



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN

AUTORES: VACA ANCHATUÑA HENRY GEOVANNY  
VILLARROEL HERRERA WALTER JAVIER

TEMA: DETECCIÓN DE VACÍOS PARA LA ELABORACIÓN DE  
MECHA DE PÓLVORA DE LA EMPRESA “EXPLOCEN”  
PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO

DIRECTOR: ING. PRUNA, EDWIN  
CODIRECTOR: ING. ÁVILA, GALO

LATACUNGA, AGOSTO DEL 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**CERTIFICACIÓN**

Ing. Edwin Pruna (Director)

Ing. Galo Ávila (Codirector)

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “DETECCIÓN DE VACÍO PARA LA ELABORACIÓN DE MECHA LENTA DE PÓLVORA DE LA EMPRESA “EXPLOCEN” PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO” realizado por los señores estudiantes: Vaca Anchatuña Henry Geovanny y Villarroel Herrera Walter Javier, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF). Autorizan a los señores: Vaca Anchatuña Henry Geovanny y Villarroel Herrera Walter Javier que lo entregue a la Ing. Nancy Guerrón en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Agosto del 2014.

---

Ing. Edwin Pruna  
DIRECTOR

---

Ing. Galo Ávila  
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

## **AUDITORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, VACA ANCHATUÑA HENRY GEOVANNY,  
VILLARROEL HERRERA WALTER JAVIER,

### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “DETECCIÓN DE VACÍO PARA LA ELABORACIÓN DE MECHA LENTA DE PÓLVORA DE LA EMPRESA “EXPLOCEN” PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Agosto del 2014.

---

Vaca Anchatuña Henry Geovanny

C.C: 0503376352

---

Villarroel Herrera Walter Javier

C.C: 0503108318

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, VACA ANCHATUÑA HENRY GEOVANNY,  
VILLARROEL HERRERA WALTER JAVIER,

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo, “DETECCIÓN DE VACÍO PARA LA ELABORACIÓN DE MECHA LENTA DE PÓLVORA LA EMPRESA “EXPLOCEN” PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2014.

---

Vaca Anchatuña Henry Geovanny

C.C: 0503376352

---

Villarroel Herrera Walter Javier

C.C: 0503108318

## DEDICATORIA

*Dedicado para nuestro creador, nuestro Padre Dios y la Virgen María que con su amor me iluminaron para seguir el sendero del bien.*

*Y tan grande es su amor que me obsequió a mis padres, Elena y Oswaldo, a quienes con mucho amor dedico este trabajo, que significa el fruto de su esfuerzo, de su amor, del aliento que cada día supieron dar a mi vida, que me enseñaron a nunca rendirme, a siempre ser humilde sobre todas las cosas, a siempre hacer lo correcto y hoy me dejan una gran herencia llena de valores.*

*A mis hermanos para nunca se rindan, siempre luchen por salir adelante, por cada día avanzar un escalón más en el pasaje de la vida.*

*A toda mi familia que en aquellos momentos de aflicción y de dolor supieron apoyarme de gran manera, supieron darme un buen consejo, me brindaron una mano para salir adelante.*

*Henry*

*En los últimos pasos para culminar mi camino Universitario; dedico la presente monografía con cariño sincero:*

*A mis padres, hermanos y familiares como símbolo de amor y gratitud por su apoyo incondicional.*

*A mis maestros y a toda la Familia de este prestigioso establecimiento en reconocimiento a su valiosa guía y amistad brindada.*

*A la vida y a mis sueños juveniles, a todos los fracasos y victorias, a todas las risas y llantos; experimentados hasta esta parte de mi camino por la vida.*

*A Dios por permitirme gozar de su más maravilloso don y hacerme libres.*

*Walter*

## AGRADECIMIENTO

*"El triunfo no está en vencer siempre, sino en nunca desanimarse"*

*- Napoleón*

*Un profundo agradecimiento a nuestro Dios, quien nos da la vida y la vida a nuestros padres y siempre nos tiene en su regazo con salud y fuerzas para salir adelante.*

*A nuestros padres que con su esfuerzo y apoyo diario hicieron que nuestras fuerzas nunca decaigan, nos brindan siempre todo su amor y este es el fruto de aquel esfuerzo. Y a nuestras familias que siempre nos dieron su apoyo y que esto sirva de ejemplo para las generaciones futuras.*

*A los señores representantes de la empresa "EXPLOCEN", a los jefes de mantenimiento eléctrico y mecánico, que nos guiaron todo el tiempo en la correcta elaboración de este proyecto y porque nos facilitaron las instalaciones para desarrollar el mismo.*

*A los señores docentes de la carrera, que supieron transmitir su vasto conocimiento tanto en ciencia como en valores haciendo de nosotros personas con una moral fuerte.*

*También un profundo agradecimiento a nuestros asesores de tesis, Ing. Edwin Pruna e Ing. Galo Ávila, a quienes respetamos y estimamos por su ayuda, paciencia, optimismo y colaboración que nos han brindado para culminar con éxito nuestra más anhelada meta.*

*A todos nuestros compañeros con los cuales se compartieron muchas cosas en las aulas de clases, y de quienes se aprendió muchísimo, convirtiéndose en nuestra familia.*

*Henry*

*Walter*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUDITORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
INDICE DE TABLAS.....	xv
INDICE DE ECUACIONES.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
CAPÍTULO 1 .....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. Características de la pólvora.....	1
1.2. Mecha lenta de seguridad .....	2
1.2.1. Especificaciones técnicas de la mecha lenta de pólvora .....	2
1.2.2. Normas de seguridad.....	3
1.3. Sensor de desplazamiento LDVT.....	4
1.4. Galga extensiométrica .....	5
1.4.1. Puente de Wheatstone .....	6
1.4.2. Acondicionamiento de una galga extensiométrica .....	7
1.5. Sensores inductivos .....	9
1.5.1. Principio de funcionamiento.....	10
1.5.2. Sensores inductivos blindados y no blindados .....	11

1.6.	LabVIEW y la NI Single-Board RIO 9631 .....	13
1.6.1.	Introducción .....	13
1.6.2.	Filosofía de LabVIEW .....	13
1.6.3.	Panel frontal.....	14
1.6.4.	Measurement & Automation Explorer (Max) .....	15
1.6.5.	NI Single-board RIO 9631 .....	17
a)	Ventajas de usar NI Single-Board RIO.....	20
b)	Configurar la NI Single-Board RIO 9631 en un proyecto. ....	25
CAPÍTULO 2.....		31
Diseño e implementación del sistema .....		31
2.1	Introducción .....	31
2.2	Descripción del sistema.....	31
2.3	DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA .....	32
2.3.1	Sensor inductivo tipo Namur.....	32
2.3.2	Sensor tipo galga extensiométrica.....	33
2.3.3	Acondicionamiento de señal de la galga extensiométrica.....	33
2.3.4	Acondicionamiento de la señal de 0 a 5 VDC.....	37
2.3.5	Circuito de disparo de relé de la galga.....	39
2.3.6	Acondicionamiento del sensor inductivo .....	40
2.3.7	Diseño de las placas de circuito impreso PCB .....	41
a)	Diseño del circuito impreso del control del sensor inductivo .....	43
b)	Diseño del circuito impreso del control de la galga extensiométrica .....	48
2.3.8	Esquema de implementación al proceso de la empresa Explocen .....	53
2.4	ADQUISIÓN DE DATOS EN LA TARJETA SB-RIO 9631 .....	55
2.4.1	Configuración de la dirección IP de la PC .....	55
2.4.2	Configuración de la dirección IP de la tarjeta Sb-rio 9631 .....	56



2.4.3	Configuración de los puertos de entrada analógica.....	59
2.4.4	Programar la FPGA de la NI Single-Board RIO.....	60
2.5	DISEÑO DEL HMI .....	65
2.5.1	Diseño del algoritmo.....	66
2.5.2	Registro en el archivo de la tarjeta.....	71
2.5.3	Borrar datos del archivo polvora.txt .....	75
2.5.4	Diagrama de bloques final del HMI .....	76
2.5.5	Panel frontal final del HMI .....	78
CAPÍTULO 3.....		79
Prueba y análisis de resultados.....		79
3.1	Generalidades .....	79
3.2	Pruebas experimentales .....	79
3.2.1	Pruebas con mecha llena .....	79
3.2.2	Pruebas con mecha llena y papel roto .....	80
3.2.3	Pruebas con mecha llena e hilos rotos .....	82
3.2.4	Prueba de registro en el archivo de la Sb-rio 9631 .....	89
3.2.5	Prueba de visualización en tiempo real.....	91
3.2.6	Borrado del historial de la memoria de la tarjeta .....	92
4	Análisis de resultados .....	94
CAPÍTULO 4.....		94
Conclusiones y recomendaciones.....		95
4.1	Conclusiones .....	95
4.2	Recomendaciones.....	98
BIBLIOGRAFÍA.....		100
ANEXOS.....		102

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1.1: Estado final de la mecha lenta de pólvora .....	2
Figura 1.2: Sensor de desplazamiento LVDT .....	4
Figura 1.3: Composición interna de un LVDT.....	5
Figura 1.4: Galga extensiométrica montada sobre una superficie metálica .....	6
Figura 1.5: Configuración de un Puente de Wheatstone.....	7
Figura 1.6: Puente con una galga extensiométrica .....	8
Figura 1.7: Puente con una galga extensiométrica .....	8
Figura 1.8: Puente con una galga extensiométrica .....	9
Figura 1.9: Sensor inductivo.....	10
Figura 1.10: Principio de funcionamiento de un sensor inductivo .....	10
Figura 1.11: Sensor inductivo blindado .....	11
Figura 1.12: Dirección de radiación del campo magnético.....	12
Figura 1.13: Sensor inductivo no blindado .....	12
Figura 1.14: Dirección de radiación del campo magnético.....	12
Figura 1.15: Panel frontal de LabVIEW .....	15
Figura 1.16: Interfaz de la herramienta de LabVIEW .....	16
Figura 1.17: Ventana principal de MAX.....	17
Figura 1.18: HMI implementado en Labview .....	18
Figura 1.19: Módulo Real-Time de LabVIEW .....	19
Figura 1.20: Módulo FPGA de LabVIEW.....	20
Figura 1.21: Conexión analógica en modo diferencial .....	23
Figura 1.22: Conexión analógica en modo RSE .....	23
Figura 1.23: Conexión analógica en modo NRSE .....	24

Figura 1.24: Agregar la NI Single-Board a un proyecto .....	25
Figura 1.25: detección y selección de la tarjeta .....	26
Figura 1.26: Entradas y salidas de la tarjeta NI Single-Board RIO 9631 .....	27
Figura 1.27: Paleta de controles de LabVIEW en modo FPGA.....	28
Figura 1.28: Paleta de funciones de LabVIEW en modo FPGA.....	28
Figura 1.29: VI's para la programación de la NI Single-Board RIO 9631 .....	29
Figura 1.30: VI's para realizar un análisis espectral de señales.....	30

## **CAPÍTULO II**

Figura 2.1: Diagrama de bloques del sistema de detección de vacíos .....	31
Figura 2.2: Sensor inductivo tipo Namur .....	33
Figura 2.3: Sensor tipo galga extensiométrica .....	33
Figura 2.4: Galga extensiométrica a tres hilos .....	34
Figura 2.5: Configuración del Wheatstone a Medio Puente .....	34
Figura 2.6: Amplificador de instrumentación.....	35
Figura 2.7: Acondicionamiento de señal de la galga extensiométrica.....	38
Figura 2.8: Circuito de disparo de relé de la galga .....	39
Figura 2.9: Acondicionamiento del sensor inductivo .....	40
Figura 2.10: Diagramas de bloques del acondicionamiento de señal .....	41
Figura 2.11: Diseño electrónico inductivo y enlace a ARES .....	42
Figura 2.12: Enlace entre componentes.....	43
Figura 2.13: Diagrama de circuito impreso y elementos.....	44
Figura 2.14: Diagrama de circuito impreso .....	44
Figura 2.15: Impresión en modo Mirror del diseño de los elementos.....	45
Figura 2.16: Componentes en PCB del sensor inductivo .....	45
Figura 2.17: Diagrama de elementos en 3D.....	47

Figura 2.18: Diagrama de pistas en 3D.....	47
Figura 2.19: Diseño electrónico de la galga extensiométrica.....	48
Figura 2.20: Diagrama de circuito impreso .....	49
Figura 2.21: Impresión en modo Mirror del diseño de los elementos.....	49
Figura 2.22: Componentes en PCB de la galga extensiométrica.....	50
Figura 2.23: Diagrama de circuito impreso y elementos.....	50
Figura 2.24: Diagrama de elementos en 3D .....	52
Figura 2.25: Diagrama de pistas en 3D.....	52
Figura 2.26: Esquema eléctrico de implementación del sistema al proceso.....	53
Figura 2.27: Direccionamiento de la PC.....	55
Figura 2.28: Agregar un dispositivo remoto .....	56
Figura 2.29: Selección del método de comunicación.....	56
Figura 2.30: Ingreso de la dirección IP de la tarjeta .....	57
Figura 2.31: Configuración del sistema .....	58
Figura 2.32: Configuración de parámetros de la red .....	58
Figura 2.33: Propiedades del módulo analógico de la sb-rio 9631 .....	59
Figura 2.34: Configuración del rango de entrada de puerto AI26 .....	60
Figura 2.35: Configuración de Modo de entrada del canal analógico .....	60
Figura 2.36: Crear VI para programar la NI Single-Board RIO 9631 .....	61
Figura 2.37: Adquisición de datos de la sb-rio 9631 .....	62
Figura 2.38: Instrumento virtual para utilizar un recurso de la tarjeta.....	62
Figura 2.39: Pasos para compilar el VI de la FPGA.....	63
Figura 2.40: Propiedades de la compilación.....	64
Figura 2.41: Selección de los archivos a compilar.....	65
Figura 2.42: Creación de VI en la tarjeta.....	66
Figura 2.43: FPGA Open VI Reference.....	66

Figura 2.44: Configurar FPGA Open VI Reference .....	67
Figura 2.45: Opciones para configurar la referencia de la tarjeta .....	67
Figura 2.46: Selección de los archivos de referencia de la fpga .....	69
Figura 2.47: Read/Write Control .....	69
Figura 2.48: Variables disponibles de la fpga.....	70
Figura 2.49: Selección de variables y comparación .....	71
Figura 2.50: Caso falso en el sistema de detección de vacíos.....	72
Figura 2.51: Caso verdadero.....	72
Figura 2.52: Obtención de fecha y hora .....	73
Figura 2.53: Escritura en variables locales .....	74
Figura 2.54: Escritura en archivo de la memoria .....	75
Figura 2.55: Creación del archivo polvora.txt .....	76
Figura 2.56: Escritura de títulos en el archivo polvora.txt.....	76
Figura 2.57: Diagrama de bloques del HMI del sistema implementado.....	77
Figura 2.58: Panel Frontal del HMI del sistema .....	78

### **CAPÍTULO III**

Figura 3.1: Medición de la mecha en condiciones normales .....	80
Figura 3.2: Puntos de medición de salida proceso y set point.....	80
Figura 3.3: Puntos sensibles a la rotura de papel.....	81
Figura 3.4: Rotura de papel en la elaboración de la mecha de pólvora.....	81
Figura 3.5: Sección donde empieza con menos papel la mecha de pólvora .....	81
Figura 3.6: Punto diferenciando mecha con hilos rotos .....	82
Figura 3.7: indicadores luminosos en mecha llena y vacía .....	82
Figura 3.8: Visualización en tiempo real con mecha llena.....	88
Figura 3.9: Visualización en tiempo real con mecha vacía .....	88

Figura 3.10: Mecha de pólvora con menos papel .....	89
Figura 3.12: Acceso a la memoria de la tarjeta .....	90
Figura 3.13: Índice general de la memoria de la tarjeta .....	90
Figura 3.14: Vacíos registrados en la DAQ .....	91
Figura 3.15: Conexión de la tarjeta SB RIO al proyecto .....	91
Figura 3.16: Ejecución del programa de real time .....	92
Figura 3.17: Control para borrar el historial de la memoria .....	93
Figura 3.18: Historial borrado de la tarjeta .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I

Tabla 1.1: Características finales de la mecha lenta de pólvora .....	3
Tabla 1.2: Canales de entrada en modo diferencial.....	22

### CAPÍTULO II

Tabla 2.1: Descripción de terminales de la PCB.....	46
Tabla 2. 2: Descripción de terminales de la PCB.....	51
Tabla 2. 3: Descripción de conexión del contact block .....	54

### CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Día 25 de junio del 2014 – Sensor inductivo .....	83
Tabla 3.2: Día 11 de julio del 2014 – Sensor inductivo .....	84
Tabla 3.3: Día 16 de julio del 2014 – Sensor inductivo .....	85
Tabla 3.4: Día 02 de agosto del 2014 – Sensor inductivo.....	86
Tabla 3.5: Día 25 de junio del 2014 – Galga extensiométrica.....	86
Tabla 3.6: Día 11 de julio del 2014 – Galga extensiométrica.....	87
Tabla 3.7: Día 16 de julio del 2014 – Galga extensiométrica.....	87
Tabla 3.8: Día 02 de agosto del 2014 – Galga extensiométrica .....	88
Tabla 3.9: Secuencia de indicadores luminosos .....	89

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 2.1: Cálculo de la ganancia del Amplificador de Instrumentación:.....	35
Ec. 2.2: Cálculo de la resistencia del amplificador de instrumentación.....	36
Ec. 2.3: Cálculo de la ganancia.....	36

## RESUMEN

El presente proyecto permite detectar los vacíos que se producen al momento de elaborar mecha lenta de pólvora. Por el nivel de peligrosidad que dicha tarea conlleva, se usa sensores diseñados para atmósferas explosivas. Dichos sensores miden la variación del diámetro de la mecha de pólvora mediante la aplicación de presión sobre la mecha para deformarla. En la tarjeta de control se adquieren los datos que generan los sensores y se comparan con un valor de diámetro deseado para generar una señal de alarma en caso de presentarse un vacío; además, el sistema consta de una tarjeta de adquisición de datos NI sb-rio 9631, la cual tiene como objetivo almacenar en un archivo de la memoria de la tarjeta, un historial completo de los eventos de falla ocurridos, indicando fecha y hora del evento y, además, adquirir las señales del proceso para poder visualizarlo en tiempo real en la PC y diagnosticar la producción y el sistema de control. La tarjeta DAQ sb-rio 9631 es una tarjeta de aplicación real time, que permite la comunicación con la PC mediante una red Ethernet y puede usarse para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP). Todos los detalles de dicho proyecto se encuentran en el presente trabajo escrito, además cuenta con todas las ayudas gráficas para su fácil comprensión.

Palabras claves: INGENIERÍA ELECTRÓNICA, SENSOR INDUCTIVO NAMUR, CELDAS DE CARGA, TARJETA SB-RIO 9631.



## ABSTRACT

This project detects the gaps that occur during making slow fuse of gunpowder. By the dangerous level that this task entails, it uses sensors designed for explosive atmospheres. The sensors measure the change in diameter of the fuse of gunpowder by application of pressure on the wick to cause a deform. The control board acquires the data generated by the sensors and are compared with a desired diameter value to generate an alarm signal in the event of gap; in addition, the system consists of a data acquisition card NI SB-RIO 9631, which the aims of the DAQ is the storage in a file of memory card, a complete history of failure events occurred, indicating date and time of the event and, also, acquire the process signals to display in the PC on real time and diagnose production and control system. The SB-RIO 9631 DAQ is a real-time application board, which allows the communication with the PC via Ethernet network and can be used to conduct programmatic communication in the integrated network and Web (HTTP) and file server (FTP). All details of the project are in this written work, plus all the graphic support for easy understanding.

Keywords: ELECTRONIC ENGINEERING, NAMUR INDUCTIVE SENSOR, LOAD CELLS, SB-RIO 9631 BOARD

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### DETECCIÓN DE VACÍO PARA LA ELABORACIÓN DE MECHA LENTA DE PÓLVORA DE LA EMPRESA “EXPLOCEN” PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO

#### 1.1. Características de la pólvora

La pólvora es una sustancia deflagrante utilizada principalmente como propulsor de proyectiles en las armas de fuego y con fines acústicos en los juegos pirotécnicos.

La pólvora fabricada es la denominada pólvora negra, que está compuesta de determinadas proporciones de carbón, azufre y nitrato de potasio. La más popular tiene 75% de nitrato de potasio, 15% de carbono y 10% de azufre (porcentajes en masa/masa). Actualmente se utiliza en pirotecnia y como propelente de proyectiles en armas antiguas.

La Pólvora Negra se emplea para aplicaciones específicas en donde son deseables acciones lentas de empuje.

Todas las pólvoras Negras son relativamente insensibles al choque, a la fricción y a la electricidad estática, sin embargo cualquier tratamiento que produzca una chispa o calor de suficiente temperatura y cantidad la encenderá.

## **1.2. Mecha lenta de seguridad**

Este accesorio consiste básicamente en un cordón compuesto por un núcleo central de pólvora negra, con diversas capas de fibras textiles y su parte externa de polietileno con color negro que permite conducir la chispa de manera continua y a velocidad uniforme.



Figura 1.1: Estado final de la mecha lenta de pólvora

### **1.2.1. Especificaciones técnicas de la mecha lenta de pólvora**

Las características intrínsecas de la mecha lenta de pólvora como producto final se tienen en la tabla que se indica a continuación.

Tabla 1.1: Características finales de la mecha lenta de pólvora

PARÁMETRO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Núcleo de Pólvora Negra	g/m	5.4
Tiempo de combustión	s/m	160
Alcance de chispa	mm	50 mínimo
Diámetro externo	mm	4.5
Peso por metro lineal	g/m	17.2

Fuente: Página Web EXPLOCEN  
 <[http://www.explocen.com.ec/descargas/mecha\\_seguridad.pdf](http://www.explocen.com.ec/descargas/mecha_seguridad.pdf)>

### 1.2.2. Normas de seguridad.

Los cuidados más frecuentes a considerar en el uso de la mecha son los siguientes:

- ❖ Solamente personas entrenadas, calificadas y autorizadas pueden manejar, utilizar y destruir explosivos.
- ❖ Nunca intente desarmar o extraer el contenido del producto.
- ❖ Antes de ingerir sus alimentos efectuar una adecuada higiene personal.

