curie" y se pierde la propiedad piezoeléctrica. Una vez que esto pasa, el transductor está defectuoso y no se puede reparar.

Cuando se mueve el acelerómetro en la dirección arriba abajo, la fuerza que se requiere para mover la masa sísmica esta soportada por el elemento activo. Según la segunda ley de Newton, esa fuerza es proporcional a la aceleración de la masa. La fuerza sobre el cristal produce la señal de salida, que por consecuente es proporcional a la aceleración del transductor. Los acelerómetros son lineales en el sentido de la amplitud, lo que quiere decir que tienen un rango dinámico muy largo.

Se utiliza en instrumentación, para detectar defectos en máquinas rotativas, prediciendo por ejemplo el mal estado de un rodamiento o cojinete antes de que se provoque la avería. En bombas impulsoras de líquidos detectan los fenómenos de cavitación que pulsan a unas frecuencias características.

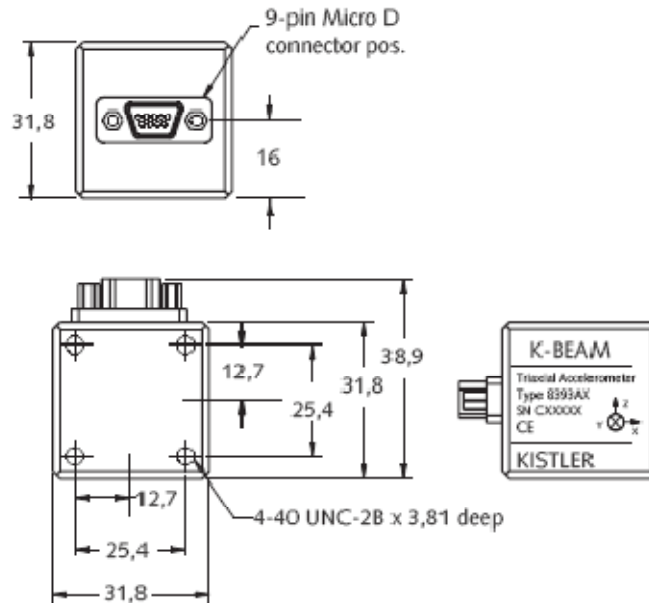
Los sensores descritos a continuación, se encuentran en el laboratorio de Mecánica Experimental de la universidad Eafit. En este capítulo se podrá conocer algunas de sus características físicas y de funcionamiento.

2.5.1. Acelerómetro K-Beam de Kistler.

Este es un acelerómetro triaxial de alta sensibilidad, es del tipo capacitivo y puede medir simultáneamente aceleración estática o de bajo nivel, vibración de baja frecuencia en 3 ejes perpendiculares (x, y, z). Este acelerómetro es del tipo 8393B, requiere alimentación externa y su fabricante es Kistler.

En la ilustración 12, se destacan algunas propiedades dimensionales del sensor las cuales pueden dar una idea de cuan pequeño puede ser.

Ilustración 12. Dimensiones del transductor K-Beam en mm.



@ Kistler, 2008

Posee las siguientes características:

- Mide en los tres ejes simultáneamente.
- Amplio rango de suministro de voltaje hasta 32 VDC.
- Excelente desempeño térmico.
- Respuesta de frecuencia de 0 a 250Hz.

Ilustración 13. Esquema de pines del transductor K-Beam.

PIN CONNECTIONS	
Pin #	Function
1	+Power
2	Ground
3	X DC Output
4	Y DC Output
5	Z DC Output
6	Ground
7	N/C
8	N/C
9	N/C



@ Kistler, 2008

En la ilustración 13, se muestra la especificación de lo que suministra la conexión en cada pin; en la tabla 3 se especifican los datos técnicos del dispositivo.

Tabla 3. Datos técnicos, acelerómetro K-Beam de Kistler.

Tipo	Unidades	8393B10
Rango de aceleración	g	±10
Sensibilidad ±5%	mV/g	200
Frecuencia resonante	KHz.	1.4
Frecuencia de respuesta ±5%	Hz.	0 a 180
Rango de temperatura de operación	°C	-40 a 85
Rango de temperatura de almacenamiento	°C	-55 a 120
Impedancia máxima	Ω	350
Carga capacitiva máxima	µf	0.5
Voltaje	VDC	3.8 a 32
Corriente	mA	4
Elemento sensitivo	Tipo	Capacitivo
Conector	Tipo	9-pin micro D
Peso	gramos	60

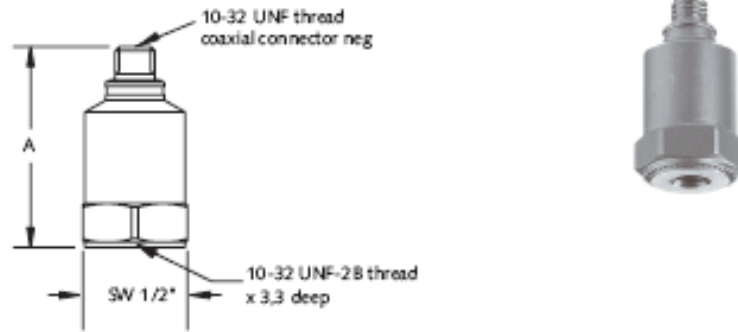
Datos extraídos de @Kistler, 2008

2.5.2. Acelerómetro K-Shear de Kistler.

Este es un acelerómetro de propósito general para medidas de vibración en un amplio rango de aplicaciones. Es un transductor de tipo piezoeléctrico que no requiere alimentación externa. Además es un transductor que puede medir de 25 a 100 gravedades dependiendo del modelo. Este es el 8704B de conexión en la parte superior y su fabricante es Kistler.

En la ilustración 14 se destacan las propiedades dimensionales del dispositivo y su apariencia física.

Ilustración 14. Dimensiones del acelerómetro K-Shear.



Dim	Type 8704B...	Type 8704B...M1
A	24,4	24,9

@Kistler, 2008

El acelerómetro K-Shear, usa un elemento sensor hecho de cristales de cuarzo el cual brinda buena estabilidad térmica y garantiza su funcionamiento por muchos años.

En la siguiente tabla se especifican los datos técnicos del dispositivo.

Tabla 4. Datos técnicos, acelerómetro K-Shear de Kistler.

Tipo	Unidades	8704B25	8704B50	8704B100
Rango de aceleración	g	±25	±50	±100
Límite de aceleración	gpk	±50	±100	±200
Sensibilidad, ±5%	mV/g	200	100	50
Frecuencia resonante	KHz	54	54	54
Frecuencia de respuesta, ±5%	Hz.	1 a 8000	0.5 a 10000	0.5 a 10000
Constante de tiempo	s	1	2	1.5
Rango de temperatura de operación	°C	-55 a 100	-55 a 100	-55 a 100
Rango de temperatura de almacenamiento	°C	-75 a 120	-75 a 120	-75 a 120
Voltaje	VDC	20 a 30	20 a 30	20 a 30
Corriente	mA	4	4	4
Impedancia mínima	KΩ	100	100	100

Tipo	Unidades	8704B25	8704B50	8704B100
Elemento sensitivo	Tipo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo
Conector	Tipo	10-32 neg	10-32 neg	10-32 neg
Peso	gramos	9.7/8	9.7/8	9.7/8

@Kistler, 2008

2.5.3. Acelerómetro B12 de HBM.

Este tipo de transductores son de carácter inductivo y son normalmente usados para medir vibraciones y aceleraciones de impacto, tanto como aceleraciones constantes. El rango de frecuencia de trabajo oscila entre 0 Hz y la mitad de la frecuencia característica. Entre más baja sea la frecuencia característica, mas alta la sensibilidad debido a la naturaleza del sistema; así, la versatilidad de aplicación es una característica inherente.

El transductor B12/200 tiene una aceleración nominal de 200 m/s^2 y debido a su excelente estabilidad del cero absoluto, es particularmente adecuado para mediciones de aceleración constante y lentos cambios de aceleración. El valor más pequeño de aceleración que puede ser detectado es 0.02 m/s^2 (cuando se usa un amplificador adecuado).

La respuesta de la amplitud de frecuencia es medida en una tabla vibratoria en funcionamiento.

Para calibrar este tipo de sensor, basta con rotarlo 180° en su eje vertical; esto hará que una aceleración de 2g actúe sobre la masa haciendo que el sistema de medición quede totalmente calibrado.

Tabla 5. Datos técnicos acelerómetro B12 de HBM.

Datos Técnicos	Unidades	B12/200	B12/500
Calidad medida		Aceleración constante y variante, vibraciones	
Frecuencia característica	Hz	200	500
Rango de frecuencia de funcionamiento	Hz	0...100	0...250
Factor de humedad D en la temp de referencia.		0.6 ±0.1	
Aceleración nominal	m/s ²	±200	±1000
Sensibilidad	mV/V	±80	±80
Tolerancia a la sensibilidad	mV/V	8	
Sensibilidad nominal	mV/V	80	80
Lapso de la señal nominal de salida	mV/V	160	160
Efecto térmico por 10K en el rango nominal de temperatura	%	0.2	
En la señal cero, referido a la sensibilidad nominal	%	±0.25	±0.25
Desviación lineal	%	±2	
Sensibilidad lateral	%	±3	
Voltaje nominal de excitación (rms)	V	2.5±5%	
Rango de operación del voltaje de excitación	V	1.....6	
Frecuencia portadora	KHz	5	
Resistencia de entrada a la temperatura de referencia		ca. 40	
Inductancia de entrada a la temperatura de referencia	mH	ca. 10	
Temperatura de referencia	°C	23	
Rango nominal de temperatura	°C	-10.....60	
Rango de temperatura de operación	°C	-10.....60	
Rango de temperatura de almacenamiento	°C	-10.....60	

HBM, 2009.

Ilustración 15. Acelerómetro B12/200 de HBM.

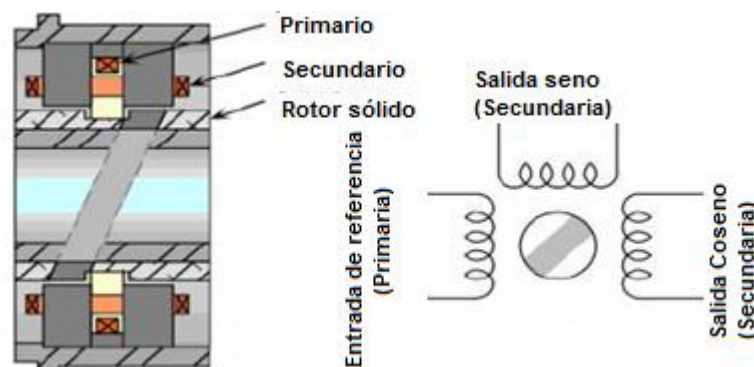


2.6. TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO

En la amplia gama de transductores de desplazamiento, existen muchos con diversas características. Los potenciómetros, por ejemplo (de los que ya se ha mencionado), son dispositivos electromecánicos que constan de una resistencia de valor fijo sobre la que se desplaza un contacto deslizante llamado cursor y que la divide eléctricamente. El movimiento del cursor origina un cambio en la resistencia el cual puede utilizarse para medir desplazamientos lineales o angulares de piezas acopladas al cursor.

La gama de los transductores inductivos de esta familia, ofrecen los llamados resolvers y sincroresolvers y se trata de transductores analógicos con resolución teóricamente infinita. El funcionamiento de los resolvers se basa en la utilización de una bobina solidaria al eje, excitada por una portadora, generalmente con 400 Hz y por dos bobinas fijas situadas a su alrededor.

Ilustración 16. Disposición de bobinas de un transductor de desplazamiento.



@ Infoplac, 2008

El giro de la bobina móvil, hace que el acoplamiento con las bobinas fijas varíe, consiguiendo que la señal resultante en éstas, dependa del seno del ángulo de giro. Entre sus ventajas se destacan su buena robustez mecánica durante el funcionamiento y su inmunidad a contaminación, humedad, altas temperaturas y

vibraciones. Debido al carácter continuo de la señal, la resolución de los resolvers es teóricamente infinita.

Existe además un tipo de sensor que se compone de un transformador diferencial rotatorio. Estos miden el desplazamiento angular. El máximo rango de medida de posición angular es de aproximadamente $\pm 60^\circ$. Este tipo de sensores es utilizado ampliamente en medición y aplicaciones de control de medida de desplazamientos. Se encuentran en sistemas de metrología, posición de válvulas, actuadores hidráulicos.

Se presenta a continuación dos tipos de sensores que hacen parte del material de trabajo del laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad Eafit.

2.6.1. SP2 transductor de desplazamiento Celesco.

Este es un dispositivo compacto, económico y resistente al agua que usa un cable flexible y un potenciómetro para detectar medidas lineales de posición.

Este dispositivo puede ser usado en espacios apretados y ciclos de aplicación altos.

En la siguiente tabla se muestran las características técnicas de este sensor.

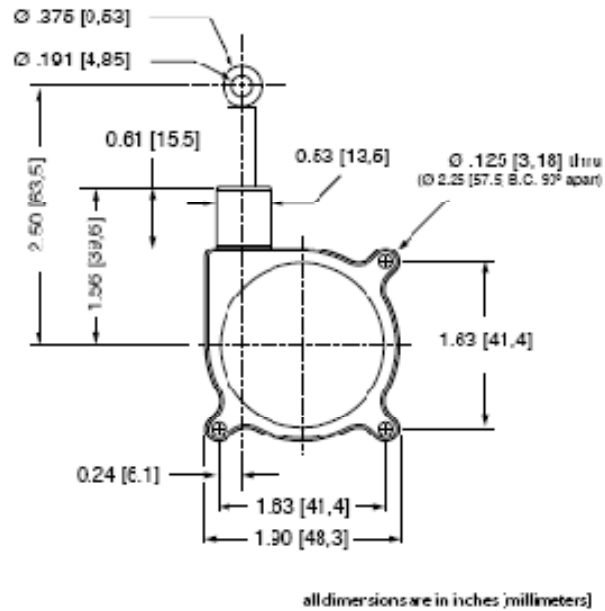
Tabla 6. Datos técnicos, sensor desplazamiento SP2 de Celesco.

Tipo	Unidades	SP2
Rango de alcance	in	0 – 4.75, 0 – 12.5, 0 – 25, 0 - 50
Precisión	%	± 0.25 a ± 1.00
Repetitividad	%	± 0.05
Resolución		Infinita
Cable de medida	in	0.019
Peso	oz	3
Resistencia	Kohms	10, $\pm 10\%$
Voltaje de entrada	V	30(AC/DC)
Temperatura de operación	$^\circ\text{C}$	-18 a 71
Vibración	Hz	Por encima de 10 g's hasta 2000Hz

@ Celesco, 2008

La siguiente imagen muestra las características dimensionales del sensor.

Ilustración 17. Dimensiones del transductor de desplazamiento celesco.



@ Celesco, 2008.

La siguiente imagen muestra la apariencia física del sensor.

Ilustración 18. Transductor de desplazamiento Celesco.

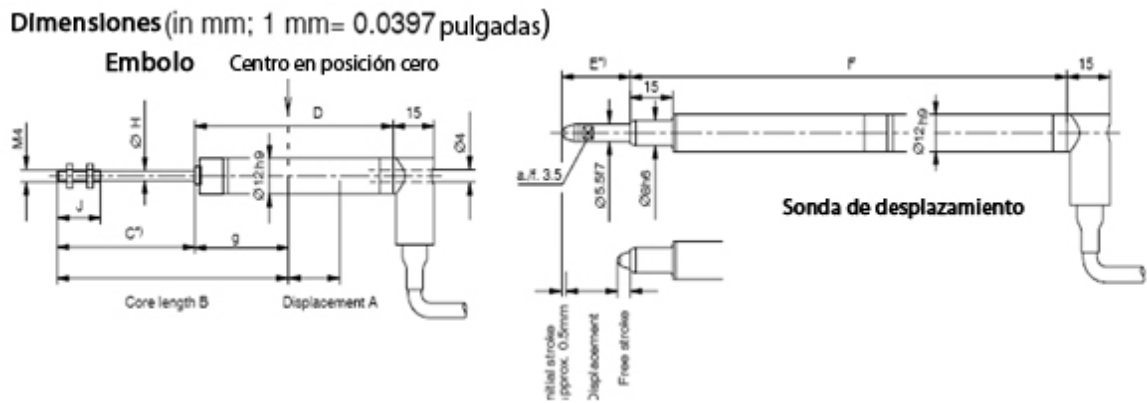


@ Celesco, 2008

2.6.2. Transductor inductivo estándar de desplazamiento.

Este transductor es una barra móvil desmontable, posee buena estabilidad térmica y su diseño es compacto. Además posee alta resistencia en medidas de presión ya que puede ser utilizado para medir desplazamientos en cilindros hidráulicos. Las características dimensionales del dispositivo se muestran en la siguiente imagen.

Ilustración 19. Dimensiones del transductor inductivo HBM.



@ HBM, 2008

La siguiente es la imagen del dispositivo que se encuentra en el laboratorio de mecánica experimental de la universidad Eafit.

Ilustración 20. Transductor de desplazamiento HBM.



@ HBM, 2008

Datos técnicos.

Tabla 7. Datos técnicos transductor de desplazamiento de barra HBM.

Tipo	Unidades	WA2	WA10	WA200	WA500
Desplazamiento nominal	mm	0...2	0...10	0...200	0...500
Sensibilidad nominal	mV/V		80		
Tolerancia característica	%		±1		
Rango de temperatura nominal	°C		-20...80		
Rango de temperatura operativa	°C		-30...80		
Resistencia a la entrada	Ω	100 ±10%		350 ±10%	
Resistencia a la salida	Ω	570 ±10		680 ±10%	
Voltaje	V		2.5		
Frecuencia operativa	Hz		4.8 ±8%		
Peso	g	58	62	167	318

@ HBM, 2008

2.7. TRANSDUCTORES DE PRESIÓN

Estos transductores tienen una amplia gama de aplicabilidad en el medio. Pueden usarse para medir impacto, posición, fuerza entre otros. Estos sensores convierten una presión en una señal análoga eléctrica. Existen varios tipos, pero el más común es el transductor basado en strain gage. La conversión de la presión en una señal es alcanzada por una deformación física de galgas de deformación unidas a un diafragma de presión dentro del transductor. Son de tipo resistivo, como ya se ha explicado anteriormente.

La presión que se aplica al transductor hace que el diafragma se defleccione, lo cual causa una deformación en las galgas y estas a su vez interpretan la variación de su resistencia como señal eléctrica, arrojando los resultados.

Entre los dispositivos encontrados en el laboratorio se encuentran:

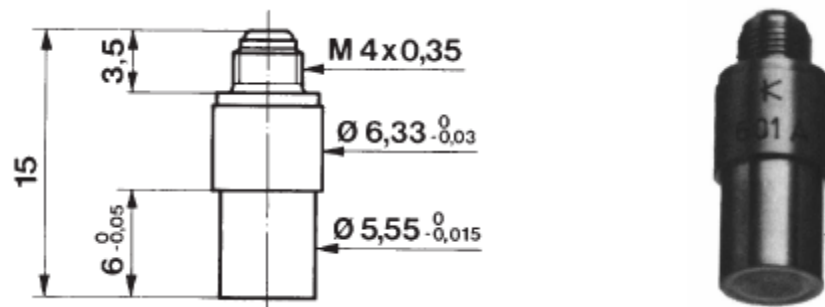
2.7.1. Transductor de presión 601A de Kistler.

Este transductor es usado para medidas de presión dinámicas y estáticas hasta los 1000 bares a temperaturas por encima de los 200°C. Estos sensores están especialmente diseñados para medidas de presión dinámicas en objetos que ofrecen un espacio de montaje muy pequeño. Su principio de funcionamiento es además, capacitivo.

Pueden ser usados para medidas de presión en motores de combustión, compresores, instalaciones hidráulicas y neumáticas (exceptuando bombas de inyección).

Se muestra las características dimensionales de este transductor.

Ilustración 21. Transductor de presión 601A de Kistler.



@ Kistler, 2008

Características técnicas:

Tabla 8. Datos técnicos transductor de presión 601A de Kistler.

Tipo	Unidades	601A	601H
Rango	Bar	0...250	0...1000
Sobrecarga	Bar	500	1200
Sensibilidad	pC/Bar	-16	-16
Frecuencia Natural	KHz	150	150
Sensibilidad a la aceleración	Bar/g	<0.001	<0.001
Temperatura de operación	°C	-196...200	-196...200
Resistencia a 20°C	Ω	≥10 ¹³	≥10 ¹³
Peso	Gramos	1.7	1.7

@ Kistler, 2008

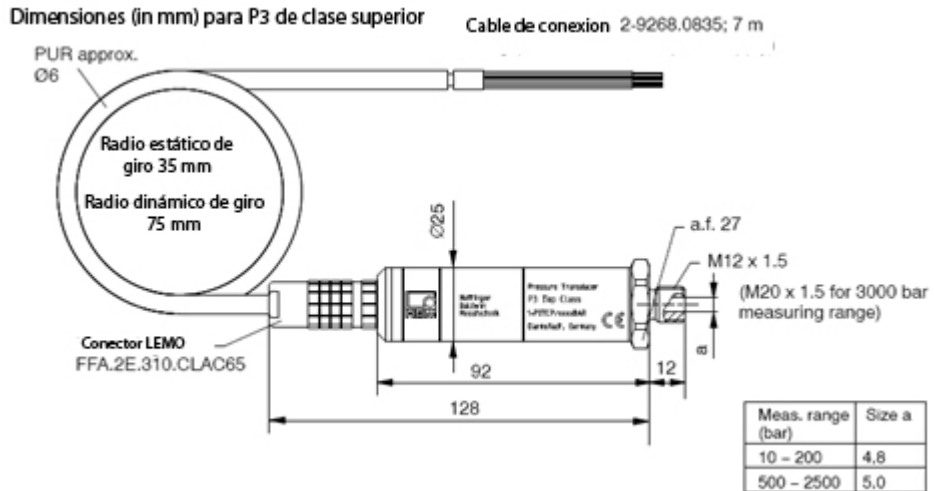
2.7.2. Transductor de presión P3 de HBM.

Este es un transductor de presión absoluta y puede medir un rango de presión nominal de unos 10 bares a 3000 bares. Este sensor, como el anterior, está construido para medir presiones estáticas y dinámicas, picos de presión y sus fluctuaciones. Su principio de funcionamiento es resistivo, ya que en su interior posee una lámina de galga de deformación.

El transductor de presión de este dispositivo, está conectado a su parte de conexión entre el dispositivo y el elemento a analizar por una rosca y puede ser montado en casi cualquier posición. Es altamente resistente a la corrosión proporcionando una máxima confiabilidad y estabilidad en su desempeño.

Características dimensionales: se muestran en la siguiente página.

Ilustración 22. Características dimensionales del transductor P3.



@ HBM, 2008

Características técnicas:

Tabla 9. Datos técnicos transductor P3 de HBM.

Tipo	Unidades	P3	P3MB	P3MBP
Tipo de presión		Absoluta		
Rango de medición	bar	10.....3000		
Sensibilidad nominal	mV/V	2		1.5
Tolerancia	%	0.25	0.2	0.15
Carga dinámica permisible	%	100		
Frecuencia	KHz	13....100		
Resistencia a la entrada	Ω	350 \pm 5		
Voltaje de excitación	V	5		
Rango nominal de temperatura	$^{\circ}$ C	-10.....80		
Peso	g	200		

@ HBM, 2008

2.7.3. Transductor de fuerza dinámica Kistler.

La respuesta dinámica de una estructura mecánica mientras esté, tanto en su fase de desarrollo como en un uso actual en un medio, puede ser determinada por una prueba de fuerza e impulso. La función de transferencia de una estructura puede ser determinada por la generación de un pulso de una fuerza por medio de un martillo de impacto y medida por un acelerómetro.

Este método de testeo da como resultado una información extensa sobre la frecuencia y el comportamiento de atenuación del sistema bajo prueba. Este dispositivo puede trabajar en modo de voltaje de baja impedancia; el elemento sensor de cuarzo, garantiza una estabilidad a largo tiempo y posee accesorios para varias aplicaciones. Debido a su elemento sensible, su principio de funcionamiento es piezoeléctrico.

Este martillo, en su cabeza de acero inoxidable, está equipado con un cuarzo, sensor de fuerza de baja impedancia que acepta impactos con intensidad variable. Una amplia variedad de puntas, permiten al martillo obtener un espectro deseado de frecuencias en pruebas a una amplia variedad de estructuras.

Ilustración 23. Martillo de impacto Kistler.



@ Kistler, 2008

Este martillo puede ser usado para excitar estructuras de peso liviano a medio, con un rango de frecuencias de medias a altas, por ejemplo, discos de frenos, alternadores de carros, cuerpos de paneles, etc. Este martillo es usado para analizar el comportamiento dinámico de estructuras mecánicas. Las vibraciones inducidas por este dispositivo son medidas por un acelerómetro.

La siguiente tabla presenta sus características técnicas:

Tabla 10. Datos técnicos martillo de impacto Kistler.

Datos técnicos	Unidades	9722A500	9722A2000
Rango de fuerza	N	0.....500	0.....2000
Fuerza máxima	N	2500	10000
Sensibilidad	mV/N	10	2
Frecuencia resonante	Khz	27	27
Rango de frecuencia	Hz	8200	9300
Constante de tiempo	S	500	500
Temperatura de operación	°C		-20.....70
Voltaje en la fuente	V		20.....30
Corriente constante	mA		2.....20
Peso	g		100

@ Kistler, 2008.

2.8. TRANSDUCTORES DE ORIENTACIÓN

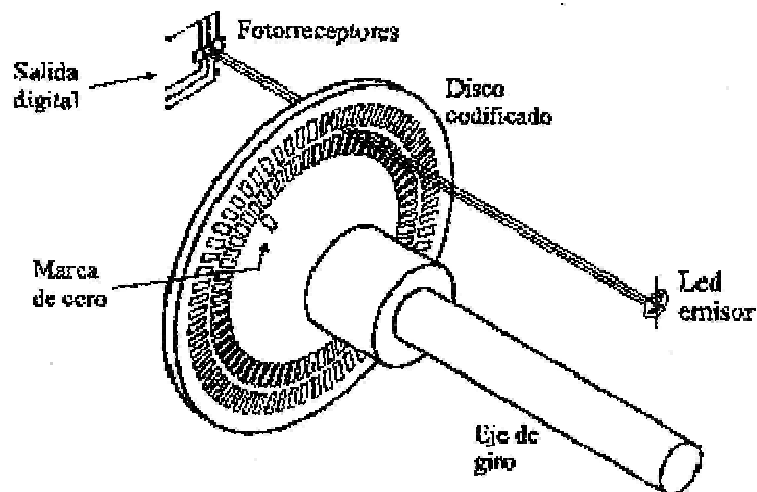
Dentro de esta gama de transductores, se pueden encontrar varios principios con los cuales se obtienen medidas exactas o aproximadas dependiendo del método. Debe aclararse de que en la actualidad no existe un método universal para calcular la variable de posición u orientación, pero existen algunos basados en diferentes técnicas para hallar esta respuesta; algunas veces es necesario emplear varios de estos métodos para encontrar la solución.

Uno de estos métodos se desarrolla mediante encoders incrementales o codificadores ópticos, los cuales se usan para el cálculo de la posición angular.

2.8.1. Encoder Incremental.

Estos codificadores, constan de un disco transparente, el cual tiene una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí, de un elemento emisor de luz y de un elemento fotosensible que actúa como receptor. El eje cuya posición angular se medirá, va acoplado al disco.

Ilustración 24. Representación de encoder incremental



@ dccia, 2008.

Cuando el sistema inicia su funcionamiento, a medida que el eje va girando, se produce una serie de pulsos de luz en el receptor, que corresponde a la luz que atraviesa los huecos entre las marcas. Al llevar la cuenta de esos pulsos es posible conocer la posición del eje. Si se quiere controlar el sentido de giro, es posible añadir otra franja de marcas por debajo, adicional a esto, suele ser necesario el empleo de una marca de referencia para saber cuándo se ha dado un giro completo.

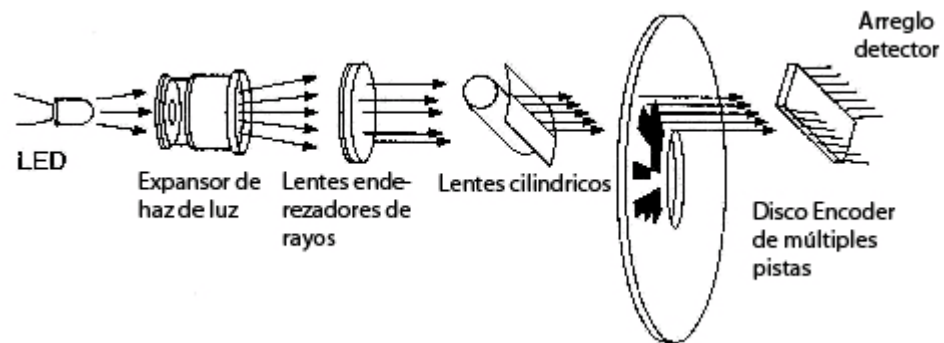
Este tipo de encoder miden realmente la posición de giro, pero la posición angular puede ser extrapolada y la resolución depende del número de marcas que se pueda poner físicamente en el disco.

2.8.2. Encoder Absoluto.

Por otro lado, el encoder absoluto, tiene funciones similares; medir la posición angular. En este caso no se mide el incremento de la posición, sino la posición exacta. Este dispositivo tiene las mismas características del anterior, la única diferencia es la codificación del disco.

El disco es dividido en un número fijo de sectores (potencia de 2) y se codifica cada uno con un código cíclico. No es necesaria ninguna adición para detectar el sentido del giro, ya que la codificación de los distintos sectores angulares es absoluta.

Ilustración 25. Encoder absoluto.

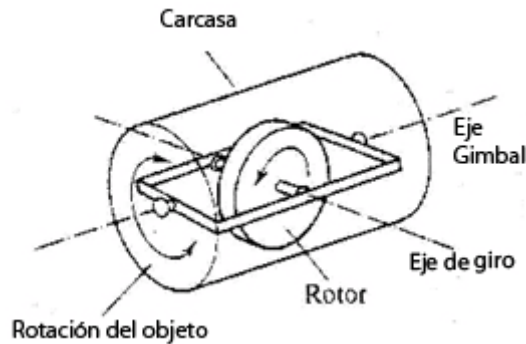


@ dccia, 2008.

2.8.3. Giroscopio.

Los giroscopios son dispositivos que ayudan a medir el ángulo de giro de un objeto. Existen muchos tipos de giroscopios con diversas configuraciones, pero todos se basan en un mismo principio, las propiedades inerciales.

Ilustración 26. Giroscopio.



@ dccia, 2008.

Cuando se toma una rueda por su eje de giro y se hace girar, se puede notar que en su giro natural también intenta girar con relación a otro eje; este sería un eje vertical, ortogonal al eje de giro de la rueda. De acuerdo a este principio, los giroscopios son capaces de medir el ángulo de giro de un objeto.

2.8.4. Giroscopio de transductor de orientación mejorado 3DM-GX1.

Este sensor combina tres giroscopios angulares, con tres acelerómetros ortogonales, tres magnetómetros, un multiplexor, un convertidor A/D digital y un micro controlador que entrega su orientación en ambientes dinámicos y estáticos.

Operando sobre los 360 grados de movimiento angular sobre los tres ejes, este sensor provee medida de orientación en tres diferentes formatos: matriz, cuaternion y Euler.

Ilustración 27. Giroscopio 3DM-GX1.



@ Microstrain, 2008.

Los modos de salida de este dispositivo y todos los parámetros del software pueden ser programables por el usuario. Todos los parámetros programados y los datos de calibración son almacenados en memoria.

Entre las características y beneficios que se pueden encontrar en este dispositivo se tiene que puede realizar el procesamiento de las señales del acelerómetro, magnetómetro y giróscopo, está completamente compensado sobre un amplio rango de temperatura, está calibrado para evitar el desalineamiento del sensor y para evitar pérdidas en la sensibilidad del giróscopo.

Entre sus diferentes aplicaciones se encuentra su uso en vehículos aéreos y acuáticos no tripulados, horizonte artificial, ciencia computacional, animación biomédica, control de rastreo de enlace libre, cámaras móviles, reconstrucción de imágenes por sonar, manufactura, manipulación de containers, sistemas hidráulicos de levante, máquinas herramientas, entre otros...

Características técnicas:

Tabla 11. Datos técnicos giróscopo 3DM-GX1.

Datos Técnicos	Unidades	3DM – GX1
Rango de orientación	Grados	360° en todos los ejes(matriz de orientación y cuaternión) $\pm 90^\circ$; $\pm 180^\circ$ (Ángulos de Euler)
Rango sensitivo	FS	Giróscopo $\pm 300^\circ/\text{sec}$ Acelerómetro $\pm 5\text{ g}$ magnetómetro $\pm 1.2\text{ Gauss}$
Resolución A/D	bits	16
Precisión	Grados	$\pm 0.5^\circ$ para condiciones estáticas de testeo $\pm 2.0^\circ$ para ciclos dinámicos y ángulos arbitrarios de orientación
Salidas digitales		Serial RS-232 y RS-485
Opciones análogas de salida		4 canales
Velocidad digital de salida	Hz	100 para Euler, Matrix, Cuaternión 350 solo para 9 sensores ortogonales
Suministro de voltaje	VDC	5.2 mínimo, 12 máximo
Suministro de corriente	mA	65
Temperatura de operación	°C	-40 a +70 con carcasa -40 a +85 sin carcasa

@ Microstrain, 2008.

2.9. SONÓMETROS

Un sonómetro es un instrumento diseñado para medir niveles de presión sonora (de los que depende la amplitud y, por tanto, la intensidad acústica y su percepción y sonoridad). Es equivocado pensar, entonces, que este tipo de dispositivos miden el sonido.

El sonómetro mide, entonces, el nivel de ruido que hay en determinado lugar y en un momento dado. La unidad de medida con la que se trabaja es el decibelio.

La norma CEI_60651 y la norma CEI_60804, emitidas por el CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), establecen las normas que han de seguir los fabricantes de sonómetros. Se intenta que todas las marcas y modelos ofrezcan una misma medición ante un sonido dado.

La CEI también se conoce por sus siglas en inglés: IEC (International Electrotechnical Commission), por lo que las normas aducidas también se conocen con esta nomenclatura: IEC 60651 (1979) y la IEC 60804 (1985). A partir del año 2003, la norma IEC 61.672 unifica ambas normas en una sola.

Además, en todos los países, normas nacionales e internacionales clasifican los sonómetros en función de su grado de precisión. Se establecen 4 tipos en función de su grado de precisión. De más a menos:

- Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro de clase 1: permite el trabajo *de campo* con precisión.
- Sonómetro de clase 2: permite realizar mediciones generales en los trabajos *de campo*.
- Sonómetro de clase 3: es el menos preciso y sólo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que sólo se utiliza para realizar reconocimientos. (@ Wikipedia, 2009).

El sonómetro siempre está formado por:

- Un micrófono con una respuesta en frecuencia similar a la de las audiofrecuencias, generalmente entre 8 Hz y 22 KHz.

- Un circuito que procesa electrónicamente la señal.
- Una unidad de lectura (vúmetro, led, pantalla, etc.).

Muchos sonómetros cuentan con una salida que permite conectarlos con un osciloscopio, así la medición de la presión sonora se complementa con la visualización de la forma de onda.

2.9.1. Micrófono de campo abierto pre polarizado 1/2" Tipo 4189 de B&K.

Este dispositivo está diseñado para alta precisión en mediciones de campo abierto donde un micrófono con alta sensibilidad es requerido. Siendo pre polarizado, el modelo 4189 puede ser usado con preamplificadores clásicos.

Este transductor es de tipo capacitivo y requiere una etapa de preamplificación.

Este micrófono permite la medición del sonido con precisión y cumple con la norma IEC 61.672, donde es clasificado como clase 1.

Ilustración 28. Micrófono de campo tipo 4189 de Büel & Kjær.



B&K, 2009.

A continuación se listan las especificaciones técnicas.

Tabla 12. Datos técnicos micrófono B&K.

Datos técnicos	Unidades	Modelo 4189
Voltaje de polarización	V	0 (prepolarizado)
Sensibilidad (250 Hz)	mV/Pa	50, -26db ±1.5db
Respuesta de incidencia de campo abierto	db	±1db
10 Hz a 8 KHz:		±2db
6.3 Hz a 20 KHz:		
Límite de frecuencia mas baja (-3db)	Hz	2 a 4
Frecuencia de resonancia del diafragma	KHz	14
Volumen equivalente del aire	mm ³	46 (250 Hz)
Corrección del pistófono	db	0.00
Rango dinámico	db	14.6 a 146
Temperatura de operación	°C	-30 a 150
Temperatura de almacenamiento	°C	-30 a 70
Coeficiente de temperatura (250 Hz)	db/k	-0.006 (-10°C a 50°C)
Rango de humedad	%	0 a 100 sin condensación
Sensibilidad al campo magnético	db SPL	6 para 80 A/m, campo de 50 Hz

B&K, 2009.

2.9.2. Transductor de ultra frecuencia Ultra – trak 750.

Este sensor es un transductor de ultra sonido que funciona a muy altas frecuencias sensando emisiones producidas por equipos en operación. Puede proporcionar señales de precaución temprana de fallas mecánicas, fugas internas en válvulas, interrupción de flujo, etc.

Este dispositivo tiene una cubierta sólida de acero inoxidable que lo vuelve resistente al agua y al polvo ya que puede estar montado en cualquier tipo de ambiente en un amplio rango dinámico de 120dB y su sensibilidad es ajustable. Su principio de funcionamiento es piezoeléctrico.

La siguiente tabla expone los datos técnicos del dispositivo.

Tabla 13. Datos Técnicos transductor de ultrasonido ultra track 750.

Tipo	Unidades	Minúsculas
Rango dinámico	dB	120
Rango sensado	dB	40
Energía de alimentación	V	18 – 30
Corriente de alimentación	mA	30 max
Rango de temperatura ambiente	°C	0 – 50
Frecuencia de detección	KHZ	40 (±2)
Transductor		Piezoeléctrico
Cable	Mts	3

UE systems inc, 2007.

Ilustración 29. Transductor de ultrasonido Ultra-Trak.



3. SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

En todo el conjunto de medición de variables se encuentran estos sistemas cuya función es adquirir e interpretar la señal enviada por los transductores, para de esta manera poder tener una familia de datos significativos, los cuales posteriormente puedan ser analizados como mejor sea conveniente.

Las señales físicas que se deseen obtener de cualquier variable, son percibidas como tensiones eléctricas y deben ser digitalizadas para que los datos obtenidos puedan ser procesados en una computadora. Esta etapa es conocida también como acondicionamiento de señal, es una etapa intermedia y es necesaria para convertir los datos, que desde los transductores son señales análogas, a señales digitales. El elemento encargado de dicha transformación es el sistema de adquisición de datos.

Estos módulos de adquisición de datos, pueden almacenar la información en tiempo real o en memoria, quedando los datos a la espera de ser descargados. Es muy común encontrar tales dispositivos en aplicaciones como monitoreo de variables en máquinas, sistemas de seguridad u otras aplicaciones en donde pueda ser medida una variable por su transductor específico. Algunas de estas aplicaciones ya han sido descritas en el anterior capítulo como característica de cada transductor mencionado.

En el proceso de acondicionamiento de señal, además de convertir las señales análogas en digitales, estos sistemas deben funcionar como amplificadores de señales, ya que las variaciones en resistencia eléctrica efectuadas por un

transductor en la medición, son demasiado pequeñas. Para que estas señales puedan ser percibidas, es necesario entonces una amplificación de señal.

Existen sistemas de adquisición de datos digitales que varían en complejidad; desde sistemas de un solo canal para medición y registro de voltajes de CD, hasta sistemas automáticos de múltiples canales, los cuales miden un gran número de parámetros de entrada, los comparan con condiciones estándares establecidas, llevan a cabo cálculos y toman decisiones sobre la señal de entrada.

De manera inversa, la información digital puede convertirse en análoga, como voltaje o corriente, dando la posibilidad de usarse como una cantidad de realimentación que controle un proceso industrial.

3.1. PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Para comenzar una medición de datos, lo primero es definir la variable física que se desea medir; esto podría ser fuerza aplicada a un objeto, presión ejercida sobre cierta área, cambio de temperatura sobre un objeto o superficie, etc.

Como ya se ha mencionado anteriormente, se usa un transductor para la medición de la variable seleccionada, la propiedad física es medible ya que este dispositivo convierte esta propiedad en una señal eléctrica medible, tal como tensión o corriente, cambio de valores de resistencia, etc. Debe de tenerse en cuenta que para cada fenómeno físico existen transductores específicos para cada aplicación. No se debe olvidar que las señales provenientes del transductor son análogas y son en función del transductor utilizado.

El acondicionamiento de señales suele ser necesario si la señal desde el sensor o transductor no es adecuada para el sistema de adquisición de datos que se utiliza.

La señal puede ser amplificada o desamplificada, o puede requerir de filtrado o un cierre patronal. Algunos ejemplos de acondicionamiento de señales, podrían ser el puente de conclusión, prestación actual de tensión o excitación al sensor, el aislamiento, linealización, etc. Este pre-tratamiento de la señal es realizado normalmente por un pequeño módulo acoplado al sensor.

Una vez se inicia la toma de datos y el pre-acondicionamiento de señal, los valores deben ser recopilados y almacenados por un hardware, que por lo general es la interface entre los sensores y un ordenador. Éste se compone de tarjetas las cuales son las encargadas de proveer los canales por los cuales los datos ingresarán y se procesarán. Las tarjetas pueden contener diversos componentes como multiplexores, convertidores A/D y D/A, temporizadores de alta velocidad, memoria RAM, entre otros.

Para lograr control y comunicación de este sistema, éste mismo cuenta con un driver software que es suplido por el proveedor del sistema y permite que el hardware sea reconocido y dar acceso así a las señales de lectura.

Entre las ventajas que esto puede ofrecer, se encuentra la flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar acciones en tiempo real o en análisis posteriores, excelente capacidad de almacenamiento, posibilidad de control remoto de variables y automatización.

Es muy común encontrar el uso de estos dispositivos en acciones tales como detección de fallas, investigación, control de máquinas y control de calidad.

3.2. PROCESAMIENTO DE SEÑALES

Como se ha mencionado anteriormente, dentro de los dispositivos de adquisición de datos, se realiza un procesamiento de señal, que incluye a su vez el acondicionamiento. Teniendo esto presente, se debe señalar que puede haber diversas señales dependiendo de la fuente, dado como resultado diferentes tipos de procesamiento según la naturaleza de las mismas.

Este capítulo se centrará únicamente a hablar de los dos tipos de señales que se pueden encontrar en aplicaciones de ingeniería: las señales digitales y analógicas.

3.2.1. Procesamiento de señales digitales.

Antes de comenzar, se dará una breve introducción a lo que son las señales digitales. Esta es un tipo de señal generada por un fenómeno electromagnético. Estos sistemas usan lógica de dos estados, representados por niveles de tensión eléctrica, uno alto y otro bajo. Estos estados se sustituyen por ceros y unos, facilitando la aplicación de la lógica y la aritmética binaria.

En ingeniería normalmente se analizan y procesan señales discretas. Una señal discreta es una señal discontinua que está definida para todos los puntos de un intervalo determinado del conjunto de los números enteros. Los computadores y microchips sólo manejan este tipo de señales. Una señal discreta en la naturaleza, podría ser el pulso cardiaco, el rebotar de una pelota al caer libremente, etc.⁴

La mayoría de variables en la naturaleza llegan de forma analógica y para facilitar su procesamiento se debe digitalizar; el formato discreto facilita su transmisión y almacenamiento. El procesamiento digital presenta mayores comodidades y es

⁴ Disponible en internet:

<<http://es.wikibooks.org/wiki/Introducci%C3%B3n_a_Se%C3%B1ales,_Sistemas_y_Control#Se.C3.B1ales_Discretas>>

más económico de implementar que un procesamiento analógico. Estas señales usan normalmente menos ancho de banda.

Básicamente lo que se busca es reducir la señal de datos a valores numéricos discretos, lo cual permite que sus componentes sean aislados, analizados y reordenados de una manera más fácil que en su forma analógica. Las aplicaciones del procesamiento digital de señales pueden verse en procesamiento de sonido, radio y microondas. Los dispositivos actuales de procesamiento digital de señales, son muy versátiles en propósitos, tales como procesamiento de gráficos de alta calidad y control y simulaciones en ingeniería.

Adicional a lo anterior, los sistemas de procesamiento de señales digitales pueden invertir su análisis arrojando valores analógicos de las señales digitales capturadas, con una calidad mas mejorada y con propósitos de ejercer control sobre algún dispositivo.

3.2.2. Procesamiento de señales análogas.

Se comenzará entonces diciendo que una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que se representa por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y período en función del tiempo.⁵ Un ejemplo de magnitudes físicas de las cuales se puede obtener una señal son el voltaje, la intensidad y la potencia.

Las señales que normalmente se pueden encontrar son en su mayoría análogas; el sonido, la luz, la energía, etc., así también magnitudes físicas como presión, temperatura, esfuerzo, deformación, etc., son señales que tienen una variación continua.

⁵ Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al_anal%C3%B3gica>

Si se quiere referir a un aparato o instrumento de medida, se dice que es analógico cuando el resultado de la medida se representa mediante variables continuas; en la lectura de la información, los sistemas analógicos ofrecen la información de una manera rápida, así mismo esta lectura requiere tiempo y algo de experiencia, mientras que un display digital la entrega de resultados es más exacta y solo se resume a copiar los números.

3.3. SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y AMPLIFICADORES DE SEÑAL

En el laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad Eafit, se encuentran diferentes dispositivos que se emplean para la adquisición y procesamiento, en algunos, de datos de variables de ingeniería. De acuerdo a la variable que se desee medir, se puede combinar el sensor y el dispositivo adecuado para cada aplicación. A continuación se presenta una descripción de los sistemas existentes en el laboratorio con sus características.

3.3.1. Piezotron Coupler de Kistler, tipo 5148.

Rack de 16 canales acondicionador de señal que provee voltaje de excitación y actúa como interface entre el sensor y el instrumento de medida. Este dispositivo es energizado por un adaptador AC/DC externo.

Este modelo es un proveedor de potencia de 16 canales, económico, que provee corriente de excitación constante para piezotron, piezobeam, K-Shear, Ceramic Shear y otros sensores piezoeléctricos similares. El acoplador puede además potenciar convertidores externos de impedancia y arreglar convertidores de ganancia en línea de carga en un sistema de medida de alta impedancia. Cada canal ofrece un LED individual para monitorear la integridad del circuito. El

acoplador de 16 canales funciona con DC y opera desde fuentes desde 8 a 20 voltios DC.

Entre las aplicaciones, se tiene que el primordial uso de este modelo es proveer potencia de excitación económica y acoplamiento de señal de baja impedancia, sensores piezoeléctricos en modo de voltaje de presión, fuerza y aceleración. Su ligero peso permite portarlo en casi cualquier entorno de medida, ya sea en laboratorio o en el campo.

Ilustración 30. Piezotron Coupler, Kistler.



Kistler Instruments Corporation, 2007.

Características técnicas.

Tabla 14. Datos técnicos Piezotron Coupler de Kistler.

Datos Técnicos	Unidades	Modelo 5148
Canales		16
Voltaje de excitación del sensor	VDC	24
Corriente constante	mA	2
Ganancia corregida		1
Precisión	%	±1
Respuesta de frecuencia ±5%	Hz	0.05...50000
Constante de tiempo, ±11%	Seg	10
Ruido	µVrms	<100
Voltaje de salida	V	±10
Corriente de salida	mA	5
Alimentación requerida	VDC	8.....20
Rango de temperatura de operación	°C	0.....50
Humedad relativa	%	<85
Peso	Kg	2.5

Kistler Instrument Corporation, 2007.

3.3.2. Amplificador de carga industrial para aplicaciones de manufactura, ICAM.

Este dispositivo, convierte la señal de carga del sensor piezoeléctrico en un voltaje de salida proporcional a la cuantificación de la variable mecánica de entrada. Dependiendo de la versión y aplicación, hasta cuatro sensores pueden ser conectados e integrados en una máquina de producción. El sistema de control ICAM opera mediante entradas digitales y una interfaz serial.

El ICAM se compone de una carcasa de metal rugoso. Tiene un requerimiento amplio de suministro de energía (18.... 30 VDC) y tiene un grado de protección IP65 para ambientes industriales. Este amplificador de carga puede venir en modelos de 1, 2, 3 o 4 canales. Se destaca por poderse operar de una manera fácil y por obtener datos confiables en un amplio rango de medida. Su software está basado en LabView y gracias a esto, casi cualquier rango de medida puede ser configurado.

La entrada de carga está protegida contra descargas estáticas, y como toda entrada diferencial, puede ser efectivamente compensada para diferencias de potencial en la máquina.

Ilustración y datos técnicos en la siguiente página.

Ilustración 31. ICAM 5073A.



Kistler Instruments AG, 2006.

Entre las aplicaciones se tiene que el ICAM es adecuado para su funcionamiento con casi todos los sensores piezoeléctricos. Las señales de salida pueden ser usadas para monitoreo, ciclos cerrados de control y optimización de procesos de medida industriales. Sus entradas digitales de medida y selección de rangos de medida están diseñadas para integrarse en un sistema de control de una máquina.

Tabla 15. Datos técnicos de ICAM, Kistler.

Datos Técnicos	Unidades	Modelo 5073A
Suministro de voltaje	VDC	18...30
Consumo de corriente 1 cana	mA	<150
Consumo de corriente de cada canal adicional	mA	<50
Voltaje de salida	V	0...±10
Corriente máxima de salida	mA	±5
Impedancia de salida	Ω	10
Error (Factor de transferencia)	%	<±0.5
Desviación del punto cero	mV	<±30
Compensación ajustable (via RS-232C)	V	±1
Resolución	mV	2
Constante de tiempo (larga)	S	100.000
Rango de temp de operación	°C	0...60
Temp mínima/máxima	°C	-40/80
Humedad relativa	%	60

Kistler Instruments AG, 2006.

3.3.3. Osciloscopio análogo 2120B de BK Precision.

Este dispositivo es un instrumento de medición electrónica para la representación de señales eléctricas que varían en el tiempo. Este instrumento es muy versátil y con el se puede medir un gran número de fenómenos; provisto del transductor adecuado, es capaz de dar el valor de una presión, ritmo cardiaco, potencia de sonido, nivel de vibraciones, etc.

Este dispositivo puede trabajar con trazo simple o doble si se quiere visualizar dos fenómenos de onda simultáneamente; esto con el objeto de comparar diferentes señales y medir sus respectivos haces. En el proceso de acondicionamiento de señales, este dispositivo presta una gran ayuda, ya que con el puede hacerse una idea del estado de la señal al momento de la medición y si sus valores actuales son óptimos o poseen mucho ruido.

Con el osciloscopio se pueden medir voltajes, periodo de una señal, determinación indirecta de la frecuencia de una señal, medición de la diferencia de fase entre dos señales, determinación de averías en circuitos y la determinación de la existencia de ruido en la señal su ubicación y como varía con el tiempo.

Ilustración 32. Osciloscopio BK Precision.



Tabla 16. Datos técnicos Osciloscopio BK Precision.

Datos técnicos	Unidades	Modelo 2120B
AMPLIFICADORES VERTICALES (CH 1 Y CH 2)		
Sensibilidad	mV/div a V/div	5...5
Atenuador	10 pasos en secuencia de 1 – 2 – 5	
Precisión	%	±3, ±5 a X5
Resistencia de entrada	MΩ	1 ±2%
Capacitancia de entrada	pF	25 ±10pF
Frecuencia de respuesta	MHz	30
Tiempo de elevación	ns	12
Máximo voltaje de entrada	V	400(DC + AC peak)
Velocidad de recorrido	μs/div a s/div	0.1 a 2 en 23 pasos
Precisión	%	±3
Magnificación de recorrido		Hasta 10X
Temperatura de operación	°C	0 a 40
Temp operación dentro de la precisión especificada	°C	10 a 35

BK Precision, 2007.

3.3.4. Dispositivo de suministro de potencia 5118B2 de Kistler.

Este acondicionador de señal provee la corriente constante requerida para una baja impedancia, sensores de modo voltaje con electrónica incorporada (Piezotron, PiezoBeam, K-Shear y Ceramic Shear) o para sensores de alta impedancia con un convertidor externo. La potencia de los sensores es suministrada por el mismo cable que provee la señal de salida de la impedancia. Amplificadores de ganancia de 1x, 10x y 100x son seleccionables desde un switch en el panel frontal.

Filtros de paso bajo están disponibles para limitar la frecuencia de respuesta del amplificador. Estos filtros pueden ser usados para atenuar frecuencias no deseadas y/o para mejorar el ruido en la señal. El voltaje es monitoreado y mostrado en tres leds ubicados en el panel frontal. Cuando se encuentra entre 2V y 21V es normal y se enciende un led verde indicando "OK". Por debajo de 2V y por encima de 21V se enciende el led indicador de "LOW" o "HIGH". El indicador

de “LOW” generalmente se refiere a un circuito corto en el cable o sensor, mientras que “HIGH” indica que existe un circuito abierto.

El dispositivo advierte con una señal audible cuando se encuentra bajo de batería. La vida de la batería es de aproximadamente 12 horas con un consumo de corriente de 2mA. La energía hacia el dispositivo puede ser proporcionada desde 3 fuentes diferentes: 4 baterías AA de 1.5 Volts, un adaptador AC o una fuente DC regulada entre 6 y 28VDC. Debido a la característica única de Kistler de “zero inmediato”, el dispositivo puede estar listo para tomar medidas en 2 segundos después de conectado.

Ilustración 33. Acondicionador de señal 5118B2 de Kistler.



Kistler Instrument AG, 2007.

Tabla 17. Datos técnicos acondicionador de señal 5118B2 de Kistler.

Datos técnicos	Unidades	5118B2
Suministro de corriente al sensor	mA	2
Señal de voltaje	V	±5
Ganancia		1x, 10x, 100x
Ancho de banda		
Frecuencia -3db	Hz	0.03, 0.006
-5db	Hz	0.10, 0.02
Constante de tiempo	S	5, 25
Ganancia 1x -3db	KHz	>100
-5%	KHz	>40
Ganancia 10x -3db	KHz	>100
-5%	KHz	>20
Ganancia 100x -3db	KHz	>30
-5%	KHz	>12
Ruido (Sin filtro de paso bajo)		
Ganancia 1x, 10x	mV _{rms}	<2
Ganancia 100x	mV _{rms}	<5
Impedancia máxima de salida	Ω	100
Rango de temperatura de operación	°F	-5.....125
(Baterías alcalinas)	°C	-20.....50

Kistler Instrument AG, 2007.

3.3.5. Sistema de adquisición de datos PXI 1042Q de National Instruments.

El DAQ (sistema de adquisición de datos, por sus siglas en inglés Data Acquisition) PXI 1042Q está diseñado para complacer las necesidades de un amplio rango de pruebas y aplicación de mediciones. El PXI 1042 opera en un rango de temperatura extendido a 55 °C, el modelo PXI 1042Q ofrece operaciones más silenciosas, con emisiones acústicas bajas, en el rango de 43dBA. El chasis de este dispositivo incorpora muchas características, incluyendo el reloj de 10 MHz incorporado, un bus disparador PXI, un disparador de arranque y un bus local.

El sistema incluye en su chasis, dos sistemas de ventilación y una unidad de potencia para esto, con la finalidad de proveer aire fresco y filtrado lo cual excede las demandas de refrigeración del PXI y los módulos CompactPCI. El PXI 1042 y el PXI 1042Q ofrecen una opción de ventilación HIGH, destinado a maximizar la

refrigeración y una opción de AUTO para minimizar las emisiones acústicas. El monitor de temperatura de la entrada de aire ajusta la velocidad del ventilador proporcionalmente. Con esta tecnología, el SAD PXI 1042Q alcanza niveles de ruido tan bajos como 43 dBA. Esta característica permite que este SAD sea ideal para oficinas, laboratorios o aplicaciones en medicina.

El SAD PXI 1042Q integra internamente unos módulos que son de los que se vale para hacer el procesamiento de las señales y la adquisición de datos. Dependiendo de la necesidad de medición, existen diversos modelos de módulos. A su vez, el sistema integra un software llamado MAX con el cual se puede fácilmente configurar e iniciar la toma de mediciones. Sin necesidad de invertir tiempo en manuales de instalación e inicialización, MAX crea un archivo que define el marco y parámetros del sistema PXI incluyendo chasis, control y módulos.

Ilustración 34. PXI 1042Q de National Instruments.



National Instruments Corporation, 2004.

Tabla 18. Características Técnicas PXI 1042Q de National Instruments.

Datos técnicos	Unidades	PXI 1042Q
Rango de voltaje de entrada	VAC	100 a 240
Rango de voltaje de operación	VAC	90 a 264
Frecuencia de entrada	Hz	50/60
Rango de frecuencia de operación	Hz	47 a 63
Corriente de entrada	A	8
Protección de sobrecarga	A	Fusible de 10
Regulación de línea		
3.3V	-----	<±0.2%
5V	-----	<±0.1%
±12V	-----	<±0.1%
Eficiencia	-----	70%
Capacidad de corriente directa en estado estable (salida)	0 a 40 °C	
+3.3	A	20
+5	A	29
+12 en slot periférico	A	3.5
+12 en slot de sistema	A	0.5
-12	A	2
Regulación de carga		
+3.3 V	%	<5
+12	%	<5
+5	%	<5
-12	%	<5
Emisiones acústicas	0 a 40 °C	
Autofan (temp ambiente)	dBA	43.4
High fan	dBA	52.9
Rango de temperatura operación	°C	0 a 40
Rango de humedad relativa	%	10 a 90
Altitud	Mt	2000 a 25 °C
Almacenamiento		
Temp ambiente	°C	-20 a 70
Humedad relativa	%	5 a 95

National Instruments Corporation, 2004.

3.3.6. Amplificador de señal Scout 55 de HBM.

Como otros dispositivos de su misma clase, este amplificador de señal se usa principalmente con sensores que requieren una alimentación externa cuando el sistema de adquisición de datos que se esté usando con el mismo, no posea esta característica. Normalmente los sistemas de adquisición poseen tarjetas para ser usadas con múltiples clases de sensores. Estas tarjetas pueden alimentar al

sensor, sin embargo, en algunas circunstancias, los sensores deben conectarse a tarjetas que no les proveen una corriente inductiva y es necesario el uso de un dispositivo que lo haga.

El scout 55 es un amplificador de frecuencia portadora de 4.8 KHz para puentes medios y completos de galgas extensométricas, puentes medios y completos inductivos, LVDT (transformadores diferenciales de variabilidad lineal), transductores piezoresistivos y potencimétricos. Este dispositivo también posee salida análoga de corriente y voltaje.

Entre otras características de este dispositivo se encuentra que en el tratamiento de la señal posee un filtro de paso bajo, capacidad de guardar en memoria los valores pico, la opción de tarar para volver los valores a cero, entre otros.

Ilustración 35. Imagen de Scout55 de HBM.



HBM, 2009.

Tabla 19. Características técnicas de Scout55 de HBM.

Datos Técnicos	Unidades	Scout55
Precisión		0.1
Voltaje	V	115/230
Frecuencia	Hz	48.....60
Consumo de potencia max.	VA	8
Fusible de seguridad	mA	200(115V) / 100(230V)
Frecuencia portadora	Hz	4800 ±0.32
Voltaje de excitación U_B (±5%)	V_{rms}	1 ó 2.5
Transductores que pueden ser conectados		
Puentes medios y completos de G.E.	Ω	$U_B=1 V_{rms}$ 40.....5000
Puentes medios y completos inductivos	mH	6.....19
		$U_B=2.5 V_{rms}$ 80.....5000
		2.5.....20
Longitud de cable permisible entre transductor y amplificador	M	500 max.
Voltaje máximo permisible	V	±5
Voltaje diferencial máximo DC	V	±10
Desviación lineal	%	Comúnmente 0.05
Salida Análoga		
Voltaje aplicado	V	±10, asimétrico
Resistencia permisible mínima	K Ω	5
Resistencia interna máxima	Ω	1.5
Corriente aplicada	mA	±20; 4.... 20
Resistencia permisible máxima	Ω	500
Resistencia interna mínima	K Ω	100
Voltaje de interferencia en la salida	mV _{PP}	4
Voltaje portador residual 38.4 KHz	mV _{PP}	3
Voltaje portador residual 4800 Hz	mV _{PP}	2
Rango de temperatura de operación	°C	-20.....50
Rango de temperatura de almacenamiento	°C	-20.....70

HBM, 2009.

3.3.7. Sistema amplificador de medición MGC Plus.

Este dispositivo es un sistema de adquisición de datos modular, escalable y configurable, que permite la captura y digitalización de señales de fuerza, desplazamiento, presión, temperatura, par de torsión, aceleración, deformación, esfuerzo, voltaje, corriente, frecuencia o resistencia, mediante el uso del sensor adecuado y el módulo MGC Plus correspondiente.

Dependiendo del modelo, se pueden contar con un máximo de 16 ranuras para módulos amplificadores enchufables, mono o multicanal. Se pueden disponer hasta de 128 puntos de medición o canales con los 16 módulos multicanales de 8 sub canales cada uno, en el dispositivo MGC Plus de mayor capacidad. Estos módulos pueden manejar velocidades de muestreo hasta de 19.2 KHz y resoluciones de conversión A/D (Análogo/Digital) hasta de 20 bits. La transferencia de datos puede ser mediante interfaces Ethernet o USB.

Ilustración 36. MGC Plus de HBM.



Manual de operación Eafit.pdf, 2007.

Tabla 20. Datos Técnicos MGC Plus de HBM.

Datos Técnicos	Unidades	MGC Plus
Máxima velocidad de medición sin linearización	Valor medido/s	19200
Conmutador de valores límite		
Cantidad		4
Nivel comparativo		Bruto, neto, valores de pico
Valor de referencia (ajustable)	%	-100....100 del margen de medición
Ajuste de fábrica histéresis	%	1 del margen de medición
Precisión de ajuste	%	0.0033 del margen de medición
Tiempo de reacción	ms	1.0
Memoria de valores pico		
Cantidad		2
Función		Máximo, mínimo
Enlace		Pico a pico; valor medio
Tiempo de actualización	µs	30
Constante de tiempo para función de curva envolvente	s	0.01.....10000
Entradas		
Tensión de entrada autorizada	V	-0.5 a 5.5
Nivel High	V	Mínimo 4.0
Nivel Low	V	Máximo 0.7
Schmitt-Trigger, histéresis	V	>1.1
Resistencias Pull Up (internas)	KΩ	100
Salidas		
Nivel High con un máximo de 1 mA	V	>4.0
Nivel Low con un máximo de 0.7 mA	V	<0.7
Resistencia interna	KΩ	1
Margen de temperaturas nominales	°C	-20.....60
Margen de temperaturas de funcionamiento	°C	-20.....60
Margen de temperaturas de almacenamiento	°C	-25.....70
Tensiones de funcionamiento	V	±14.6....17.0(<120mA); ±7.7....8.3(<1200mA); +4.9....5.1(<150mA)
Salidas analógicas Ua1 y Ua2		
Tensión nominal	V	±10 (asimétricos)
Resistencia de carga adicional	KΩ	>5
Resistencia interior	Ω	<5
Salida de control para Ua1 a través del enchufe BNC sobre la placa frontal		
Tensión nominal	V	±10 (asimétricos)
Resistencia de carga autorizada	KΩ	>1000
Resistencia interna	KΩ	1

HBM, 2007.

3.3.8. Sistema de adquisición y procesamiento de datos NI SCXI-1000.

El DAQ SCXI-1000 es un chasis robusto de poco ruido que puede recibir hasta 4 módulos SCXI. Este chasis alimenta módulos SCXI así como soporta toda la temporización, disparo y enrutado de señal entre su digitalizador y los módulos SCXI. Para sistemas más grandes o expansiones futuras, también se puede conectar hasta ocho chasis SCXI-1000 con un solo digitalizador de la Serie E para aplicaciones con alta cuenta de canales. El SCXI-1000 ofrece siete diferentes opciones de potencia para igualar la potencia en el país de uso y se puede reconfigurar para usarse en otros países.⁶

Ilustración 37. NI SCXI-1000.



@, National Instruments, 2009.

⁶ <http://sine.ni.com>. SCXI-1000. Información general y especificaciones. 2009.

Tabla 21. Especificaciones SCXI-1000 de National Instruments.

Datos Técnicos	Unidades	SCXI-1000
Fuente de alimentación		Corriente alterna
Número de ranuras		4
Potencia total disponible	W	28
Rango de entrada de frecuencia	Hz	47.....73
Alimentación de voltaje	V+	18.5.....25
Corriente AC Máx. para 100 VAC	A	0.5
Corriente AC Máx. para 120 VAC	A	0.6
Corriente AC Máx. para 220 VAC	A	0.25
Corriente AC Máx. para 240 VAC	A	0.25
Temperatura de operación	°C	0.....50

@, National Instruments, 2009.

3.3.9. Nodo de Tensión inalámbrico SG – Link.

Este tipo de sensor, hace parte de una familia de sensores que en la actualidad la industria ha estado acogiendo frecuentemente, hace parte de los medios de transmisión no guiados enviando los datos a través de ondas de radio. Recordando parte de la información presentada en el capítulo anterior, las aplicaciones para estos dispositivos pueden verse en monitoreos a distancia, control de variables en tiempo real y recolección y análisis de datos a distancia cuando no hay la posibilidad de poner una estación de trabajo cerca al objeto de medición.