Manipulación y almacenamiento:

- ❖ La mecha de seguridad se almacenará solamente con productos compatibles.

- ❖ No almacenar explosivos junto con sustancias químicas corrosivas, volátiles, combustibles, ácidos y bases, ni elementos metálicos.
- ❖ El polvorín destinado para almacenar debe cumplir con todas las normas de seguridad establecidas. Debe tener un ambiente seco, fresco, limpio, ventilado y con descarga eléctrica a tierra.

### 1.3. Sensor de desplazamiento LDVT

El transformador diferencial de variación lineal (LVDT según sus siglas en inglés) es un tipo de transformador eléctrico utilizado para medir desplazamientos lineales, el cual posee un voltaje de salida de CA proporcional al desplazamiento de su núcleo que pasa a través de sus arrollamientos. Los LVDT's poseen una salida lineal para pequeños desplazamientos mientras el núcleo permanezca dentro del bobinado primario.



Figura 1.2: Sensor de desplazamiento LVDT

Los transductores de desplazamiento lineal son utilizados como componentes secundarios en sistemas de medición. Un cambio en una

magnitud física como la presión, fuerza, aceleración o la temperatura se traduce en un cambio de tensión.

A medida que el núcleo se mueve, la inductancia mutua cambia, causando que el voltaje inducido en el secundario cambie; como en cualquier transformador.

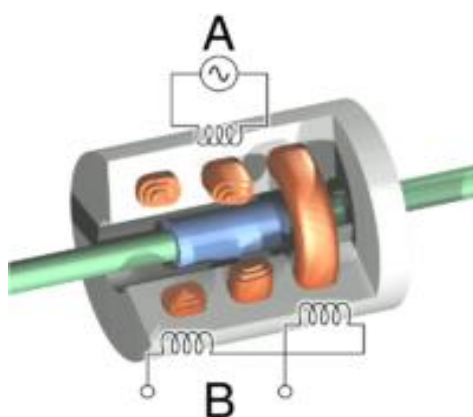


Figura 1.3: Composición interna de un LVDT

#### 1.4. Galga extensiométrica

Una galga extensiométrica es un dispositivo usado para medir la deformación (tensión) de un objeto. Las galgas se unen a los objetos mediante un adhesivo especializado. Mientras que el objeto está deformado, el patrón metálico está deformado, causando un cambio en su resistencia eléctrica. Este cambio de la resistencia, medido generalmente usando un puente de Wheatstone, es relacionado con la tensión por una cantidad conocida como el factor de la galga.

Es un sensor que ayuda en la medición de presión, carga, torque, posición, entre otras cosas, que está basado en el efecto piezorresistivo, el cual es la

propiedad que tienen ciertos materiales de cambiar el valor nominal de su resistencia cuando se le someten a ciertos esfuerzos y se deforman en dirección de los ejes mecánicos.

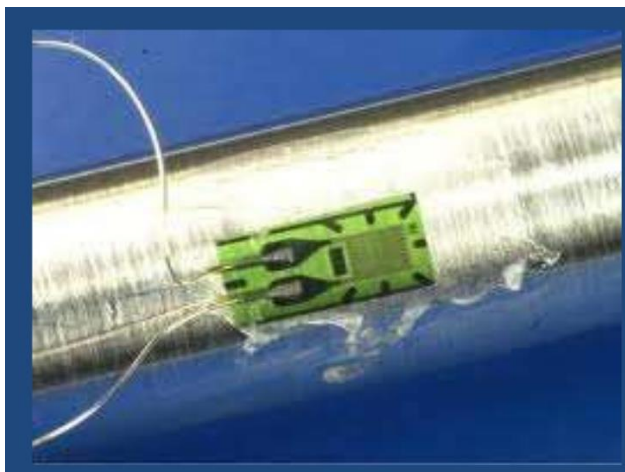


Figura 1.4: Galga extensiométrica montada sobre una superficie metálica

#### 1.4.1. Puente de Wheatstone

El puente de hilo o puente de Wheatstone (Figura 1.5) es un instrumento de gran precisión que puede operar en corriente continua o alterna y permite la medida tanto de resistencias óhmicas como de sus equivalentes en circuitos de corriente alterna en los que existen otros elementos como bobinas o condensadores (impedancias). Muchos instrumentos llevan un puente de Wheatstone incorporado, como por ejemplo medidores de presión (manómetros) en tecnología de vacío, circuitos resonantes (LCR) para detectar fenómenos como la resonancia paramagnética, etc.

Para determinar el valor de una resistencia eléctrica bastaría con colocar entre sus extremos una diferencia de potencial (V) y medir la intensidad que pasa por ella (I), pues de acuerdo con la **Ley de Ohm**,  $R=V/I$ .

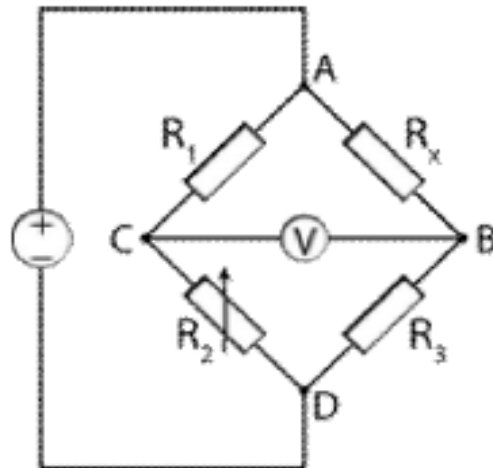


Figura 1.5: Configuración de un Puente de Wheatstone

#### 1.4.2. Acondicionamiento de una galga extensiométrica

Existen tres tipos de montajes básicos: con una, dos y cuatro galgas. La medida se suele realizar por deflexión, es decir midiendo la diferencia de tensión existente entre los terminales de salida del sensor.

Las principales diferencias de estos montajes se encuentran en la sensibilidad y la capacidad de compensación del efecto de temperatura. Cuando las galgas de iguales características coinciden, los efectos de la temperatura se anulan ya que las afectan a todas por igual.



### a. Puente de medida con una galga

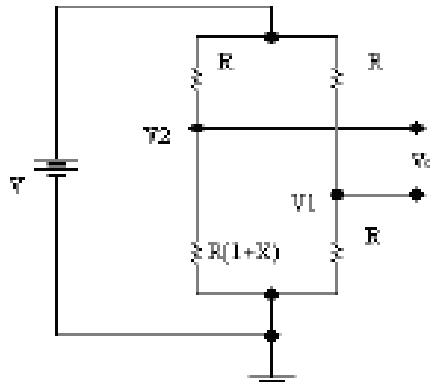


Figura 1.6: Puente con una galga extensiométrica

Este puente de medida se caracteriza por su baja sensibilidad. Por otro lado, al solo haber una galga esta configuración no se encuentra compensada en temperatura.

### b. Puente de medida con dos galgas (Medio puente)

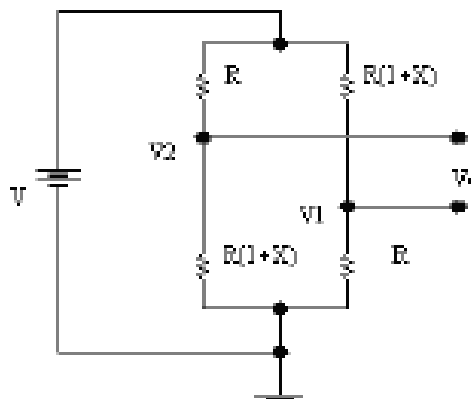


Figura 1.7: Puente con una galga extensiométrica

Debido a la utilización de dos galgas se consigue duplicar la sensibilidad del puente de medida con una galga. Esto permite que para una misma deformación tengamos una mayor señal de salida para una tensión de

alimentación dada. La disposición de las galgas permite la compensación en temperatura.

### c. Puente de medida con cuatro galgas (Puente completo)

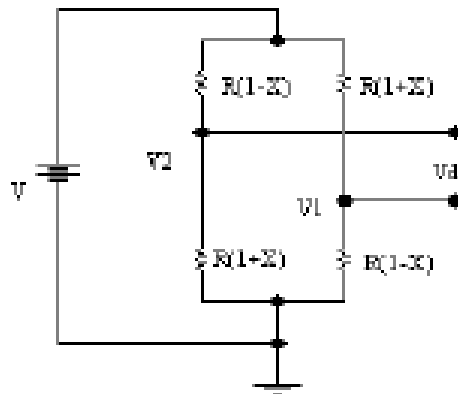


Figura 1.8: Puente con una galga extensiométrica

La utilización de cuatro galgas cuadruplica la sensibilidad del puente respecto al puente de una sola galga. De igual forma que en el caso anterior, las galgas están compensadas en temperatura.

## 1.5. Sensores inductivos

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Este tipo de sensor ignora objetos no metálicos.

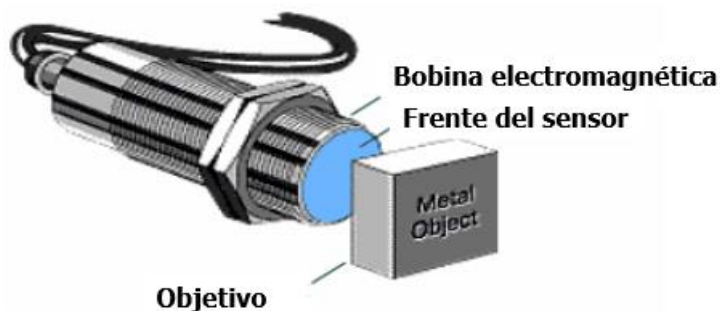


Figura 1.9: Sensor inductivo

### 1.5.1. Principio de funcionamiento

La bobina, o devanado, del sensor inductivo induce corrientes de Foucault en el material por detectar. Estas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en la inductancia de la misma. Esta reducción en la inductancia de la bobina interna del sensor trae aparejado una disminución en la impedancia de ésta.

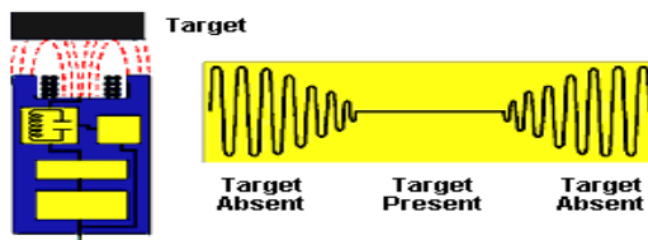


Figura 1.10: Principio de funcionamiento de un sensor inductivo

Esto aumenta la carga en el sensor, disminuyendo la amplitud del campo electromagnético. El circuito de disparo monitorea la amplitud del oscilador y a un nivel predeterminado, conmuta el estado de la salida del sensor.

Conforme el objetivo se aleja del sensor, la amplitud del oscilador aumenta. A un nivel predeterminado, el circuito de disparo conmuta el estado de la salida del sensor de nuevo a su condición normal.

### 1.5.2. Sensores inductivos blindados y no blindados

Los sensores de proximidad tienen bobinas enrolladas en núcleo de ferrita. Estas pueden ser blindadas o no blindadas. Los sensores no blindados generalmente tienen una mayor distancia de sensado que los sensores blindados.

#### a. Sensores blindados



Figura 1.11: Sensor inductivo blindado

El núcleo de ferrita concentra el campo radiado en la dirección del uso (Figura 1.12). Se le coloca alrededor del núcleo un anillo metálico para restringir la radiación lateral del campo.

Los sensores de proximidad blindados pueden ser montados al ras de metal, pero se recomienda dejar un espacio libre de metal abajo y alrededor de la superficie de sensado.

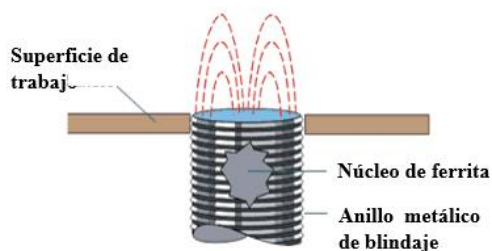


Figura 1.12: Dirección de radiación del campo magnético

b. Sensores no blindados

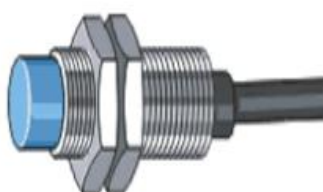


Figura 1.13: Sensor inductivo no blindado

Un sensor de proximidad no blindado no tiene el anillo de metal rodeando el núcleo para restringir la radiación lateral del campo.

Los sensores no blindados no pueden ser montados al ras de un metal. Estos deben tener un área libre de metal alrededor de la superficie de sentido.

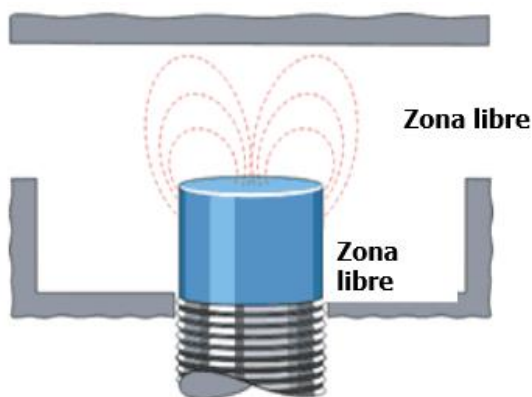


Figura 1.14: Dirección de radiación del campo magnético

## **1.6. LabVIEW y la NI Single-Board RIO 9631**

### **1.6.1. Introducción**

Labview (acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

A diferencia de los demás lenguajes de programación, todas las instrucciones vienen dadas por bloques de instrucciones mientras que en los lenguajes convencionales la lógica de la programación se la realiza mediante texto.

Otra característica de Labview es el flujo de datos, es decir; el movimiento de datos a través de los nodos determina el orden de ejecución de los VI's y las funciones en el diagrama de bloques.

### **1.6.2. Filosofía de LabVIEW**

LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, cada instrucción que realiza es muy parecido al instrumento de la vida real, por ello a todos los módulos creados con LabVIEW se les llama VI (Instrumento Virtual).

En LabVIEW se manejan dos conceptos básicos en el desarrollo de aplicaciones como son: el Front Panel (Panel Frontal) y el Block diagram (Diagrama de Bloque). El Panel Frontal es el interfaz que el usuario está

viendo y debe ser totalmente parecido al instrumento del cual se están recogiendo los datos, de esta manera el usuario sabe de manera precisa cual es el estado actual de dicho instrumento y los valores de las señales que se están midiendo, es decir; el instrumento virtual creado debe ser lo más intuitivo y amigable con el usuario. En el diagrama de bloques se realizan las conexiones de los distintos controles, variables y demás recursos que el instrumento virtual dispone. En esta parte se puede notar que el diagrama de bloques es lo más parecido al diagrama eléctrico de un circuito.

LabVIEW tiene la característica de descomposición modular ya que cualquier VI que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo que puede ser usado como un sub-VI dentro de otro VI. Esta peculiaridad podría compararse a la característica de procedimiento en los lenguajes de programación estructurada.

### **1.6.3. Panel frontal**

El panel frontal es la cara que el usuario ve y en la cual se orienta, por lo tanto debe ser muy intuitivo y amigable con el usuario, es decir; el panel frontal es lo más cercano al proceso real. Se construye con controles e indicadores, los cuales son las entradas y salidas interactivas del VI, respectivamente. Los controles pueden ser botones de mando, pulsadores, interruptores, diales u otros dispositivos de entrada. Los indicadores son gráficos, leds u otros dispositivos visualizadores. Los controles simulan los dispositivos de entrada y suministran datos al diagrama de bloques del VI. Los indicadores simulan los dispositivos de salida del instrumento y visualizan los datos que el diagrama de bloques adquiere o genera.

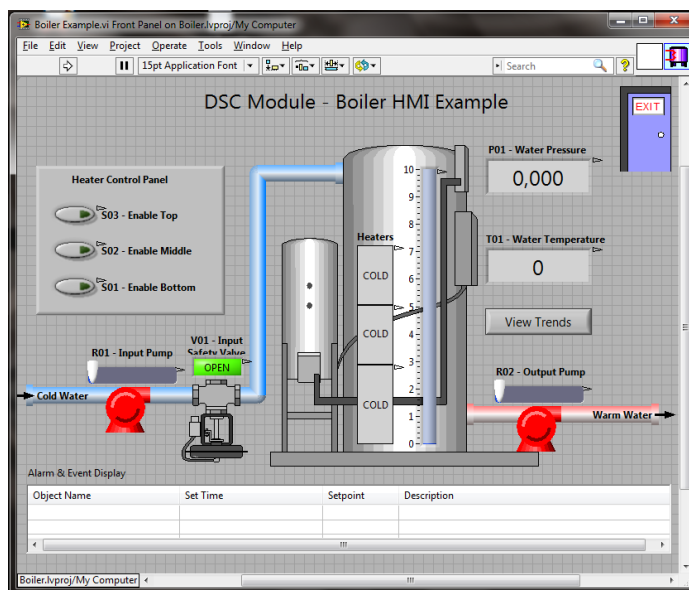


Figura 1.15: Panel frontal de LabVIEW

Un control puede tomar muchas formas, y muchas de estas formas el dibujo real usado en instrumentos reales. Otros son estrictamente conceptos digitales o analógicos. Pero todos los controles tienen una forma visual que indican al usuario cual es el estado de dicho control en el instrumento real.

#### 1.6.4. Measurement & Automation Explorer (Max)

Max es una herramienta de LabVIEW que permite probar, resolver problemas y verificar la instalación de nuestro hardware de National Instruments sin tener la necesidad de realizar programación alguna.





Figura 1.16: Interfaz de la herramienta de LabVIEW

La importancia de usar el MAX son las siguientes:

- Configurar el software y hardware de National Instruments.
- Realizar una copia de seguridad o replicar los datos de configuración de los dispositivos o software.
- Crear y editar canales, tareas, interfaces, escalas e instrumentos virtuales.
- Ejecutar un diagnóstico del sistema.
- Permite ver los dispositivos e instrumentos que están conectados al sistema.
- Permite crear una base de datos Citadel.
- Actualiza el software de National Instruments.

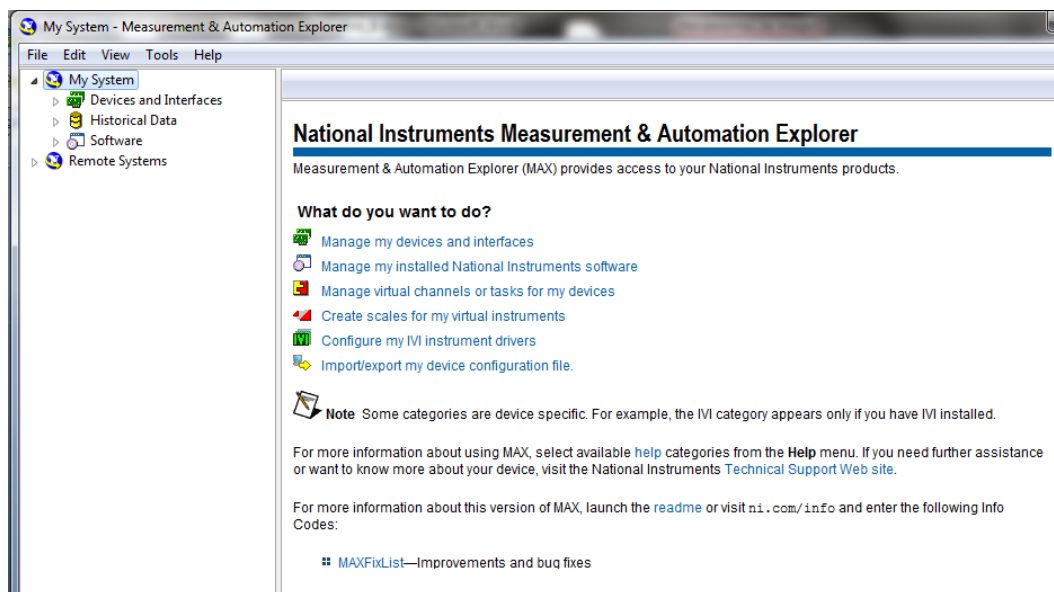


Figura 1.17: Ventana principal de MAX

### 1.6.5. NI Single-board RIO 9631

La plataforma NI Single-Board RIO combina dispositivos embebidos de despliegue que tienen un procesador en tiempo real, arreglo de compuertas programable en campo (FPGA) y E/S analógica y digital en una sola tarjeta programada con el software NI LabVIEW. Además puede incrementar las E/S analógica y digital integrada usando módulos de la Serie C. Los dispositivos NI Single-Board RIO están diseñados para aplicaciones OEM embebidas de control y adquisición y de alto volumen que requieren alto rendimiento y fiabilidad.

Procesador de 266 MHz, 128 MB de almacenamiento no volátil, 64 MB DRAM para control y análisis determinísticos.

FPGA de 1M de compuertas con tecnología de E/S reconfigurable (RIO) para temporización personalizada, procesamiento en línea y control.

110 líneas DIO de 3.3 V (tolerancia de 5 V/TTL), 32 entradas analógicas de 16 bits, cuatro salidas analógicas de 16 bits.

Puerto Ethernet 10/100BASE-T y puerto serial RS232, entrada de suministro de 19 a 30 VDC. El puerto de Ethernet de 10/100 Mbps/s que se puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP). Además se puede usar el puerto serial RS232 para controlar dispositivos periféricos.

Rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C.

### Sistema de desarrollo de LabVIEW

LabVIEW es un entorno de programación gráfica usado para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. La plataforma LabVIEW es escalable a través de múltiples objetivos y sistemas operativos, desde su introducción en 1986 se ha vuelto un líder en la industria. Con los módulos LabVIEW Real-Time y FPGA, puede desarrollar, depurar y desplegar aplicaciones al microprocesador y FPGA en el NI Single-Board RIO.