Este sensor posee un canal diferencial, el cual incluye una completa medición de presión y una compensación programable. Este dispositivo es compatible con la mayoría de sensores análogos. Es rápido y extremadamente versátil y está diseñado para operar como parte de una red de sensores inalámbricos de alta velocidad.

El enlace de comunicación bidireccional RF puede guardar un muestreo a una distancia de 70 metros o una transmisión de datos en tiempo real hacia un ordenador para adquisición y análisis. El SG – Link es compatible con un amplio

rango de sensores que manejan configuraciones tipo wheatstone, incluyendo medidores de presión, desplazamiento, celdas de carga, transductores de torque, acelerómetros, sensores de temperatura, entre otros.

Entre las características de este dispositivo, se encuentra que soporta un muestreo simultáneo de múltiples nodos hacia un ordenador, la velocidad de muestreo en modo datalog está por encima de 2048 Hz, la velocidad de muestreo en tiempo real está por encima de 4 KHz, memoria interna capaz de guardar por encima de 1.000.000 de mediciones, rango de comunicación de 70 mt expandibles a 300 mt con antenas de alta ganancia.

Mencionando nuevamente algunas de las aplicaciones, y estas vez las recomendadas por el fabricante, este tipo de dispositivo puede usarse en monitoreo de máquinas basado en la condición, monitoreo de seguridad en estructuras civiles y vehículos, estructuras y materiales inteligentes, automatización de maquinaria y robótica, testeo de vibración y ruido acústico.

Ilustración 38. SG – Link



MicroStrain, 2008.

Características técnicas:

Tabla 22. Datos técnicos SG – Link de MicroStrain.

Datos Técnicos	Unidades	SG - Link
Canales de entrada		1 canal diferencial completo, resistencia de 350 Ω o mas alta(con una terminación opcional de puente) y sensor interno de temperatura.
Sensor de temperatura	$^{\circ}\text{C}$	-25 a 70 con una precisión de $\pm 4^{\circ}$
Precisión de medición	%	± 0.1
Resolución		± 1 bit 0.0024% ± 1 Para medida de $\frac{3}{4}$ de puente
Puente de excitación DC	V	± 3 a 50 mA
Convertidor de A/D		Aproximación exitosa, 12 bits de resolución.
Capacidad en memoria	Mb	2, aproximadamente 1.000.000 de lecturas.
Modo de muestreo en tiempo real	KHz	La velocidad depende del número de canales activos: 1 canal – 4KHz, 2 canales – 2KHz
Frecuencia de radio de transmisión	GHz	2.4
Rango de enlace de comunicación bidireccional	m	70 a 300 con antena de alta ganancia.
Temperatura de operación	$^{\circ}\text{C}$	-20 a 60 con batería interna
Consumo de potencia	mA	25 en muestreo en tiempo real y datalogging

MicroStrain, 2008.

3.3.10. Nodo de tensión inalámbrico V – Link.

Este sensor, como el mencionado en el anterior punto, está igualmente diseñado por su versatilidad, para operar como parte de una red de sensores inalámbricos de alta velocidad; así mismo, hace parte de los medios de transmisión no guiados, enviando los datos a través de ondas de radio. Con velocidades de hasta 2 KHz posee una memoria interna de 2 Mb; con cada nodo en la red asignado a una única dirección de 16 bits, un solo transmisor puede transmitir miles de grupos de datos en múltiples canales.

Este dispositivo, posee igual alcance al del sensor descrito en el apartado anterior. El sistema de ágil frecuencia permite un muestreo simultáneo en tiempo real desde 16 nodos en un rango de 2.4 GHz. El V – Link es compatible con un amplio rango de sensores análogos, incluyendo galgas de tensión, sensores de desplazamiento, celdas de carga, transductores de torque, sensores de presión, acelerómetros, sensores de temperatura y otros.

Entre las características y beneficios se tiene que soporte muestreo simultáneo desde múltiples nodos a un ordenador, la velocidad en modo datalog es de 2048 Hz, la velocidad de muestreo en tiempo real llega hasta 4 KHz, la memoria interna puede almacenar 1.000.000 de medidas, el rango de comunicación es de 70 m hasta 300 con antenas de alta ganancia, es compatible con la mayoría de los sensores análogos, posee puente de resistores interno y batería interna recargable.

Este dispositivo puede ser usado en los mismos campos de aplicación que el SG – Link ya que son muy similares en su diseño, la única diferencia es que este posee más canales que el SG – Link.

Ilustración 39. V – Link.



MicroStrain, 2008.

Tabla 23. Datos técnicos sensor inalámbrico V – Link de MicroStrain.

Datos Técnicos	Unidades	V – Link
Canales de entrada		Hasta 8 canales de entrada: 4 completamente diferenciales, resistencia de 350 Ω o mas alta (con terminación opcional de puente) y sensor de temperatura interno.
Sensor de temperatura	°C	-25 a 70 con una precisión de $\pm 4^\circ$
Precisión de medición	%	± 0.1
Resolución	Bit	± 1 (0.024%)
Puente de excitación DC	V	+3 a 50 mA
Compensación programable	V	Máxima entrada de compensación permisible ± 1.5
Convertidor A/D		12 bits de resolución
Capacidad de memoria interna	Mb	2, equivalentes a 1.000.000 de mediciones.
Modo de muestreo en tiempo real		La velocidad de transmisión de datos en tiempo real, depende del número de canales activos: 1 canal-4KHz, 2 canales-2KHz, 3 canales-1.33KHz, 4 canales-1KHz, 5 canales-800Hz, 6 canales-666Hz, 7 canales-570Hz, 8 canales-500Hz.
Transmisor de radio frecuencia RF	GHz	2.4
Consumo de potencia	mA	Muestreo en tiempo real y datalogging: 25
Temperatura de operación	°C	-20 a 60

MicroStrain, 2008.

4. ESQUEMAS DE CONEXIONES Y PUESTA A PUNTO DEL SOFTWARE PARA INICIAR MEDICIONES

El presente capítulo muestra la manera adecuada de realizar las conexiones entre los transductores y los sistemas de adquisición de datos (DAQ – Data Acquisition), para la toma de valores de las diferentes variables que pueden ser medidas. Además de mostrar los montajes, también se encuentra una breve guía para iniciar el software que sirve de interfaz entre el DAQ y el computador, en el cual posteriormente quedarán almacenados los datos.

Los montajes serán presentados, según el orden en el que actualmente son listados los sensores de acuerdo a las variables que miden; así, estos tendrán el siguiente orden: Transductores de Aceleración, Transductores de Desplazamiento, Transductores de Presión, Transductores de Deformación, Transductores de orientación y Sonómetros.

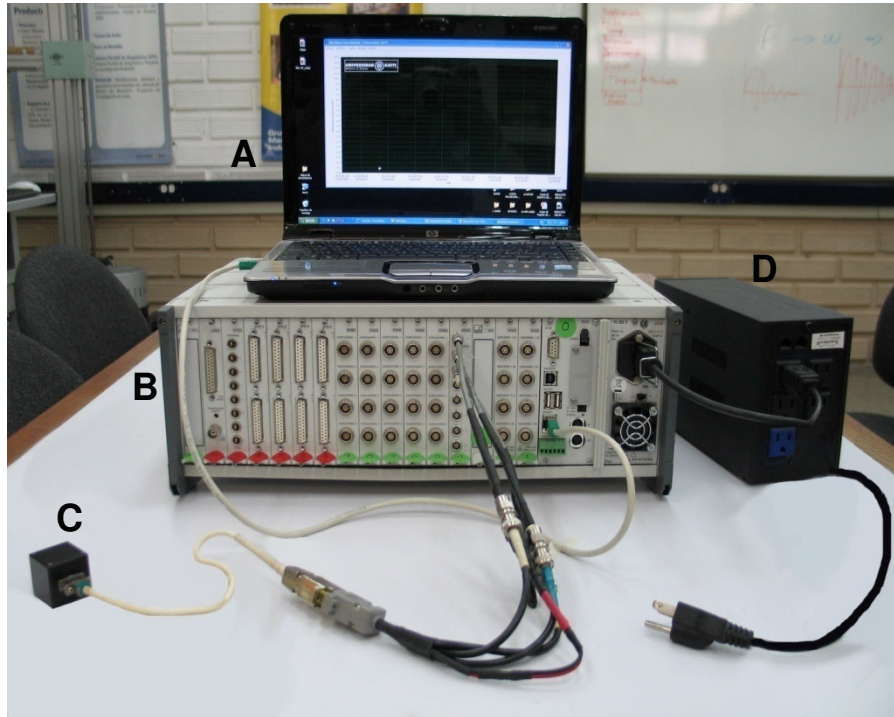
En este capítulo no se encontrará ningún tipo de descripción ni mención acerca de las características de los dispositivos mostrados en los montajes. Estos datos ya se encuentran listados en capítulos anteriores.

4.1. TRANSDUCTORES DE ACELERACIÓN

Las siguientes imágenes fueron tomadas en el laboratorio de Mecánica Experimental de la universidad EAFIT. Los montajes son descritos de manera detallada esperando que sean de fácil seguimiento y aplicación.

4.1.1. Esquema de conexión, acelerómetro K-Beam de Kistler con DAQ MGC Plus.

Ilustración 40. Montaje general, sensor triaxial y MGC Plus.



En la imagen se encuentra el montaje general del sensor con su respectivo DAQ y el ordenador, detallándose los siguientes elementos:

A- Ordenador.

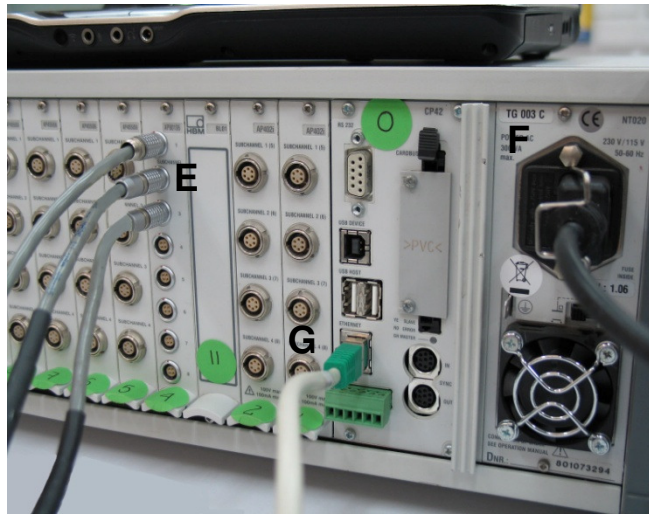
B- MGC Plus CP42-BL05.

C- Acelerómetro triaxial Kistler K-Beam.

D- Unidad acondicionadora de corriente UPS con cable y conector para 110V.

En la siguiente secuencia de imágenes, se muestran en detalle los elementos utilizados para realizar el anterior montaje.

Ilustración 41. Conexión posterior en MGC Plus.



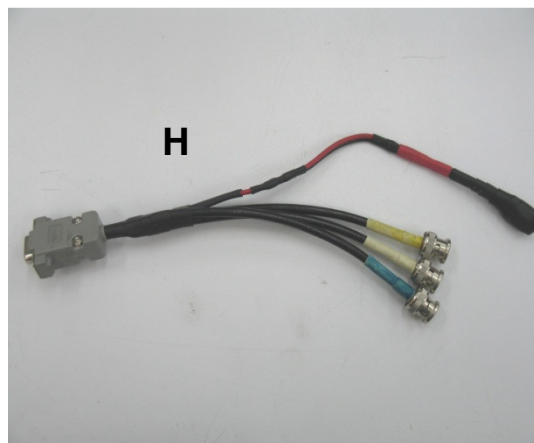
Se aprecia en la imagen:

E- Tres conectores LEMO (ejes X, Y, Z) de 4 pines, conectados a tarjeta AP801S6.

F- Conector alimentador de potencia MGC Plus.

G- Conector RJ-45 (LAN).

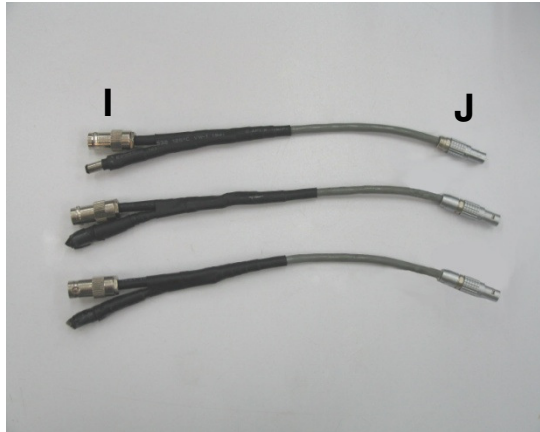
Ilustración 42. Cable DB9.



Se aprecia en la imagen:

H- Cable DB9 (hembra) con cable coaxial BNC (Para X, Y, Z) y enchufe de voltaje de excitación para corriente directa.

Ilustración 43. Conectores LEMO para transductor triaxial.

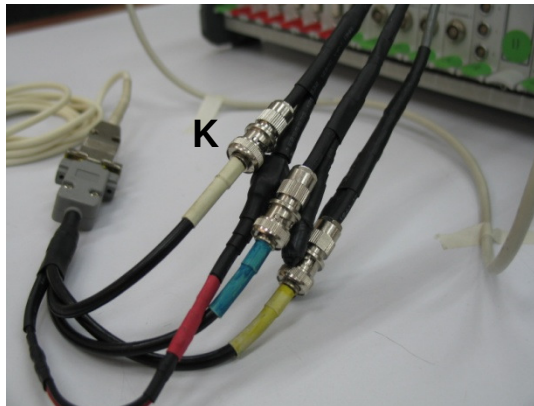


Se aprecia en la imagen:

I- Tres conectores LEMO de 4 pines.

J- Conectores BNC (hembra).

Ilustración 44. Forma de conexión, conector BNC y voltaje externo.



Se aprecia en la imagen:

K- Forma de conexión del conector BNC (coaxial) y el conector de voltaje externo (con cinta roja en la imagen).

En el montaje descrito para el sensor triaxial K-Beam, se cuenta con un cable especial de 3 puntas para cada eje de medición (X, Y, Z), los cuales deben ir

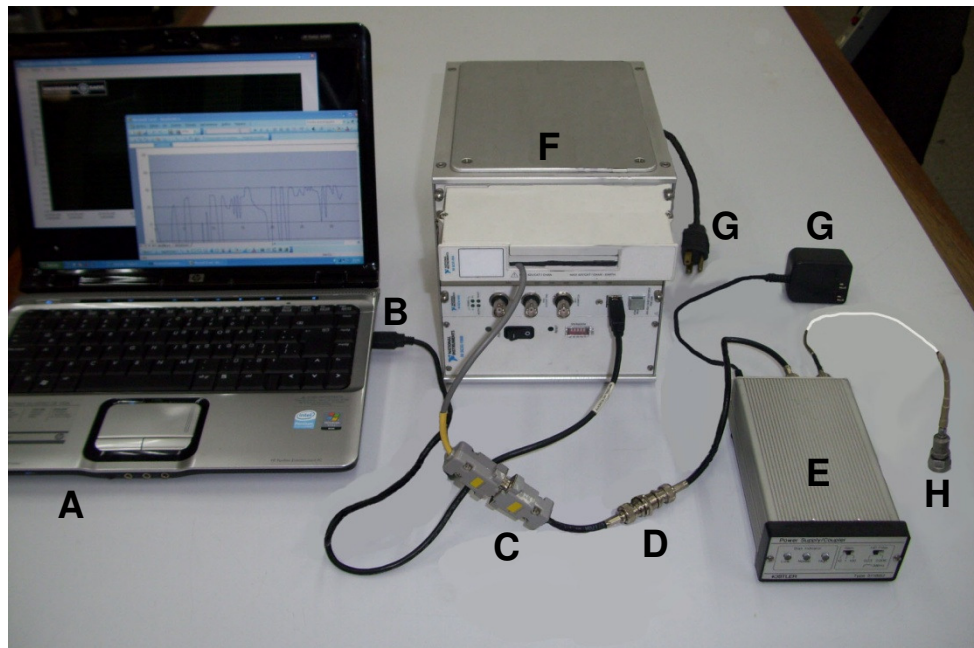
conectados por medio de los conectores tipo LEMO y coaxial (descritos en letras I y J), que a su vez ensamblan con la conexión descrita en H donde se incluye un conector para la alimentación de excitación de voltaje para el acelerómetro.

La tarjeta que debe utilizarse para la conexión con los elementos descritos anteriormente es la AP801S6 con módulo de procesamiento ML801B. El cable utilizado por el acelerómetro, conecta a un conversor de tipo DB9 mostrado en H y ensamblado en C.

Para la iniciación del software de adquisición del MGC Plus, Catman, ver el anexo 1 del presente proyecto.

4.1.2. Esquema de conexión, acelerómetro K-Shear de Kistler y DAQ NI SCXI.

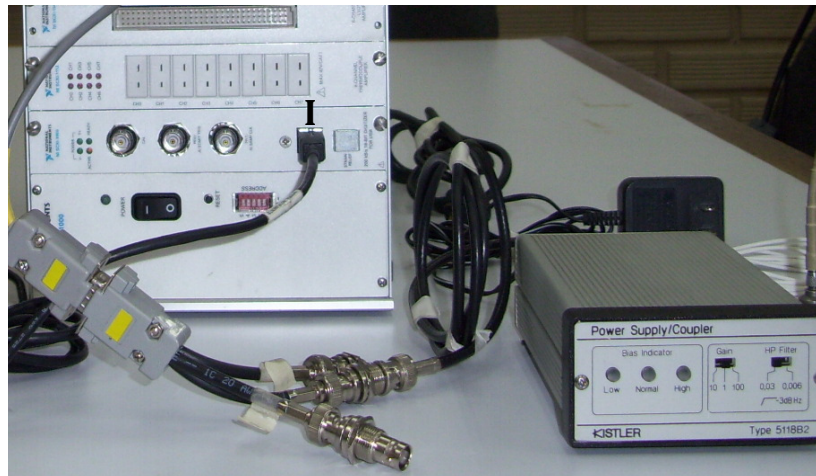
Ilustración 45. Montaje general transductor uniaxial K-Shear y SCXI.



Se aprecia en la imagen:

- A- Ordenador.
- B- Comunicación por puerto USB.
- C- Conexión por cable tipo DB9.
- D- Conector BNC (macho-hembra).
- E- Amplificador de señal Kistler 5118B2.
- F- Sistema DAQ SCXI.
- G- Conexión para corriente alterna de 110 V.
- H- Acelerómetro K-Shear.

Ilustración 46. Conexión posterior en SCXI, acelerómetro K-Shear.



Se aprecia en la imagen:

- I- Conexión USB desde el DAQ al ordenador.

Ilustración 47. Conexión posterior en amplificador 5118B2 de Kistler.



Se aprecia en la imagen:

J- Conector BNC – acelerómetro.

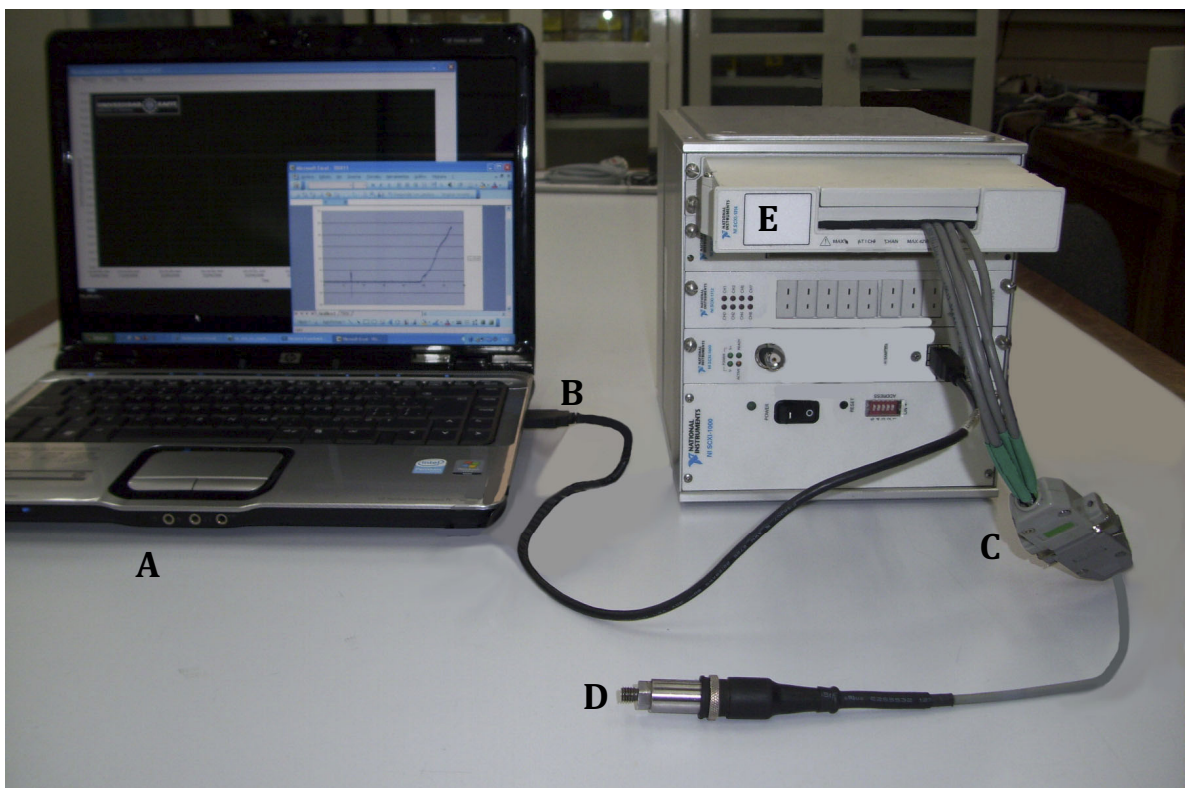
K- Conector BNC al DB9.

L- Conector de voltaje de 6 a 28 V.

El acelerómetro uniaxial K-Shear debe ser conectado a una etapa de amplificación previa, realizada por el módulo Kistler modelo 5118B2. La salida del amplificador, debe ser calibrada en la forma escalable de la señal de entrada, por medio de la ganancia requerida por el dispositivo de adquisición de la señal dada en voltaje.

4.1.3. Esquema de conexión, acelerómetro HBM B12 y DAQ NI SCXI.

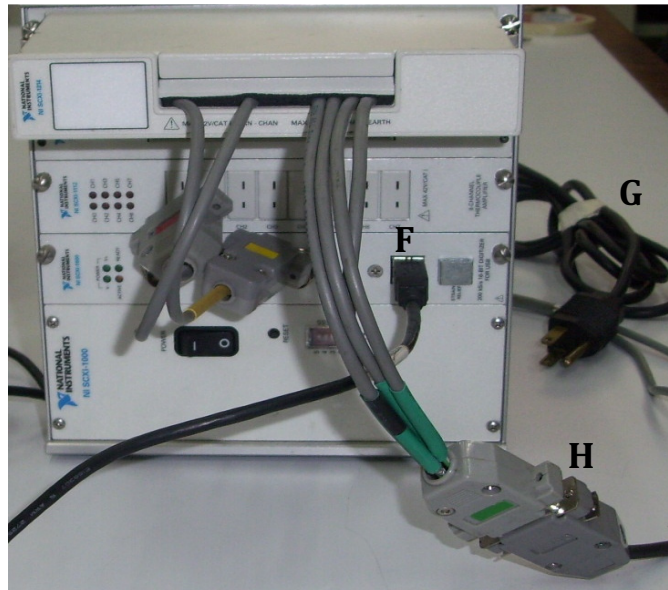
Ilustración 48. Montaje general sensor uniaxial HBM B12 y SCXI.



Montaje general. Se pueden apreciar los siguientes elementos:

- A- Ordenador.
- B- Conexión a puerto USB.
- C- Cable con conector DB15 tipo “macho”, del sensor.
- D- Acelerómetro uniaxial HBM B12.
- E- DAQ SCXI.

Ilustración 49. Conexión posterior en SCXI, acelerómetro B12 de HBM.



Se aprecia en la imagen:

- F- Conexión salida USB del DAQ SCXI.
- G- Conexión para corriente alterna de 110V.
- H- Conector DB15 (color verde, macho y hembra).

El acelerómetro se conecta por medio de un cable desde el mismo sensor hasta un conector DB15 que a su vez llega hasta el bloque terminal SCXI-1315.

4.1.3.1. Inicio de software Sigma para la toma de mediciones con DAQ NI SCXI y acelerómetro HBM B12.

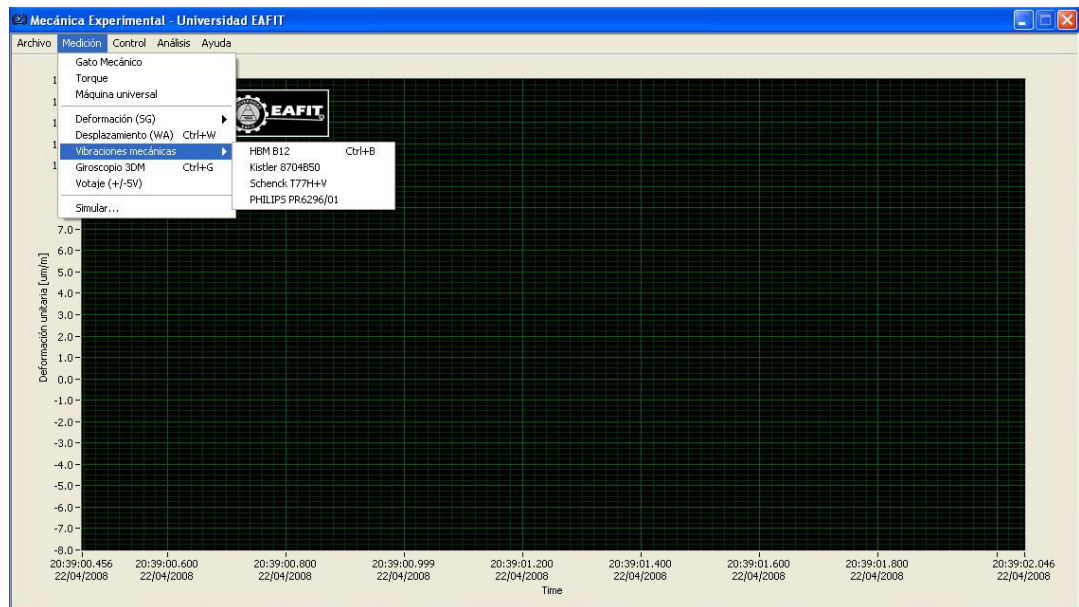
El sistema de adquisición de datos (DAQ) NI SCXI – 1000, posee dos tarjetas de procesamiento de datos:

- SCXI-1314: Para acelerómetros Kistler (Conector amarillo), Giroscopio (Conector amarillo), Galgas (Conector verde).
- SCXI-1315: Para sensores de desplazamiento (Conector rojo), Acelerómetro HBM (Conector verde).

Antes de encender el DAQ, se debe conectar todos los dispositivos necesarios para la toma de mediciones y se debe asegurar que el sistema esté conectado a un ordenador. Una vez todo esté hasta este punto, se inicializa el programa Sigma de la Universidad Eafit.

Con la interfaz sigma inicializada, ir al menú Medición y seleccionar la opción Vibraciones Mecánicas, donde se despliega un submenú para seleccionar la marca del sensor a utilizar.

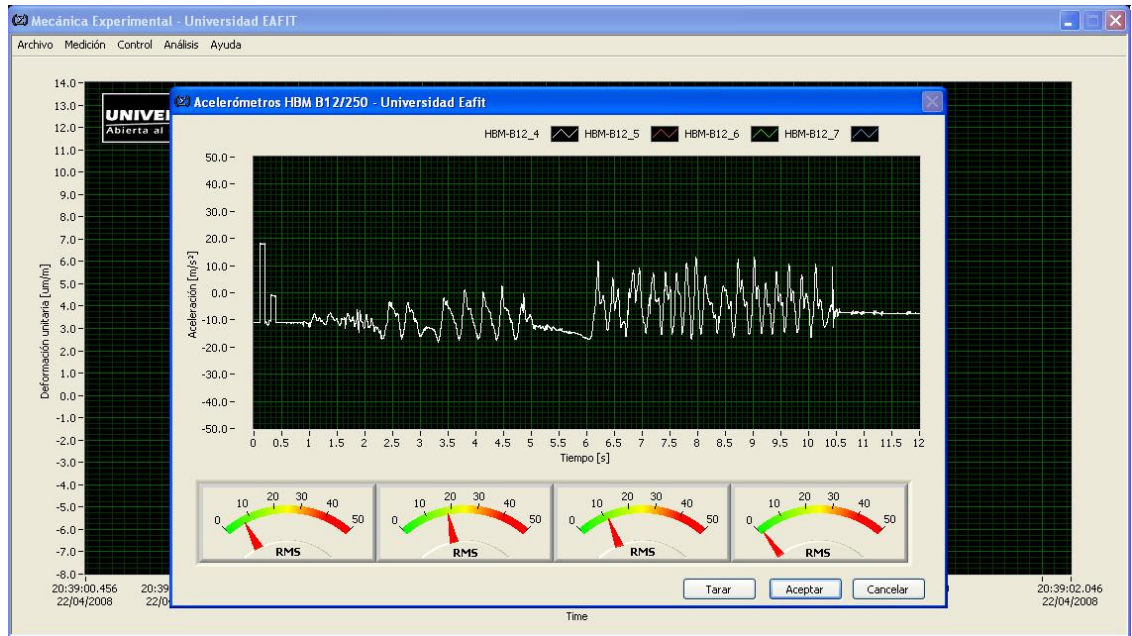
Ilustración 50. Menú inicial del software Sigma.



En el submenú, seleccionar en este caso la opción HBM B12.

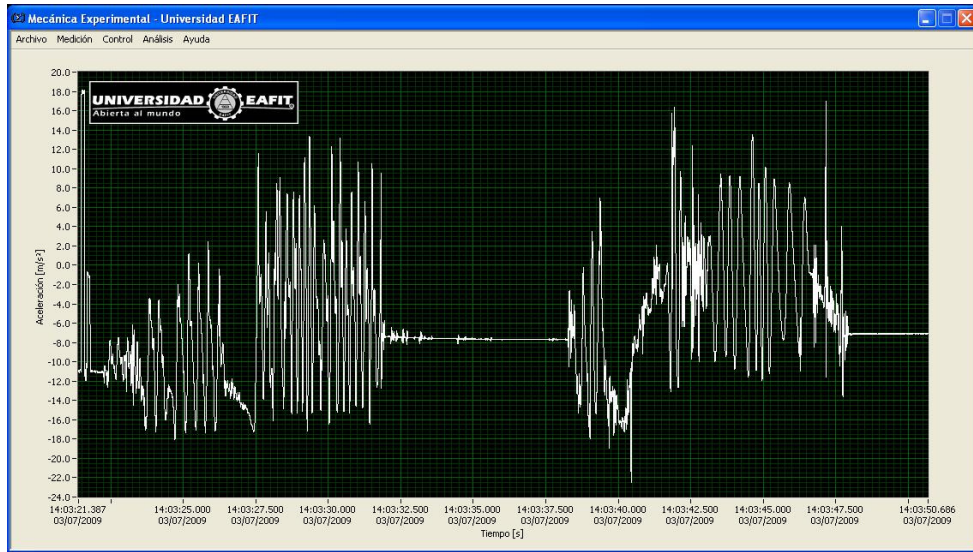
Inmediatamente se selecciona la marca del sensor, comienza la adquisición de datos. Una vez se culmina la adquisición, se da clic en aceptar y el gráfico de la representación de los valores medidos, pasa de la ventana de captura a la interfaz principal de Sigma. Si se desea guardar los datos, se da clic en el menú Archivo y se selecciona Guardar como...

Ilustración 51. Ventana de medición para acelerómetros.



Ventana en la que se adquieren los datos en tiempo real.

Ilustración 52. Interfaz del software Sigma con gráfica de datos.



Gráfica de datos antes de ser guardados.

En el puerto para acelerómetros del SCXI, pueden conectarse 4 sensores simultáneamente.

Este procedimiento es el mismo al momento de conectar y tomar datos con el acelerómetro K-Shear de Kistler.

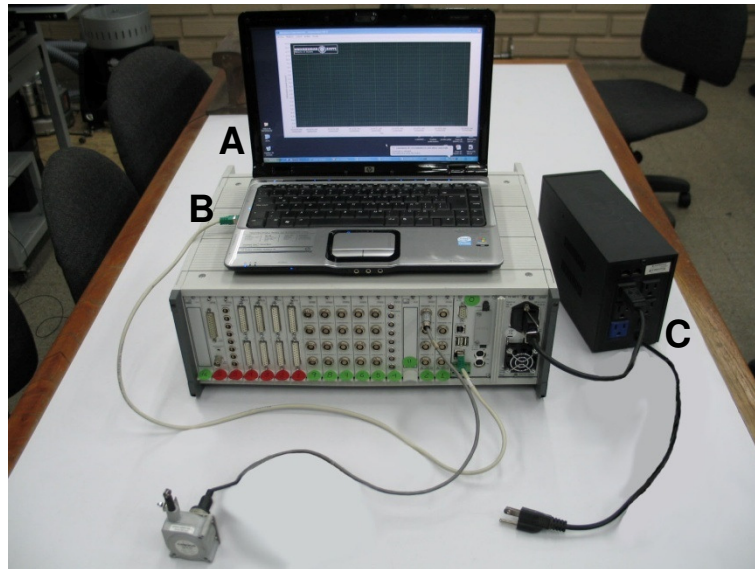
4.2. TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO

El montaje de los transductores de desplazamiento fue realizado en el laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad EAFIT.

4.2.1. Esquema de conexión, transductor de desplazamiento SP2 Celesco y DAQ MGC Plus.

En la siguiente página se ilustra el montaje general.

Ilustración 53. Montaje general transductor de desplazamiento SP2 de Celesco, A.



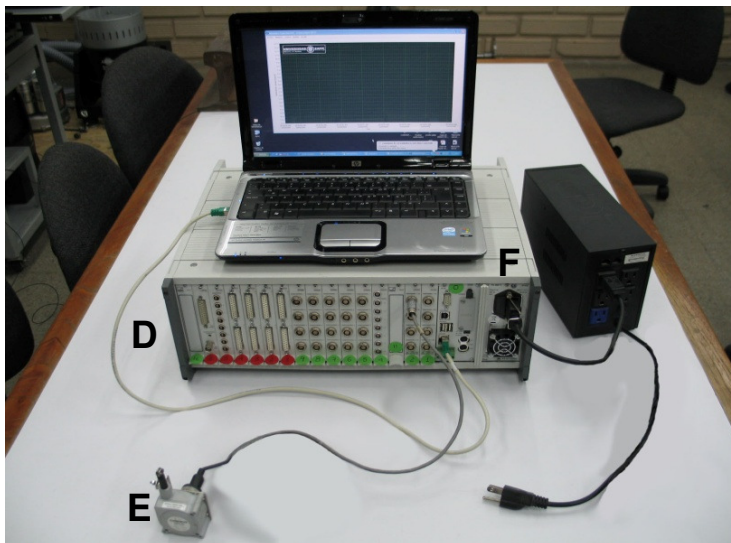
Se aprecia en la imagen:

A- Ordenador.

B- Puerto de conexión para terminal RJ45.

C- Unidad acondicionadora de corriente UPS.

Ilustración 54. Montaje general transductor de desplazamiento SP2 de Celesco, B.



Se aprecia en la imagen:

D- MGC Plus CP42-BL05.

E- Sensor de desplazamiento Celesco.

F- Conector para voltaje (110V) del MGC Plus.

La conexión del transductor de desplazamiento Celesco, se hace directamente a la tarjeta AP402i con módulo de procesamiento ML801B, por medio de un conector tipo LEMO de 6 pines. El dispositivo se comunica con el PC por medio de un cable RJ45. Es recomendable conectar una unidad UPS al DAQ con la finalidad de ofrecer protección al sistema de adquisición como al sensor mismo.

Ilustración 55. Conexión posterior del transductor SP2 en MGC Plus.



Se aprecia en la imagen:

G- Tarjeta AP402i.

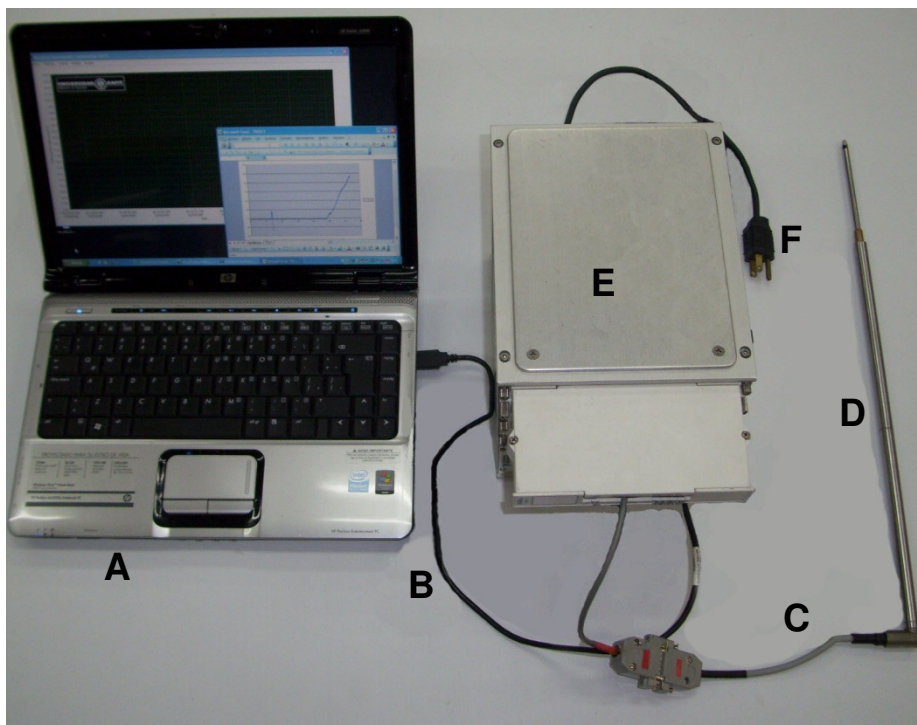
H- Conector LEMO de 6 pines.

I- Conector RJ45 (LAN).

4.2.1.1. Para el inicio del software y medición con el DAQ MGC Plus, ver Anexo.

4.2.2. Esquema de conexión, transductor desplazamiento WA100 de HBM y DAQ NI SCXI.

Ilustración 56. Montaje general transductor WA100.



Montaje general. Los elementos que se aprecian en la imagen son:

A- Ordenador.

B- Conexión a puerto USB.

C- Cable con conector DB15 tipo macho, del sensor.

D- Sensor de desplazamiento.

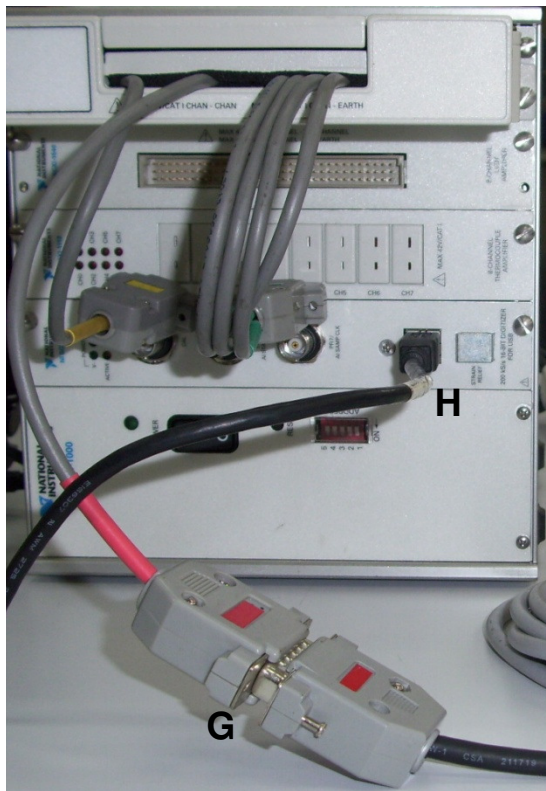
E- Sistema NI SCXI.

F- Conexión de 110V CA.

La siguiente imagen muestra las conexiones en el lado posterior del DAQ SCXI-1000.

Este sensor se conecta únicamente por medio de un cable que va desde el dispositivo a un conector DB15 y éste, al bloque conector del SCXI.

Ilustración 57. Conexión posterior del transductor WA100 en SCXI.



Se aprecia en la imagen:

G- Conector BD15 (Color rojo para este tipo de sensores).

H- Conexión estándar USB.

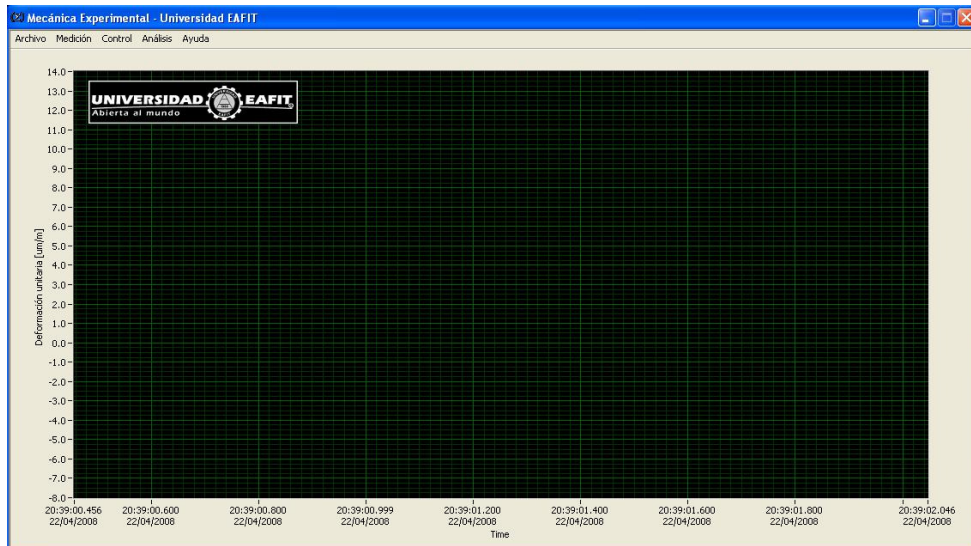
4.2.2.1. Inicio del software Sigma para la toma de mediciones con DAQ NI SCXI y sensor de desplazamiento WA100.

El sistema de adquisición de datos (DAQ) NI SCXI – 1000, posee dos tarjetas de procesamiento de datos:

- SCXI-1314: Para acelerómetros Kistler (Conector amarillo), Giroscopio (Conector amarillo), Galgas (Conector verde).
- SCXI-1315: Para sensores de desplazamiento (Conector rojo), Acelerómetro HBM (Conector verde).

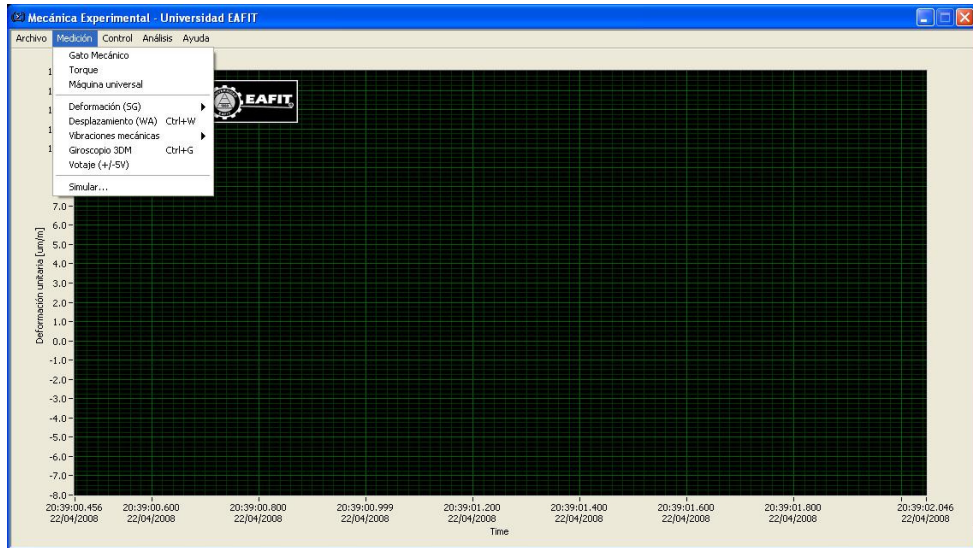
Antes de encender el DAQ, se debe conectar todos los dispositivos necesarios para la toma de mediciones y se debe asegurar que el sistema esté conectado a un ordenador. Una vez todo esté hasta este punto, se inicializa el programa Sigma de la Universidad Eafit.

Ilustración 58. Inicialización del software Sigma.



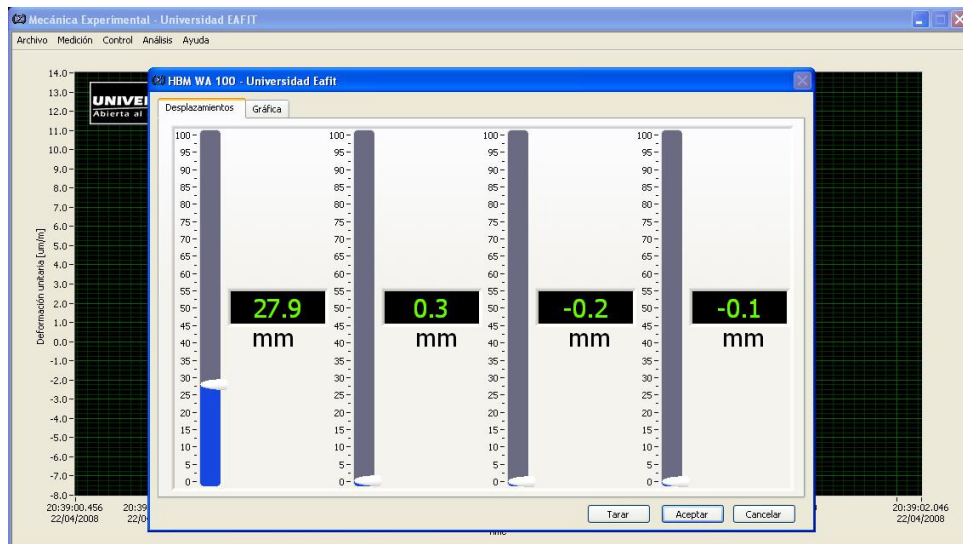
La anterior imagen, muestra la ventana inicial una vez se ha inicializado el software sigma.

Ilustración 59. Menú medición del software Sigma.



Una vez abierta la ventana principal de Siga, ir al menú medición y seleccionar la opción Desplazamiento (WA). Inmediatamente el sensor empieza a adquirir los datos y el software a procesarlos.

Ilustración 60. Ventana de adquisición de datos de transductores de desplazamiento.



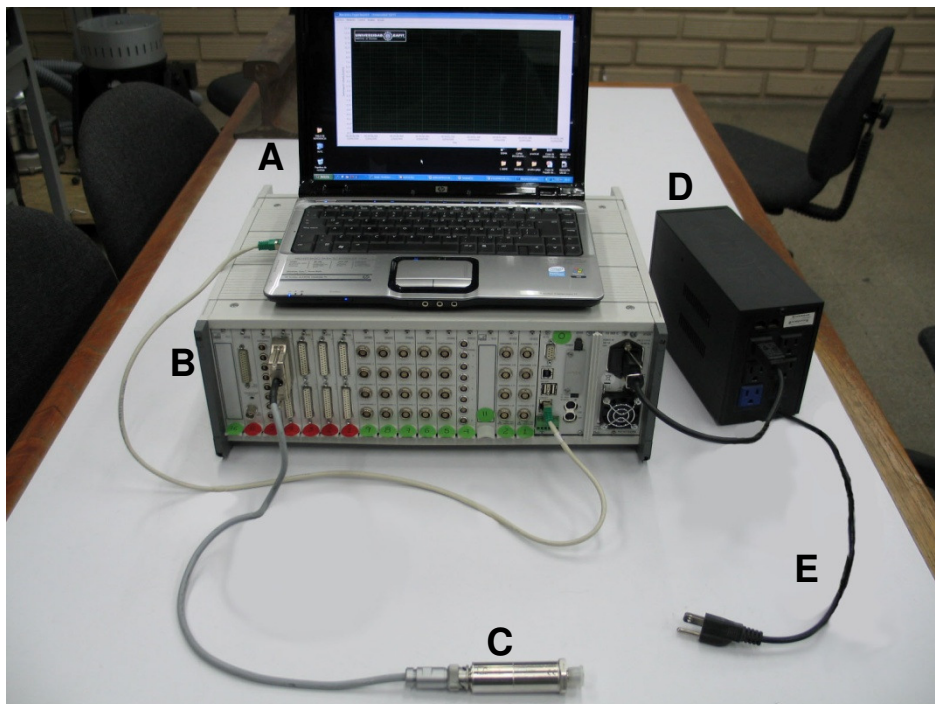
Una vez se culmine con la adquisición de datos, puede seleccionarse desde el menú archivo, la opción de guardar la información.

4.3. TRANSDUCTORES DE PRESIÓN

A continuación, se ilustra cómo deben ser los montajes con los diferentes transductores de presión, descritos en capítulos anteriores. Algunos de estos, necesitan de dispositivos amplificadores de señal ya que por su diseño compacto el elemento sensor, arroja valores demasiado pequeños a la cantidad mecánica sensada y es necesario igualar los valores para obtener una buena lectura.

4.3.1. Esquema de conexión, transductor de presión P3 de HBM y DAQ MGC Plus.

Ilustración 61. Montaje general transductor P3 y MGC Plus.

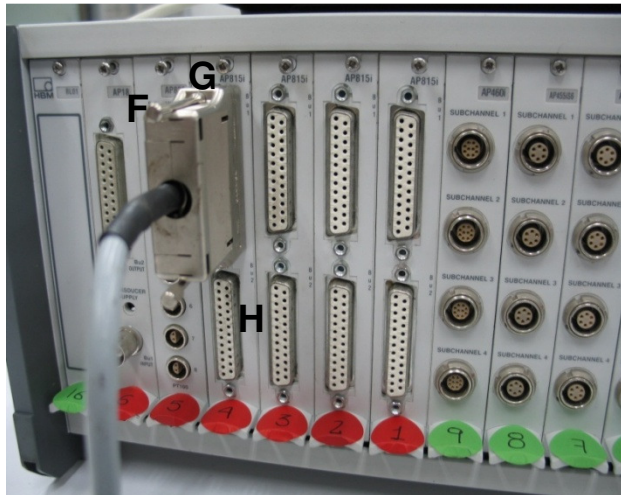


Se aprecia en la imagen:

- A- Ordenador.
- B- MGC Plus CP42 BL05.
- C- Sensor de presión P3 de HBM.
- D- Unidad acondicionadora de corriente UPS.
- E- Cable de potencia para 110 V.

El transductor de presión P3 de HBM debe conectarse a la tarjeta AP815i con módulo de procesamiento ML801B de MGC Plus ubicada en la parte posterior del equipo. Su conector es de tipo DB25 y la transmisión de los datos hacia el ordenador se hace por medio de un cable RJ45.

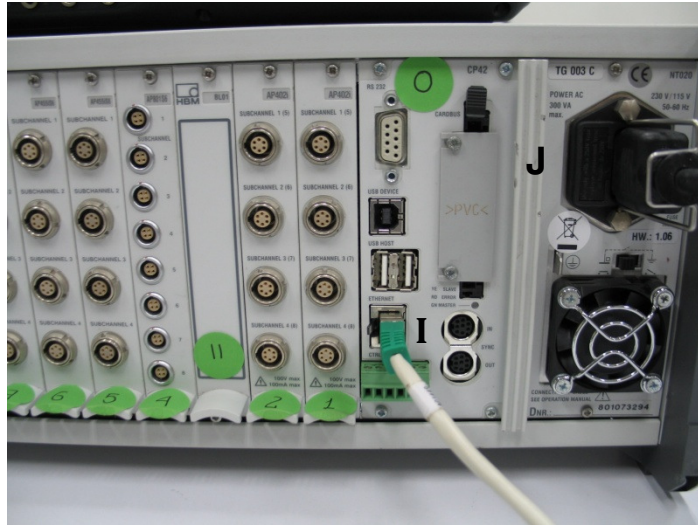
Ilustración 62. Conexión transductor P3 parte posterior.



Se aprecia en la imagen:

- F- Conector DB25.
- G- Tarjeta AP 815i – ML801B.
- H- Puertos/ slot de 25 pines (hembra).

Ilustración 63. Conexión posterior transductor de presión P3 en MGC Plus.



Se aprecia en la imagen:

I- Conector RJ45 (LAN).

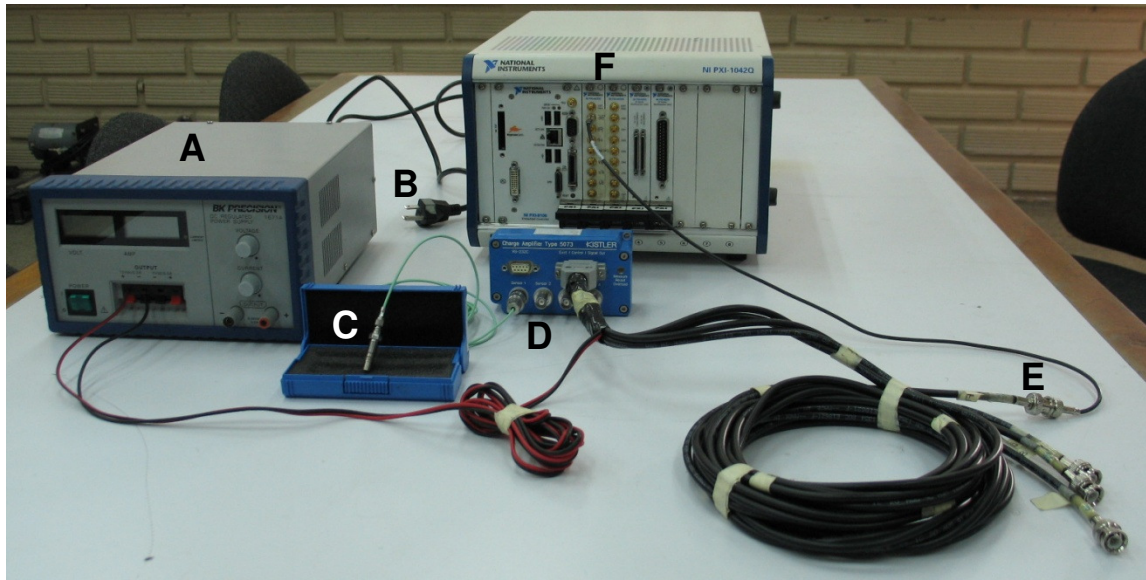
J- Cable de potencia para 110 V.

Es recomendable conectar una unidad UPS para proteger el sistema de adquisición, así como el transductor, de posibles sobrecargas en la tensión de alimentación.

4.3.1.1. Para el inicio del software y medición con el DAQ MGC Plus, ver Anexo.

4.3.2. Esquema de conexión, transductor de presión 601A de Kistler.

Ilustración 64. Montaje general transductor 601A de Kistler.



Montaje general. Los elementos que se aprecian en la imagen son:

A- Unidad alimentadora de voltaje. Provee un voltaje de 24V al transductor.

B- Conexión de 110V para el DAQ PXI.

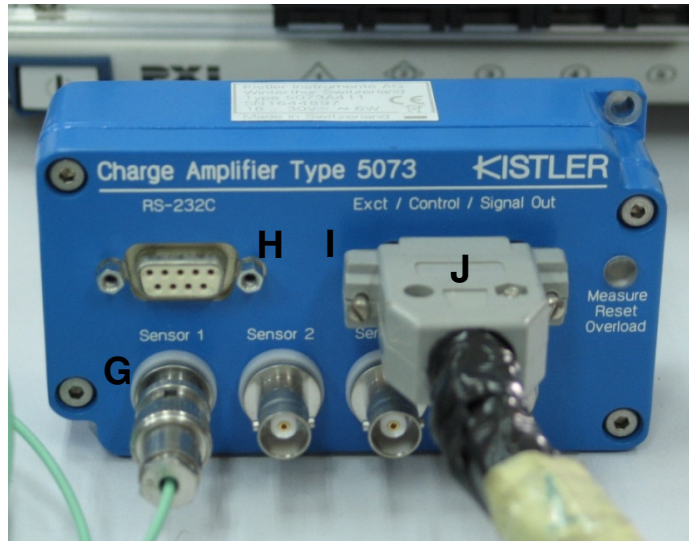
C- Transductor de presión 601A con extensión o niple para montajes.

D- Amplificador de voltaje ICAM de Kistler.

E- Cable coaxial con conexión DB15 conectado al ICAM y conexión BNC al otro extremo, que va conectado a otro cable de la misma conexión que va hacia el PXI.

F- Sistema de adquisición de datos PXI.

Ilustración 65. Detalle conexión en ICAM de Kistler.



Se aprecia en la imagen:

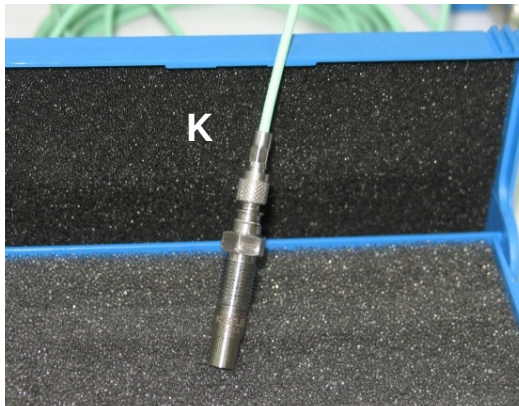
G- Conexión coaxial tipo BNC que va del sensor al ICAM.

H- Entrada RS-232 para configurar el ICAM desde un ordenador. Acción previa a la medición.

I- Salida con conexión tipo DB15 hacia el sistema PXI.

J- Cable transmisor de datos. El extremo principal es de conexión tipo DB15 y los otros extremos son conexiones coaxiales de tipo BNC (para los sensores) y líneas de excitación de voltaje al sensor que se conectan a una fuente.

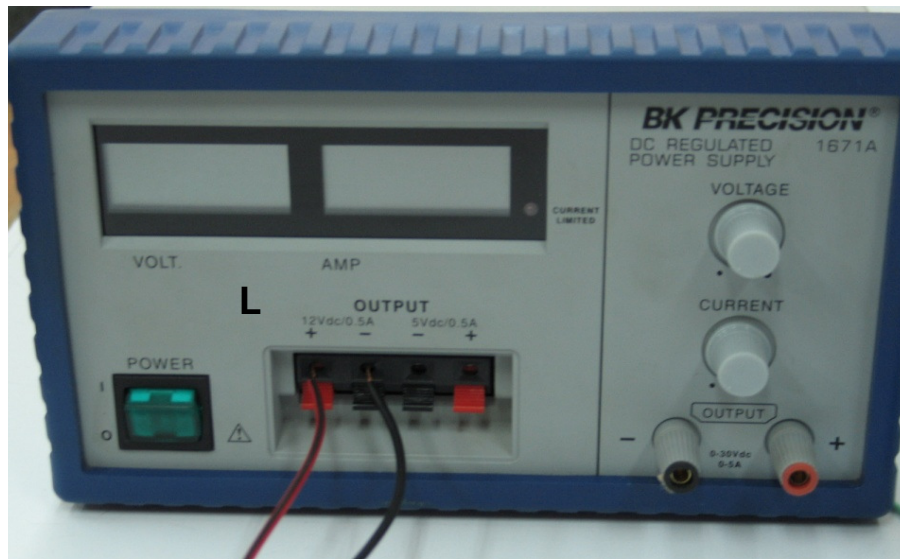
Ilustración 66. Detalle del transductor de presión 601A de Kistler.



Se aprecia en la imagen:

K- Cable del transductor que va a la entrada BNC del ICAM.

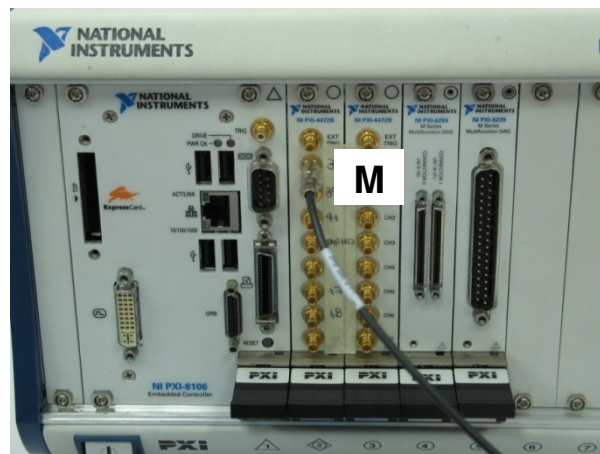
Ilustración 67. Detalle de la fuente de voltaje BK Precision.



Se aprecia en la imagen:

L- Salida de voltaje de fuente de 24V DC para alimentación del ICAM y del sensor.

Ilustración 68. Detalle de la conexión del transductor 601A en PXI.



Se aprecia en la imagen:

M- Conexión desde el ICAM por medio de cable coaxial.

4.3.2.1. Configuraciones iniciales para la medición con el anterior montaje.

En el montaje anterior puede notarse que no está presente ningún ordenador. Esto es debido a que el sistema PXI tiene una unidad de procesamiento y sistema operativo que permita la interacción con el usuario con sólo conectarse un monitor a él.

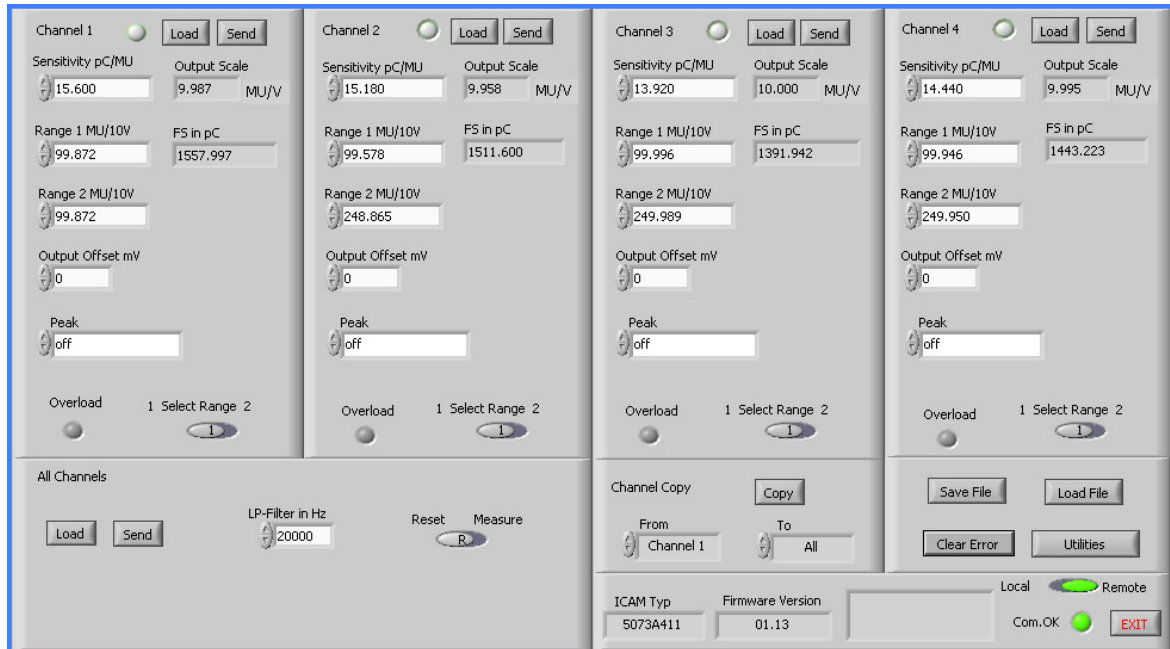
Esto además permite el almacenamiento de los datos y posterior análisis para mayor facilidad en el campo de trabajo. El DAQ PXI funciona bajo un entorno LabView 8.5 por medio del cual se programan las mediciones y necesidades requeridas para tal actividad.

No debe olvidarse que el voltaje de alimentación para el ICAM es de 24V DC. En este caso se utiliza una fuente BK PRECISION y se regula a este valor.

La siguiente figura presenta la configuración del ICAM. El valor de *Sensitivity* [pC/MU] es tomado de las cartas de calibración de cada sensor; el valor en *Output Scale* [MU/V], es el valor de sensibilidad ingresado a las herramientas desarrolladas en LabView y es calculado directamente por el software *Control ICAM 5073*; este software permite configurar dos rangos de medida ingresados por el usuario, para los cuales el software calcula el *Full Scale* FS[pC].