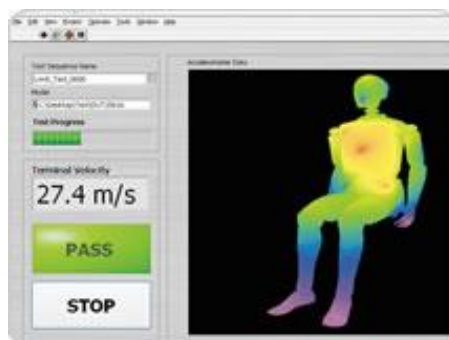


Figura 1.18: HMI implementado en Labview

## Módulo LabVIEW Real-Time

La tecnología en tiempo real ofrece rendimiento confiable y determinístico para sus aplicaciones de tiempo crítico. Se utiliza el Módulo LabVIEW Real-Time para desarrollar y desplegar sistemas complejos en tiempo real, de manera rápida y eficiente al microprocesador del NI Single-Board RIO.

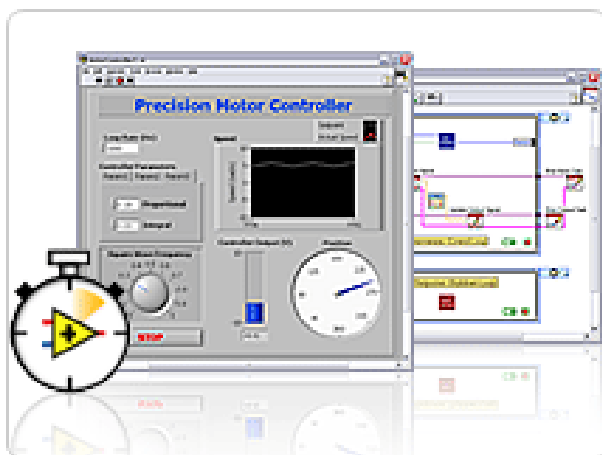


Figura 1.19: Módulo Real-Time de LabVIEW

## Módulo LabVIEW FPGA

El Módulo LabVIEW FPGA permite crear hardware personalizado de medidas y control usando programación gráfica sin tener experiencia en lenguajes de descripción de hardware de bajo nivel o diseño a nivel de tarjeta. El módulo de Labview FPGA permite usar este hardware personalizado para rutinas únicas de temporización y disparo, control de ultra alta velocidad, establecer interfaz con protocolos digitales, procesamiento digital de señales (DSP), RF y comunicaciones y muchas otras aplicaciones que requieren fiabilidad de hardware de alta velocidad y determinismo estrecho. Se usa el

Módulo LabVIEW FPGA para desarrollar, compilar y desplegar aplicaciones al FPGA interno del NI Single-Board RIO.

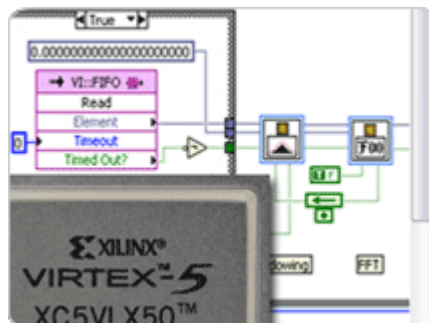


Figura 1.20: Módulo FPGA de LabVIEW

### a) Ventajas de usar NI Single-Board RIO

#### Hardware embebido flexible

NI Single-Board RIO tiene una variedad de opciones de E/S y personalización disponibles a través de los módulos de E/S de la Serie C y el conector de Tarjeta RIO Mezzanine, proporcionando la flexibilidad de ir desde generar prototipos, despliegue y mantenerse en la misma plataforma. Actualmente, existen más de 50 módulos de E/S de la Serie C para diferentes tipos de medidas incluyendo señales de voltaje, corriente, resistencia, específicas de sensor y digitales. Los dispositivos NI Single-Board RIO también contienen E/S integrada y ofrecen un conector de Tarjeta RIO Mezzanine de alta densidad y alto ancho de banda para acceso directo al FPGA y al procesador, proporcionando la opción de crear tarjetas hijas para cumplir con necesidades específicas de aplicación.

## **Control avanzado**

NI Single-Board RIO permite desarrollar sistemas de control desde control simple de algoritmo proporcional integral y derivativo (PID) hasta control avanzado dinámico como un control predictivo de modelos. Puede ejecutar estos algoritmos de control de manera determinística y debido a la naturaleza paralela del procesamiento FPGA, añadir cálculo no reduce el rendimiento de la aplicación. Para sistemas de control de movimiento, el Módulo LabVIEW NI SoftMotion ofrece la habilidad de crear controladores de movimiento personalizados para mejor rendimiento y flexibilidad.

## **Medidas analógicas, de calidad y de alta velocidad**

Varias aplicaciones requieren una combinación de medidas estáticas de baja velocidad, como temperatura o medidas dinámicas de alta velocidad, como sonido y vibración. NI Single-Board RIO proporciona varios tipos de medidas de alta calidad, todas en un solo sistema.

La entrada analógica integrado del dispositivo NI sb-RIO es similar a la de la NI 9205, pero no hay aislamiento o no hay entradas o salidas digitales.

Dentro de las opciones de configuración de mediciones analógicas se tienen tres métodos de configuración de la entrada que son:

- Modo diferencial
- Modo RSE

➤ Modo NRSE

### MODO DIFERENCIAL

Se puede usar la configuración en modo diferencial para alcanzar mediciones más precisas y con menos ruido. Una medida diferencial requiere dos entradas para cada medición, esto reduce a 16 el número de canales disponibles para medir señales analógicas.

Tabla 1.2: Canales de entrada en modo diferencial

CANAL	SEÑAL+	SEÑAL-	CANAL	SEÑAL+	SEÑAL-
<b>0</b>	AI0	AI8	16	AI16	AI24
<b>1</b>	AI1	AI9	17	AI17	AI25
<b>2</b>	AI2	AI10	18	AI18	AI26
<b>3</b>	AI3	AI11	19	AI19	AI27
<b>4</b>	AI4	AI12	20	AI20	AI28
<b>5</b>	AI5	AI13	21	AI21	AI29
<b>6</b>	AI6	AI14	22	AI22	AI30
<b>7</b>	AI7	AI15	23	AI23	AI31

Fuente: Manual SB-RIO 9631

< <http://www.ni.com/pdf/manuals/375052c.pdf> >

La Figura 1.21 indica la manera de realizar una conexión diferencia I para una señal flotante y para una señal con referencia a tierra.

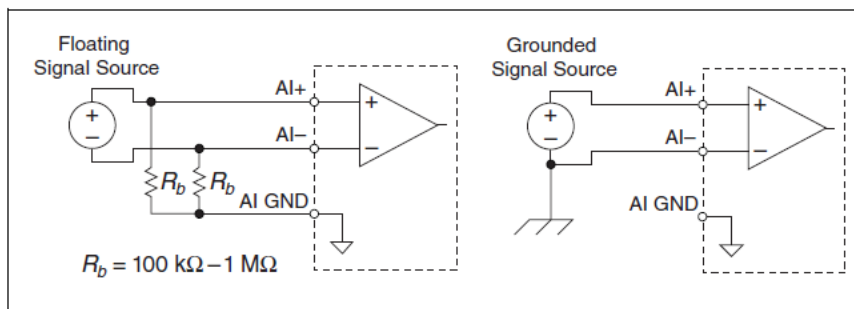


Figura 1.21: Conexión analógica en modo diferencial

### MODO REFERENCIADO A UN UNICO PUNTO (RSE)

Se puede usar la configuración RSE para tomar medidas en todos los 32 canales analógicos disponibles cuando todos comparten una tierra en común. La Figura 1.22 indica cómo realizar la conexión de una entrada analógica en modo RSE para una señal flotante. National Instruments no recomienda realizar una conexión en modo RSE para una señal con referencia a tierra.

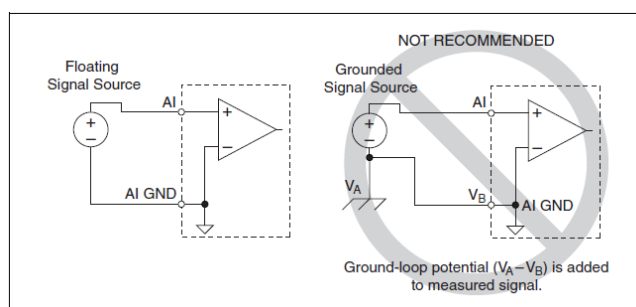


Figura 1.22: Conexión analógica en modo RSE

En la configuración de conexión RSE, el dispositivo NI sb RIO mide cada canal de entrada con respecto a AI GND.



## MODO NO REFERENCIADO A UN UNICO PUNTO (NRSE)

Se puede usar la configuración NRSE para tomar medidas en todos los 32 canales analógicos mientras se reduce el ruido de eficiente más que en la configuración RSE. Esta configuración proporciona la detección remota para una entrada negativa de la ganancia programable del amplificador de instrumentación (PGIA) que se encuentra compartida por todos los canales configurados para modo NRSE. El comportamiento de esta configuración es similar al comportamiento de una conexión en modo RSE, pero esta proporciona mejor rechazo de ruido. La Figura 1.23 indica cómo realizar la conexión de una entrada analógica en modo NRSE para una señal flotante y para una señal referenciada a tierra.

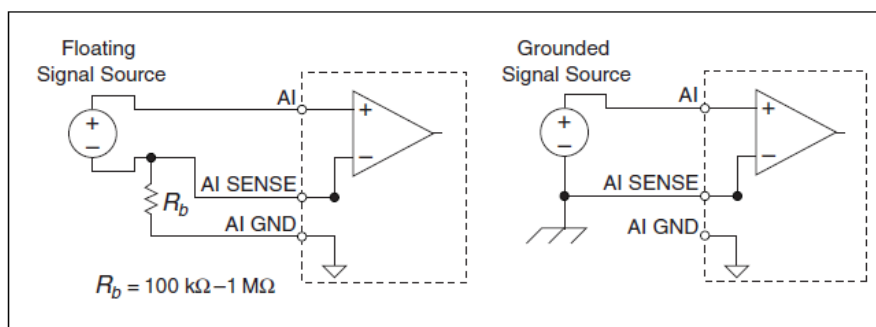


Figura 1.23: Conexión analógica en modo NRSE

## Procesamiento y Análisis de Señales

NI Single-Board RIO está integrado en el enfoque graphical system design de NI LabVIEW, el cual incluye miles de funciones avanzadas creadas específicamente para aplicaciones industriales de medidas y control. Puede usar estas herramientas para realizar fácilmente procesamiento de señales

avanzado, análisis de frecuencia y procesamiento de señales digitales. Los ejemplos incluyen Transformada Rápida de Fourier (FFT), análisis de tiempo-frecuencia, sonido y vibración, análisis de onda corta, ajuste de curvas y diseño de control y simulación. También puede extender LabVIEW con funciones específicas de la aplicación para visión artificial, control de movimiento y monitoreo de condición de máquinas.

### b) Configurar la NI Single-Board RIO 9631 en un proyecto.

Para empezar con la configuración de la NI SB-RIO, se debe abrir un proyecto nuevo en Labview. A continuación dar clic derecho en Project > New > Targets and Devices, tal como se indica en la Figura 1.24.

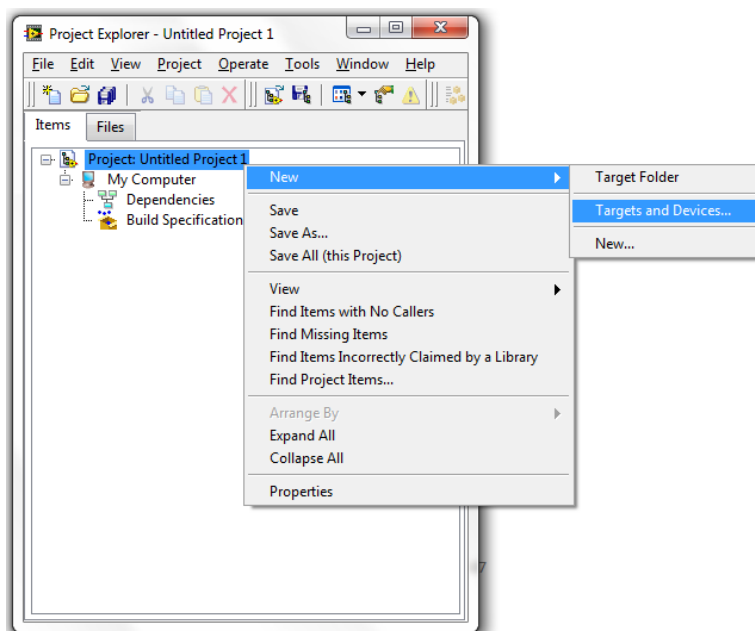


Figura 1.24: Agregar la NI Single-Board a un proyecto

A continuación se desplegará una nueva ventana (Figura 1.25) en la cual constan todas las tarjetas existentes compatibles con características Real-Time, se debe seleccionar la opción Real-Time Single-Board RIO, al ingresar

en esta carpeta aparecerá el nombre de la tarjeta a usar. Finalmente damos OK.

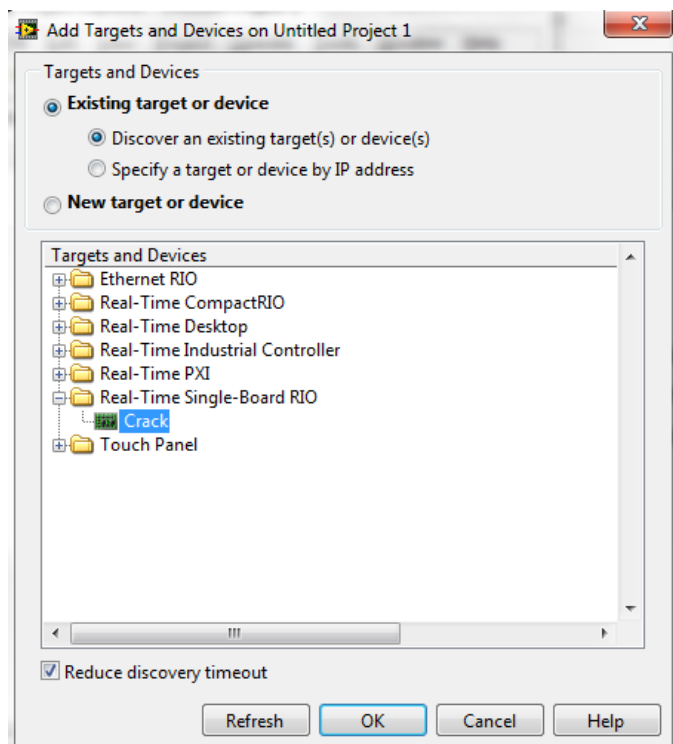


Figura 1.25: Detección y selección de la tarjeta

Al proyecto se agrega la tarjeta seleccionada y todos los pines de entrada y salida que esta posee, además de los recursos que pueden ser usados por el usuario. . Se puede diferenciar los pines que son de entrada y salida digital con la denominación Onboard I/O, y los pines de entrada y salida analógicos, los cuales se encuentra diferenciados con la denominación de MODA/AI para los pines que son entradas y MODB/AO para los pines que son de salida, como indica la Figura 1.26.

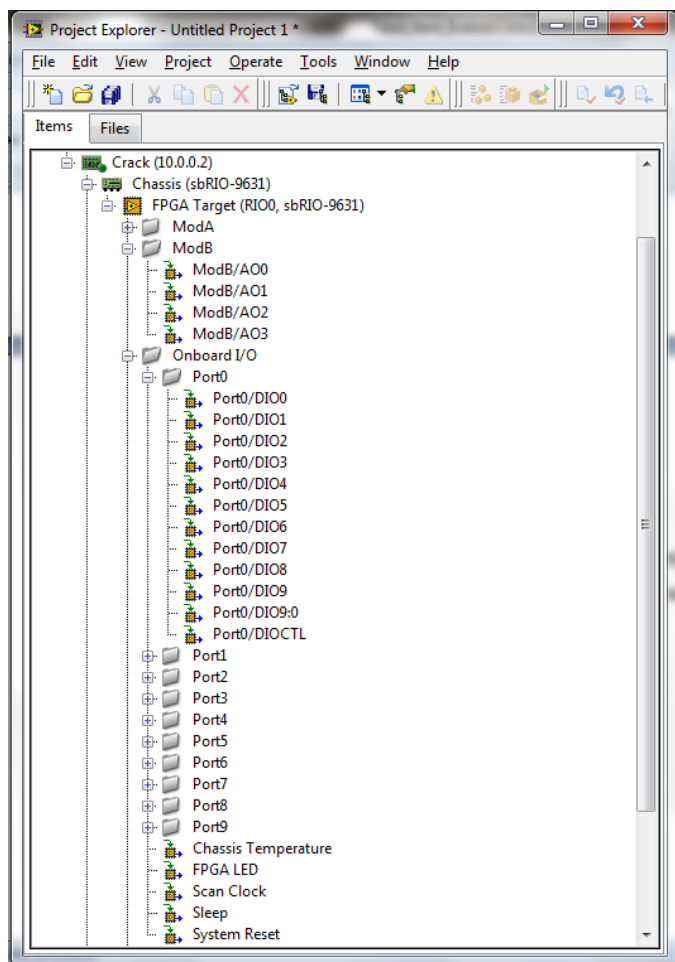


Figura 1.26: Entradas y salidas de la tarjeta NI Single-Board RIO 9631

Se puede notar que en el panel frontal y en el diagrama de bloques, la paleta de funciones y la paleta de controles poseen opciones adicionales de instrumentos virtuales (Figura 1.27 y Figura 1.28) que están relacionados directamente con el módulo de programación FPGA y el módulo de configuración en Real-Time.

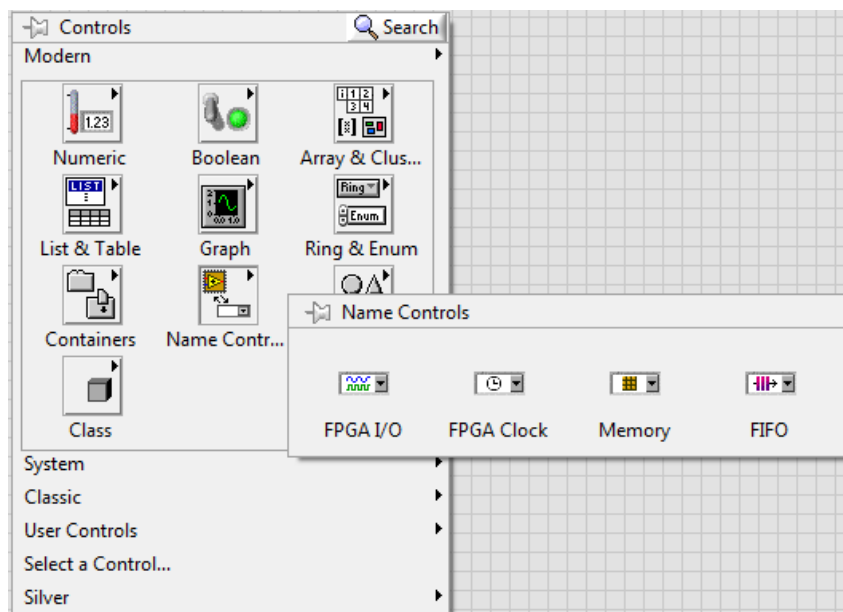


Figura 1.27: Paleta de controles de LabVIEW en modo FPGA

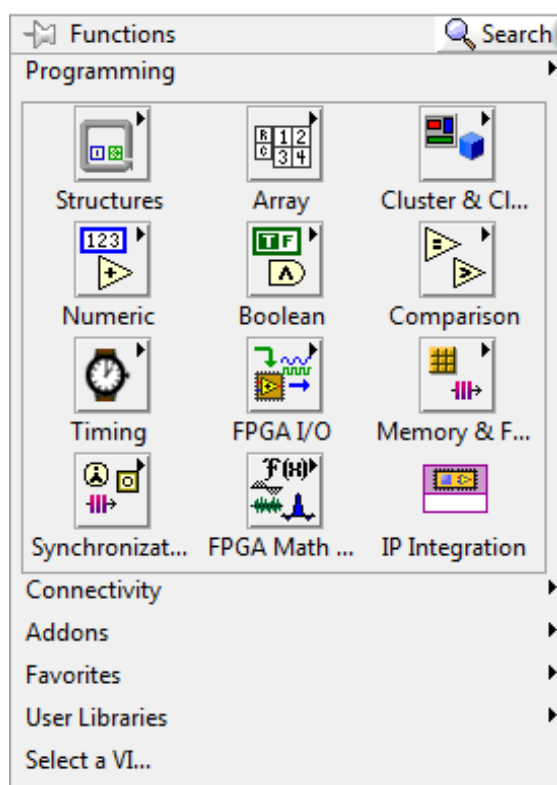


Figura 1.28: Paleta de funciones de LabVIEW en modo FPGA

Para empezar a moverse dentro de la utilización de los recursos básicos de la tarjeta, como son la habilitación de las entradas y las salidas de la tarjeta, se debe ingresar a la opción que dice FPGA I/O. Donde se despliega un submenú con los métodos de acceso a los recursos de la NI Single-Board RIO.