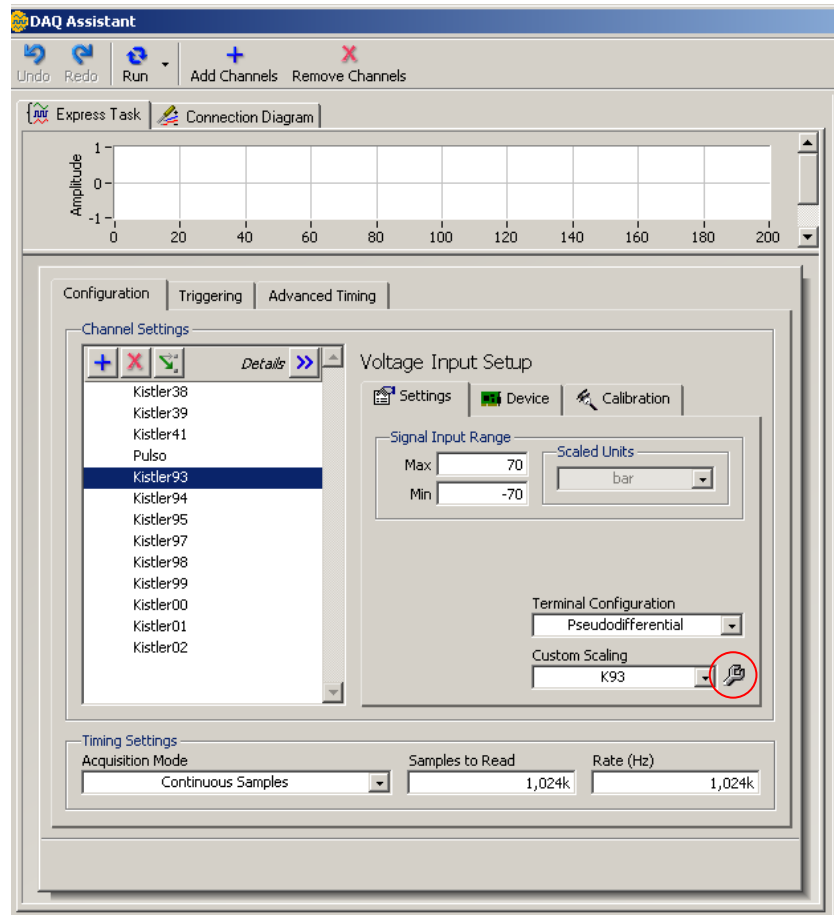
Para configurar el ICAM, éste debe conectarse a un ordenador, por medio de la conexión de entrada RS 232 ya descrita en el montaje anterior.

Ilustración 69. Ventana de configuración, software Control ICAM 5073.



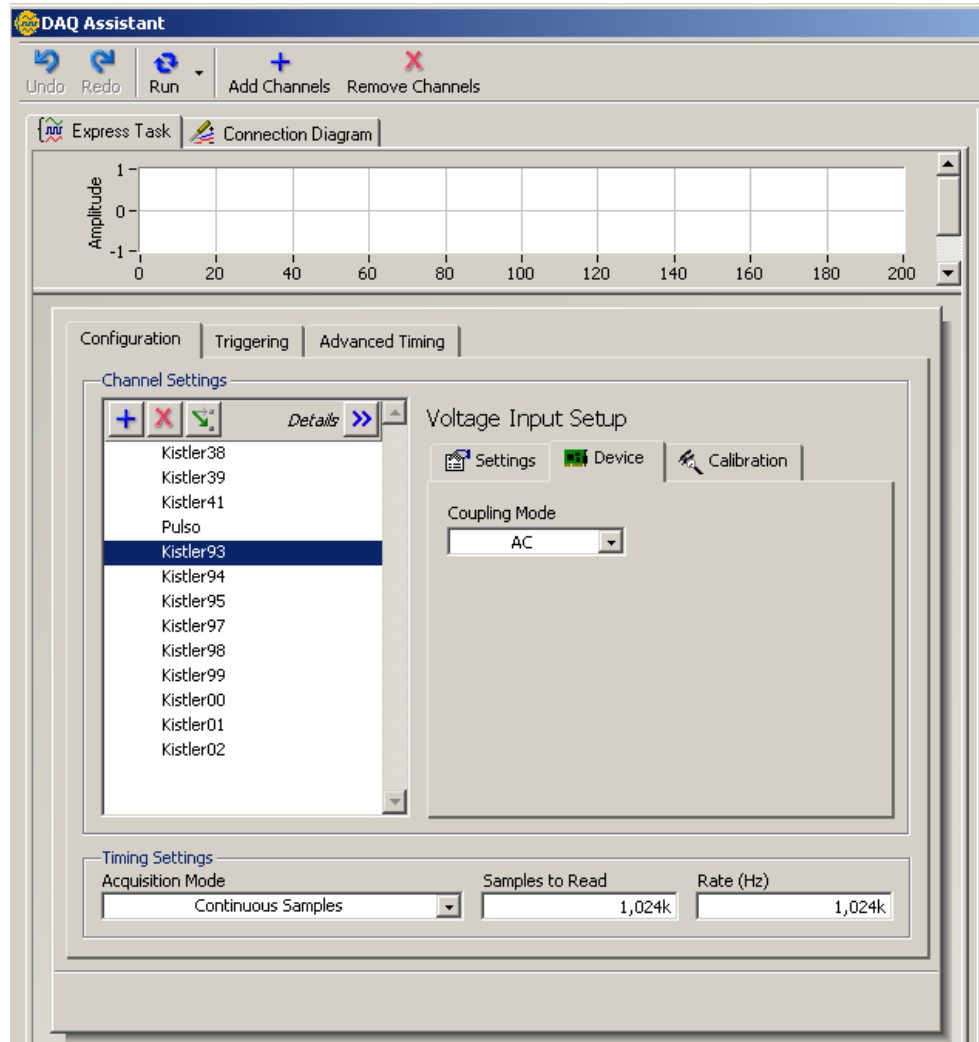
Una vez hecho esto, puede conectarse el ICAM directamente al PXI junto con el sensor para realizar la configuración del transductor en LabView.

Ilustración 70. Ventana de configuración de transductores de presión (Settings).



Conservar estos valores como se muestra en la gráfica.

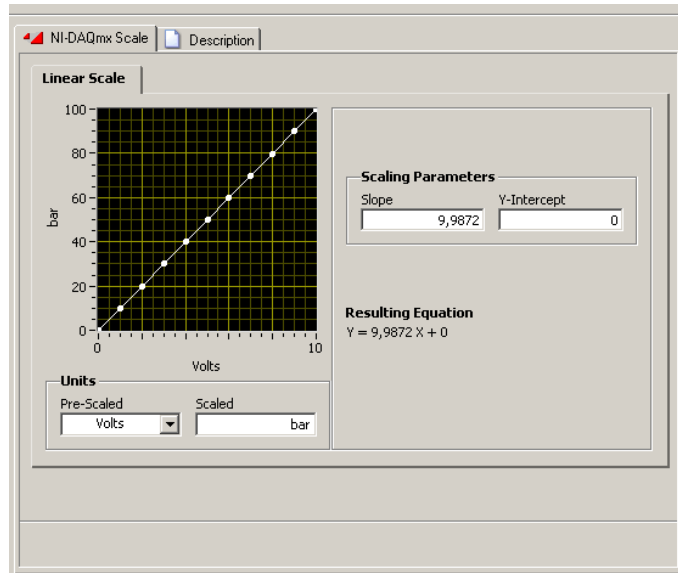
Ilustración 71. Ventana de configuración de transductores de presión (Device).



Conservar estos valores como se muestra en la gráfica.

Nótese que en la figura 66 hay un círculo rojo encerrando una llave. Una vez concluida esta configuración, se da clic en el ícono de la llave y aparecerá otra ventana en la cual se debe ingresar un valor obtenido desde la configuración del ICAM.

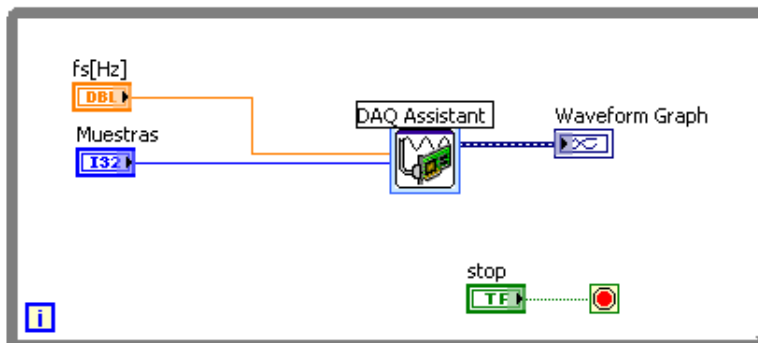
Ilustración 72. Parámetros de escala del transductor de presión.



Nótese que el valor de Slope, es el mismo valor que calcula el ICAM en escala de salida. Este valor debe de ingresarse en este punto para poder continuar.

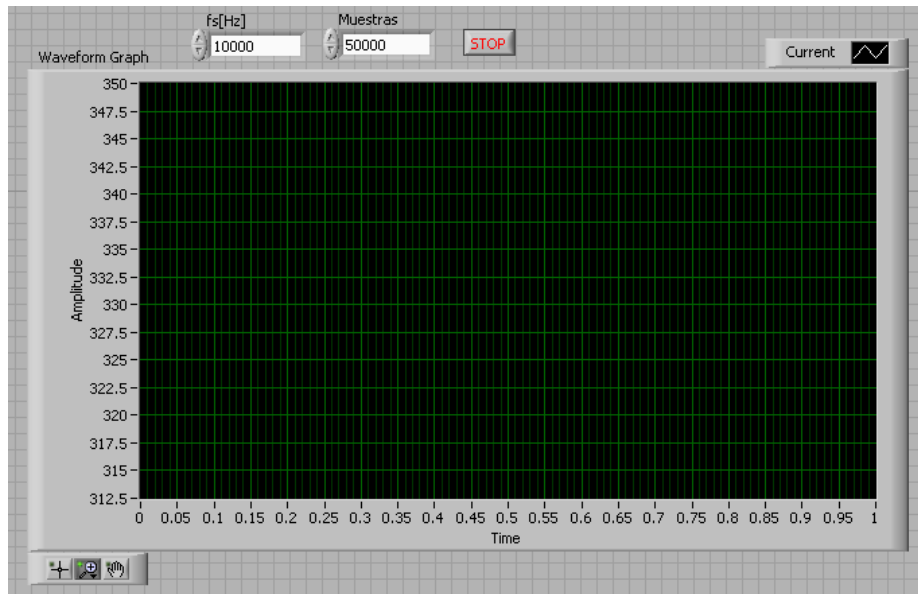
Una vez realizado el paso anterior, solo falta realizar un diagrama de bloques para controlar la medición. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de diagrama de bloques para la medición de presión con un sensor Kistler.

Ilustración 73. Diagrama de bloques en software LabView para mediciones.



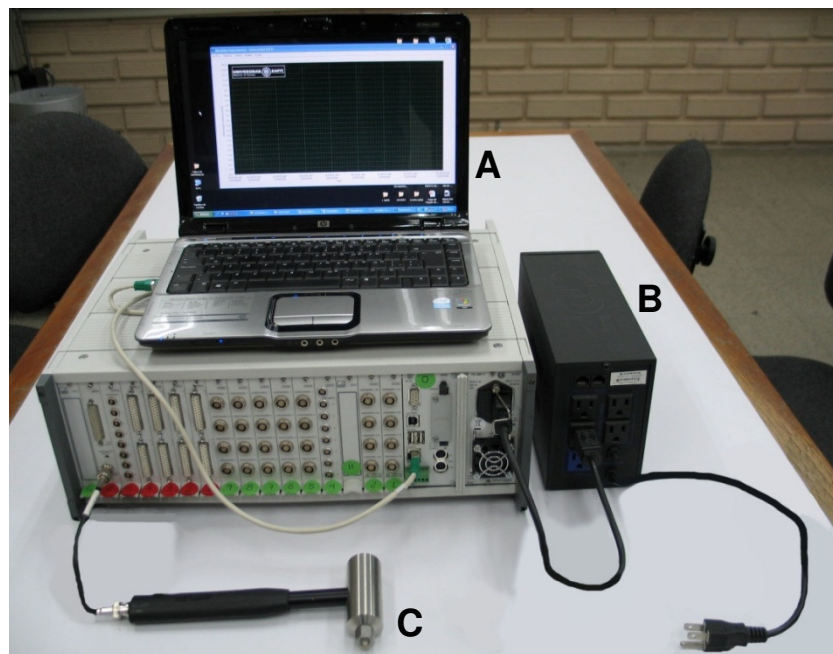
Los datos a ingresar serían la cantidad de muestras y la frecuencia de muestreo del sensor.

Ilustración 74. Ventana de gráfico de muestreo en LabView.



4.3.3. Esquema de conexión, martillo de impacto Kistler con DAQ MGC Plus.

Ilustración 75. Montaje general martillo de impacto Kistler y MGC Plus.



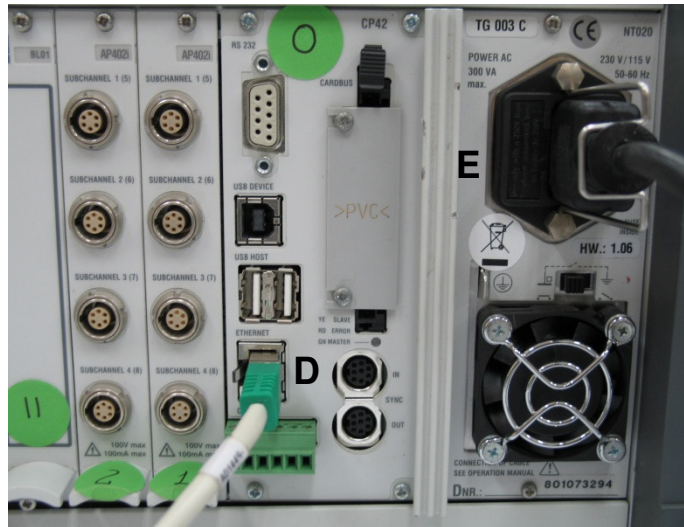
Se aprecia en la imagen:

A- Ordenador.

B- Unidad acondicionadora de corriente UPS.

C- Martillo de impacto.

Ilustración 76. Conexión posterior martillo de impacto Kistler en MGC Plus, A.



Se aprecia en la imagen:

D- Cable con conector RJ 45 que va desde el MGC Plus hasta el ordenador.

E- Conexión para alimentación de 110V.

Ilustración 77. Conexión posterior martillo de impacto Kistler en MGC Plus, B.



Se aprecia en la imagen:

F- Cable coaxial con conector BNC.

El martillo de impacto se conecta al sistema MGC Plus por medio de la tarjeta AP18, indicada para medir señales dinámicas de impacto.

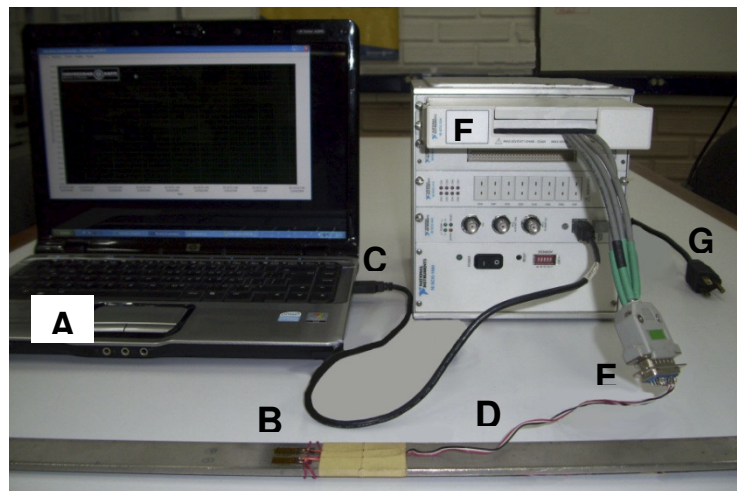
4.3.3.1. Para el inicio del software y medición con el DAQ MGC Plus, ver Anexo.

4.4. TRANSDUCTORES DE DEFORMACIÓN

La deformación es una variable muy comúnmente medida en los campos de ingeniería. Existen unos transductores llamados galgas extensométricas o galgas de deformación que son utilizadas para tales propósitos de las cuales ya se ha hablado en capítulos anteriores.

4.4.1. Esquema de conexión, strain gage HBM y DAQ NI SCXI-1000.

Ilustración 78. Montaje general strain gage sobre barra plana.



Montaje general. Los elementos que se aprecian son:

- A- Ordenador.
- B- Strain Gage HBM.
- C- Conexión a puerto USB.
- D- Cable de 3 líneas para galga.
- E- Conexión por terminal DB15.
- F- Sistema SCXI con tarjeta para procesamiento de deformaciones SCXI-1314.
- G- Conexión para corriente alterna de 110V.

La galga HBM de deformación, se conecta por medio de un cable de 3 hilos, los cuales van hasta un conector DB15 y éste al conector del sistema SCXI.

Ilustración 79. Conexión posterior de strain gages en DAQ SCXI.



Se aprecia en la imagen:

- H- Conexión estándar USB que comunica el sistema DAQ con el ordenador.

4.4.1.1. Inicio del software Sigma para la toma de mediciones con DAQ NI SCXI y galgas extensométricas.

El sistema de adquisición de datos (DAQ) NI SCXI – 1000, posee dos tarjetas de procesamiento de datos:

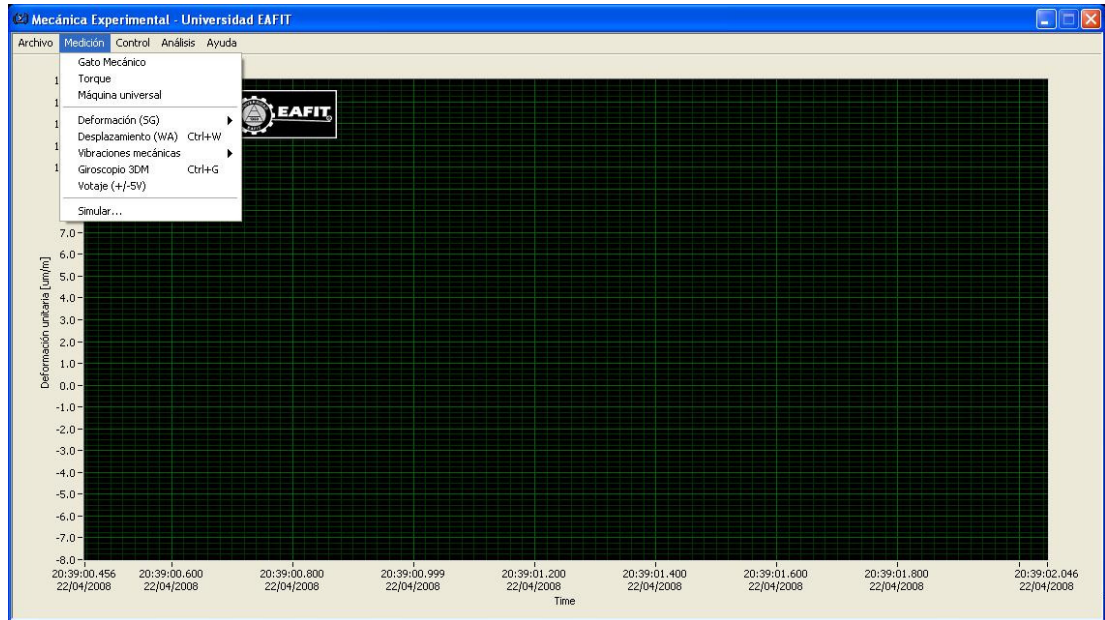
- SCXI-1314: Para acelerómetros Kistler (Conector amarillo), Giroscopio (Conector amarillo), Galgas (Conector verde).
- SCXI-1315: Para sensores de desplazamiento (Conector rojo), Acelerómetro HBM (Conector verde).

Antes de encender el DAQ, se debe conectar todos los dispositivos necesarios para la toma de mediciones y se debe asegurar que el sistema esté conectado a un ordenador. Una vez todo esté hasta este punto, se inicializa el programa Sigma de la Universidad Eafit.

Con la interfaz sigma inicializada, ir al menú Medición y seleccionar la opción Deformación (SG), donde se despliega un submenú en donde debe especificarse si se trata de un arreglo de puente completo o sólo de un cuarto de puente y el valor de la impedancia para ambos casos. Estos valores son 120 Ω y 350 Ω .

En la siguiente página se muestra la pantalla con menú de opciones del software Sigma de la Universidad EAFIT.

Ilustración 80. Opción Deformación en menú Medición del software Sigma.



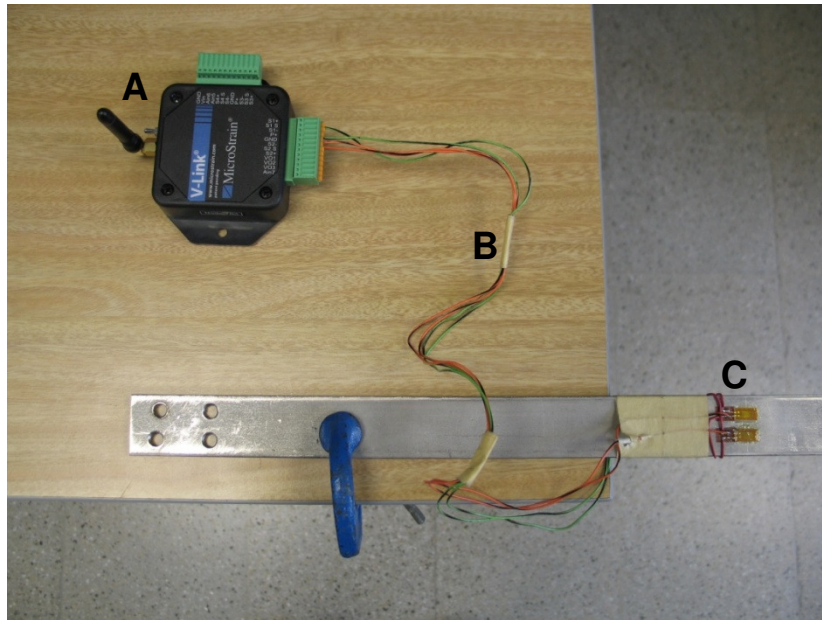
Para cualquier opción de arreglo de puente que se escoja existen dos opciones de impedancia: 120 Ω ó 350 Ω .

Una vez se culmine la adquisición de datos, puede guardarse la información en el menú Archivo/Guardar como...

4.4.2. Esquema de conexión, strain gage HBM y sistemas inalámbricos Agile – Link.

Los sistemas Agile – Link son sistemas inalámbricos compuestos por los dispositivos SG – Link y V – Link, que actualmente tiene en existencia el laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad Eafit. Estos son sistemas inalámbricos y dado que se comportan como nodos, pueden recibir señales de varios tipos de sensores; en este caso se muestra un montaje con galgas de deformación y más adelante se indica la configuración de los mismos antes de iniciar mediciones.

Ilustración 81. Montaje general de puente de galgas con V-Link.



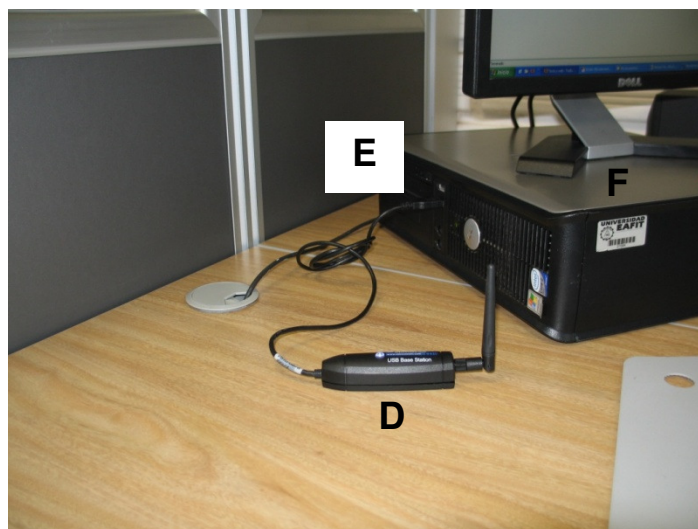
Montaje general. Los elementos que se aprecian son:

A- Nodo procesador de señal V-Link.

B- Cable de 4 hilos que va desde las galgas al nodo.

C- Ordenamiento de puente de galgas de deformación HBM.

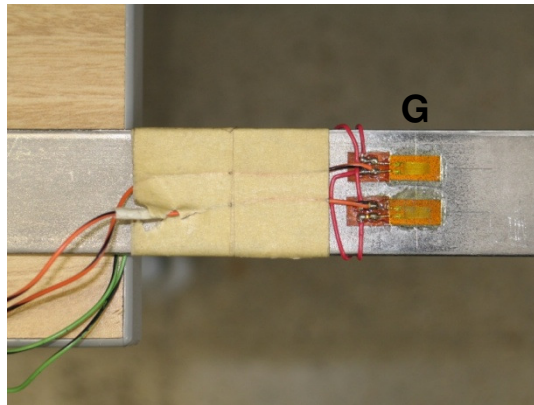
Ilustración 82. Receptor de señal V-Link.



Se aprecia en la imagen:

- D- Dispositivo receptor de señal V-link (estación base).
- E- Conexión a puerto USB.
- F – Ordenador.

Ilustración 83. Arreglo de galgas HBM.



Se aprecia en la imagen:

G- Arreglo de galgas en elemento de análisis.

4.4.2.1. Preparativos antes de la medición.

Dado que los dispositivos SG-Link y V-Link son nodos de donde se conectan otros sensores para hacer lecturas a distancia donde no es factible la instalación de un punto de procesamiento, debido a esto es que se selecciona por su característica de poseer transmisión de datos de forma inalámbrica; antes de su puesta en funcionamiento es necesario conocer algunas características de su hardware.

Comparando los pines disponibles en cada tipo de nodo, se tiene que la diferencia entre los dos dispositivos, el V-Link y el SG-Link, es el número de canales que puede recibir cada uno, pero la configuración de los pines de datos donde se conectan, son los mismos.

- Nodo SG-Link.

Este nodo posee 8 pines, con capacidad de una entrada diferencial y una entrada simple, la distribución de los pines, es la siguiente:

Tabla 24. Distribución de pines SG-Link de MicroStrain.

PIN	Nombre	Descripción
1	Vxc	Voltaje de excitación del sensor 3.0 V
2	S+	Entrada positiva al amplificador diferencial
3	S-	Entrada negativa al amplificador diferencial
4	GND	Tierra (Común con el pin 7)
5	Sense	Entrada para conexión de galgas en ¼ de puente. Dejar libre en configuración de ½ puente o puente completo
6	Ain	Entrada de voltaje análogo de 0 a 3.0 V
7	GND	Tierra (común con el pin 4)
8	Vinput	Entrada de voltaje para alimentación externa (3.1 a 12 VDC)

- Nodo V-Link.

El nodo V-Link está en capacidad de recibir 4 entradas diferenciales para galgas extensométricas y 3 entradas simples para diferentes sensores, la distribución de puertos es la siguiente:

Tabla 25. Distribución de puertos V-Link de MicroStrain.

PIN	Nombre	Dirección	Descripción
1	Gorund	N/A	Tierra
2	Vin	Entrada	Entrada opcional de voltaje
3	Ain6	Entrada	Entrada de voltaje análogo de 0 a 3.0V Canal 6
4	Ain5	Entrada	Entrada de voltaje análogo de 0 a 3.0V Canal 5
5	Sensor4+	Entrada	Entrada positiva al amplificador diferencial Canal 4
6	Sensor4Sens	Entrada	Entrada para conexión de galgas en cuarto de puente en el canal 4. Dejar libre en configuración de medio puente o puente completo
7	Sensor4-	Entrada	Entrada negativa al amplificador diferencial Canal 4
8	Ground	N/A	Tierra
9	Sensor Power Out	Salida	Voltaje de Excitación del sensor 3.0V
10	Sensor3-	Entrada	Entrada negativa al amplificador diferencial Canal 3

PIN	Nombre	Dirección	Descripción
11	Sensor3Sens	Entrada	Entrada para conexión de galgas en cuarto de puente en el canal 3. Dejar libre en configuración de medio puente o puente completo
12	Sensor3+	Entrada	Entrada positiva al amplificador diferencial Canal 3
13	Sensor1+	Entrada	Entrada positiva al amplificador diferencial Canal 1
14	Sensor1Sens	Entrada	Entrada para conexión de galgas en cuarto de puente en el canal 1. Dejar libre en configuración de medio puente o puente completo
15	Sensor1-	Entrada	Entrada negativa al amplificador diferencial Canal 1
16	Sensor Power Out	Salida	Voltaje de Excitación del sensor 3.0V
17	Ground	N/A	Tierra
18	Sensor2-	Entrada	Entrada negativa al amplificador diferencial Canal 2
19	Sensor2Sens	Entrada	Entrada para conexión de galgas en cuarto de puente en el canal 2. Dejar libre en configuración de medio puente o puente completo
20	Sensor2+	Entrada	Entrada positiva al amplificador diferencial Canal 2
21	Vout1	Salida	No se usa
22	Vout2	Salida	No se usa
23	Vout3	Salida	No se usa
24	Ain7	Entrada	Entrada de voltaje análogo de 0 - 3.0V Canal 7

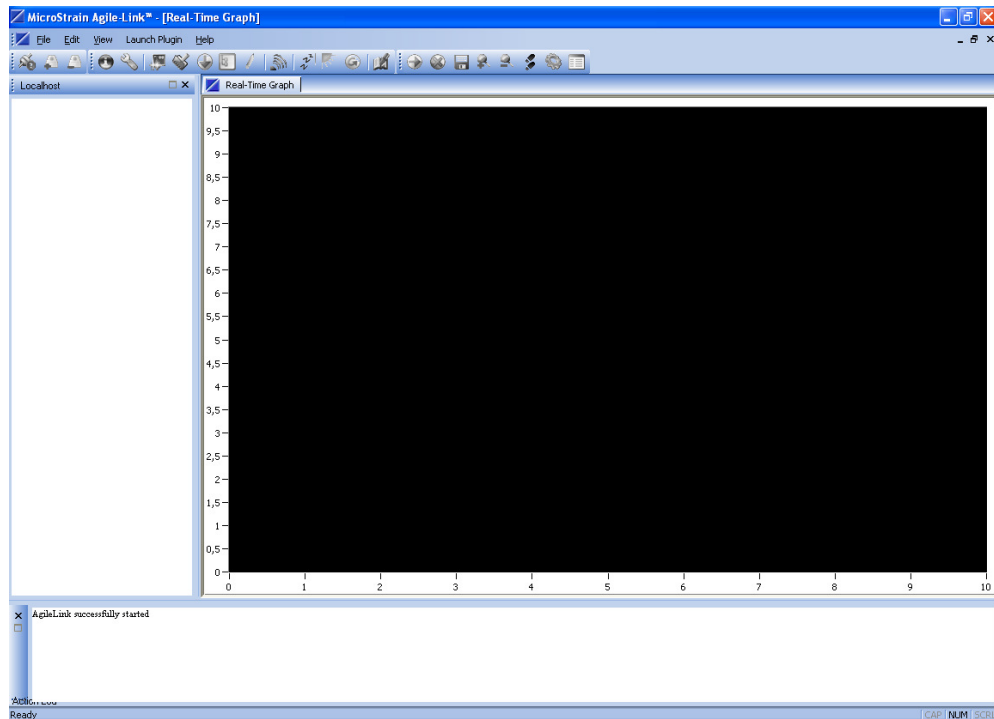
- Alimentación externa de los nodos.

Como se muestra en la anterior configuración de pines, los nodos pueden ser alimentados por una fuente de voltaje externo tales como baterías o fuentes de voltaje. La condición es que estas tengan un voltaje entre 3.1 y 9 V y que puedan brindar una corriente de al menos 50mA, la utilidad de esto, se basa en que la batería interna del dispositivo provee 600mAh, por lo tanto, al conectar una batería externa de mayor capacidad de amperaje, el nodo podrá tener una mayor duración de operación.

4.4.2.2. Inicio del software MicroStrain Agile-Link.

En la siguiente página se muestra una imagen de la ventana principal del software Agile – Link de MicroStrain.

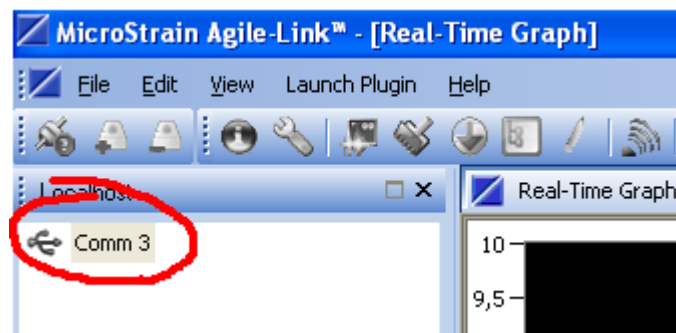
Ilustración 84. Ventana principal del software Agile-Link.



Una vez se inicia el programa, se procede a conectar la estación base USB en un puerto disponible del ordenador. Al hacer esto, el sistema operativo detecta automáticamente el nuevo hardware e instala los controladores.

Cuando ha terminado, en la ventana del lado izquierdo del programa aparece lo siguiente:

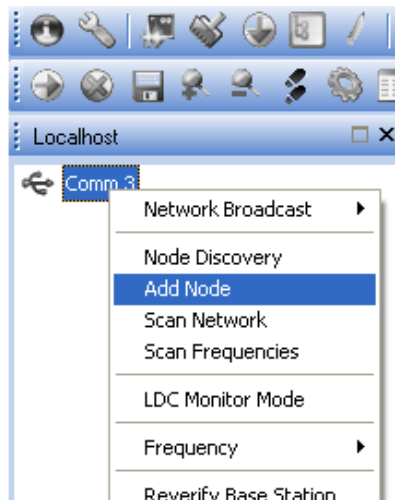
Ilustración 85. Reconocimiento del hardware en software Agile-Link..



Teniendo la configuración de la estación base, se debe proceder a encender todos los dispositivos inalámbricos para conectarlos al sistema.

Para agregar un nodo, se da clic contrario sobre el icono de la estación base y se selecciona “Add Node”.

Ilustración 86. Agregando nodo de medición de MicroStrain.

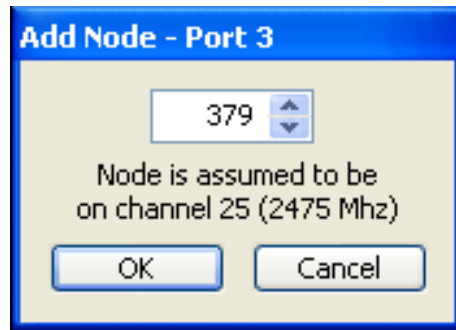


Una vez hecho lo anterior, aparece una ventana pidiendo el número del nodo marcado en el dispositivo.

Ilustración 87. Indicación de número de nodo en dispositivo V-Link.

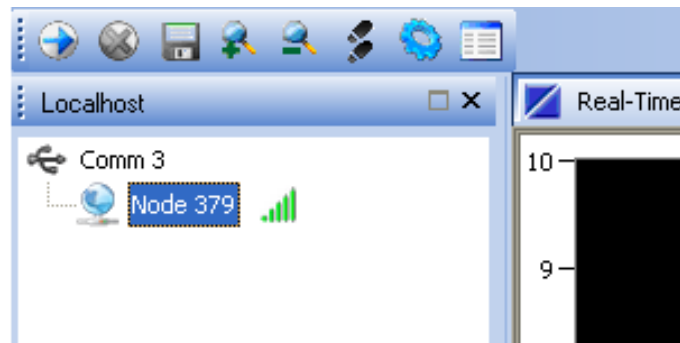


Ilustración 88. Indicación de número de nodo en ventana de configuración.



Una vez se ingresa este valor, el programa procede a conectarse con el dispositivo y muestra el nivel de señal del mismo.

Ilustración 89. Indicación de nivel de señal del nodo inalámbrico V-Link.



En este momento ya se tiene el dispositivo conectado, para agregar más nodos al sistema se siguen los mismos pasos que para el nodo anterior.

Una vez configurados todos los nodos se puede elegir 3 diferentes tipos de recolección de datos.

- Stream (Recolección continua de datos directamente)
- Low Duty Cycle (Recolección de datos por ciclos de muestreo)
- Datalogging (Recolección de datos con almacenamiento en el nodo)

Stream: Los datos son transmitidos directamente al ordenador y graficados en el software en tiempo real, se puede configurar por un número limitado de tiempo o en continuo estado de envío de datos hasta que el nodo sea apagado manualmente, tiene la posibilidad de almacenar los datos obtenidos.

Low Duty Cycle: Permite al usuario escoger la tasa de muestreo con la que se van a recolectar los datos en cada sensor (canal) del nodo, la tasa de muestreo puede ir desde 500Hz hasta 1 muestra por hora, los datos son mostrados y guardados por el software Agile-Link.

Dataloging:

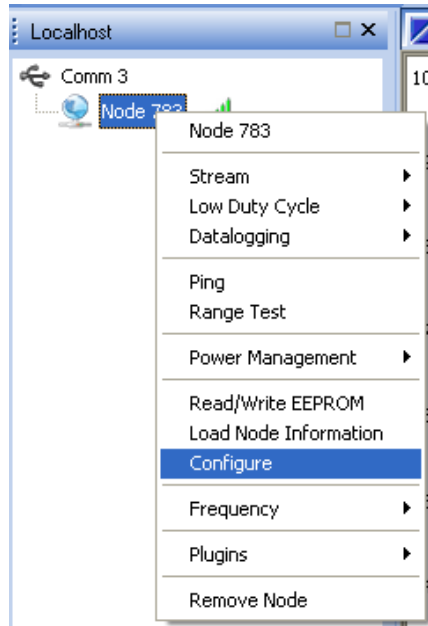
Consiste en 4 funciones:

- Iniciar funcionamiento de un nodo
- Descargar datos de un nodo
- Ver/explorar datos en el nodo
- Borrar datos del nodo

Toda la recolección y almacenamiento de los datos se produce en los nodos según la configuración que se haya programado. Para ver los datos recolectados, primero se deben descargar los datos para, posteriormente, poder visualizarlos. Una vez descargados es aconsejable borrar los datos del nodo para liberar memoria. El nodo tiene 1 Mb de espacio, donde aproximadamente caben 1.000.000 de datos.

El siguiente paso es la configuración de los nodos. Para acceder a este menú, se da clic contrario sobre el nodo a configurar y se selecciona la opción "Configure".

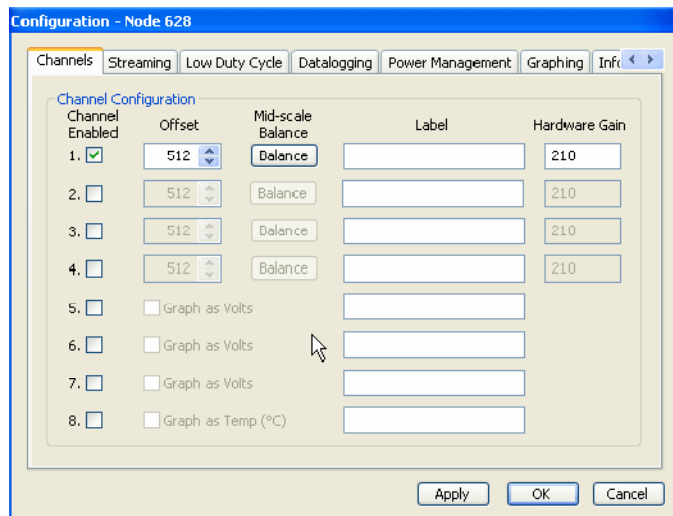
Ilustración 90. Ventana configuración de nodos del software Agile-Link.



Es de aclarar que el nodo debe estar encendido para que el sistema muestre las opciones de configuración.

Dado que cada configuración es individual para cada nodo, una vez seleccionada esta opción se visualizará la siguiente ventana:

Ilustración 91. Ventana configuración del software Agile-Link.



Pestaña “Channels”.

En la pestaña “Channels” podemos habilitar los canales con los cuales deseamos trabajar.

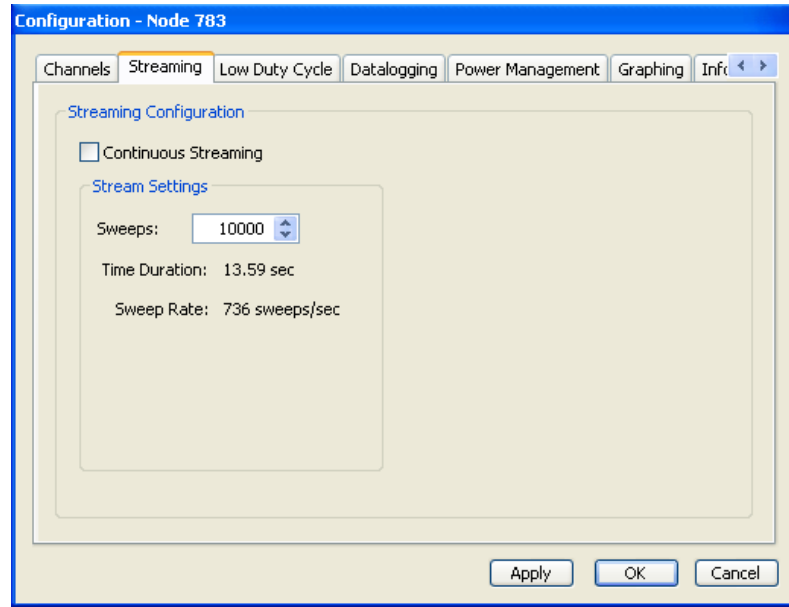
Debido a que muchas veces en los sensores con los que se trabaja, se producen algunos Offset en las salidas, causados por diferentes elementos, es posible configurar manualmente un Offset que se agregara a la señal que se está midiendo para así eliminar errores en la medición.

El sistema también está en capacidad de calcular este offset, realizando una lectura del valor del sensor en vacío, para esto se debe tener el sensor sin carga y por medio del botón “Balance”, el sistema calcula y asigna el valor del offset a dicho canal del nodo. Por último, es posible también cambiar el nombre del canal del nodo para tener una identificación más clara a la hora de mostrar las gráficas.

Pestaña “Streaming”.

En esta pestaña es posible configurar el nodo para que una vez inicie el modo Stream o transferencia de datos en tiempo real, el nodo se quede enviando datos continuamente hasta que sea desconectado manualmente, o simplemente envíe un número determinado de muestras dadas por el valor “Sweeps” y vuelva a modo escucha, en la ventana el programa muestra la duración de tiempo que demorara el nodo enviando ese número de muestras, además de indicar que la tasa de muestreo a la cual se da el Streaming es de 736 muestras por segundo.

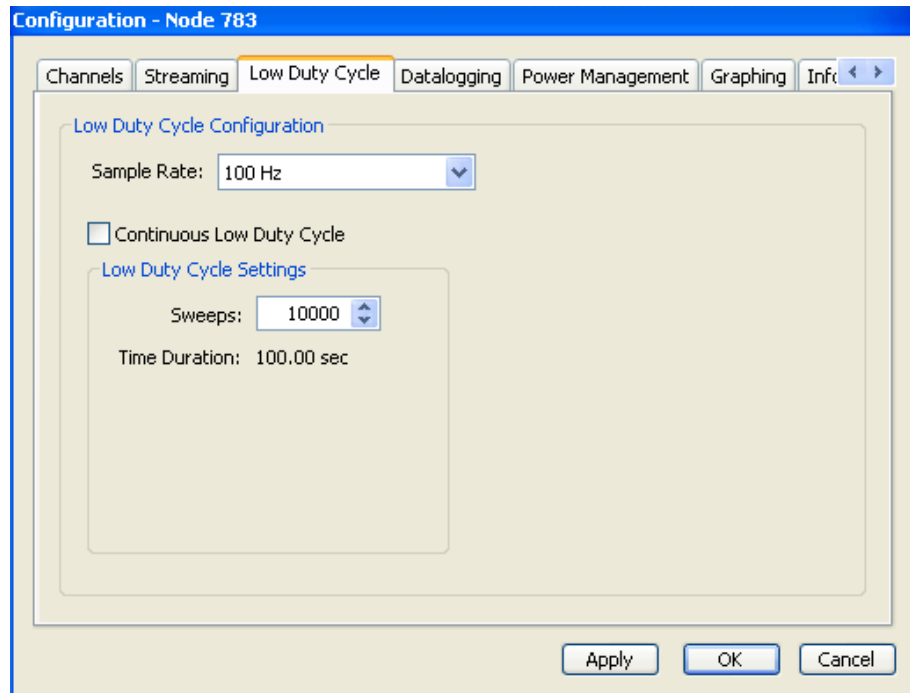
Ilustración 92. Pestaña Streaming de configuración de nodo, Agile-Link.



Pestaña “Low Duty Cycle (LCD)”.

Esta pestaña es posible configurarla de igual modo que en la opción streaming. El nodo puede quedar enviando datos permanentemente o simplemente, envía un número determinado de ellos; la diferencia del modo LDC en cuanto al streaming, es que en este modo es posible configurar la frecuencia de muestreo, la cual puede ir desde 1 muestra por hora, hasta 500 muestras por segundo. En base a la frecuencia elegida y el numero de muestras, la ventana indica la duración del tiempo en el que el nodo demorara enviando dichos datos.

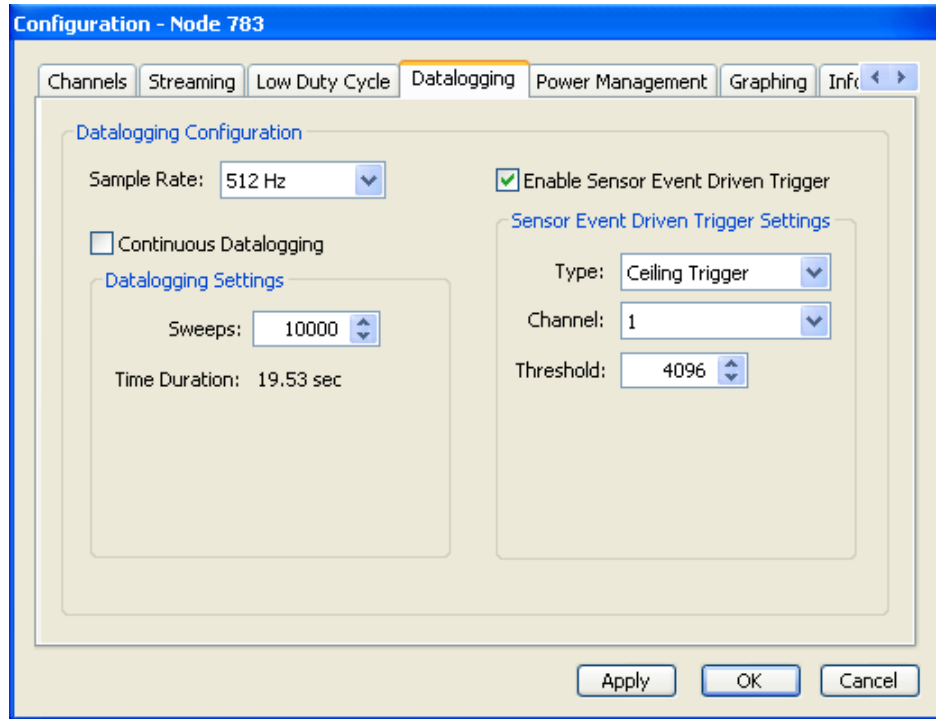
Ilustración 93. Ventana LDC de configuración de nodo, Agile-Link.



Pestaña "Datalogging".

Como se mostró anteriormente, el modo Datalogging consiste en que el nodo recolecta los datos y los almacena en él mismo. En este caso se tienen las mismas opciones que en el modo LDC donde se puede elegir la tasa de muestreo, que en este caso va desde 32Hz hasta 2048Hz, siendo posible también elegir un número determinado de muestras dadas por "Sweeps" o simplemente hacer que el nodo haga una recolección continua hasta que la memoria de éste, este llena.

Ilustración 94. Pestaña Datalogging de configuración de nodo, Agile-Link.



Además de las opciones anteriores, el sistema ofrece una opción de un control hecho a través de detección de umbral. Esta configuración es mostrada al lado derecho de la pestaña y en caso de ser activada, es posible elegir el tipo de umbral, si es de “Ceiling Trigger” (umbral de tope), o de “Floor Trigger” (Umbral de base), se elige para que canal es la configuración y por último el valor del umbral es elegido en “Threshold”.

Es de aclarar que para cualquiera de las 3 configuraciones, en el modo continuo, el sensor no deja de recolectar datos hasta que sea reiniciado manualmente.

Las otras pestañas de configuración no ofrecen opciones muy relevantes al funcionamiento del sistema, se deja al usuario la exploración y uso de esas opciones.

4.4.2.3. Recolección de datos.

Una vez el usuario ya ha configurado los nodos, puede recolectar y guardar los datos en cualquiera de los 3 modos. Cabe aclarar que los datos obtenidos en el Software son el resultado del valor obtenido en el conversor Análogo-Digital, por lo tanto, será un valor entre 0 y 4098, el cual ya será convertido posteriormente por el usuario, según el tipo de sensor y variables que haya estado midiendo.

Streaming.

Para iniciar el modo Stream, se da clic contrario, se selección Stream y luego Start, luego aparecerá en la parte derecha, en “Real-Time Graph”, la grafica del comportamiento de los datos leídos.

Ilustración 95. Visualización de la opción Stream del software Agile-Link.

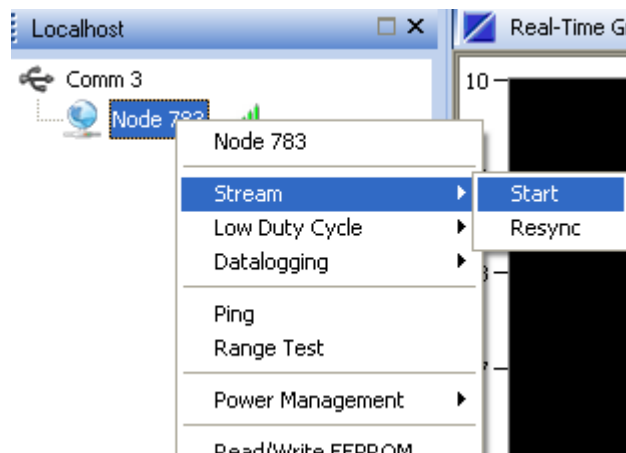
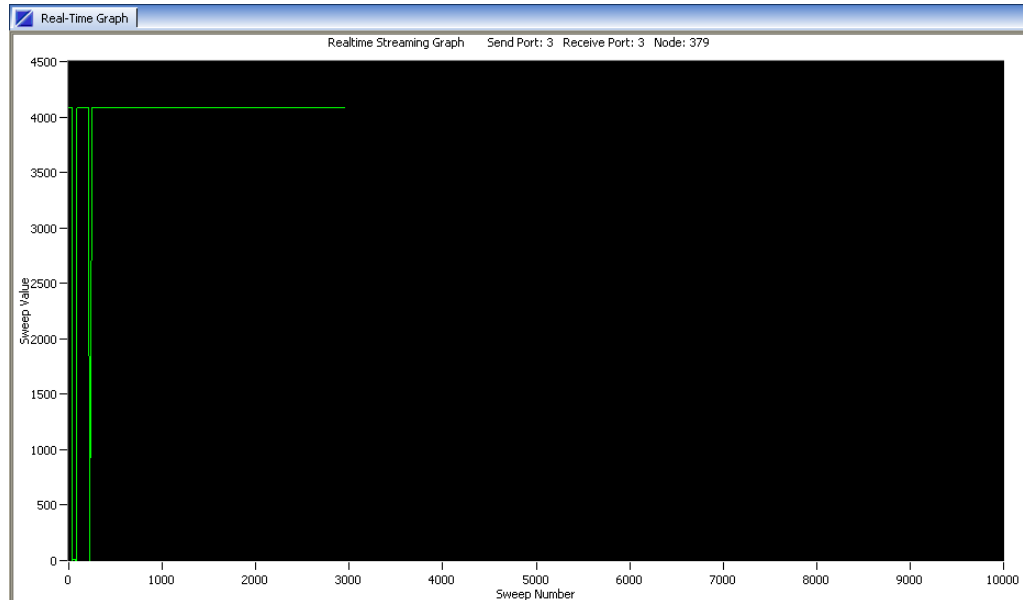


Ilustración 96. Grafica de comportamiento, datos leídos por acelerómetro.

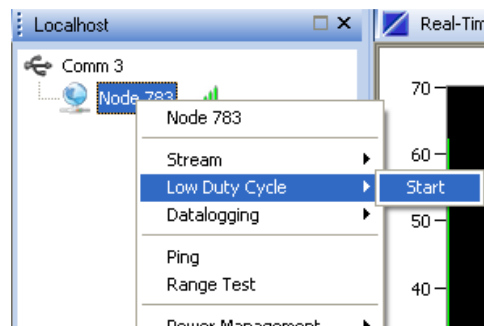


Para guardar los datos, simplemente se da clic contrario sobre la grafica y se selecciona "Save Stream". Los datos quedan guardados en un archivo columnas con extensión .CSV, el cual puede ser abierto en Excel o cualquier programa de hojas de cálculo o texto.

Low Data Cycle.

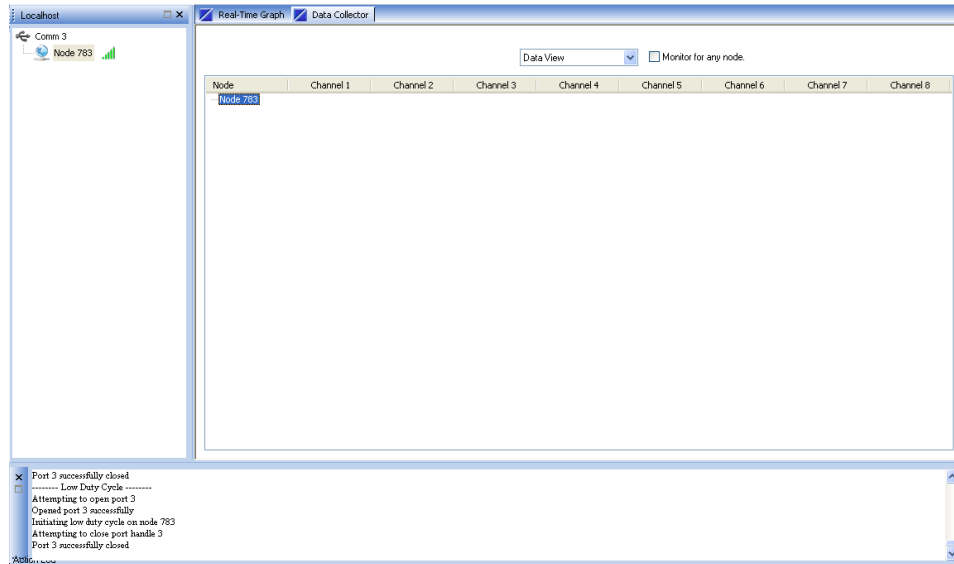
Al igual que en el modo anterior, se da clic contrario, se selecciona Low Duty Cycle y luego Start.

Ilustración 97. Visualización de la opción LDC, Agile-Link.



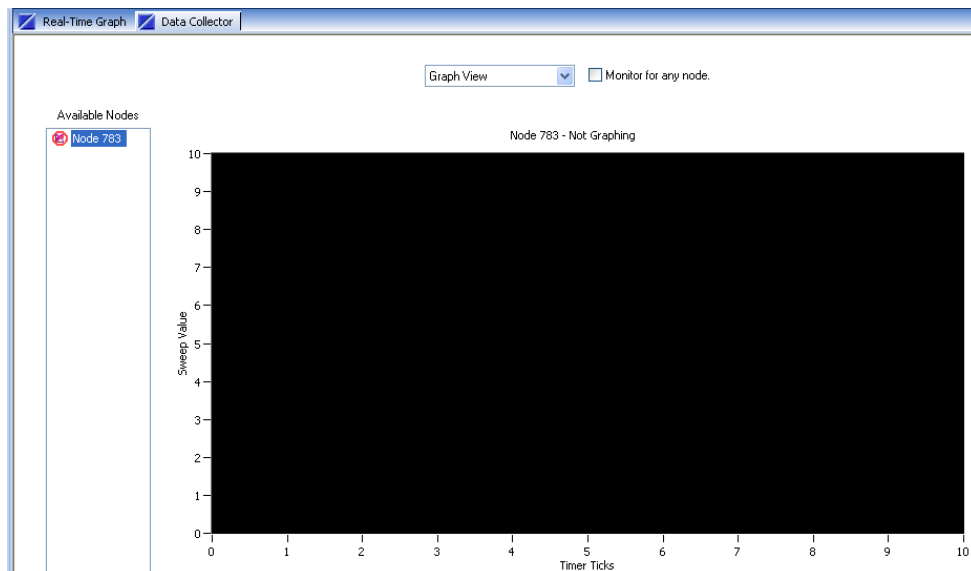
Una vez hecho esto, el programa muestra la ventana Data Collector, donde mostrará la cantidad de los datos leídos en los canales seleccionados.

Ilustración 98. Ventana Data Collector, Agile-Link.



También es posible ver una gráfica de los datos cambiando la opción “Data View” por “Graph View”:

Ilustración 99. Ventana Graph View, Agile-Link.

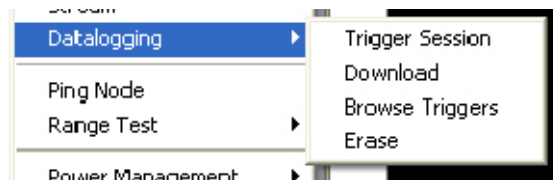


Para guardar los datos, simplemente de clic contrario sobre el nodo, ya sea en vista de datos o de grafica y se selecciona Save Stream.

Datalogging.

Para iniciar la recolección de datos por Datalogging, se da clic contrario, se selecciona Datalogging y luego “Trigger Session”. Una vez hecho esto, el nodo entrara en proceso de recolección de datos y no será accesible hasta que termine.

Ilustración 100. Menu Datalogging, Agile-Link.



Una vez que en el nodo ya se encuentren los datos, es necesario descargarlos para poder visualizarlos. Para esto, se selecciona de igual modo el menú Dataloggin y luego Download.

Una vez descargados los datos, se pueden visualizar dando clic en la opción Browse Triggers, del anterior menú y allí aparecen las descargas hechas con las fechas y el número de sesiones de recolección de datos.

Para borrar los datos del nodo y liberar memoria, se selecció la opción Erase.

Plugins.

El software está en capacidad de recibir algunos plugins realizados por el fabricante, en este caso, el Agile-Link posee uno que es de buena utilidad a la hora de trabajar con galgas de deformación.

Por medio del software de configuración, es posible quitar un offset que puede ser producido por diferentes elementos, este offset en las galgas puede deberse a las siguientes causas:

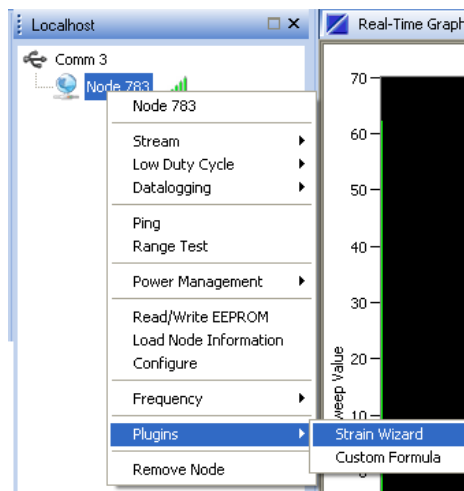
- Error óhmico inicial en la galga misma.
- Instalación de la galga en una superficie no plana.
- Error de offset inicial en la electrónica.
- Pequeños errores en la terminación de las resistencias del puente.

Se recomienda que el offset no esté fuera del rango de 2048 ± 100 puesto que a partir de este valor, el error puede deberse a problemas de conexión.

Adicional a esto, una vez configurado el canal para trabajar con galgas, la visualización de los datos no se obtendrá en formato de valores digitales, si no en Micro-Strains.

Para acceder a esta función se da clic contrario sobre el nodo, se selecciona el menú Plugins y luego “Strain Wizard”.

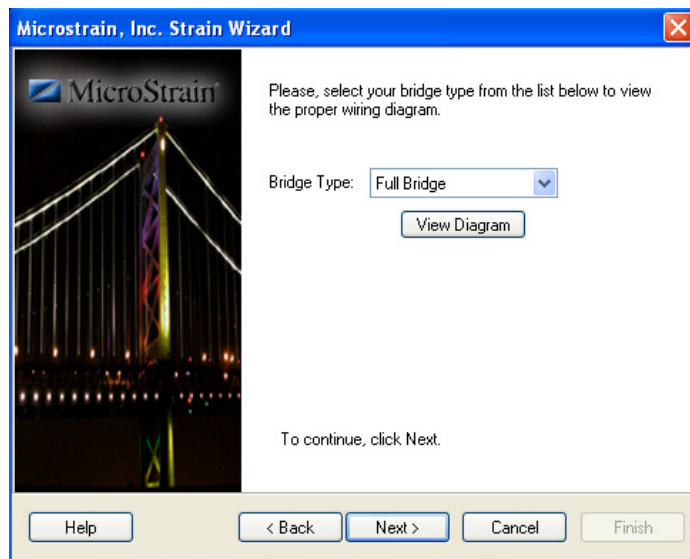
Ilustración 101. Menú Plugins, software Agile-Link.



Por medio de Test Setting, el programa comprueba la conexión con el nodo. Una vez comprobada, presione “Next”.

Seleccione el tipo de puente con que se está trabajando, si es puente completo, medio puente o cuarto de puente. Con el botón “View Diagram” se puede observar los esquemas de configuración para despejar alguna duda del usuario con respecto a esa configuración.

Ilustración 102. Selección de tipo de puente.



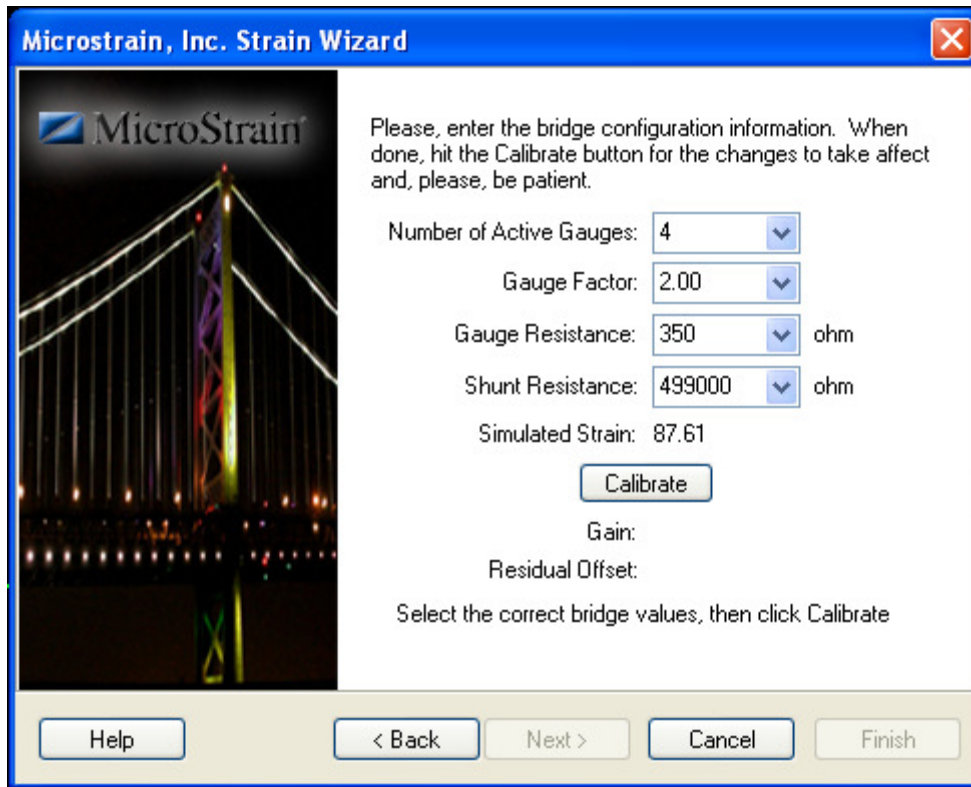
Una vez seleccionada, presione siguiente.

Dejando la galga sin carga, presione el botón Auto-Balance para que el programa establezca el cero del sensor, luego presione siguiente.

En el siguiente menú se selecciona “Use Strain Measurement wizard” y presione siguiente.

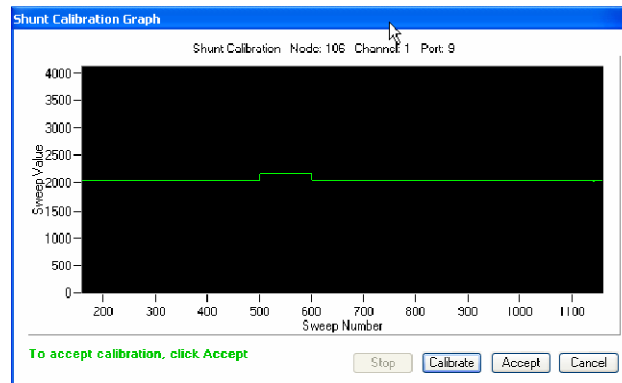
Ingrese los valores propios de la galga proporcionados por el fabricante, tales como factor de galga, resistencia, etc., además del número de galgas activas en el montaje; luego presione el botón calibrar.

Ilustración 103. Ventana de especificación de galga.



En la siguiente ventana se presiona de nuevo el botón calibrar, el cual realizará una calibración shunt del puente de galgas. Aparecerá una imagen como la siguiente:

Ilustración 104. Calibración Shunt.



Luego se presiona el botón aceptar.