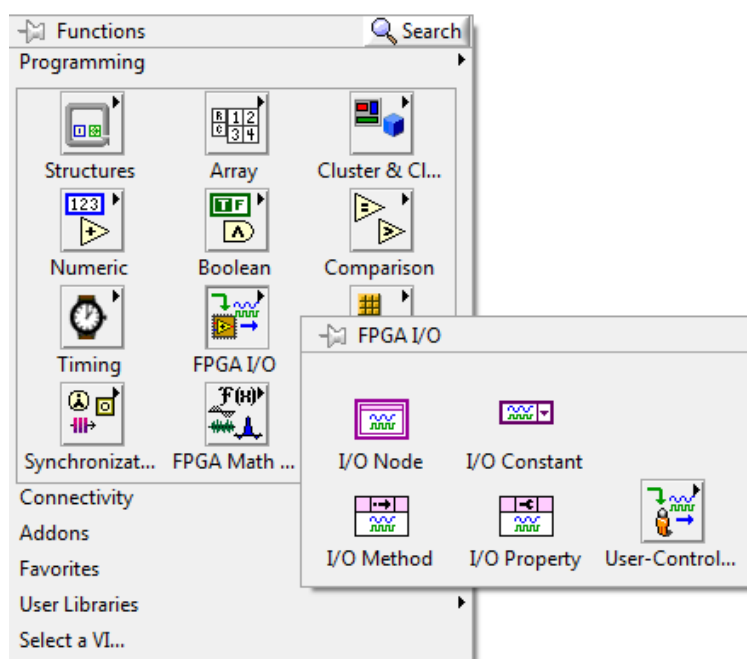


Figura 1.29: VI's para la programación de la NI Single-Board RIO 9631

La NI Single-Board RIO 9631 tiene la capacidad de adquisición y control en un proceso netamente industrial, también tiene la posibilidad de realizar un análisis minucioso de la señal, como puede ser un análisis de Fourier, transformada Z, filtros de señales. Todos los instrumentos virtuales para procesamiento digital de señales se indican en la Figura 1.30.

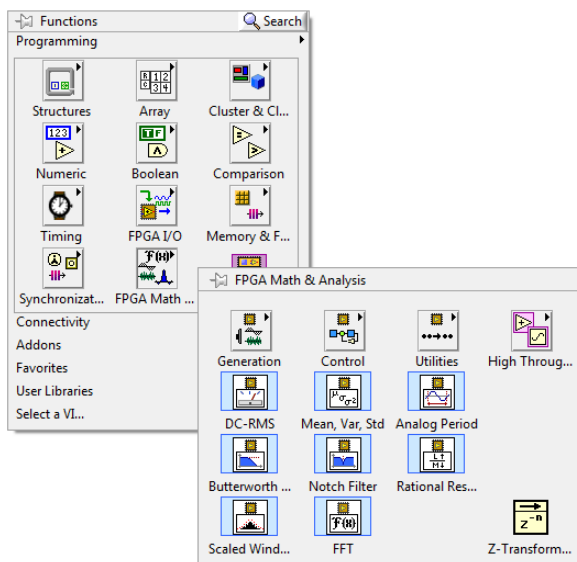


Figura 1.30: VI's para realizar un análisis espectral de señales

## CAPÍTULO 2

### Diseño e implementación del sistema

#### 2.1 Introducción

En el presente capítulo se describen las especificaciones tanto de hardware como de software para el desarrollo de la aplicación, así como también el diseño y la implementación de la circuitería electrónica y la conexión de los distintos tipos de instrumentos usados para el propósito.

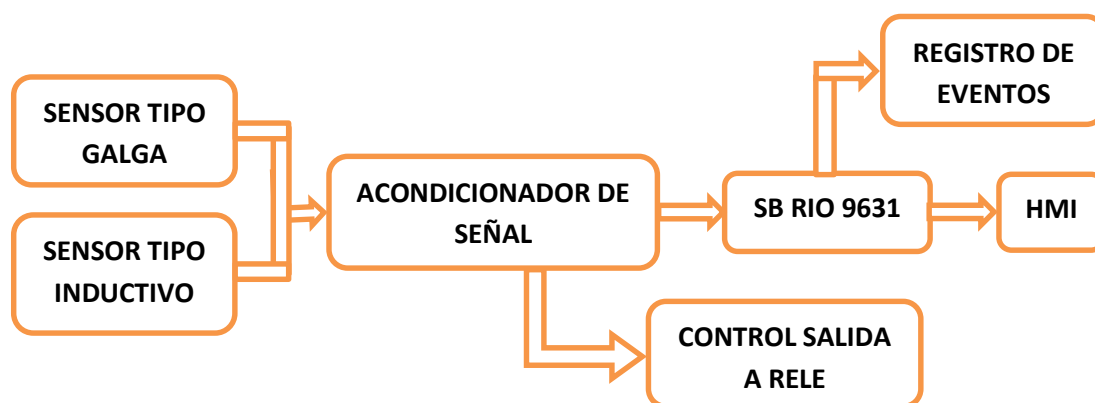


Figura 2.1: Diagrama de bloques del sistema de detección de vacíos

Así como también todas las consideraciones a tomar en cuenta para el funcionamiento correcto del sistema implementado.

#### 2.2 Descripción del sistema.

La pólvora es un material muy peligroso y su activación se la puede dar por varios factores principalmente térmicos y eléctricos, como son: manipulación en un lugar con temperatura elevada, incidencia de señales electromagnéticas, señales que pueden causar calor con la superficie a sensar ya sean estas señales infrarrojas, señales ultravioletas, señales de rayos x, etc. Por esta razón la detección de vacíos se la va a realizar mediante



la aplicación de presión, y esta va a ser medida mediante deformación de la galga extensiométrica y también la medición de variación de la distancia del sensor inductivo a la platina que realiza la presión sobre la mecha.

El sistema consta de una primera fase en la que se realiza la detección de los vacíos en la mecha de pólvora; la señal del sensor llega a un acondicionador de señal para posteriormente realizar la adquisición mediante la tarjeta NI Single-Board RIO.

La segunda fase del sistema a implementarse consiste en realizar un logging para poder visualizar los eventos que han ocurrido durante el transcurso de la elaboración de la mecha de pólvora. Dicho registro se realiza en un archivo de texto que se crea en la memoria de la DAQ, el cual contiene la siguiente información: fecha y hora del suceso y el sensor que lo detectó.

## **2.3 DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA**

### **2.3.1 Sensor inductivo tipo Namur**

El sensor inductivo de tipo Namur es sensor inductivo con salida a dos hilos, que se emplea en áreas con riesgo de explosión, zonas de seguridad intrínseca (atmósferas explosivas). Se diferencia de los convencionales por la ausencia de las etapas comparadora (trigger) y de amplificación, de modo que en la zona con riesgo de explosión se encuentra solo la bobina sensora y en una zona segura se encuentra el circuito amplificador que proporciona la salida adecuada. El amplificador exterior se encarga de evaluar este cambio

y convertirlo en una señal digital. Su apariencia externa es similar a un sensor inductivo normal.



Figura 2.2: Sensor inductivo tipo Namur

### 2.3.2 Sensor tipo galga extensiométrica

El sensor tipo galga extensiométrica que se usa en este proyecto es un dispositivo que internamente está configurado con dos galgas conectadas en serie, por lo que se puede usar para compensar las variaciones de ruido.



Figura 2.3: Sensor tipo galga extensiométrica

### 2.3.3 Acondicionamiento de señal de la galga extensiométrica

La galga se la debe ubicar en donde la fuerza causada por el resorte sea la mayor posible, ya que es el resorte el causante de la deformación y la galga es el transductor de deformación a señal eléctrica.

La configuración de la galga extensiométrica que se dispone es a tres hilos como se indica en la Figura 2.4, Para saber la resistencia característica de la galga extensiométrica se realiza la medición mediante un óhmetro, dando como resultado que cada una de ellas posee una resistencia de  $1\text{k}\Omega$ .

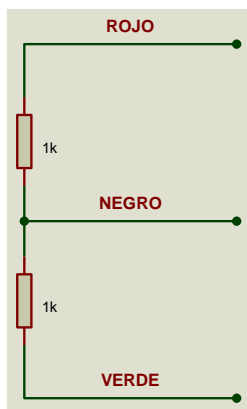


Figura 2.4: Galga extensiométrica a tres hilos

Al momento de ingresarla al puente de Wheatstone la configuración a usar será a medio puente, con una alimentación de  $5\text{ V}$ , y las resistencias para equilibrar el puente de Wheatstone deben ser de  $1\text{k}\Omega$ , por la resistencia característica de la galga extensiométrica tal como se indica en la Figura 2.5.

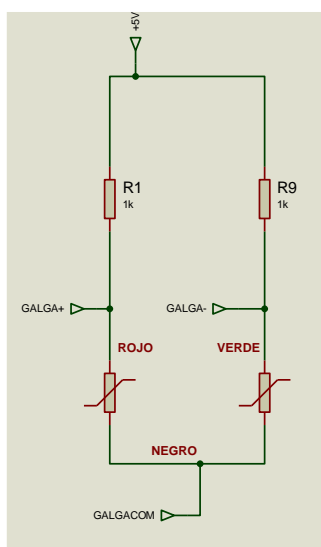


Figura 2.5: Configuración del Wheatstone a Medio Puente

La salida positiva y salida negativa del puente de Wheatstone se conecta hacia las entradas del amplificador de instrumentación AD620.

El amplificador de instrumentación es un amplificador diferencial tensión-tensión cuya ganancia puede establecerse de forma muy precisa y que ha sido optimizado para que opere de acuerdo a su propia especificación aún en un entorno hostil.

La ganancia que va a tener el amplificador de instrumentación viene dada por una resistencia  $R_G$  que se encuentra conectada en los terminales 1 y 8 del circuito integrado tal como se indica en la Figura 2.6

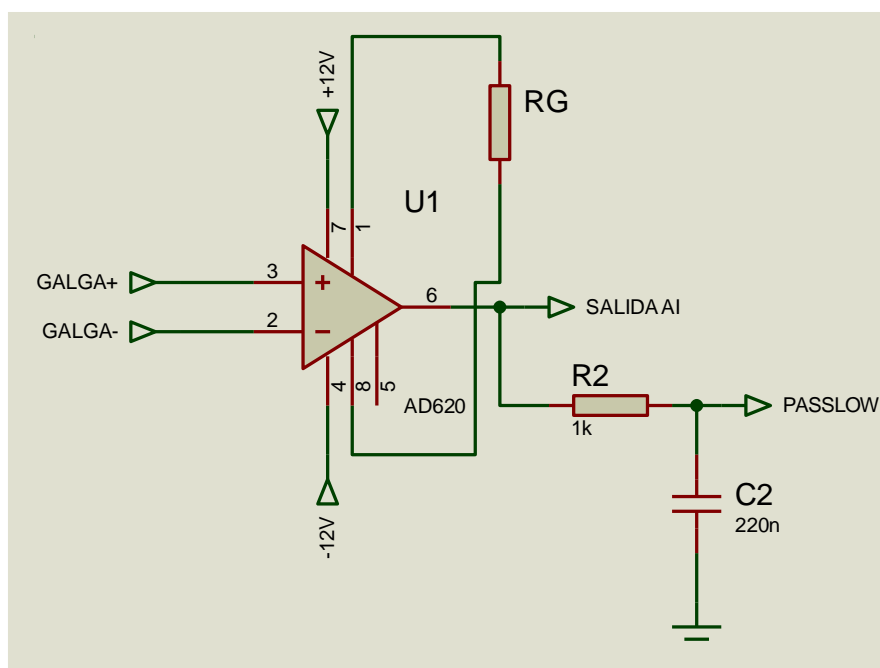


Figura 2.6: Amplificador de instrumentación

La fórmula para calcular la ganancia del amplificador de instrumentación viene dada por la ecuación

Ec. 2.1: Cálculo de la ganancia del Amplificador de Instrumentación:

Cálculo de la ganancia:

$$G = \frac{49,4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1 \quad \text{Ec. 2.1.}$$

Calculo de la resistencia de ganancia RG:

Para calcular la resistencia de ganancia del amplificador de instrumentación se despeja de la ecuación Ec. 2.1. RG, teniendo la siguiente ecuación:

Ec. 2.2: Cálculo de la resistencia del amplificador de instrumentación

$$R_G = \frac{49,4 \text{ k}\Omega}{G-1} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Entonces con una RG = 190  $\Omega$  se obtiene la siguiente ganancia:

$$G = \frac{49,4 \text{ k}\Omega}{190} + 1$$

$$G = 261$$

Con una ganancia de 261 se va a obtener los siguientes voltajes a la salida del amplificador de instrumentación mediante la siguiente ecuación:

Ec. 2.3: Cálculo de la ganancia

$$G = \frac{v_o}{v_i} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Con mecha llena:

G= 261, Vo=4.8 Voltios

$$261 = \frac{4,8}{v_i}$$

$$v_i = \frac{4,8}{261}$$

$$v_i = 0,01839 \text{ V}$$

Con mecha vacía:

G= 261, Vo=3.59 Voltios

$$261 = \frac{3,59}{v_i}$$

$$v_i = \frac{3,59}{261}$$

$$v_i = 0,01375 \text{ V}$$

Se observa que los voltajes diferenciales que se tiene son muy bajos, y en mecha vacía no se tiene equilibrado el puente por lo que no se tiene un voltaje de cero, por lo que es necesario implementar un acondicionador de señal, para filtrar la señal y estandarizar la misma.

La salida nombrada PASSLOW, se conecta hacia la siguiente etapa que es el acondicionamiento de la señal a valores de voltaje que sean más fáciles medirlos y procesarlos.

### 2.3.4 Acondicionamiento de la señal de 0 a 5 VDC

Una vez que se obtiene la señal amplificada en PASSLOW, se procede a parametrizarla a niveles de voltaje de 0 a 5 para condiciones de vacío y lleno respectivamente. Para realizar una correcta calibración se debe asegurar que los potenciómetros de cero y span estén en un valor de 0 ohmios. Una vez concluida esta comprobación se continúa el proceso de calibración.

La señal PASSLOW pasa a través de un seguidor de tensión, al igual que la señal proveniente del potenciómetro CERO. Dichas señales ingresan a la etapa del circuito restador, donde de la señal que va hacia el pin positivo del amplificador operacional se resta la señal del pin negativo, entonces para poder calibrar el cero de la señal se debe variar el voltaje que ingresa por medio del potenciómetro CERO.

Una vez que la señal está en cero se procede a calibrar en mecha llena el span, para lo cual se mide el voltaje y se varía el valor del potenciómetro SPAN hasta que el nivel de voltaje a la salida del amplificador operacional sea 5 voltios. Dicha salida está nombrada con TESTSPAN como se indica en la Figura 2.7

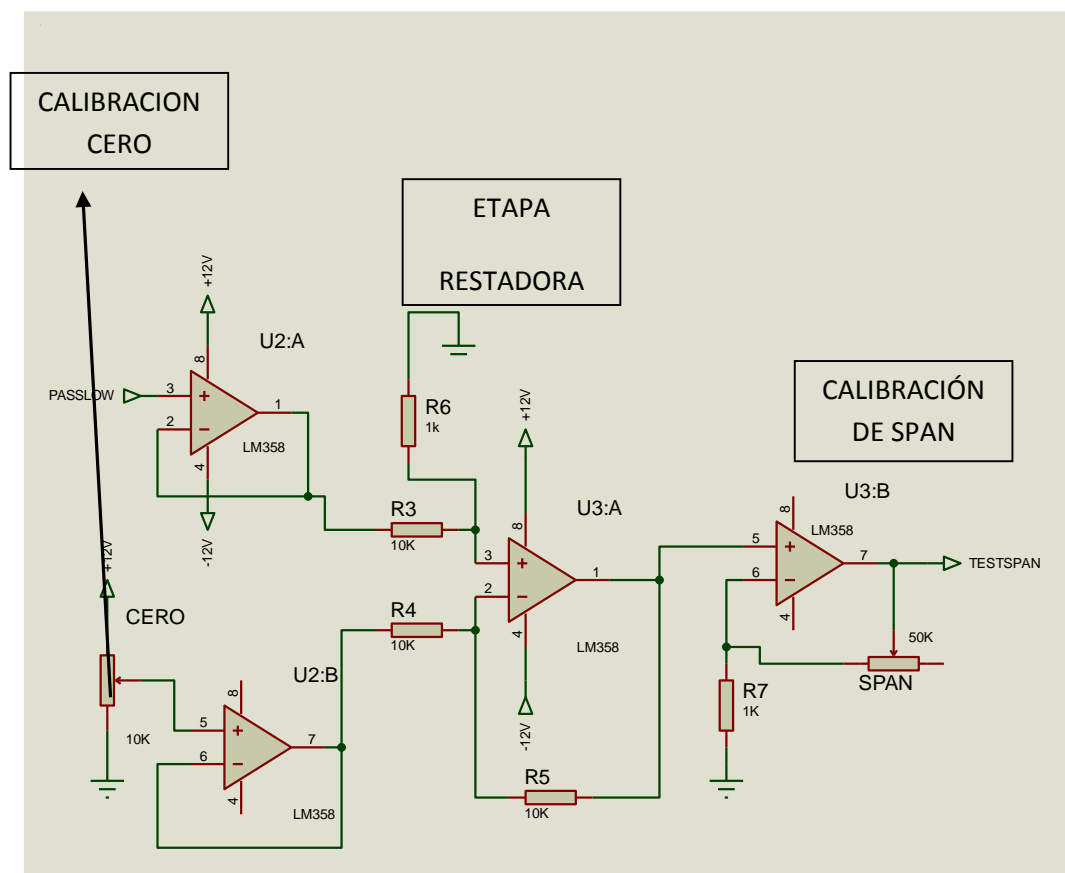


Figura 2.7: Acondicionamiento de señal de la galga extensiométrica

### 2.3.5 Circuito de disparo de relé de la galga

Una vez que se tiene la señal estándar de 0 a 5 voltios entra a la etapa de comparación, donde se fija un valor de set point al cual se requiere que el sistema se detenga en caso de que ocurra una falla en la elaboración de la mecha lenta. Dicha etapa se indica en la Figura 2.8

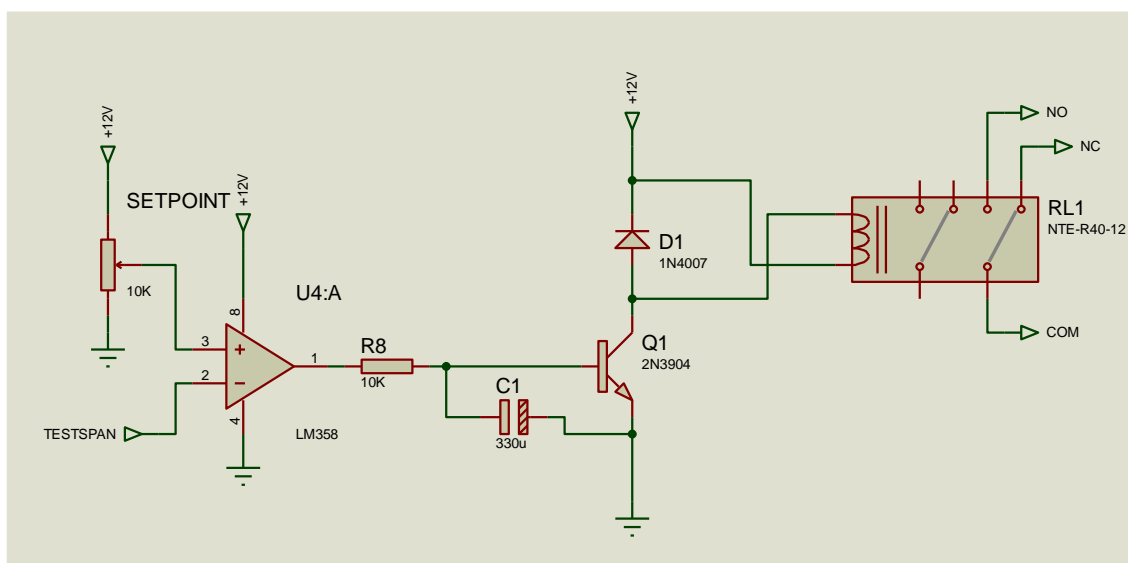


Figura 2.8: Circuito de disparo de relé de la galga

Para la calibración del SETPOINT se dispone de un indicador luminoso en el tablero de control donde se le calibra en mecha llena y hasta que el indicador este apagado.

De esta manera se tienen las señales acondicionadas que van hacia la DAQ para realizar el respectivo registro de eventos y además de visualización en tiempo real de la ocurrencia en el proceso de elaboración de la mecha lenta de pólvora.



### 2.3.6 Acondicionamiento del sensor inductivo

Para el acondicionamiento del sensor inductivo tipo Namur se usa un circuito optoacoplador; en el cual, al circular la variación corriente del sensor inductivo por el foto transmisor produce una variación de voltaje en el foto receptor.

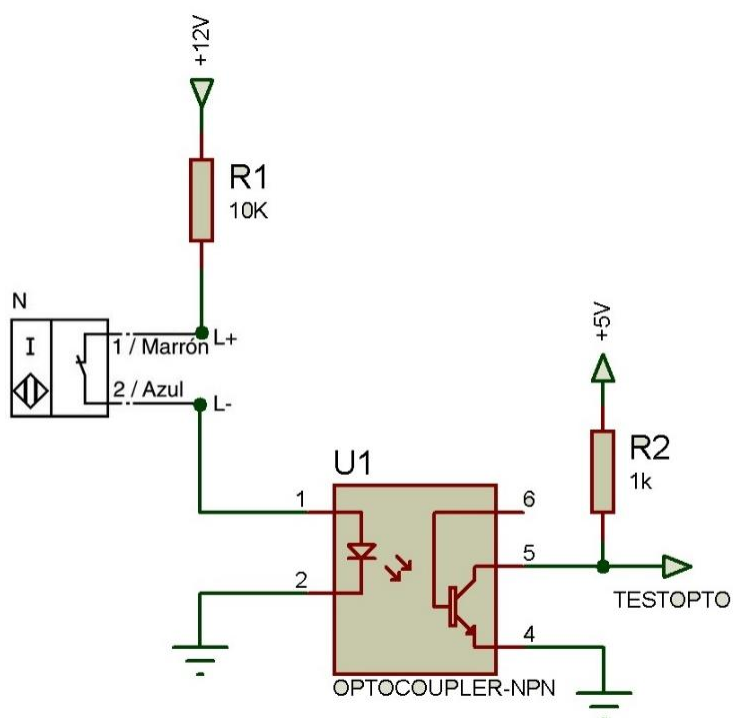


Figura 2.9: Acondicionamiento del sensor inductivo

La salida indicada con el nombre TESTOPTO en la Figura 2.9 se conecta hacia la etapa de acondicionamiento de la señal.

Para la estandarización de la señal del sensor inductivo se usa un circuito similar al implementado en el acondicionamiento de la galga extensiométrica, y de igual manera un circuito de disparo de relé idéntico.

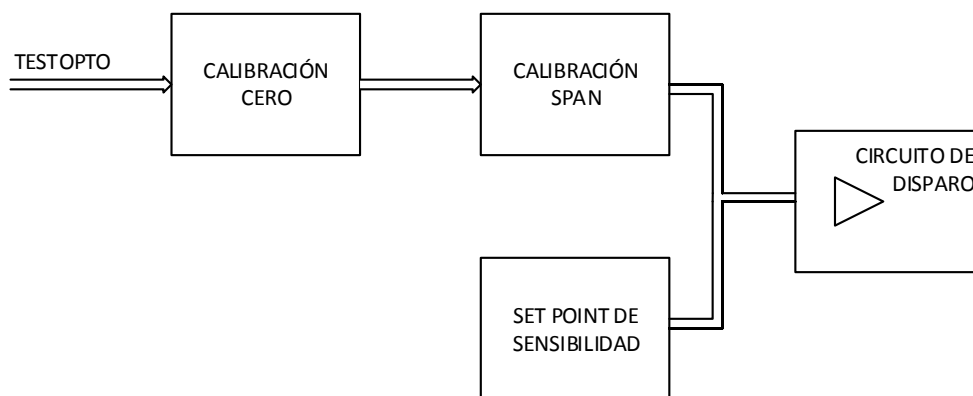


Figura 2.10: Diagramas de bloques del acondicionamiento de señal

Teniendo como primer paso la calibración del cero, seguido de la calibración del span. Cuando se haya finalizado con este proceso se coloca el set point que mediante las pruebas realizadas en campo se obtuvo.

### 2.3.7 Diseño de las placas de circuito impreso PCB

Tras finalizar el diseño electrónico se procede con el diseño de circuito impreso de las placas de control de cada sensor. Para lo cual se realiza en el software ARES, que es parte del paquete informático PROTEUS.

Para mayor facilidad del diseño impreso, se implementa el diseño electrónico previo en el programa ISIS, una vez que se tenga todo listo en la ventana del ISIS existe un ícono de enlace hacia ARES, que inmediatamente seleccionado abre dicho software con todos los elementos que se van a usar.

Para realizar las placas de baquelita se utiliza la técnica de termo transferencia, que consiste en que al momento de imprimir el diseño en papel fotográfico y aplicarle calor sobre 100 °C el diseño se transfiere a la placa.

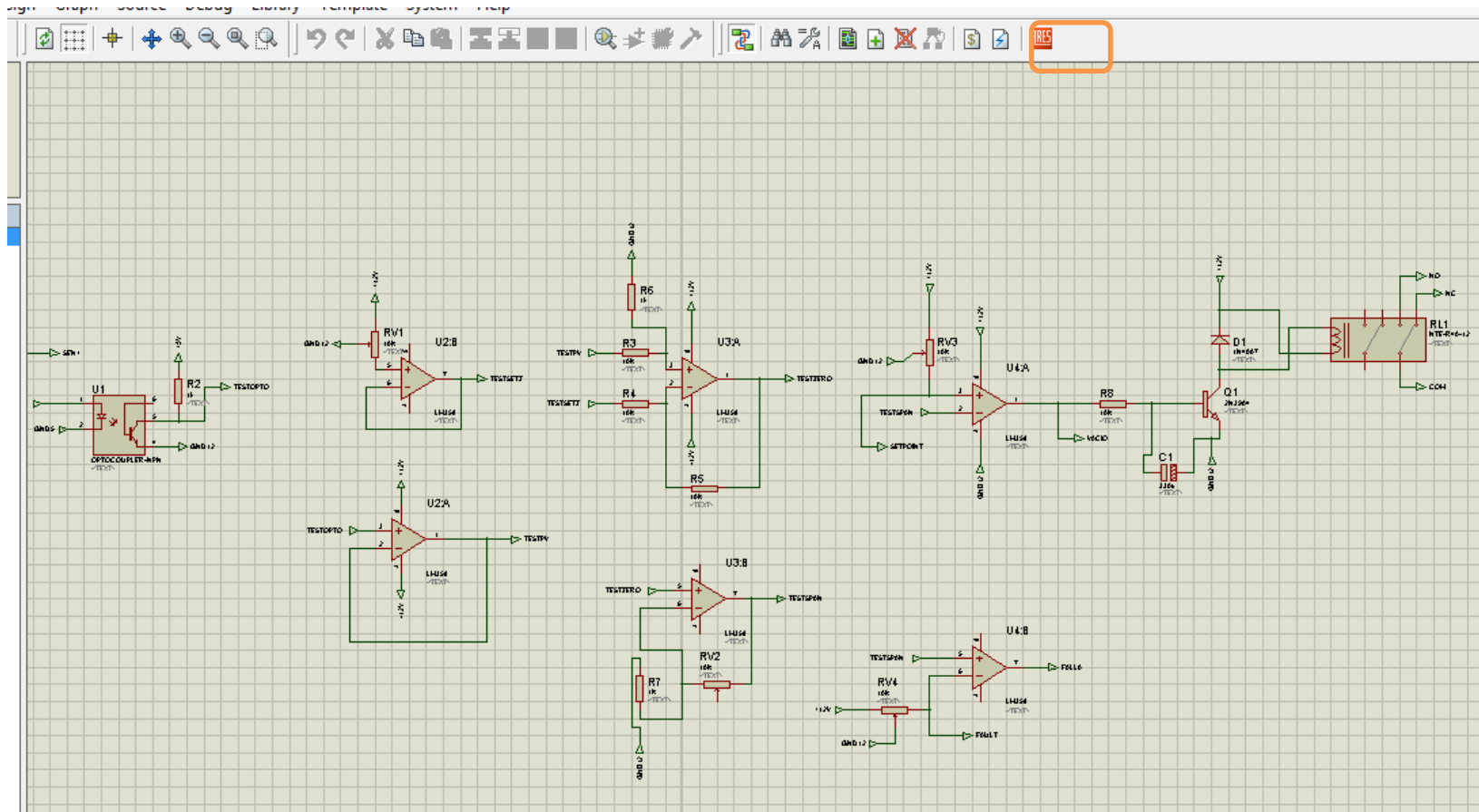


Figura 2.11: Diseño electrónico inductivo y enlace a ARES

La ventaja que presenta dicho procedimiento es que al momento de extraer cada uno de los elementos usados de la librería, es que indica los pines hacia donde debe ir conectada. De esta manera si el circuito en ISIS está todo correcto al momento de realizar el diseño de las placas no se incurrirá en errores de conexiones.

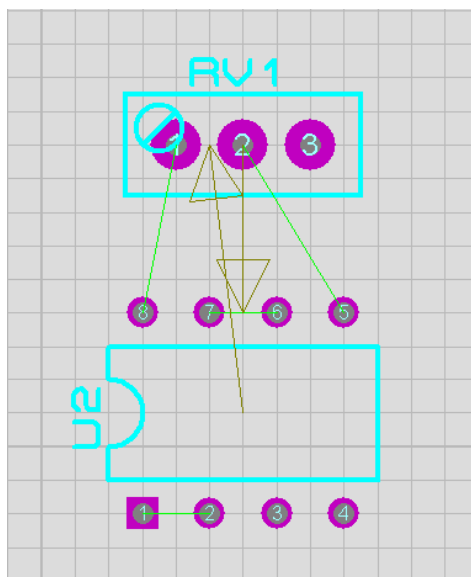


Figura 2.12: Enlace entre componentes

Como se observa en la figura anterior las flechas indican que los dos componentes están conectados entre sí, y las líneas indican entre cuales terminales deben ser conectados.

#### a) Diseño del circuito impreso del control del sensor inductivo

Para una mayor comprensión se dispone la Figura 2.13 donde se encuentra las pistas y los elementos impresos en el mismo diseño, así se tendrá la noción correcta de la distribución de los componentes.

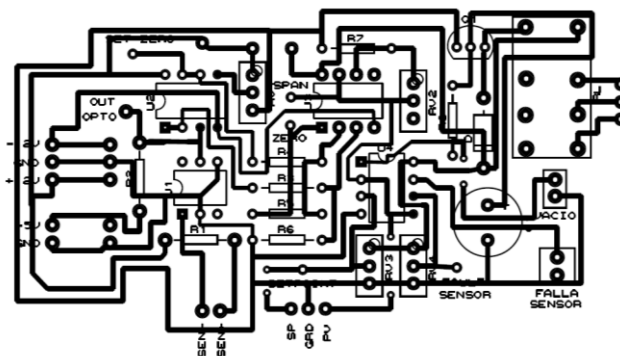


Figura 2.13: Diagrama de circuito impreso y elementos

A continuación se indica el diseño de pistas cuando se finaliza la conexión de los distintos elementos que conforman la placa de control del sensor inductivo.

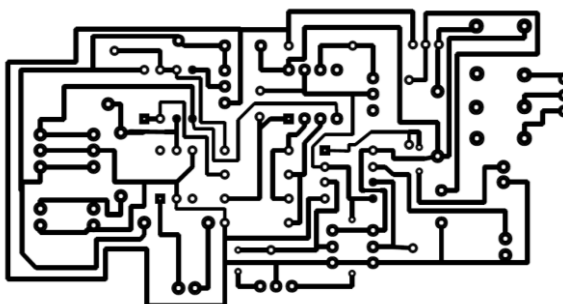


Figura 2.14: Diagrama de circuito impreso

La figura a continuación indica el diseño de los elementos, dicho diagrama se transfiere en la parte opuesta de la placa de baquelita; es decir, en el lado que no tiene cobre. Para esto además al momento de imprimir el diseño se debe seleccionar la opción Mirror.

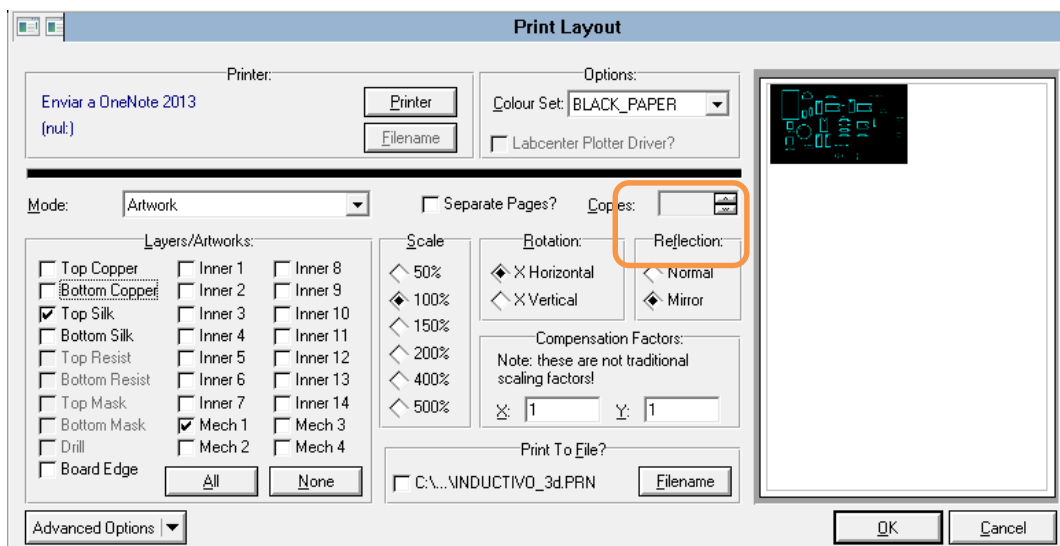


Figura 2.15: Impresión en modo Miror del diseño de los elementos

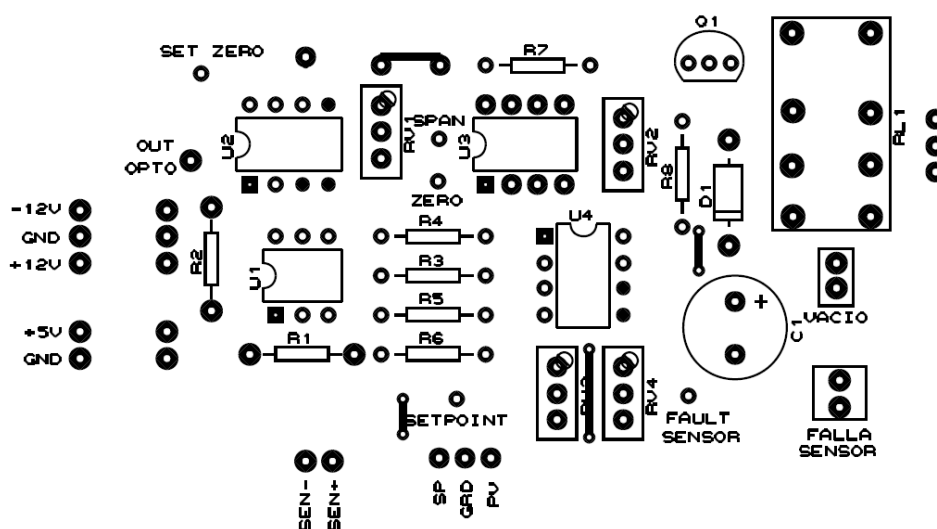


Figura 2.16: Componentes en PCB del sensor inductivo

Una vez impreso el diseño se procede a realizar la termo transferencia A continuación se detallan los terminales de conexión de la PCB.

Tabla 2.1: Descripción de terminales de la PCB

<b>DENOMINACIÓN TERMINAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>-12V/GND/+12V</b>	Alimentación proveniente de la fuente de poder
<b>+5V/GND</b>	Alimentación proveniente de la fuente de poder
<b>SEN+/SEN-</b>	Señales provenientes del sensor inductivo. Café positivo y azul negativo
<b>SP/GND/PV</b>	Señales que van hacia la tarjeta Sb-rio 9631
<b>RL1 NO</b>	Contacto normalmente abierto
<b>VACIO</b>	Lámpara de 12 VDC para indicar vacío

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Dichos terminales mencionados anteriormente en la Tabla 2.1 son tipo moxley, de dos y tres pines respectivamente para una conexión y desconexión rápida.

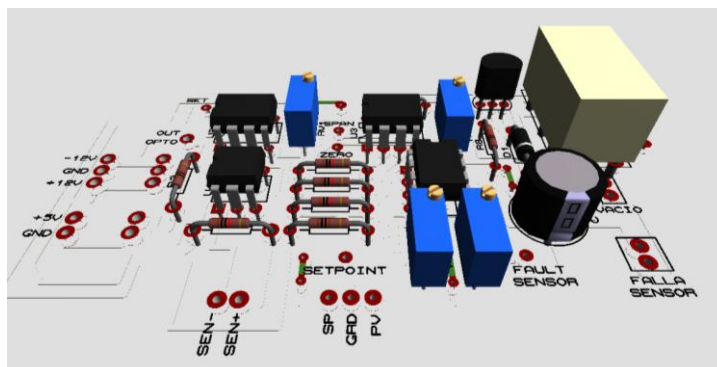


Figura 2.17: Diagrama de elementos en 3D

Las imágenes en 3D anterior y siguiente indican el estado final del diseño y como se verá una vez implementado, para tener una mejor perspectiva de distribución de los elementos en el espacio de la placa.

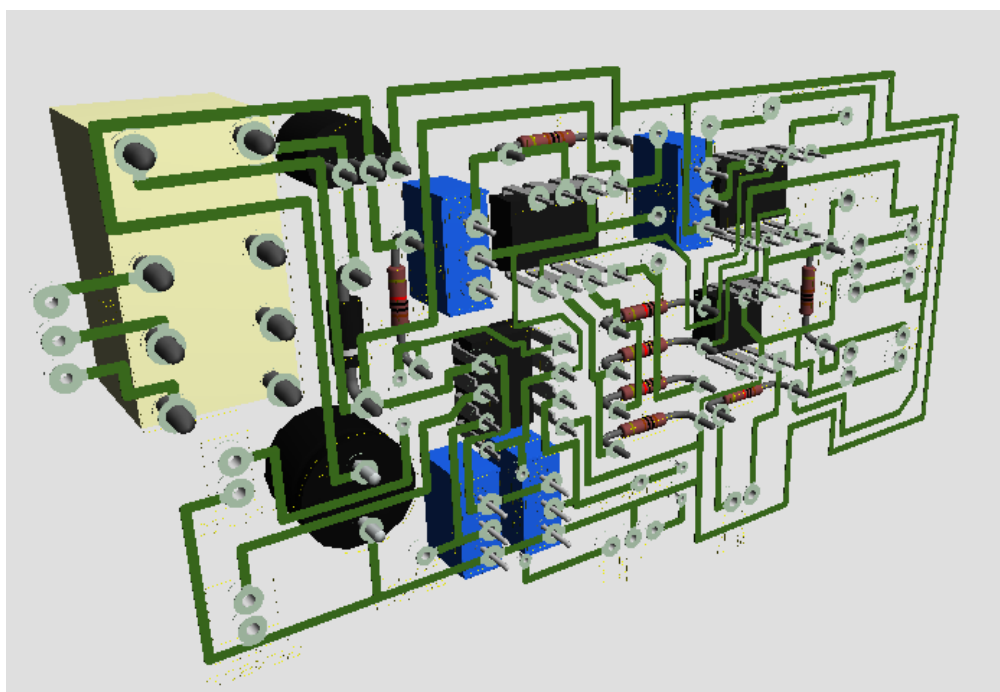


Figura 2.18: Diagrama de pistas en 3D



## b) Diseño del circuito impreso del control de la galga extensiométrica

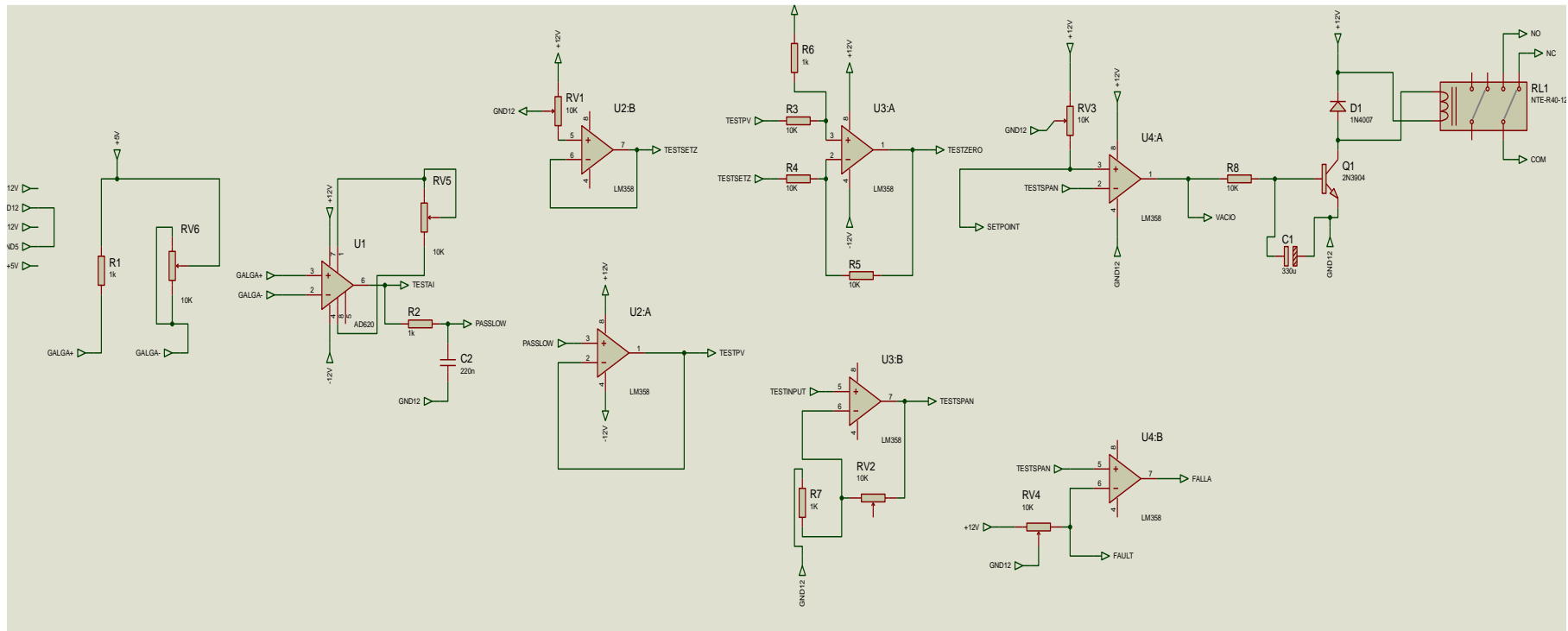


Figura 2.19: Diseño electrónico de la galga extensiométrica

A continuación se indica el diseño de pistas cuando se finaliza la conexión de los distintos elementos que conforman la placa de control de la galga extensiométrica.

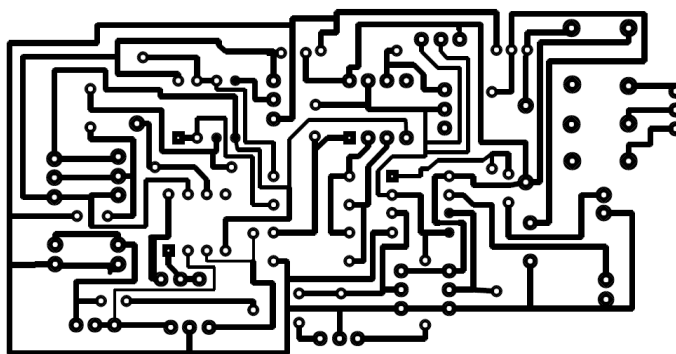


Figura 2.20: Diagrama de circuito impreso

La figura a continuación indica el diagrama impreso de los elementos, dicho circuito se transfiere en la parte opuesta de la placa de baquelita; es decir, en el lado que no tiene cobre. Para esto además al momento de imprimir el diseño se debe seleccionar la opción Mirror.