Aparecerán entonces los resultados de la calibración así:

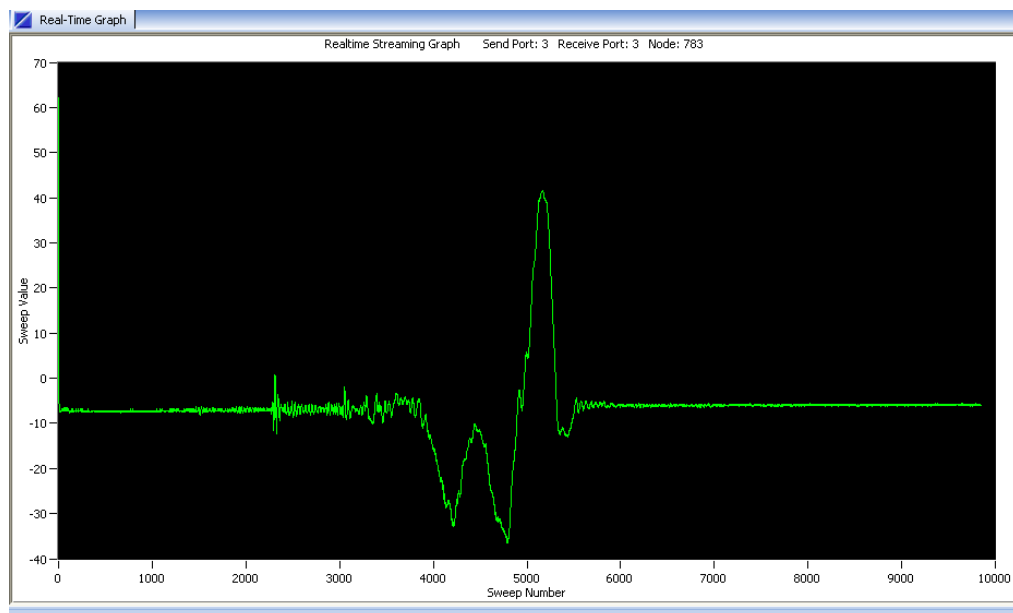
Ilustración 105. Resultados de calibración.

Luego de presionar aceptar, el sistema sacara una advertencia donde dice que los datos serán almacenados en el nodo y que se perderán los que anteriormente hayan estado almacenados.

Presione “Si” para que los datos queden almacenados.

Por último saldrá un mensaje de felicitación por haber completado el wizard. Presione finalizar para terminar o siguiente para configurar otro canal. Una vez terminado todo esto, los valores medidos por ese canal en ese nodo, ya tendrán unidad de Micro-Strain. A continuación se muestra la grafica obtenida haciendo un streaming con un nodo cuyo canal fue configurado a través de Wizard.

Ilustración 106. Grafica de medición de datos en software Agile-Link.



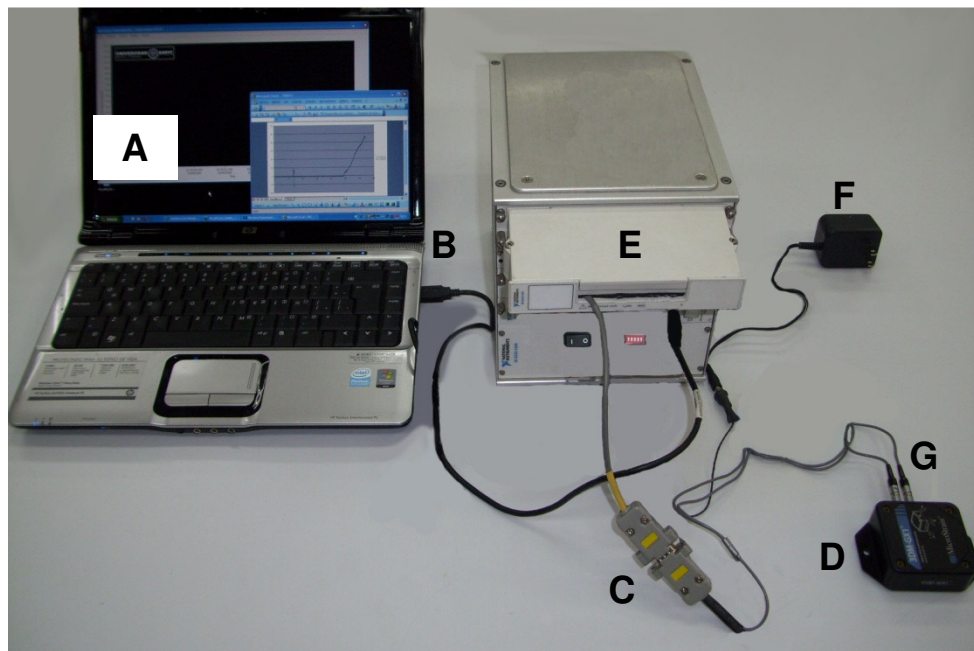
Se puede apreciar que el rango de valores del eje Y no están entre 0 y 4098, si no que el rango de medición se encuentra en valores físicos medidos por la galga.

4.5. TRANSDUCTORES DE ORIENTACIÓN

La Universidad Eafit cuenta, entre los recursos del laboratorio de Mecánica Experimental, con un giroscopio de orientación 3DM. Las características de este dispositivo se mencionan en el capítulo 2 del presente documento.

4.5.1. Esquema de conexión, giroscopio tri-axial 3DM y DAQ NI SCXI.

Ilustración 107. Montaje general, giroscopio y SCXI.



Montaje general. Se los elementos que se aprecian son:

A- Ordenador.

B- Conexión a puerto USB.

C- Conectores DB9 (macho y hembra).

D- Giroscopio dinámico tri-axial 3DM.

E- Sistema SCXI con tarjeta SCXI-1314 (conexión amarilla).

F- Conexión para excitación de corriente al sensor. 110V.

G- Cable con 2 conectores tipo LEMO de 4 pines.

El giroscopio se conecta por medio de 2 cables tipo LEMO, los cuales van conectados a un conector DB9 del SCXI. Este sensor requiere alimentación externa, por lo cual se debe conectar con un adaptador de voltaje.

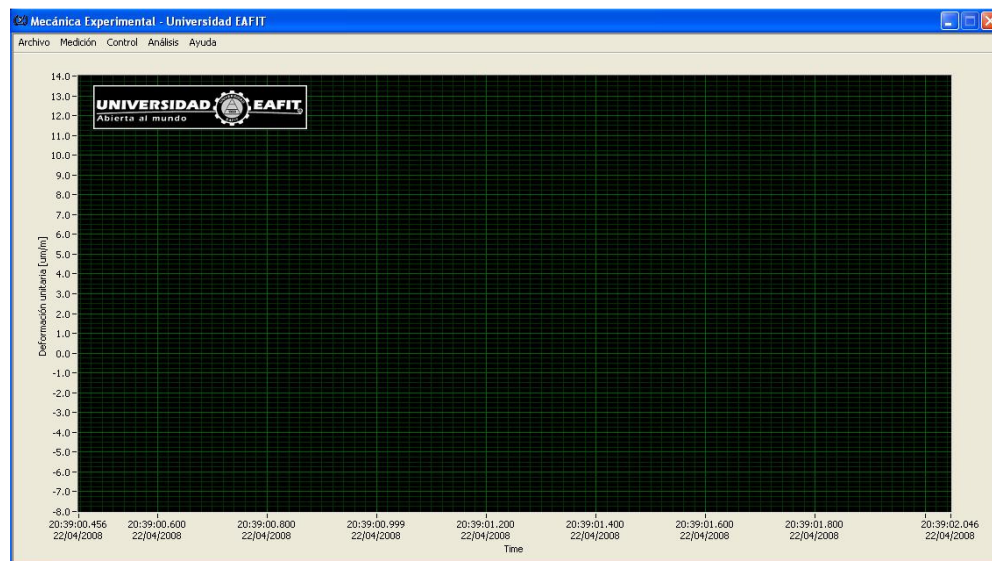
4.5.1.1. Inicio del software Sigma para la toma de mediciones con DAQ NI SCXI y giroscopio 3DM.

El sistema de adquisición de datos (DAQ) NI SCXI – 1000, posee dos tarjetas de procesamiento de datos:

- SCXI-1314: Para acelerómetros Kistler (Conector amarillo), Giroscopio (Conector amarillo), Galgas (Conector verde).
- SCXI-1315: Para sensores de desplazamiento (Conector rojo), Acelerómetro HBM (Conector verde).

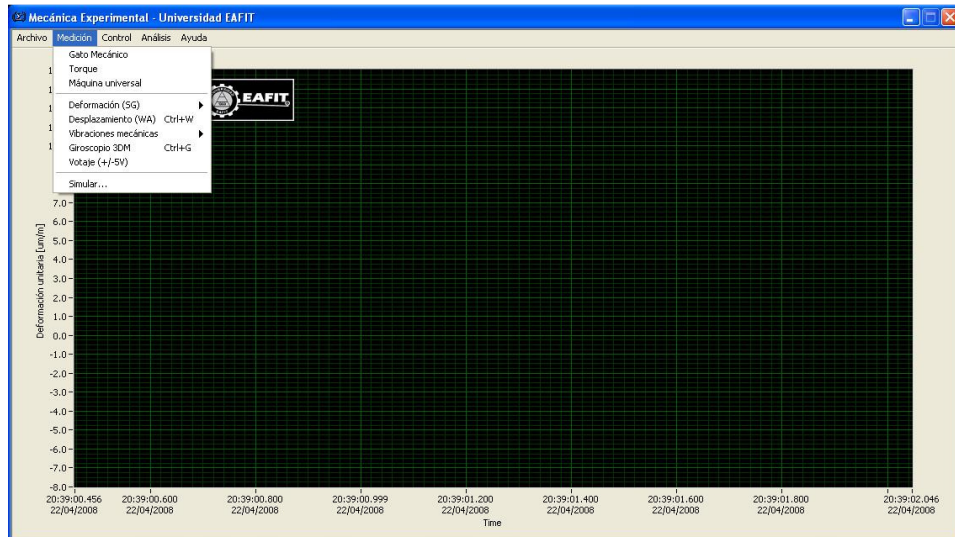
Antes de encender el DAQ, se debe conectar todos los dispositivos necesarios para la toma de mediciones y se debe asegurar que el sistema esté conectado a un ordenador. Una vez todo esté hasta este punto, se inicializa el programa Sigma de la Universidad Eafit.

Ilustración 108. Interfaz gráfica software Sigma.



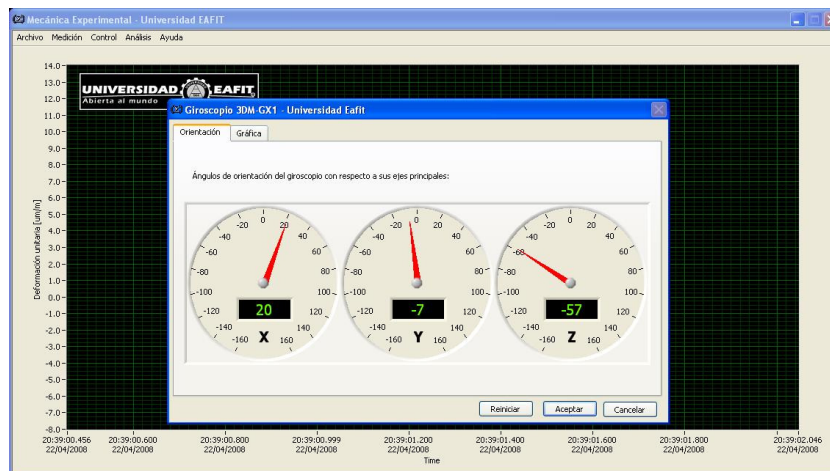
Una vez iniciado el software Sigma, se da clic en el menú medición y se selecciona la opción del giroscopio 3D, como se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 109. Opciones menú medición, software Sigma.



Inmediatamente se selecciona el dispositivo, comienza la toma de datos por medio del sensor.

Ilustración 110. Interfaz giroscopio, software Sigma.



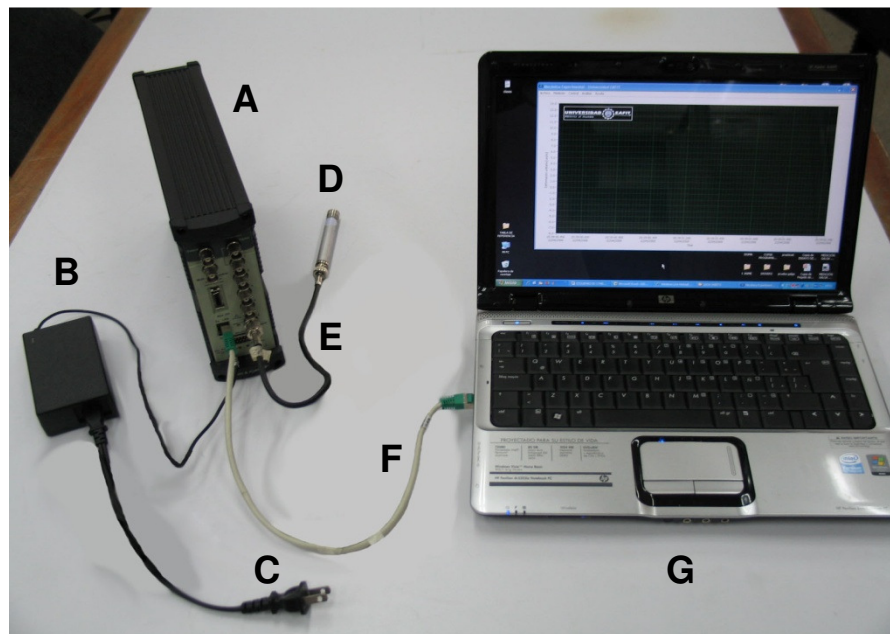
Se muestra claramente los ángulos de inclinación en las coordenadas X, Y y Z.

4.6. SONÓMETROS

Entre los montajes de sonómetros se encuentran dos que serán descritos a continuación.

4.6.1. Esquema de conexión, micrófono B&K y módulo front – end.

Ilustración 111. Montaje general micrófono tipo 4189 de B&K.



Montaje general. Los elementos que se aprecian son:

A- Módulo Front – end.

B- Fuente de voltaje con cable y conector LEMO.

C- Cable de potencia para 110V.

D- Micrófono B&K 4189.

E- Cable coaxial con conector BNC.

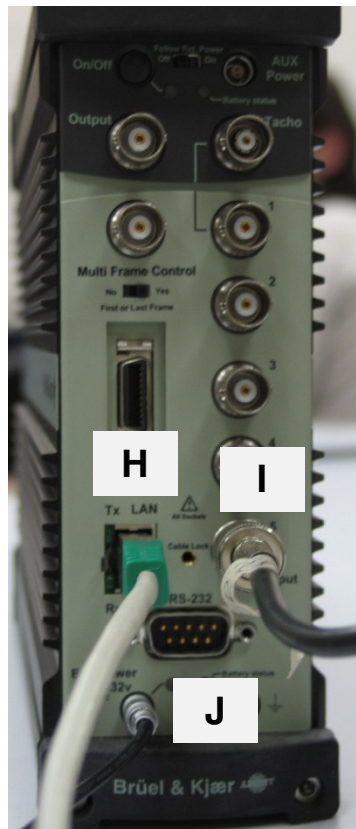
F- Cable para puerto RS-232 (LAN).

G- Ordenador.

El sistema de medición para el micrófono B y K tiene un módulo de conexión adquisitorio Front-end, en el cual no solo se pueden medir señales de audio, también es posible usar las señales de medición para análisis modal (con software especializado) entre otros.

El voltaje de entrada para alimentar el modulo Front-end, puede ser variado dentro del rango de 10 a 32 Volts (CD). La salida de la señal del Front-end es conectada por la conexión LAN hacia la entrada del puerto RS232 del PC.

Ilustración 112. Conexión posterior de micrófono tipo 4189 en Front – end.



Se aprecia en la imagen:

H- Conector RS 232 de la salida del Front – end al ordenador.

I- Cable con conector BNC coaxial desde el micrófono a la entrada del Front – end.

J- Contacto tipo LEMO para alimentación de voltaje del Front – end.

4.6.2. Esquema de conexión sensor de ultrasonido y DAQ MGC Plus.

Para este sensor, se muestra a continuación, la información del cableado para la posterior elaboración del conector que irá conectado al sistema MGC Plus.

Tabla 26. Conexiones Ultra-trak 750 de UE Systems.

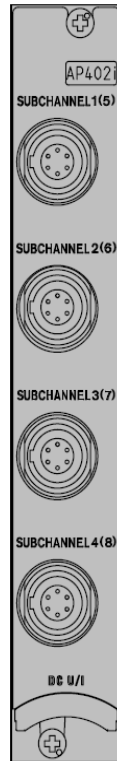
Color del cable	Función
Negro	Tierra
Rojo	Suministro de voltaje (Vsupply) 18 a 30 VDC
Amarillo	Audio
Azul	Modo de sensibilidad 10 a 30 VDC = Máxima sensibilidad. Tierra = sensibilidad ajustable
Naranja	Ajuste de sensibilidad Normalmente abierto – Momentáneo Cierre de contacto a tierra
Verde	Ajuste de sensibilidad Señal TTL, 5 Hz máximo
Café	Salida máxima de 0 a 30 mA Conectar a tierra para potenciar la operación del circuito

UE Systems inc, 2009.

Este dispositivo, al tener una salida de corriente de 0 a 30 mA es compatible con la combinación de tarjeta amplificadora y módulo de procesamiento MCG Plus AP402i – ML801B. Esta combinación de tarjeta y módulo se encuentra instalada

en el equipo de la Universidad Eafit y acepta las especificaciones del rango de corriente del sensor.

Ilustración 113. Representación gráfica de la tarjeta amplificadora AP402i.



Documento interno, Laboratorio Mecánica Experimental, Universidad Eafit.

De acuerdo a la anterior imagen, puede suponerse que en el caso de ser requerido, la conexión que debe de ir desde el sensor al MGC Plus, debe de tener una conexión tipo LEMO de 6 pines.

4.6.2.1. Para el inicio del software y medición con el DAQ MGC Plus, ver Anexo.

5. CONCLUSIONES

El trabajo permitió conocer los equipos en existencia del laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad Eafit y así mismo lograr tener una idea de lo que hacen y para que se utilizan.

También permitió conocer, que la mayoría de sensores, por recomendaciones del fabricante, son libres de mantenimiento, no queriendo decir esto, que sean irrompibles. El usuario que decida hacer un montaje, debe ser consciente que el mínimo cuidado que se debe tener con los equipos, es evitar golpearlos, salvo sea un dispositivo para tal fin, como lo es el martillo de medición para presiones dinámicas, con su correcto modo de empleo.

Con este proyecto, fue posible conocer las especificaciones técnicas de los equipos aquí descritos y lograr diferenciar así que aunque existen múltiples sensores, de gran variedad, que midan una misma variable, su diferenciación se encuentra en el grado de sensibilidad de dichos dispositivos y es deber del usuario hacer una correcta selección al momento de usarlos, de acuerdo a la aplicación para la que son requeridos.

El trabajo permitió definir un procedimiento organizado para la utilización de los equipos, de tal manera que la persona interesada en realizar un montaje de los dispositivos aquí descritos, sepa con facilidad que elementos se requieren, como es su denominación técnica y de qué manera y con cuales equipos deben de ser conectados.

El proyecto permitió introducir al manejo de nuevos equipos, como los nodos inalámbricos de adquisición y transmisión de datos, logrando ampliar la posibilidad de conocimiento y manejo de los mismos en la comunidad universitaria y profesional, detallando su configuración y puesta a punto para lograr dar inicio a un trabajo de medición.

Con los montajes, se logró mostrar además, de manera introductoria, los diferentes software encargados de controlar los procesos de medición por parte de los sensores y de adquisición de datos de los sistemas aquí descritos, logrando no solo garantizar que el usuario sepa conectar todos los elementos, sino que también sea capaz de inicializar una sesión de software para la adquisición de variables.

El proyecto permitió entender el principio de funcionamiento de los sensores aquí descritos, permitiendo dar una idea del desarrollo de cada dispositivo. En el caso de las galgas de deformación o strain gages, dado que hay tanta variedad y marcas, se presenta una descripción de cómo se calculan los factores de galga, indispensables para el proceso de medición.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. INTERNET

AC6 METROLOGÍA SLL @, 2007. Fotoelasticimetría. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ac6m.com/difusion/galgas.htm>>

BIBLIOTECA DIGITAL UNIVERSIDAD EAFIT @, 2009. Acelerómetros. Disponible en internet: <URL: <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P621.816A683/anexos.pdf>>

B&K @, 2009. Acoustic transducers, Microphones. Disponible en internet:<URL: <http://www.bksv.com/Products/TransducersConditioning/AcousticTransducers.aspx>

CELESCO @, 2008. Sensor de desplazamiento. Disponible en internet: <URL: <http://www.celesco.com/sp/index.htm>>.

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INFORMÁTICOS @, 2007. Galgas extensométricas. Disponible en Internet: <URL: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/SDEFORMACION.htm>>

DLI ENGINEERING @, 2008. El acelerómetro. Disponible en internet: <URL: <http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/elacelermetro.htm>>

ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA @, 2009. Sensores y Transductores. Disponible en internet: <URL: <http://bioinstrumentacion.eia.edu.co/docs/bio/2006/Cap2.SensoresTransductoresDoc.pdf>>

GEOCITIES/FISICAS @, 2008. Espectro electromagnético. Disponible en internet: <URL: <http://es.geocities.com/fisicas/termometria/vocabulario.htm>>

GUNT HAMBURG @, 2007. Mecánica aplicada y ensayo de materiales. Disponible en Internet: <URL:http://www.gunt.de/static/s39_3.php?p1=&p2=&pN=>

HBM @, 2008. Sensores de presión. Disponible en internet: <URL: <http://www.hbm.com/es/menu/productos/transductores-y-sensores/pressure-transducers/>>

INFO PLC @, 2008. Sensores de desplazamiento. Disponible en internet: <URL: www.infoplac.net/Documentacion/Docu_Instrumentacion/infoPLC_net_Medida_Desplazamiento.pdf>

KISTLER @, 2008. Data Sheets. Disponible en internet: <URL: http://www.kistler.com/us_en-us/925_Datasheets_dyn/productDatasheets.P1000/Kistler.html>

MONOGRAFÍAS @, 2009. Presión (transductores capacitivos). Disponible en internet: <URL: <http://www.monografias.com/trabajos11/presi/presi.shtml>>

NATIONAL INSTRUMENTS @, 2009. Especificaciones SCXI-1000. Disponible en internet: <URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/10676>>

PROYECTOS FIN DE CARRERA @, 2008. Fibra óptica. Disponible en internet: <URL: <http://www.proyectosfindecarrera.com/definicion/fibra-optica.htm>>

REVISTA CIENTÍFICA UNET @, 2007. Análisis experimental de esfuerzos. Disponible en Internet: <URL: <http://www.unet.edu.ve/~frey/varios/decinv/Revista/1987/9.html>>

SOBRE AUDIO @, 2008. Cable coaxial. Disponible en internet: <URL: <http://www.sobreaudio.com/cable-coaxial-de-audio.php>>

TEXTOS CIENTÍFICOS @, 2008. Medios de transmisión. Disponible en internet: <URL: <http://www.textoscientificos.com/redes> >

UNIVERSIDAD DE ALICANTE @, 2008. Sensores internos. Disponible en internet: URL:<http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/ asignaturas/ROB/optativos/Sensores/internos.html>

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA @, 2009. Unicamp, Transductores piezoeléctricos. Disponible en internet: <URL: <http://www.cori.unicamp.br/jornadas/completos/UDELAR/ND8001-FAGUAGA.doc>>

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLIVAR @, 2007. Texto de laboratorio, capítulo 9, Puente de Wheatstone. Disponible en internet: <URL: http://www.labc.usb.ve/mgimenez/Lab_Circ_Electronicos_Guia_Teorica/Cap9.pdf>

VISHAY @, 2007. Nuevas galgas extensométricas. Disponible en Internet: <URL: <http://vishaypr.com/press/spanish/VMGSealedStrainGages-spa.html>>

WIKILIBROS @, 2009. Introducción a señales, sistemas y control. Disponible en internet: <URL: http://es.wikibooks.org/wiki/Introducci%C3%B3n_a_Se%C3%B1ales,_Sistemas_y_Control#Se.C3.B1ales_Discretas >

WIKIPEDIA @, 2008. Acelerómetro. Disponible en internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aceler%C3%B3metro>>

WIKIPEDIA @, 2009. Sonómetro. Disponible en internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Son%C3%B3metro>>

6.2. CLASICA

BK PRECISION. Data Sheet. BK Precision, 2007. 1 p.

HBM. MGC Plus, Manual de empleo. Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, 2007. 502 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de grado. Quinta actualización. Bogotá DC: ICONTEC, octubre 2004. NTC 1486.

ISAZA, Juan Felipe. Extensometría eléctrica y strain gages. Práctica de laboratorio. Laboratorio de Mecánica Experimental, Universidad Eafit, 2008. 27 p.

NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Data Sheet PXI. National Instruments, 2004. 5 p.

POPOV, Egor P. Mecánica de Sólidos. 2ª ed. Ciudad de México: Pearson Educación, 2000. 888 p.

UE SYSTEMS inc. Manual de usuario. Especificaciones técnicas ultra – trak 750. UE Systems inc, 2009. 10 p.

UNIVERSIDAD EAFIT. Manual de operación MGC Plus – Catman, Equipo Colciencias – Eafit. Universidad Eafit, 2007. 50 p.

ANEXOS


ADQUISICIÓN DE DATOS - SOFTWARE catman®





catman® es software de HBM para configurar, visualizar y analizar las mediciones realizadas con el dispositivo de adquisición MGC Plus.


Para información adicional a la que se encuentra en este manual, consulte el documento ["catman Manual de Operación \(Ingles\) B0528.pdf"](#) en el mismo directorio de este documento.


CONVENCIONES


 Indica que se realiza, sobre el objeto, la acción que acompaña la flecha o que la acción anterior abre un cuadro de diálogo o realiza el proceso indicado por la flecha.


 Indica que la acción que acompaña la flecha se realiza sobre el objeto desde donde comienza la flecha, y hasta donde termina (por ejemplo, arrastrar el objeto donde empieza la flecha hasta donde termina).


 Indica que se debe realizar click izquierdo sobre el elemento señalado por la flecha que lo acompaña.

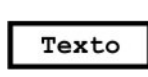
 Indica que se debe realizar click derecho sobre el elemento señalado por la flecha que lo acompaña.

 Indica que debe hacer doble click izquierdo sobre el elemento señalado por la flecha que lo acompaña.

 Indica que se debe arrastrar el elemento desde donde empieza la flecha que lo acompaña hasta donde termina.

 Señala el objeto que se quiere aclarar o describir.


 Describe el objeto que señala la flecha que lo acompaña.

 Indica que el “**Texto**” debe ser escrito en el cuadro de texto indicado por la flecha, o escoger la selección igual al “**Texto**”.

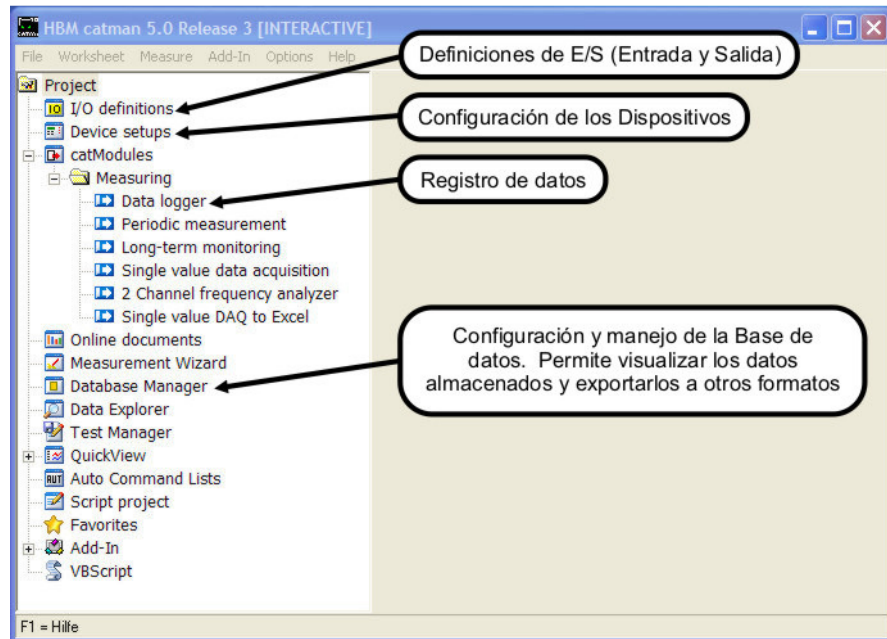
INSTALACIÓN

Si el software catman® no está instalado en el computador por favor siga las instrucciones que se encuentran en el documento “[catman Guía Rápida \(Inglés\) A0870.pdf](#)”, página 3. Para información adicional sobre el proceso de instalación consulte el documento “[catman Manual de Operación \(Inglés\) B0528.pdf](#)”, página A-9.

INICIO DEL CATMAN

Para iniciar el programa catman® haga doble-click en el icono  catman Profesional (English) que se encuentra en escritorio del equipo, o por la barra de tareas de Windows, Menu de Inicio → Todos los programas → HBM → catman (English) → catman Profesional.

La siguiente es la pantalla del catman:



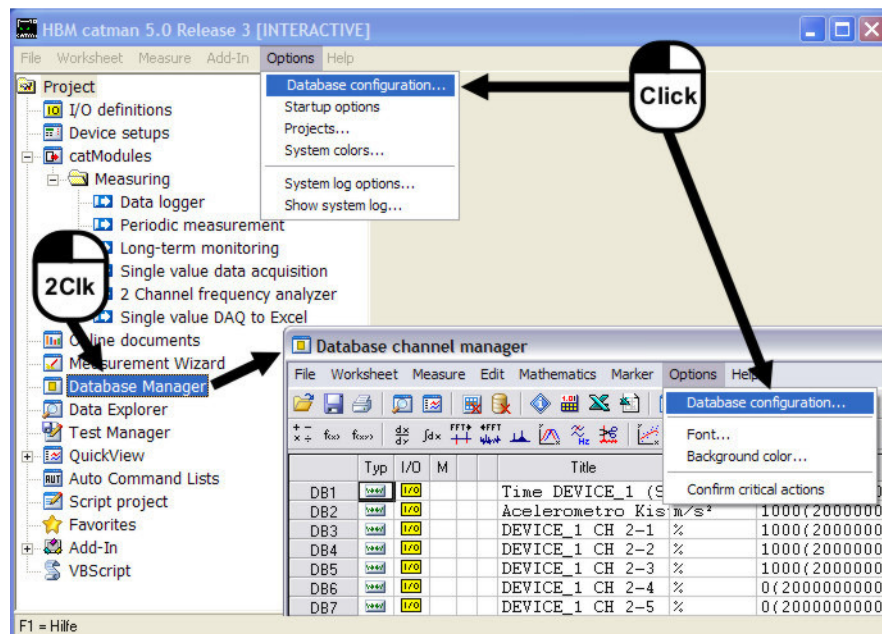
CONFIGURACIÓN

Configuración de la base de datos

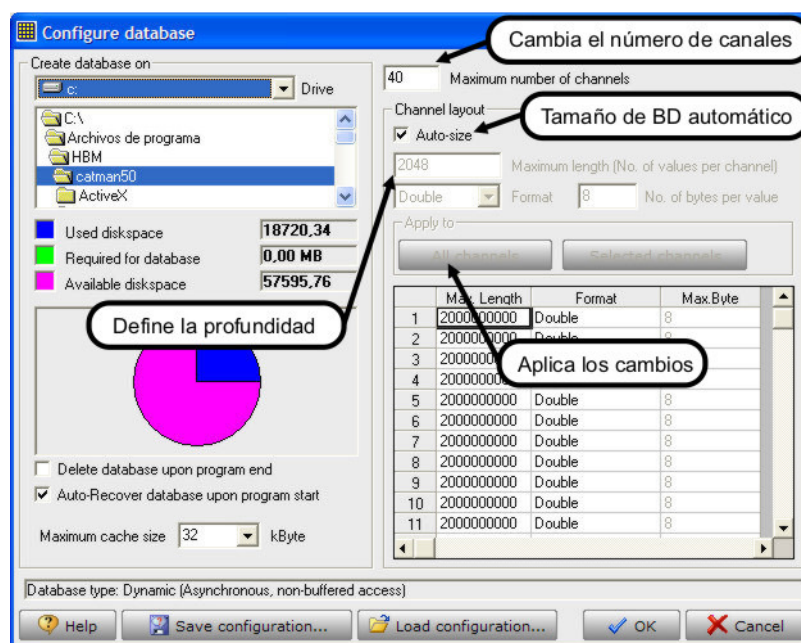
La base de datos es un archivo temporal en el cual se almacenan las mediciones que se han registrado (y calculado de ser el caso). El número de canales que el catman® puede registrar se define en la base de datos. Aquí se define el número de canales que aparecen mas adelante en el la ventana “I/O Definitions” (definiciones de entradas y salidas) que son utilizadas mas adelante cuando se realiza el proceso de adquisición de datos.

El tamaño de la base de datos puede ser configurado en longitud (número de canales) y en profundidad (máximo número de datos por canal) para que se ajuste a los requerimientos de la medición. Puede disminuir el número de canales para eliminar canales que no estén siendo utilizados o aumentarlo cuando hay mas canales de los que han sido definidos.

Para modificar la configuración haga click en “Database configuration” (Configuración de la base de datos) en el menú “Options” (Opciones) del programa catman®.



Aparece el cuadro de dialogo “Configure database” (Configurar base de datos).



Para las mediciones normales los valores por defecto son adecuados. Usted puede cerrar este cuadro de dialogo presionando “OK”. La configuración de la BD (Base de Datos) se guarda automáticamente. Solamente se debe reconfigurar si se ha hecho una modificación al dispositivo de medición que implique cambiar el número de canales o la profundidad.