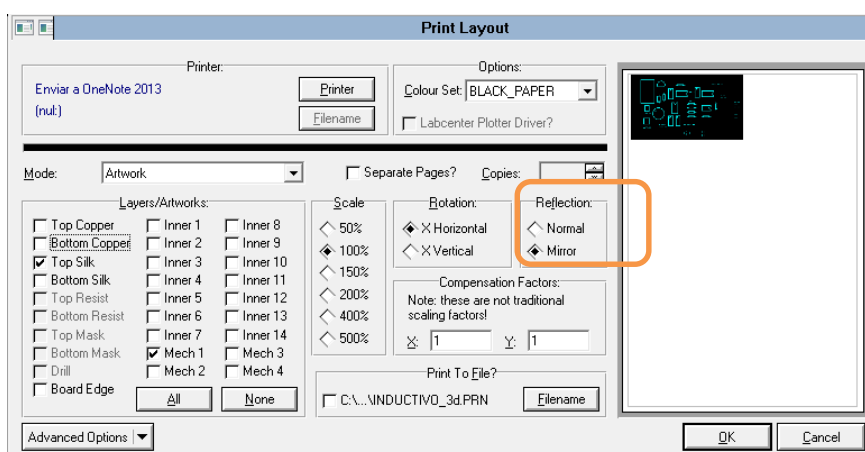


Figura 2.21: Impresión en modo Mirror del diseño de los elementos

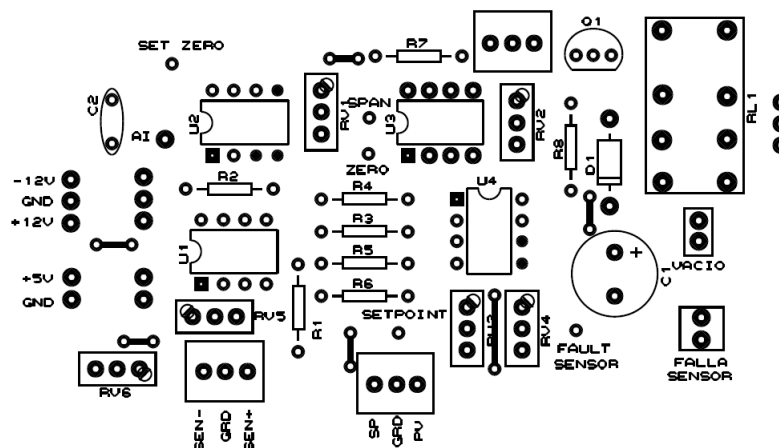


Figura 2.22: Componentes en PCB de la galga extensiométrica

Para una mayor comprensión se dispone la Figura 2.23: Diagrama de circuito impreso y elementos donde se encuentran las pistas y los elementos impresos en el mismo diseño, así se tendrá la noción correcta de la distribución de los componentes.

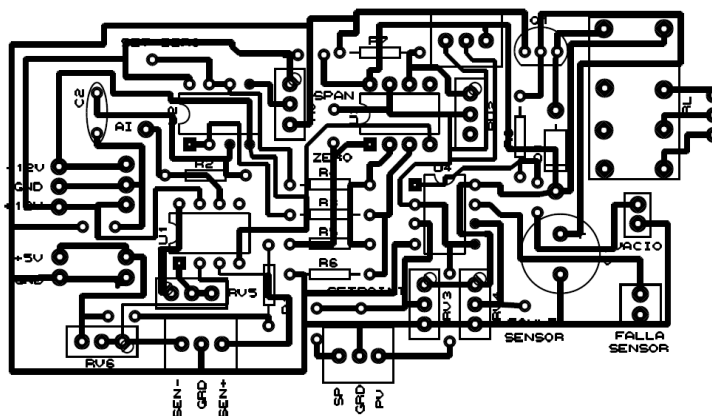


Figura 2.23: Diagrama de circuito impreso y elementos

A continuación se detallan los terminales de conexión de la PCB.

Tabla 2. 2: Descripción de terminales de la PCB

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
TERMINAL	
<b>-12V/GND/+12V</b>	Alimentación proveniente de la fuente de poder
<b>+5V/GND</b>	Alimentación proveniente de la fuente de poder
<b>SEN-/GND/SEN+</b>	Señales provenientes de la galga extensiométrica
<b>SP/GND/PV</b>	Señales que van hacia la tarjeta Sb-rio 9631
<b>RL1 NO</b>	Contacto normalmente abierto
<b>VACIO</b>	Lámpara de 12 VDC para indicar vacío

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Dichos terminales mencionados anteriormente en la Tabla 2.2 son tipo mox, de dos y tres pines respectivamente para una conexión y desconexión rápida.

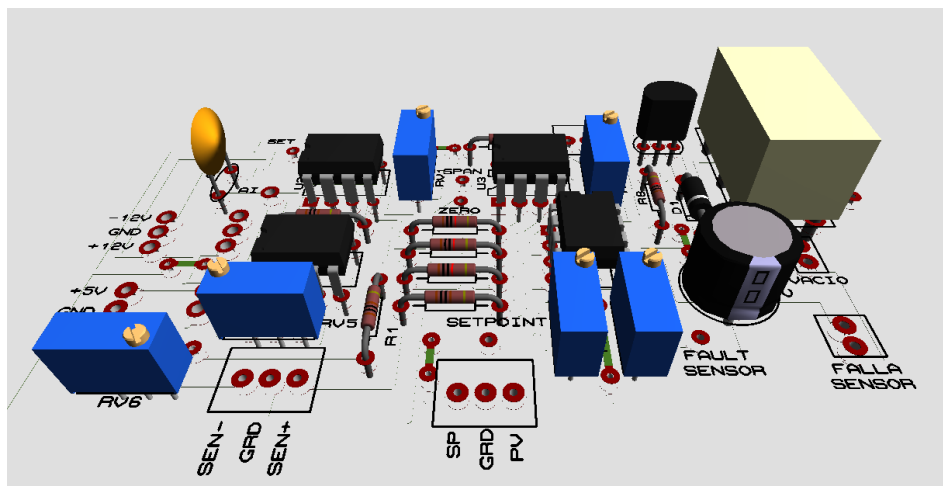


Figura 2.24: Diagrama de elementos en 3D

Las imágenes en 3D anterior y siguiente indican el estado final de nuestro diseño y como se verá una vez implementado, para tener una mejor perspectiva de distribución de los elementos en el espacio de la placa.

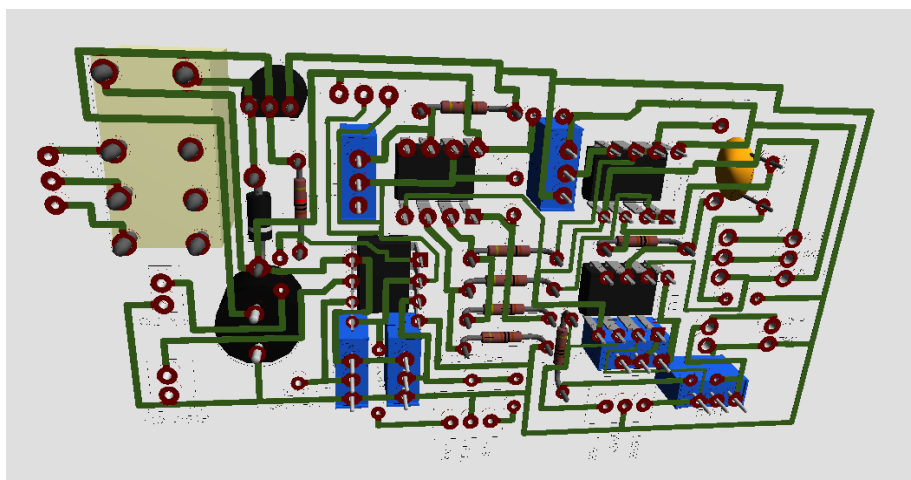


Figura 2.25: Diagrama de pistas en 3D

### 2.3.8 Esquema de implementación al proceso de la empresa Explocen

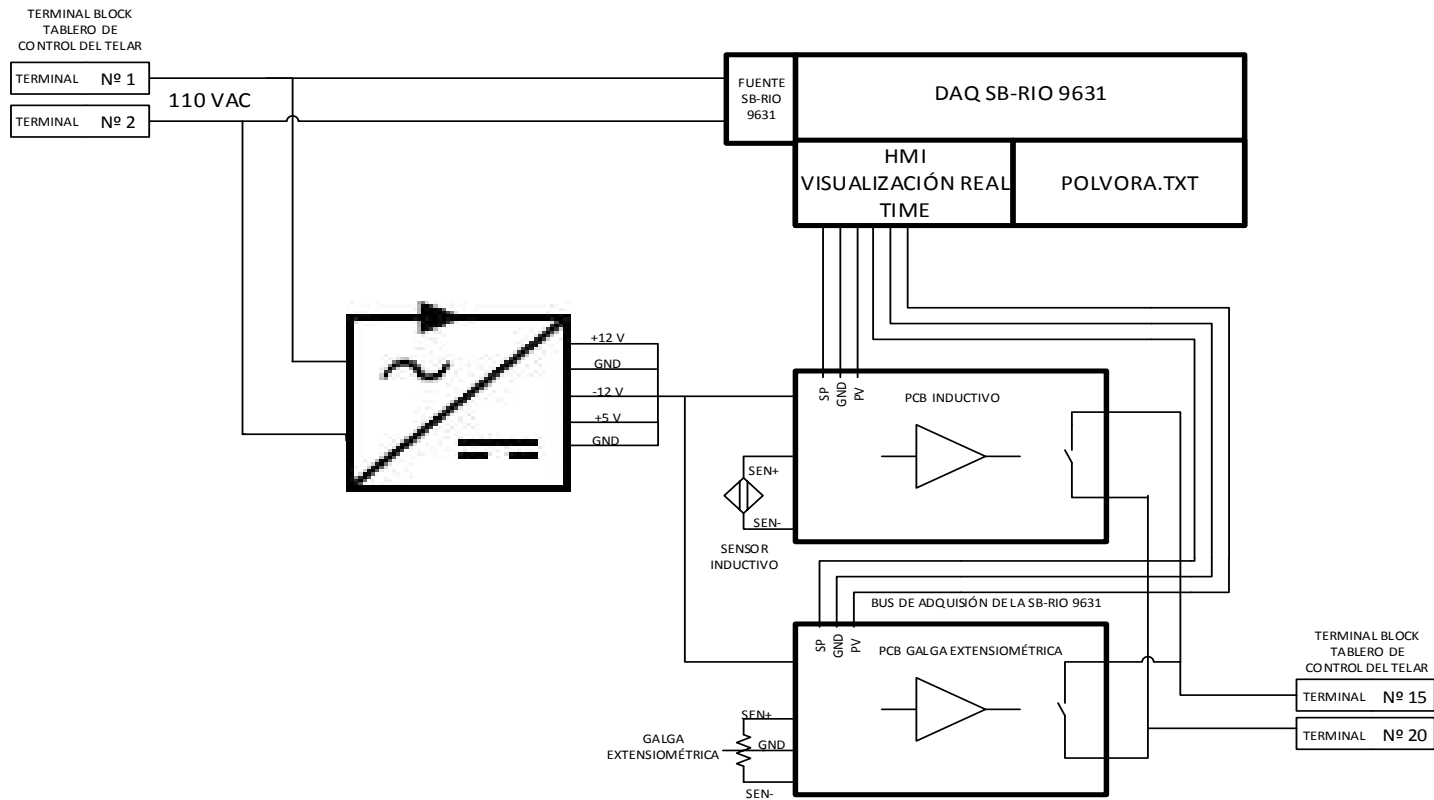


Figura 2.26: Esquema eléctrico de implementación del sistema al proceso

Los diagramas de implementación al sistema de producción se indican a continuación, al igual que la descripción de los contact blocks.

Tabla 2. 3: Descripción de conexión del contact block

Descripción		Nº de terminal	Descripción
<b>Alimentación</b>	N	1	Alimentación fuente de DC
<b>110 Vac</b>	F	2	Alimentación DAQ
<b>+12 V</b>		3	
<b>GND</b>		4	Alimentación tarjeta de control del sensor inductivo
<b>-12 V</b>		5	
<b>+5 V</b>		6	
<b>GND</b>		7	
<b>IN INDUCTIVO SEN +</b>		8	SEN + PCB
<b>IN INDUCTIVO SEN -</b>		9	SEN - PCB
<b>N.O. PANEL CONTROL LOGO</b>		10	N.O. PCB INDUCTIVO
<b>N.O. PANEL CONTROL LOGO</b>		11	N.O. PCB INDUCTIVO
<b>IN GALGA SEN +</b>		12	SEN + PCB
<b>IN GALGA GND</b>		13	GND PCB
<b>IN GALGA SEN -</b>		14	SEN - PCB
<b>N.O. PANEL CONTROL LOGO</b>		15	N.O. PCB GALGA
<b>N.O. PANEL CONTROL LOGO</b>		16	N.O. PCB GALGA

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

## 2.4 ADQUISIÓN DE DATOS EN LA TARJETA SB-RIO 9631

### 2.4.1 Configuración de la dirección IP de la PC

Para poder establecer la comunicación de la PC con la tarjeta de adquisición de datos, la dirección de la tarjeta de red de la PC debe estar en la misma red que la de la tarjeta DAQ; por lo que la dirección ip de la PC es 10.0.0.1 y la máscara de subred 255.255.255.0 tal como se indica en la Figura 2.27.

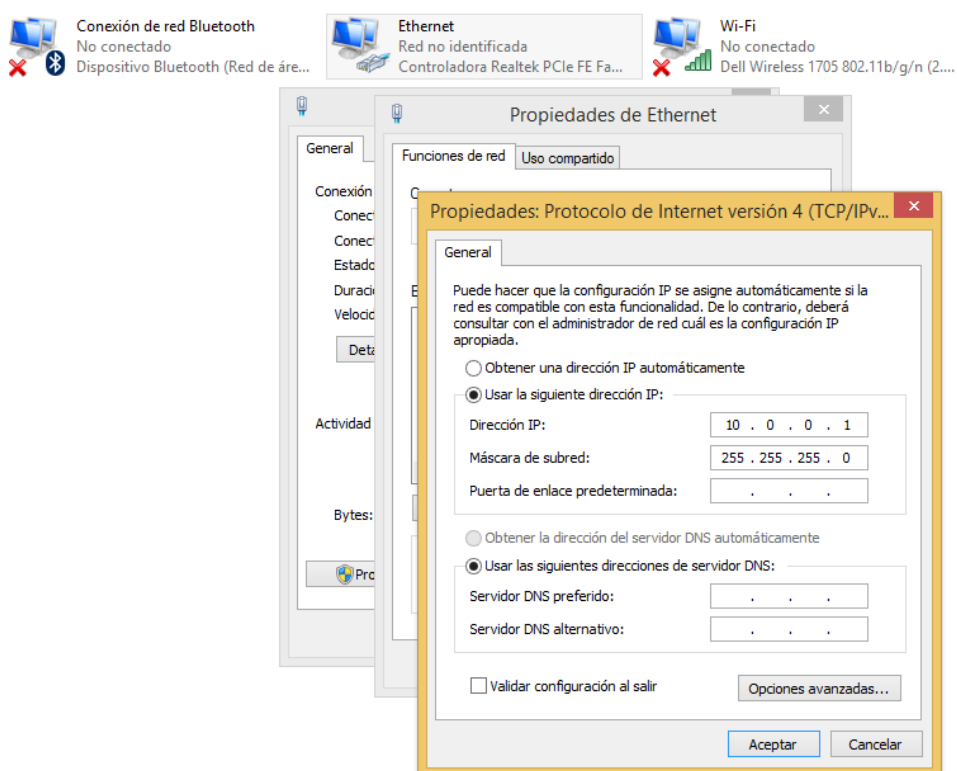


Figura 2.27: Direccionamiento de la PC



## 2.4.2 Configuración de la dirección IP de la tarjeta Sb-rio 9631

Una vez que se ha configurado la dirección IP de la pc es necesario configurar la dirección IP de la tarjeta y para ello es necesario ingresar a la herramienta de comunicación de dispositivos de Labview MAX.

En la herramienta MAX se agrega la tarjeta de adquisición dando clic derecho en Remote Systems y se selecciona Create New.

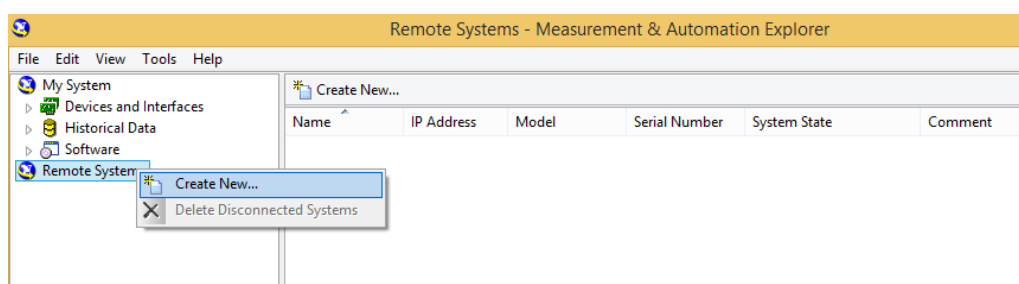


Figura 2.28: Agregar un dispositivo remoto

Al seleccionar Create New se despliega un cuadro de dialogo donde se selecciona la opción Remote Device y se continua con la configuración.

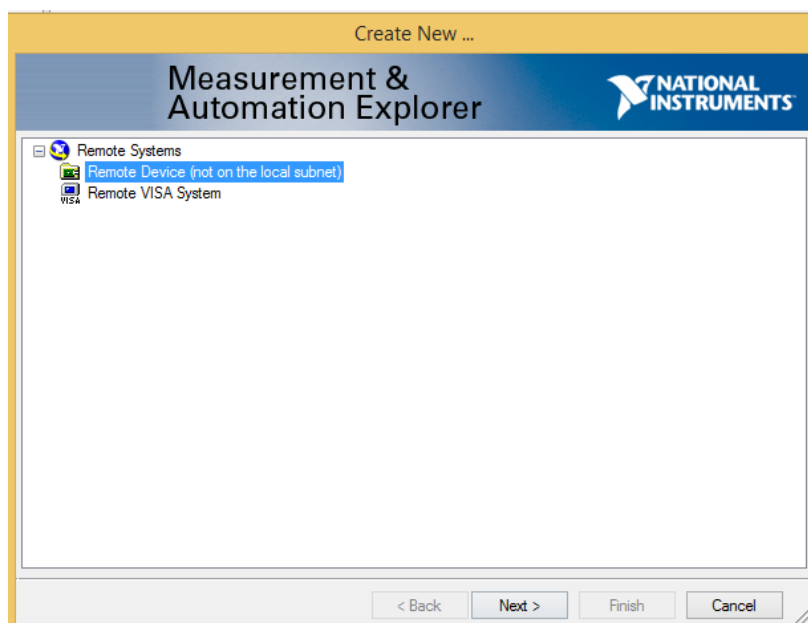


Figura 2.29: Selección del método de comunicación

El siguiente cuadro de diálogo permite ingresar la dirección IP del dispositivo a agregar, en este caso la dirección IP por default de la tarjeta es 10.0.0.0.

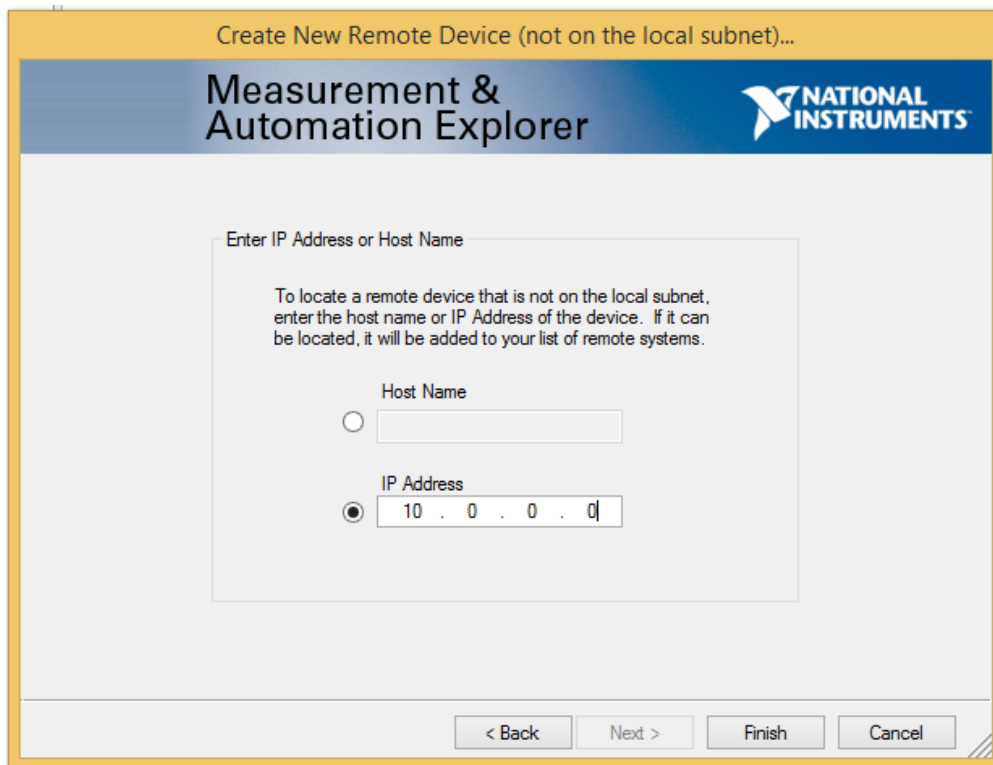


Figura 2.30: Ingreso de la dirección IP de la tarjeta

Una vez que se establece la comunicación entre la tarjeta DAQ y el MAX se despliega la información de configuración de la tarjeta, como el hostname, la dirección IP de la tarjeta, la dirección de subred, el número de serie y modelo de la tarjeta.

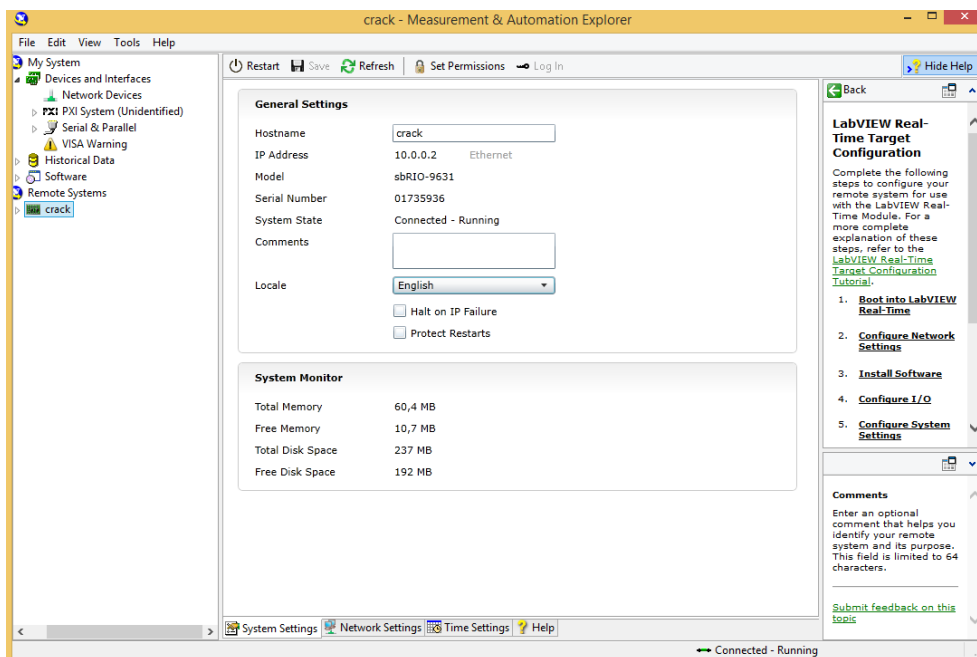


Figura 2.31: Configuración del sistema

Para cambiar la dirección IP de la tarjeta se ingresa a Network Settings, donde se cambian los parámetros de red tal como se indica en la Figura 2.32.

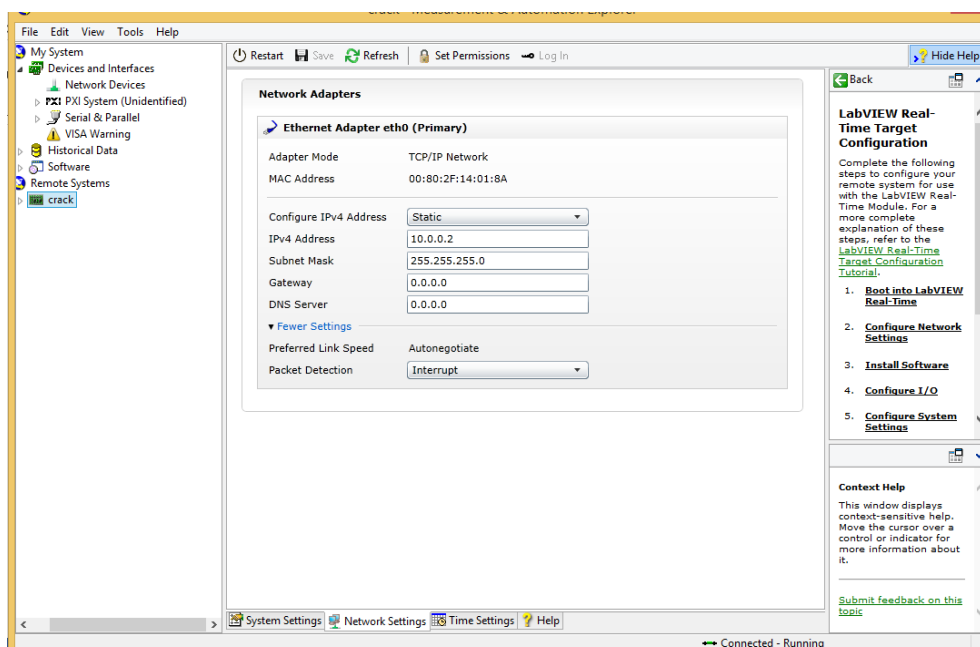


Figura 2.32: Configuración de parámetros de la red

### 2.4.3 Configuración de los puertos de entrada analógica

La tarjeta de adquisición de datos sb-rio posee 32 entradas analógicas de voltaje a 16 bits, con la opción de seleccionar el rango de voltaje que va a ingresar. Entonces para configurar los puertos a usar y el método de adquisición se ingresa a la interfaz de configuración de los puertos al dar clic derecho en ModA (NI 9205) y seleccionar Properties como se indica en la Figura 2.33. A continuación se seleccionan los puertos AI26, AI27, AI29 y AI30 con un rango de voltaje de +/- 10 V debido a que en ocasiones los operadores usan materiales más gruesos por casos eventuales, entonces va a existir un rango de variación de la señal. Y también se configura en modo RSE (Referenced Single-Ended) tal como se indica en las Figura 2.34 y Figura 2.35.

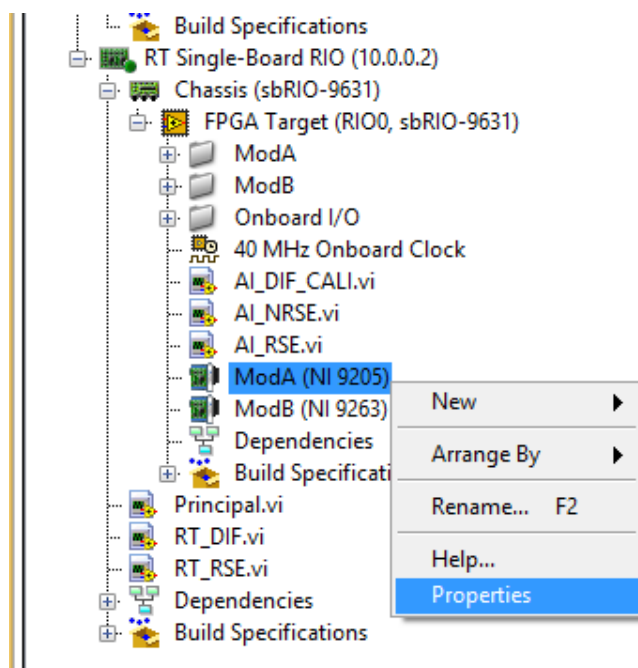


Figura 2.33: Propiedades del módulo analógico de la sb-rio 9631

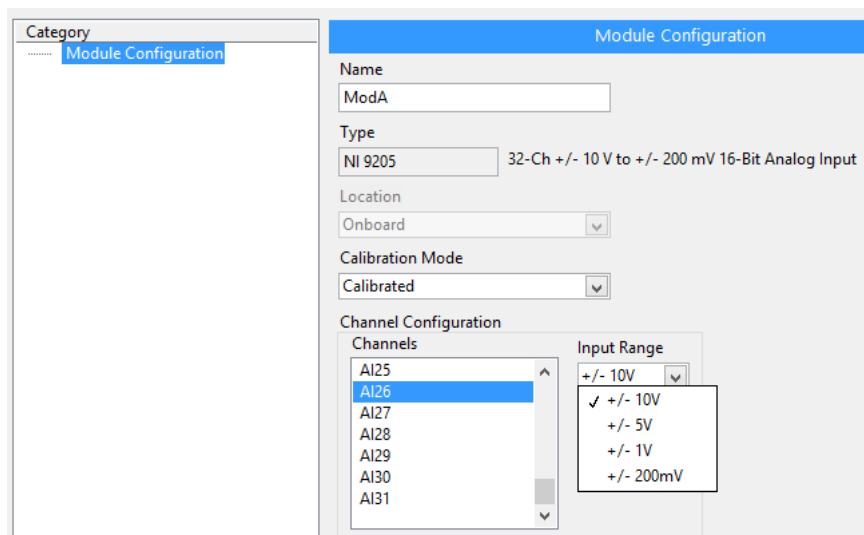


Figura 2.34: Configuración del rango de entrada de puerto AI26

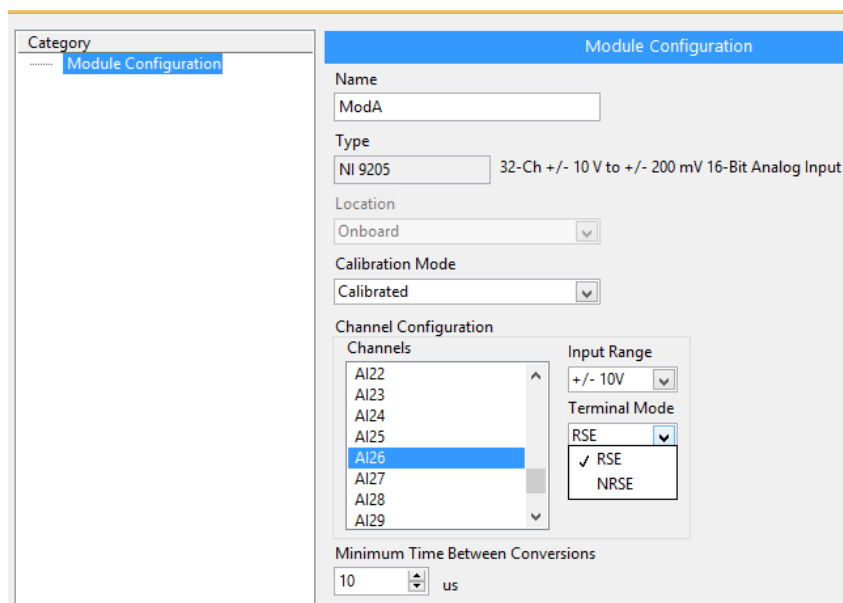


Figura 2.35: Configuración de Modo de entrada del canal analógico

#### 2.4.4 Programar la FPGA de la NI Single-Board RIO

Para empezar con la programación del proyecto en Labview, primero se debe programar la tarjeta fpga, ya que es allí donde convergen todas las utilidades de la misma, es decir; se tiene las entradas y salidas tanto

analógicas como digitales, así que es el primer paso de nuestro algoritmo para acceder a estos recursos. Con la ayuda del Módulo FPGA de LabVIEW la programación y acceso a estos recursos es muy sencilla, dando una gran ventaja al momento de realizar algoritmos muy complejos que funcionen de manera eficaz. Para lograr este objetivo se debe dar clic derecho en FPGA Target y se agrega un nuevo VI, tal como se indica en la Figura 2.36.

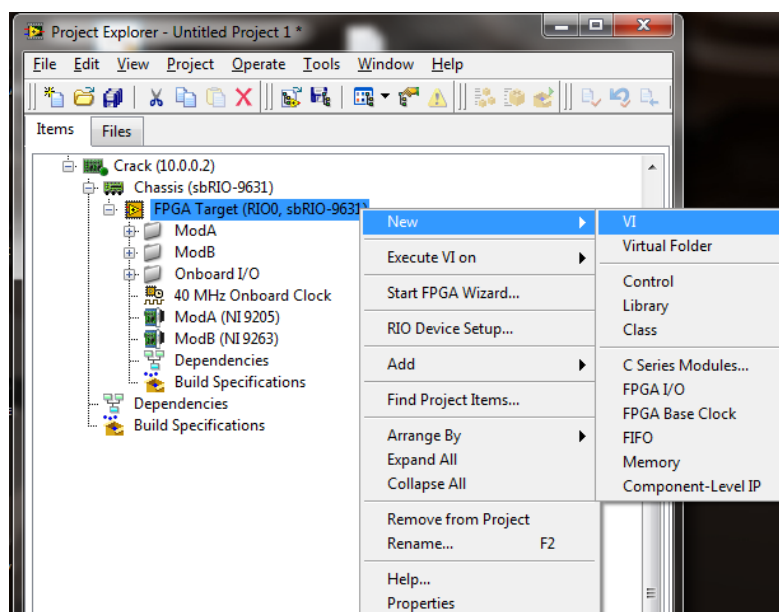


Figura 2.36: Crear VI para programar la NI Single-Board RIO 9631

Una vez que se ha creado el VI para la FPGA se procede a realizar el algoritmo en el diagrama de bloques, el cual consiste en la adquisición de los datos de las señales de los sensores y de los niveles de set point.

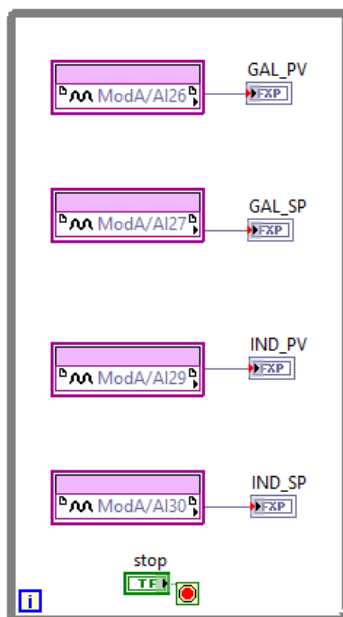


Figura 2.37: Adquisición de datos de la sb-rio 9631

En la Figura 2.37 se indica GAL\_PV, GAL\_SP, IND\_PV, IND\_SP, que son las variables de los datos adquiridos por la fpga y a estas variables se las pueda acceder y utilizar. Para configurar una entrada de la fpga se utiliza FPGA I/O NODE, el cual se indica en la Figura 2.38. Se guarda el proyecto y se procede a su compilación.

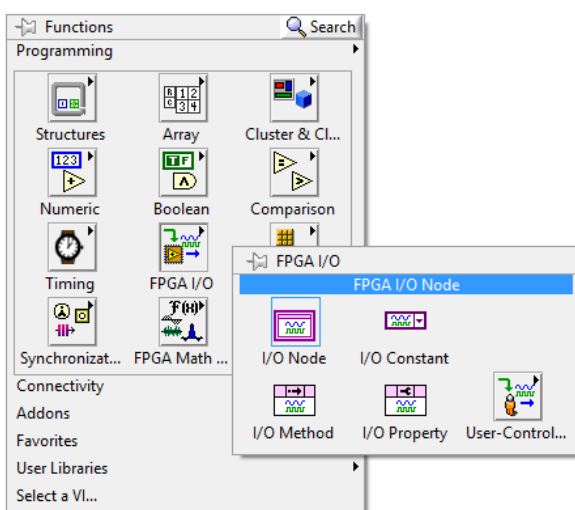


Figura 2.38: Instrumento virtual para utilizar un recurso de la tarjeta

Una vez finalizada la adquisición de los datos, es necesario compilar el mismo, esta acción permitirá cargar los archivos necesarios para que la FPGA quede configurada de manera correcta y funcionando de acuerdo a los parámetros requeridos. Al compilar el VI se generan los archivos de tipo Bitfile, que servirán para abrir la referencia a la tarjeta. Los pasos para crear una nueva compilación son: RT Single-Board>Chassis>FPGA Target>Build Specification>Clic Derecho>New>Compilation, tal como se indica en la Figura 2.39.

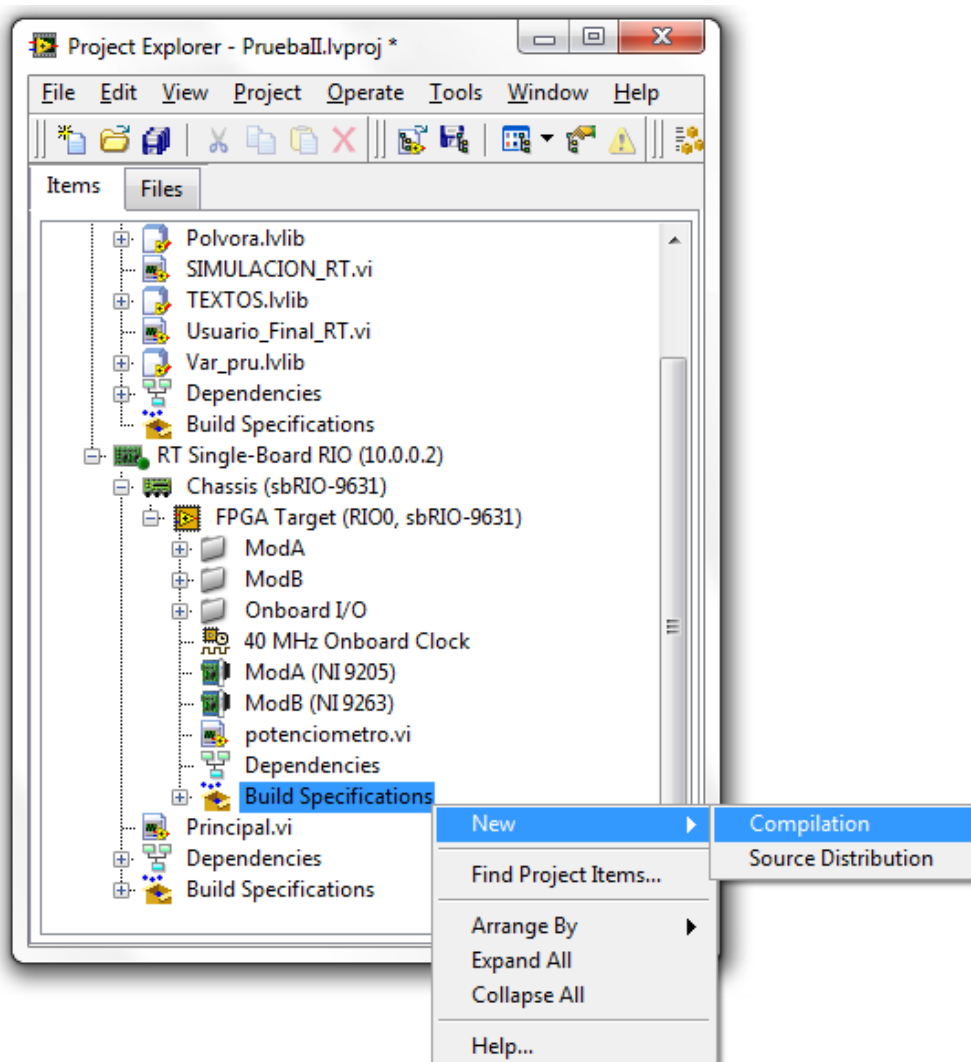


Figura 2.39: Pasos para compilar el VI de la FPGA



El cuadro de diálogo que se presenta a continuación, permite cambiar el nombre de la compilación creada, el nombre de los archivos Bitfile generados, el directorio donde se guardaran los archivos generados, y algo muy importante a tener en cuenta al momento de compilar es marcar la opción Run When Loaded to FPGA como se indica en Figura 2.40.

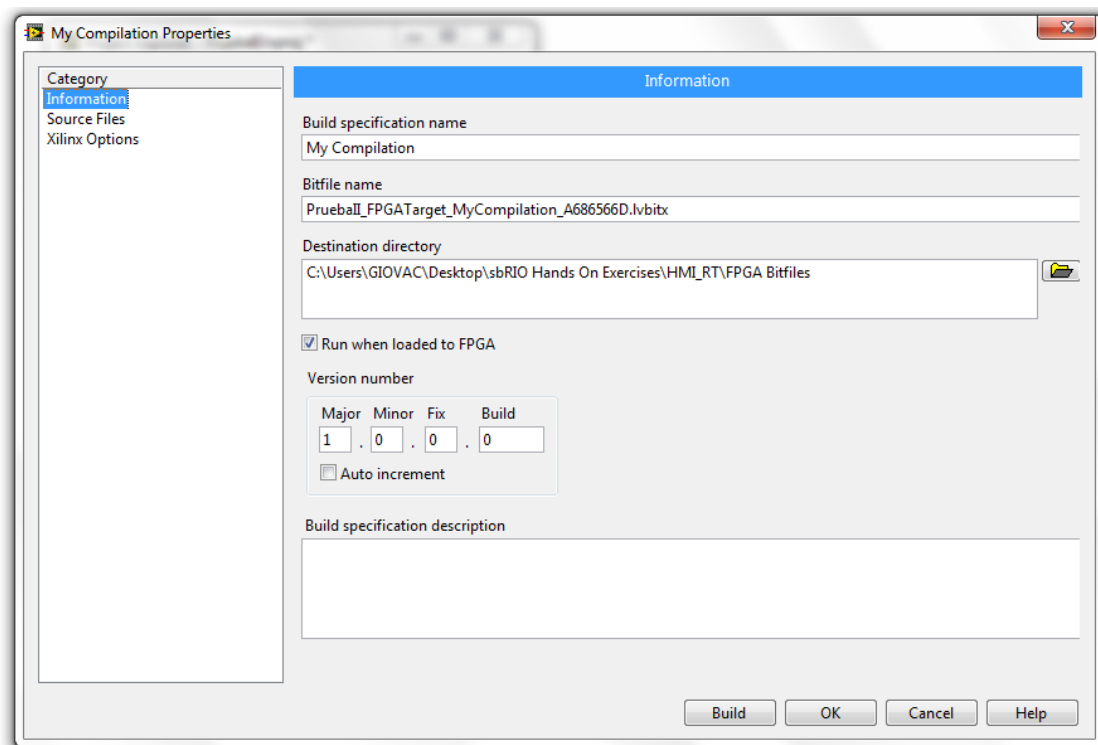


Figura 2.40: Propiedades de la compilación

Por último se selecciona el archivo a compilar, en la pestaña Source Files. Aquí se selecciona el VI que se encuentra grabado en la FPGA de la tarjeta y agregar ítem, también se debe seleccionar la pestaña Set as default build specification, como se indica en la Figura 2.41.