Cuando se realizan cambios a la configuración de la Base de Datos, los datos existentes son borrados. Por lo tanto esta información debe ser exportada al disco duro antes de cualquier modificación.

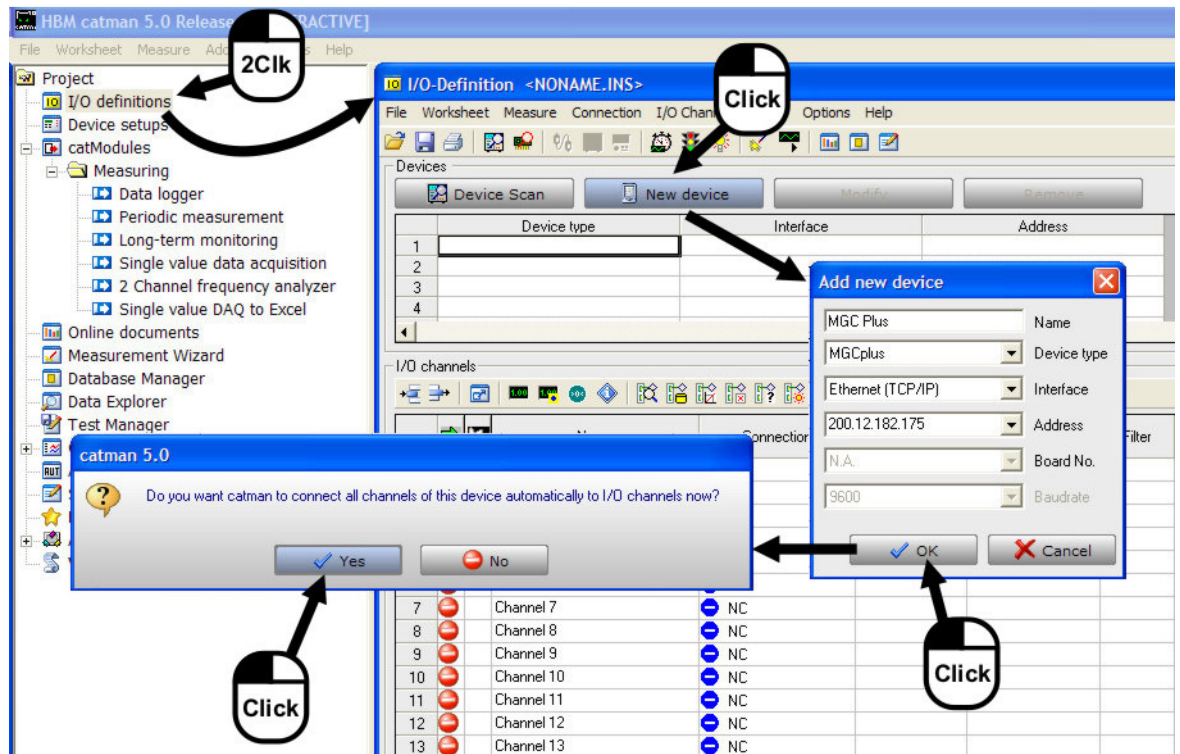
Se puede utilizar el modo “Auto-size” (Tamaño automático). La base de datos se ajustara automáticamente y crecerá con los datos hasta con 500 canales. Para usar esta opción, el disco duro del PC debe estar estructurado con el formato NTFS. Normalmente los sistemas de Windows 2000 y XP usan este formato. Por favor consulte la ayuda en línea para información adicional.

Configuración del Dispositivo de Adquisición (MGC Plus) y Definiciones de E/S

El primer paso para configurar el CATMAN es registrar el equipo de adquisición. En el sistema de adquisición MCGPlus de HBM cada

MGCPlus es un dispositivo de adquisición. Para esto siga los siguientes pasos:

Haga doble-click en “I/O definitions (Definiciones de E/S Entrada/Salida)” y se oprime el botón “New device (Nuevo dispositivo)” como se muestra en la figura.



En la ventana “Agregar nuevo dispositivo” (Add new Device) hay varias casillas que se deberán llenar para agregar un nuevo dispositivo de adquisición de datos:

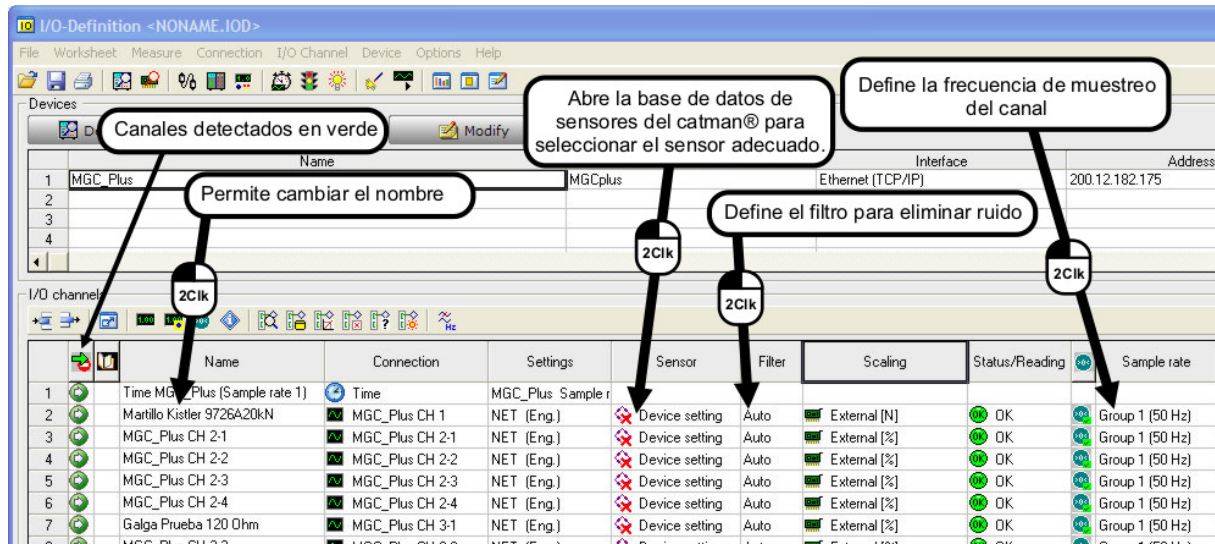
Nombre (Name) coloque un nombre descriptivo para identificar el equipo.

Tipo de dispositivo (Device type): MGCPlus

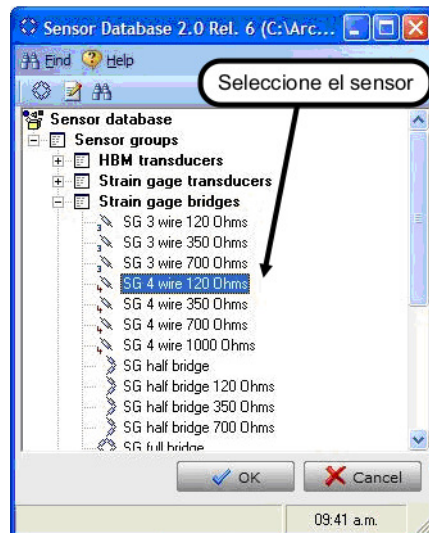
Interface: Ethernet (puede seleccionar otras como USB, Ethernet, COM, LPT si se esta conectando por un puerto diferente al Ethernet). Si se selecciona Ethernet se debe colocar en casilla Dirección (Address) la dirección IP: 200.12.182.175 que es la dirección de red asignada al equipo MGCPlus de No de Serie Dnr: 801069721 (si no se reconoce esta dirección deberá configurar el equipo por medio de una conexión por puerto COM, USB o LPT).

Se presiona “OK” (aceptar) y el CATMAN pregunta si se deben conectar los canales automáticamente. Presione “OK” (aceptar).

El programa realiza la detección de los canales de manera automática y muestra los canales reconocidos en el recuadro “I/O channels (canales de E/S Entrada/Salida)”. Los canales reconocidos aparecen con un indicador verde como aparece en la figura. El número de canales máximo que el MGC Plus detecta en esta etapa es el que se definió en el tamaño de la base de datos anteriormente.



En este se pueden asignar los nombres que serán usados para identificar los canales durante la adquisición de datos. Si los sensores son de HBM se puede hacer una configuración sencilla de los utilizando la base de datos que posee el catman® para sensores de HBM y galgas extensométricas. Para esto haga doble clic en la casilla de la columna “Sensor” frente al canal respectivo y seleccione el sensor de la base de datos. ®



Cada canal realiza un muestreo a una velocidad definida en la propiedad Sample Rate (velocidad de muestreo). Se pueden tener hasta tres grupo para la velocidad de muestreo. Defina la velocidad más alta en el grupo 1 para evitar problemas en el tiempo de adquisición cuando se haga la captura de los datos. Cada sensor puede realizar el muestreo a la velocidad de uno de los tres grupos definidos.

Para completar la configuración se puede asignar un Filtro Paso Bajo al canal (que elimina perturbaciones de alta frecuencia). Este filtro se puede fijar en una frecuencia determinada o en "Automatically from sample rate (Automático desde la velocidad de muestreo)", con lo que se configura automáticamente a 1/8 dicha velocidad.

Para Galgas Extensométricas:

Sobre la columna "Settings" se seleccionan los canales conectados a galgas extensométricas, se da clic derecho con el mouse y se elige "Configure I/O channels". En la ventana que se abre la opción "signal type" se establece en "Electrical unit". Presione "OK".

Sobre las casillas de la columna "Sensor" presione clic derecho y seleccione la opción "Disconnect sensor (use device settings)". Cierre la ventana.

Configuración los canales

Luego de configurar el equipo de adquisición se deben configurar los canales de acuerdo a los sensores que se conectan a dicho canal. Si el sensor que se esta conectando es de HBM, el sensor queda configurado en el paso anterior, pero si el sensor no es de HBM, o se están conectando galgas extensométricas, se deben configurar manualmente las características de cada sensor.

Para configurar las características de los sensores en el programa catman® haga doble click en “Device Setups (Configuración de Dispositivo)” que abre la venta MGCPlus Assistant para modificar la configuración interna del equipo de adquisición y verificar que los sensores estén entregando una información válida.

Define los parámetros de acondicionamiento de la señal

Define parámetros para galgas extensométricas

2Click

Click

Click

Click

Click

Define las características de entrada

Define el tipo de circuito del transductor

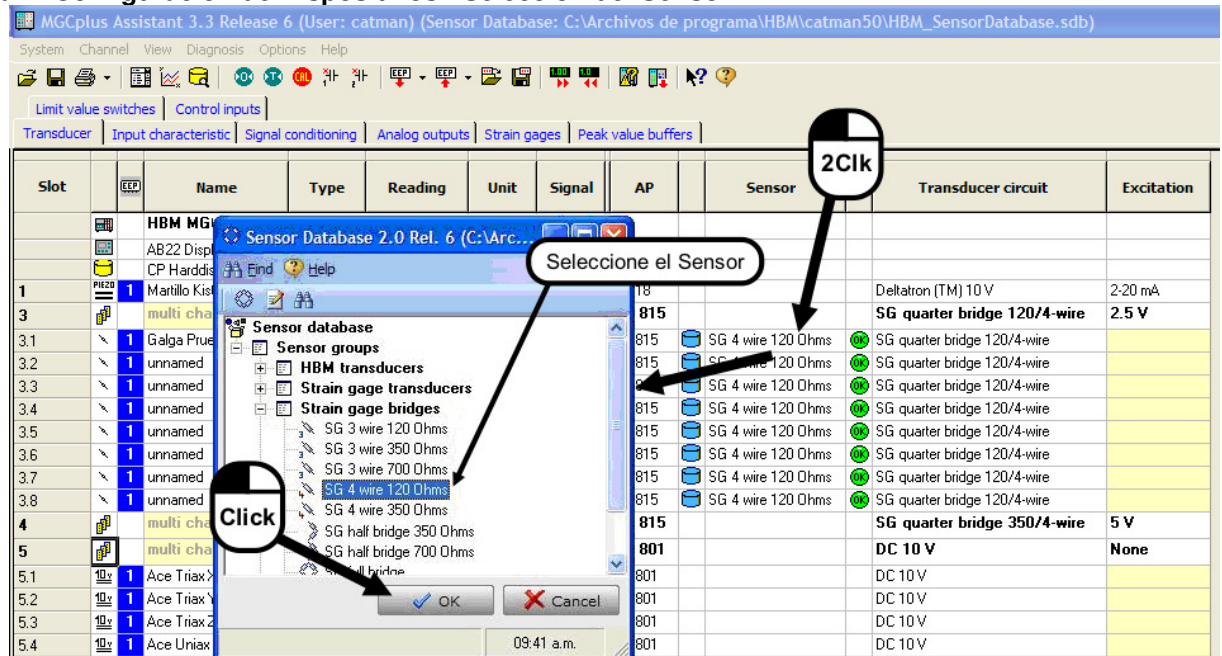
Lectura en verde cuando el sensor entrega valores válidos

Slot	Name	Type	Reading	Unit	Signal	Phys. Unit	Zero electr.
	HBM MGCplus device 1 CP42 (HBM.CP42.0.P4.36)						
	AB22 Display and Control Unit not mounted						
	CP Harddisk not mounted						
2	Acelerometro Kistler	ML10	-0.153	m/s ²	Net	m/s ²	0,000 V IN
	multi channel modu	ML801		µm/m	Net	%	0,000 µm/m
3	1 Galga Prueba 120 Ohm	ML801	6.567	µm/m	Net	%	0,000 µm/m
3	1 unnamed	ML801	-69904.480	µm/m	Net	%	0,000 µm/m
3	1 unnamed	ML801	-69899.620	µm/m	Net	%	0,000 µm/m
4	1 unnamed	ML801	30	µm/m	Net	%	0,000 µm/m
5	1 unnamed	ML801	30	µm/m	Net	%	0,000 µm/m
6	1 unnamed	ML801	-69902.930	µm/m	Net	%	0,000 µm/m
6	1 unnamed	ML801	-69902.930	µm/m	Net	%	0,000 µm/m
6	1 unnamed	ML801	-69902.930	µm/m	Net	%	0,000 µm/m
5	1 multi channel modu	ML801		m/s ²	Net	m/s ²	0,000 V IN
5.1	1 Ace Triax X Kistler	ML801	0.041	m/s ²	Net	m/s ²	0,000 V IN
	1	ML801	0.000	m/s ²	Net	m/s ²	0,000 V IN
	1	ML801	0.002	m/s ²	Net	m/s ²	0,000 V IN
	1	ML801	-0.009	m/s ²	Net	m/s ²	0,000 V IN
5.5	1 unnamed	ML801	0.005	%	Net	%	0,000 V IN

Configuración de los parámetros para cada sensor

Para configurar el canal de un sensor que se encuentre en la base de datos del catman®, haga doble click en la casilla que se encuentra al frente del sensor en la columna “Sensor” de la pestaña “Transducer” (Transductor). Esto abre el mismo cuadro de dialogo Base de Datos del catman® que se observo en la sección de configuración de entradas y salidas. Seleccione el sensor adecuado de la base de datos y presione “OK”.

Figura 1: Configuración de Dispositivos - Selección del Sensor



Las siguientes tablas muestran el valor de los diferentes parámetros para configurar los diferentes sensores que se encuentran en el Laboratorio de Mecánica Experimental de la Universidad EAFIT, y que no se encuentran en la Base de Datos de Sensores del catman®.

Para cambiar la configuración de cada una de las casillas haga click o doble click según sea el caso para cambiar cada uno de los parámetros en cada una de las pestañas, y seleccione o escriba el valor adecuado.

MARTILLO DE IMPULSO DE FUERZA KISTLER 9726A20000

Transducer							
Name	Type	AP	Unit	Signal	Sensor	Transducer Circuit	Excitation
Martillo Kistler 9726A20000	ML10	AP18	N	Net		Deltatron™ 10V	2-20mA
Martillo Kistler 9726A20000	ML801	AP801	N	Net		DC10V	

Input Characteristics							
Name	Type	AP	Phys. Unit	Zero Elec	Zero Phys	Sensitivity	Span
Martillo Kistler 9726A20000	ML10	AP18	N	0,000 V IN	0,000 N	4,000 V IN	20000 N
Martillo Kistler 9726A20000	ML801	AP801	N	0,000 V IN	0,000 N	4,000 V IN	20000 N

Signal Conditioning							
Name	Type	AP		Filter	Frecuency		
Martillo Kistler 9726A20000	ML10	AP18		Bessel	100 Hz		
Martillo Kistler 9726A20000	ML801	AP801		Bessel	20 Hz		

ACELERÓMETRO UNIAXIAL KISTLER 8704B50M1

Transducer							
Name	Type	AP	Unit	Signal	Sensor	Transducer Circuit	Excitation
Acel. Uniaxial 8704B50M1	ML10	AP18	m/s ²	Net		Deltatron™ 10V	2-20mA
Acel. Uniaxial 8704B50M1	ML801	AP801	m/s ²	Net		DC10V	None

Input Characteristics							
Name	Type	AP	Phys. Unit	Zero Elec	Zero Phys	Sensitivity	Span
Acel. Uniaxial 8704B50M1	ML10	AP18	m/s ²	0,000 V IN	0,000 N	5,000 V IN	490 m/s ²
Acel. Uniaxial 8704B50M1	ML801	AP801	m/s ²	0,000 V IN	0,000 N	5,000 V IN	490 m/s ²

Signal Conditioning							
Name	Type	AP		Filter	Frecuency		
Acel. Uniaxial 8704B50M1	ML10	AP18		Bessel	100 Hz		
Acel. Uniaxial 8704B50M1	ML801	AP801		Bessel	20 Hz		

ACELERÓMETRO TRIAXIAL KISTLER 8393A10

Transducer							
Name	Type	AP	Unit	Signal	Sensor	Transducer Circuit	Excitation
Acel Triaxial X Kistler	ML801	AP801	m/s ²	Net		DC10V	None
Acel Triaxial Y Kistler	ML801	AP801	m/s ²	Net		DC10V	None
Acel Triaxial Z Kistler	ML801	AP801	m/s ²	Net		DC10V	None

Input Characteristics							
Name	Type	AP	Phys. Unit	Zero Elec	Zero Phys	Sensitivity	Span
Acel Triaxial X Kistler	ML801	AP801	m/s ²	0,000 V IN	0,000 N	2,000 V IN	98,2 m/s ²
Acel Triaxial Y Kistler	ML801	AP801	m/s ²	0,000 V IN	0,000 N	2,000 V IN	98,2 m/s ²
Acel Triaxial Z Kistler	ML801	AP801	m/s ²	0,000 V IN	0,000 N	2,000 V IN	98,2 m/s ²

Signal Conditioning							
Name	Type	AP		Filter	Frecuency		
Acel Triaxial X Kistler	ML801	AP801		Bessel	20 Hz		
Acel Triaxial Y Kistler	ML801	AP801		Bessel	20 Hz		
Acel Triaxial Z Kistler	ML801	AP801		Bessel	20 Hz		

GALGAS EXTENSOMÉTRICAS

Las galgas extensométricas tienen una variedad de características y tipos de configuración muy amplia. Por ello en esta sección no es posible definir de manera completa los parámetros de configuración. A continuación se dan algunas pautas generales de configuración, y algunos de los parámetros que deben ser configurados.

Las galgas extensométricas se conectan al equipo MGC Plus por medio del conjunto ML801B-AP815i (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Para las galgas extensométricas seleccione, en la pestaña Transducer (Transductor), el tipo de Transducer Circuit (Circuito del Transductor) de acuerdo a la configuración de puente, el tipo de cableado y la resistencia de las galgas.

En la pestaña Transducer haga doble click en la casilla de la columna Sensor (ver Figura 1) al frente del canal que se desee configurar.

Seleccione las características de la galga que se quiera conectar al canal de la base de datos de sensores del catman®. En la ventana “Sensor Database (Base de Datos de Sensores)” vaya a “Sensor groups (Grupos de sensores) – Strain gages bridges (Puentes para galgas extensométricas)” y seleccione el tipo de puente y la resistencia nominal de la galga. Presione “OK”.

En la columna “Unit” seleccione las unidades por defecto de las galgas, es decir $\mu\text{m}/\text{m}$. Estas unidades son las que utiliza el CATMAN para las conversiones por lo que solo se deben cambiar si se va a crear una escala única para la medición.

Transductor							
Name	Type	AP	Unit	Signal	Sensor	Transducer Circuit	Excitation
Galga Extensométrica	ML801	AP815	%	Net	SG 4 wire 120 Ω	SG ¼B 120 Ω 4wire	5 - 2,5 - 1 - 0,5

Input Characteristics							
Name	Type	AP	Phys. Unit	Zero Elec	Zero Phys	Sensitivity	Span
Galga Extensométrica	ML801	AP815	%	0,000 $\mu\text{m}/\text{m}$	0,000 %	4000 $\mu\text{m}/\text{m}$	4000 %


Signal Conditioning							
Name	Type	AP		Filter	Frecuency		
Galga Extensométrica	ML801	AP815		Bessel	5 Hz		

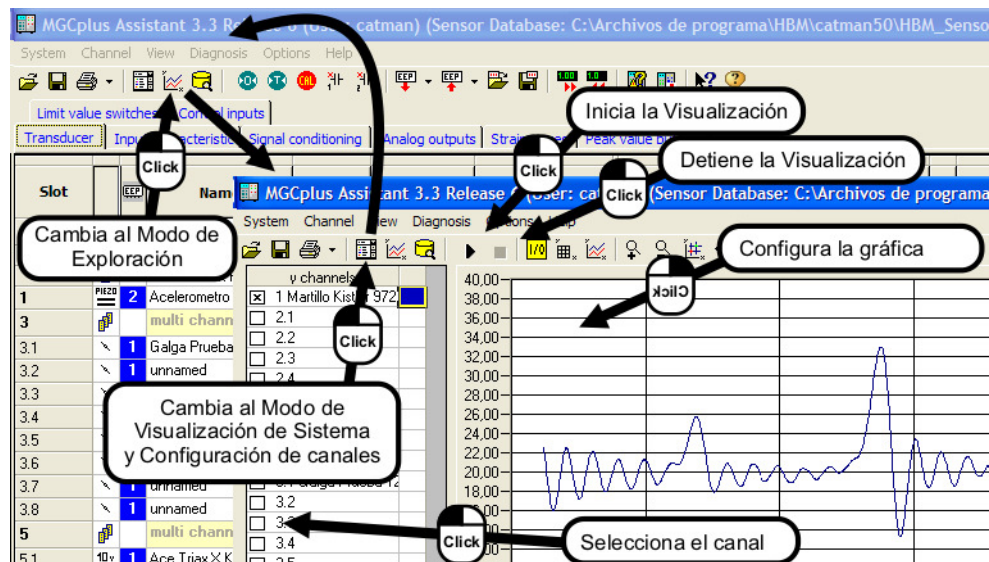
Escriba en la pestaña Strain Gages (Galgas Extensométricas) el k-Factor (factor k de la galga), y el Bridge Factor (Factor del puente) dependiendo del tipo de galga y configuración de puente que se este conectando a dicho sub-canal.


						Strain Gages
Name	Type	AP	Strain Gages	k-Factor	Bridge Factor	Shunt
Galga Extensométrica	ML801	AP815		2	1	Selec.

Verificación de estado de los canales

Verifique que los sensores con los que se va a realizar la medición estén entregando mediciones válidas. Para ello estimule el sensor con valores conocidos mediante calibradores o patrones y observe si las mediciones son correctas. Usted puede visualizar de manera gráfica la información que esta registrando el equipo MGC Plus. Esto permite verificar, además de la validez del valor de medición, si el comportamiento del sensor en el tiempo es adecuado. Esto es muy útil para identificar problemas del sensor o de fallas en el cableado, ya que permite visualizar en el tiempo cambios bruscos en la señal que pueden ser resultado de cables defectuosos o problemas en los contactos de las conexiones.

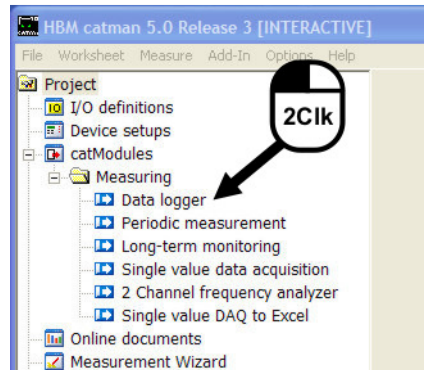
Para pasar al modo Scope (Modo de exploración) haga click en el icono  (Scope Mode). La pantalla cambia a modo de visualización y la barra de iconos cambia a los iconos correspondientes.



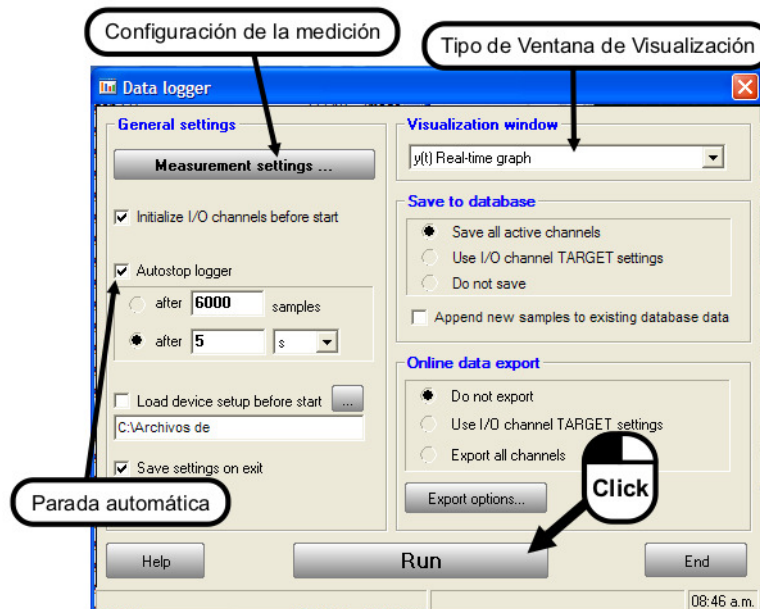
Seleccione en la parte izquierda el canal que desea visualizar, y haga click en el icono  para iniciar la visualización de la señal en tiempo real. Si desea configurar los parámetros de visualización haga click derecho sobre el área de visualización y defina los parámetros que sean necesarios para adaptar la visualización a sus necesidades. Para información adicional sobre el manejo de este modulo consulte el documento [“catman Manual de Operación \(Ingles\) B0528.pdf”](#)

Adquisición de Datos

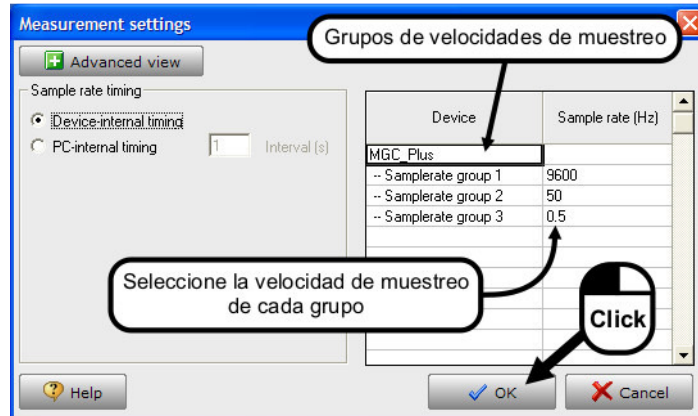
Luego de configurar los canales, cierre la hoja “Device Setups (Configuración de Dispositivo)” y abra en la hoja “catModules (Modulos del Catman)”, en “Measuring (Medición) el “Data logger (Registrador de datos)”, tal y como se observa en la figura.



Los parámetros de medición pueden ser establecidos en la ventana de configuración del Data logger (Registrador de Datos). Se debe verificar que este seleccionado en el cuadro Visualization Window (Ventana de Visualización) la opción de visualización “y(t) Real-time graph (y(t) Gráfica en tiempo real)”. Si se habilita la opción Autostop logger (Parada Automática del Registrador) se puede configurar el equipo para que se detenga automáticamente después de un tiempo determinado o después de un número determinado de muestras.




Oprimiendo el botón Measurement settings...(Configuraciones de Medición...) se puede también configurar la velocidad de muestreo de acuerdo a las necesidades de la medición. Recuerde que el grupo 1 debe tener la velocidad de muestreo mas alta para evitar problemas en los tiempos de adquisición cuando se selecciona la opción “Autostop logger” (Parada automática del registro).



Acepte las configuraciones de la medición presionando “Ok”.

Acepte la configuración del Registrador de Datos (Data Logger) presionando el botón “Run”


detener la adquisición presione el botón  Stop data adquisición (Detener la adquisición de datos) o presione la tecla F5.

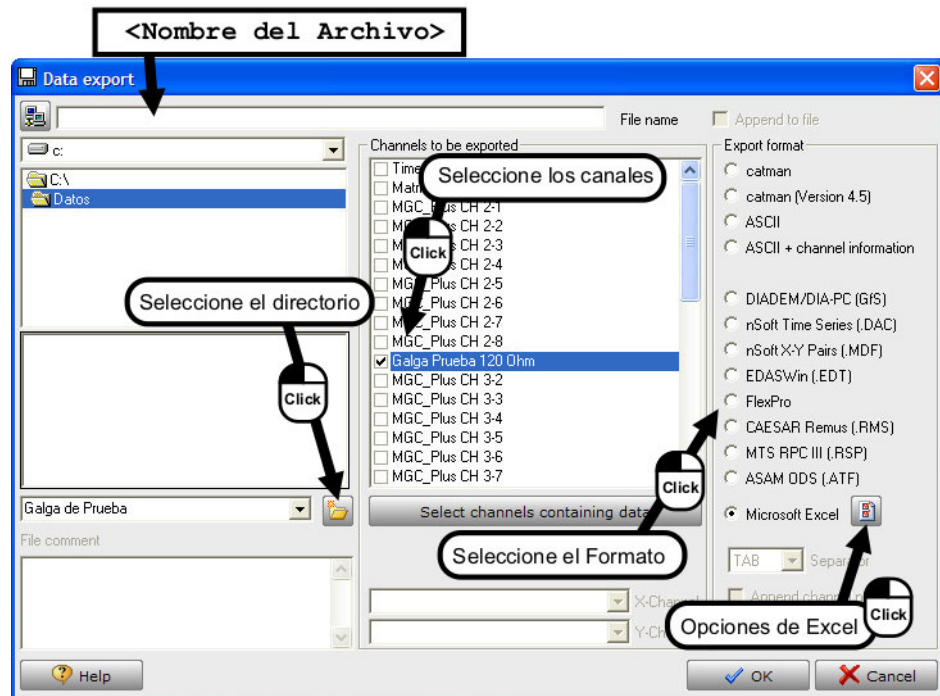
El eje Y de la gráfica se escala automáticamente. Para desactivar esta opción haga doble clic sobre este eje y desactive la opción “Autoscale (Autoescala)” y defina los valores fijos para los ejes. El eje del tiempo (x) se define mediante las opciones que se encuentran en la etiqueta “Real-Time” del cuadro de dialogo que aparece al hacer clic derecho sobre el eje X(Tiempo) y seleccionar el menú “Configure object...(Configurar Objeto...)”.

Cuando finaliza el registro de datos, el programa pregunta si desea guardar los datos de la medición. Si quiere guardar los datos de manera permanente presione el botón “Yes”, o si prefiere analizar primero la información, presione el botón “No”.



Si prefiere analizar los datos cuando termine la medición, puede guardarlos posteriormente.

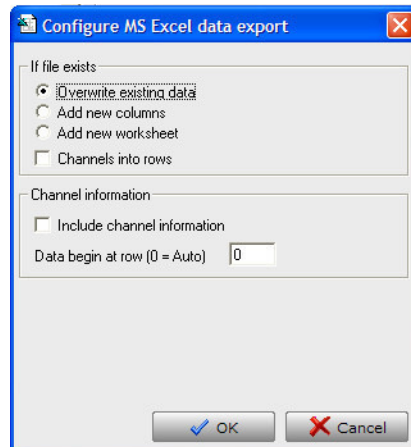
Para esto haga clic sobre el icono  de la barra de herramientas. Esto abre la ventana “Data export (Exportar datos)” en donde se puede seleccionar el directorio de destino, los canales que se desean guardar y el tipo de formato en el que se desea guardar la información. El formato de por defecto es el binario (este formato almacena los datos con toda la resolución, sin perdida de información).



Presione “Ok” para exportar los datos.

Si selecciona el formato Microsoft Excel puede definir las opciones que definen como y de que manera se guarda la información, así:

- Overwrite existing data - Sobre escribir datos existentes.
- Add new columns - Adicionar nuevas columnas
- Add new worksheet - Adicionar una hoja de trabajo nueva
- Channels into rows - Almacena la información de cada canal por filas.
- Include channel information - Incluir información de los canales.
- Data begin at row # - Colocar los datos a partir de la columna #



Presione "OK" para aceptar las opciones de excel.