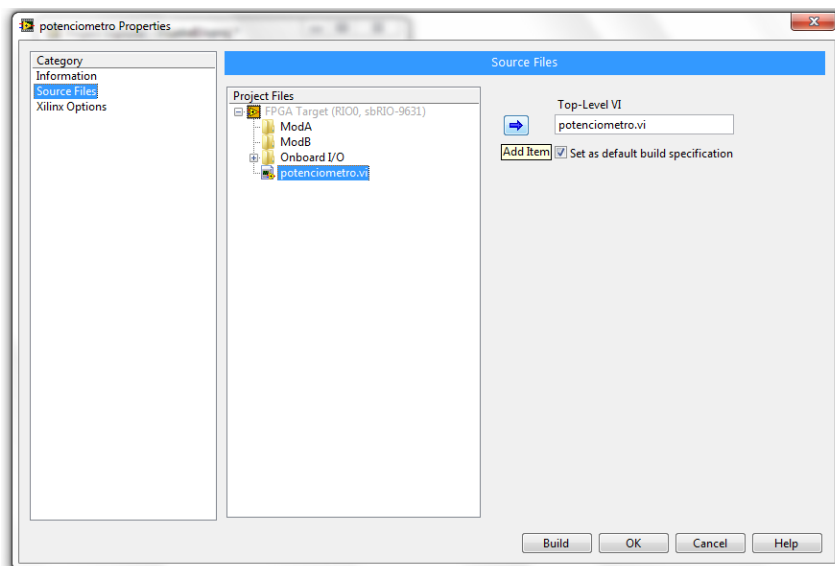


Figura 2.41: Selección de los archivos a compilar

La compilación dura alrededor de 10 minutos, y este tiempo puede variar dependiendo de la complejidad del programa realizado. Una vez finalizada la compilación la tarjeta fpga está programada y lista para usar los recursos en la creación del HMI.

## 2.5 DISEÑO DEL HMI

El algoritmo del HMI del sistema permite visualizar en tiempo real los eventos que ocurren en la detección de vacíos. También permite crear el VI que se configura como una aplicación Real-Time, para que la tarjeta realice el control y la adquisición sin tener la necesidad de una computadora ejecutando el programa.

La tarjeta registra todos los eventos ocurridos un archivo de texto que se encuentra creado en la memoria de la misma, y de esta manera se pueda descargar dicho archivo para verificar la fecha y hora en que ocurrió el evento.

## 2.5.1 Diseño del algoritmo

Para empezar el diseño del algoritmo que sirve como aplicación real time se debe crear un VI en la tarjeta como se indica en la Figura 2.42.

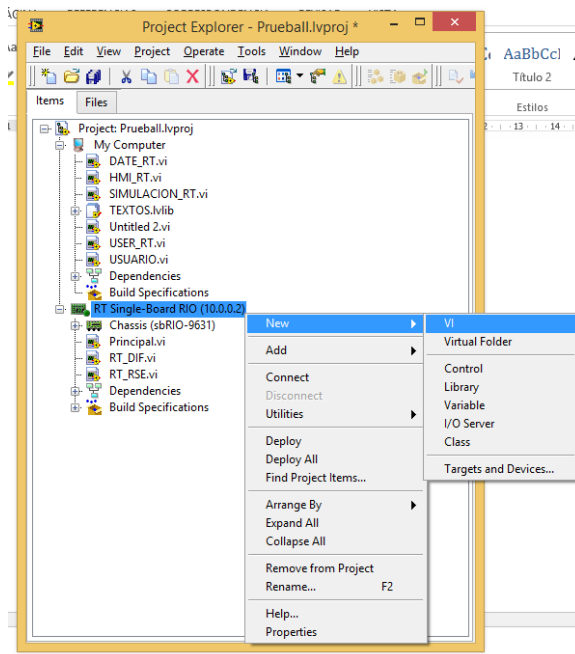


Figura 2.42: Creación de VI en la tarjeta

La empezar la programación del HMI se debe abrir la referencia a la fpga, para tal efecto el instrumento virtual es el que se indica en la Figura 2.43.

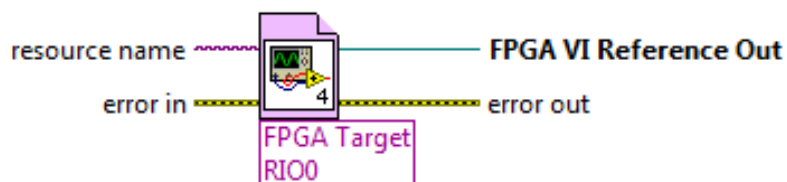


Figura 2.43: FPGA Open VI Reference

Una vez que se tiene dicho instrumento en el diagrama de bloques se deben cargar los archivos o VI para dar la referencia del programa fpga que

se va a usar. Dar clic derecho en FPGA Open VI Reference y seleccionar Configure Open FPGA VI Reference, tal como se indica en la Figura 2.44.

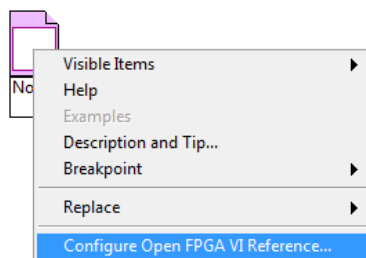


Figura 2.44: Configurar FPGA Open VI Reference

Para configurar la referencia de la FPGA se despliega un cuadro de diálogo igual al indicado en la Figura 2.45, donde se especifica el método para direccionar la referencia de la tarjeta. Se tienen tres opciones de configurar la referencia.

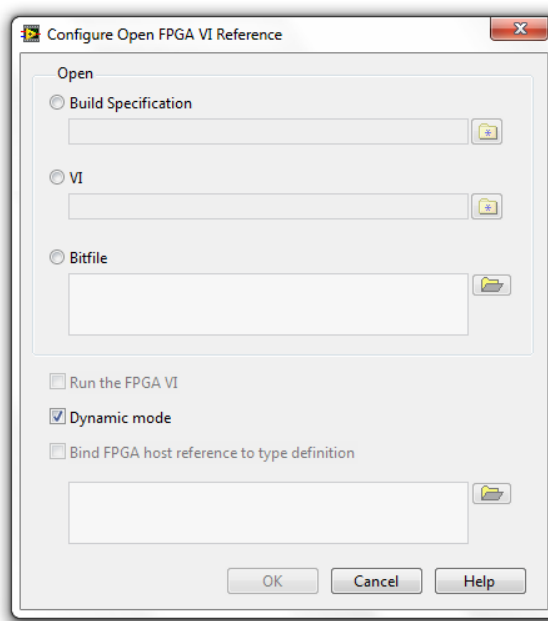


Figura 2.45: Opciones para configurar la referencia de la tarjeta

**Build Specification:** Permite referenciar mediante la compilación del VI que se encuentra en la FPGA de la tarjeta.

**VI:** Permite referenciar mediante el VI que se crea para programar la tarjeta NI Single-Board RIO 9631.

**Bitfile:** Permite referenciar mediante los archivos de extensión Bitfile que se crean al momento de realizar la compilación de la tarjeta.

La referencia usada en este proyecto es mediante VI, al seleccionar dicha opción se despliega un cuadro de dialogo en el cuál se indican los archivos que se tienen disponibles en la fpga de la tarjeta SB-RIO 9631 tal como se indica en la Figura 2.46. Al usar esta opción el archivo seleccionado debe ser el mismo que está compilado y cargado en la fpga, de lo contrario las entradas y salidas van a ser diferentes y no se va a poder programar de manera correcta.

El archivo seleccionado es AI\_RSE.vi.

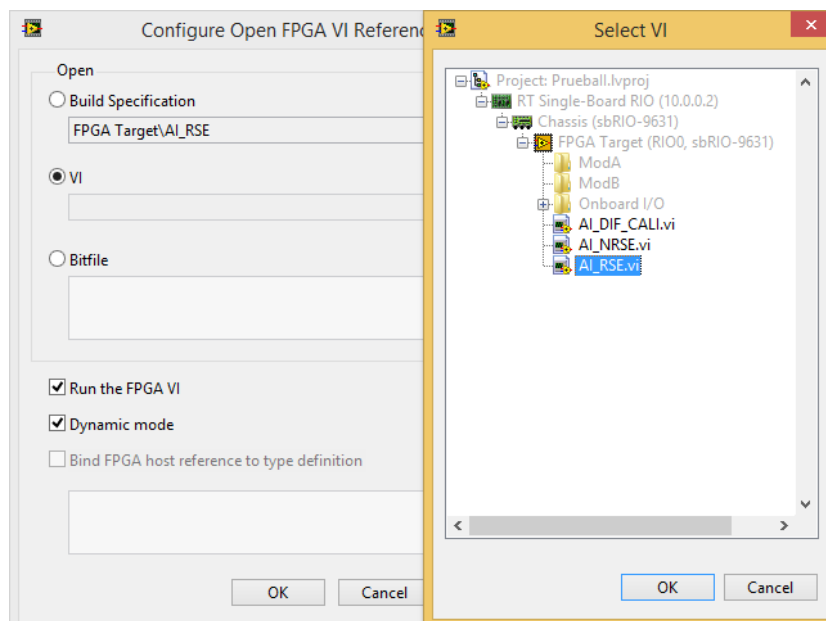


Figura 2.46: Selección de los archivos de referencia de la fpga

Una vez abierta la referencia a la fpga de la tarjeta se procede a realizar la lectura de las entradas analógicas, para esto es necesario usar el instrumento virtual llamado Read/Write Control, Figura 2.47.

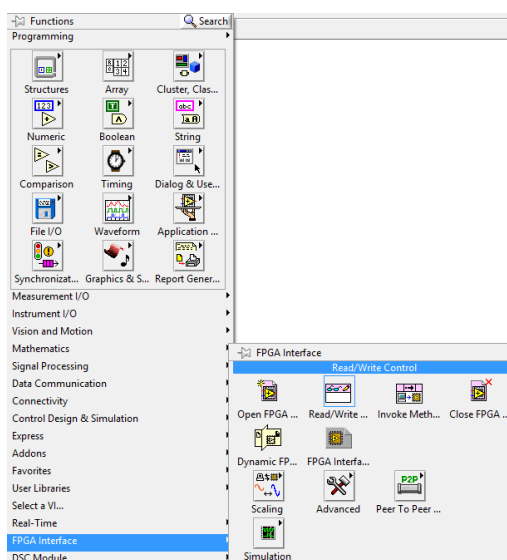


Figura 2.47: Read/Write Control

Read/Write es un control que se debe conectar a la referencia de la fpga abierta y permite hacer uso de las variables que existen en la tarjeta, ya sean de entrada o salida, lectura o escritura. Para configurar si es lectura o escritura dar clic derecho sobre la variable y seleccionar lectura, Change to Read.

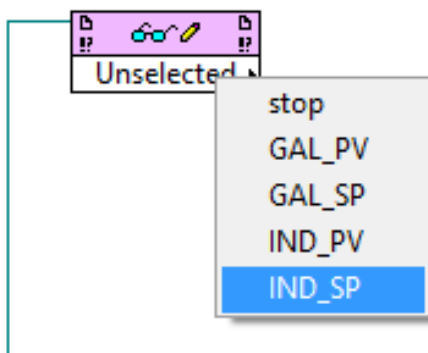


Figura 2.48: Variables disponibles de la fpga

Se seleccionan las cuatro variables provenientes de los sensores y para realizar esto se arrastra la parte inferior del control hasta que se disponga de cuatro espacios para las variables y en cada uno de estos espacios se selecciona cada una de las variables. Al finalizar la selección de las variables se visualizan en un Waveform Chart donde va la señal del proceso y del set point, una pantalla para cada sensor, tal como se indica en la Figura 2.48.

Se comparan las señales de la galga GAL\_SP y GAL\_PV, cuando el valor del set point es mayor al del proceso se registra en la tarjeta que existió un vacío y de igual manera se realiza la comparación con las señales IND\_SP e IND\_PV, de esta manera se obtiene un control redundante.

Como se dispone de dos sensores cualquiera de los dos pueden detectar un error en la mecha por ende se debe colocar una OR para acceder a la Case Structure.

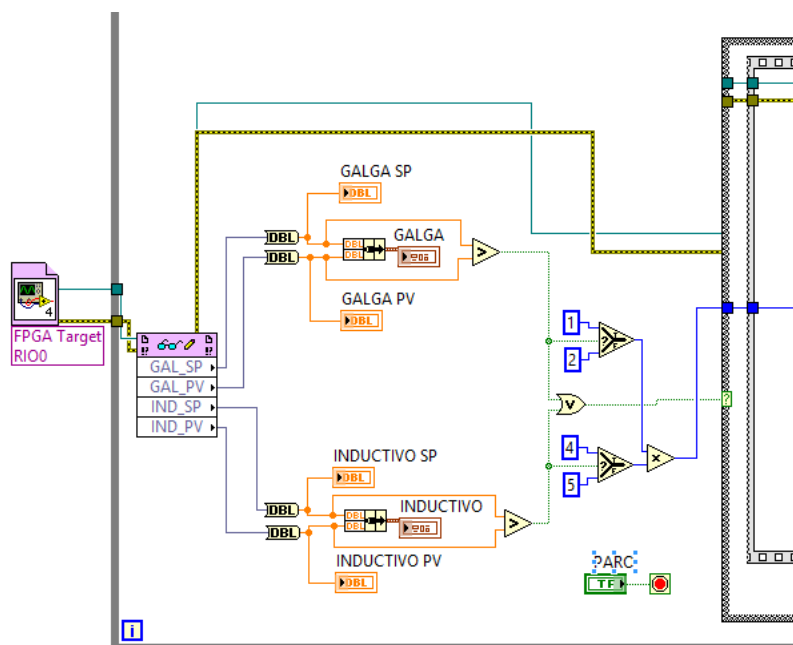


Figura 2.49: Selección de variables y comparación

## 2.5.2 Registro en el archivo de la tarjeta

El Case Structure es una instrucción con dos opciones, de verdadero o falso, en caso de un evento falso, no realiza ninguna acción (Figura 2.50) y continúa con la adquisición de datos, pero en caso de que tenga un dato verdadero ejecuta el programa que se indica en la Figura 2.51.



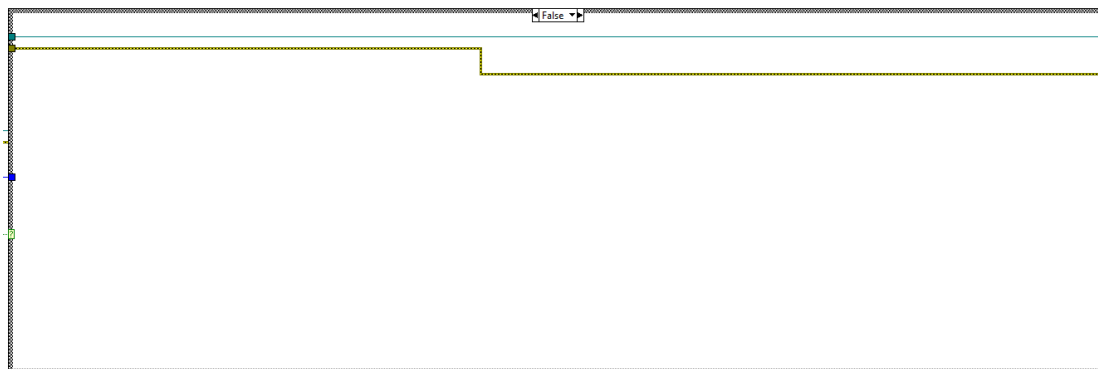


Figura 2.50: Caso falso en el sistema de detección de vacíos

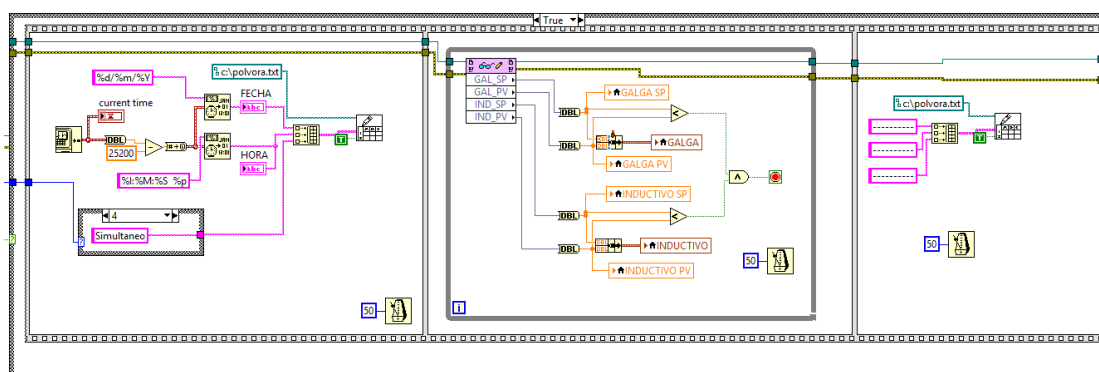


Figura 2.51: Caso verdadero

Dentro de Case Structure True se tiene un Flat Sequence, el cual contiene uno o más subdiagramas que se ejecutan secuencialmente.

En primer lugar se obtienen datos de fecha y hora mediante la instrucción Get Data/Time in Seconds.

Dicha instrucción devuelve la marca de tiempo de la hora actual. LabVIEW calcula ésta marca de tiempo usando el número de segundos transcurridos desde 12:00 a.m. del viernes primero de enero de 1904, tiempo universal.

Usar la función To Double Precision Float para convertir el valor de la marca de tiempo a la menor precisión. Se encuentra en Function>Programming>Timing>Get Date/Time In Seconds. La función se indica en la Figura 2.52.

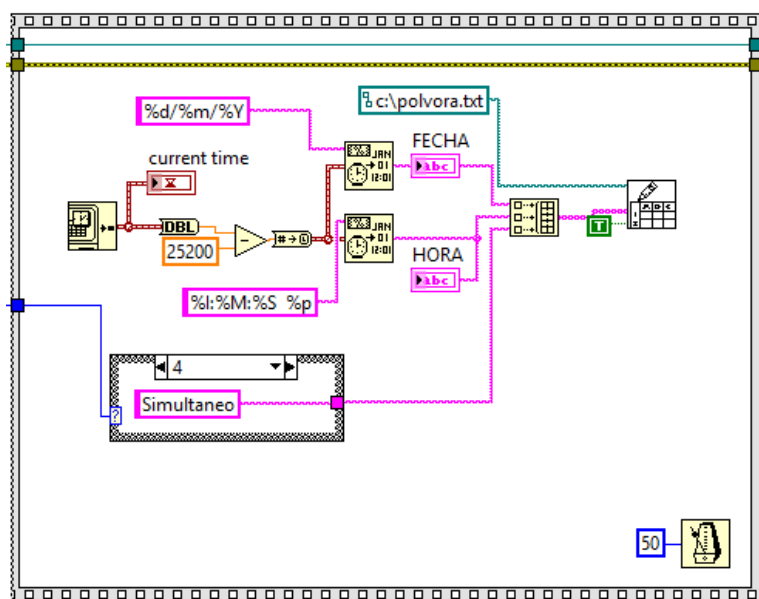


Figura 2.52: Obtención de fecha y hora

La instrucción anterior arroja datos de tiempo en segundos transcurridos, por esta razón se debe convertir dichos segundos en un formato legible de fecha como es día, mes y año y el formato de tiempo en hora, minutos y segundos. Para conseguir dicho fin se utiliza la instrucción Format Date/Time String.

Esta presenta el valor de la marca de tiempo en un formato específico, usando códigos de formato de tiempo. Por ejemplo %l (Hora, formato de 12 horas), %M (minutos), %S (segundos), y %p (indicador de a.m./p.m.). Los códigos de formatos relacionados con la fecha incluyen los siguientes: %Y

(año incluyendo el siglo), %m (número del mes), y %d (día del mes). Se encuentra en Function>Programming>Timing>Format Date/Time String.

Una vez que se ha finalizado la obtención de datos de tiempo se realiza la escritura en el archivo de texto de la tarjeta nombrado como polvora.txt mediante la instrucción Write To Spreadsheet File VI.

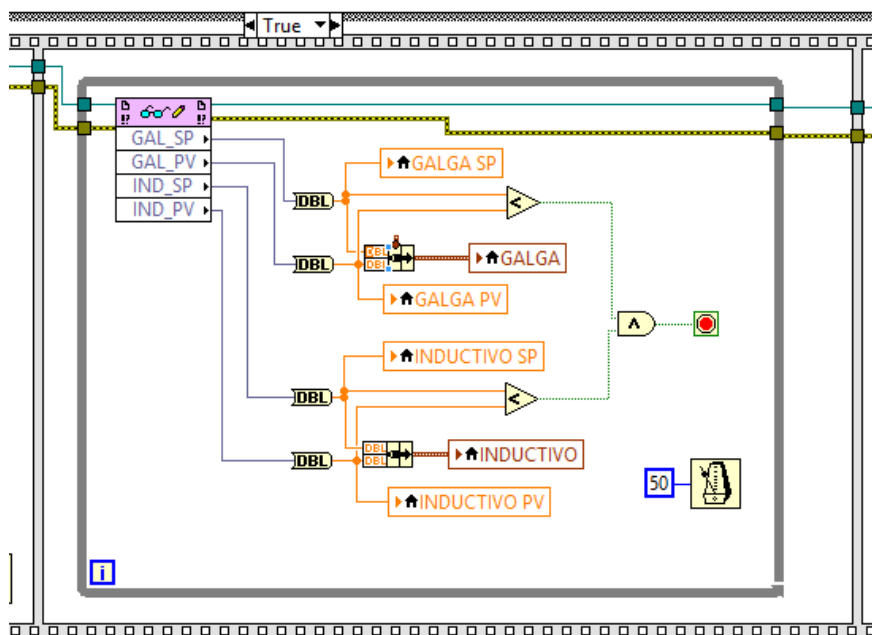


Figura 2.53: Escritura en variables locales

En segundo lugar, se da lectura nuevamente a las entradas de la fpga y se las direcciona a las mismas variables que anteriormente se usaron mediante el uso de variables locales como se observa en la Figura 2.53. Dicho proceso se realiza debido a que si se detecta un vacío se ejecuta el Case Structure pero la visualización en el Waveform Chart. Mediante este proceso se evita dicho problema.

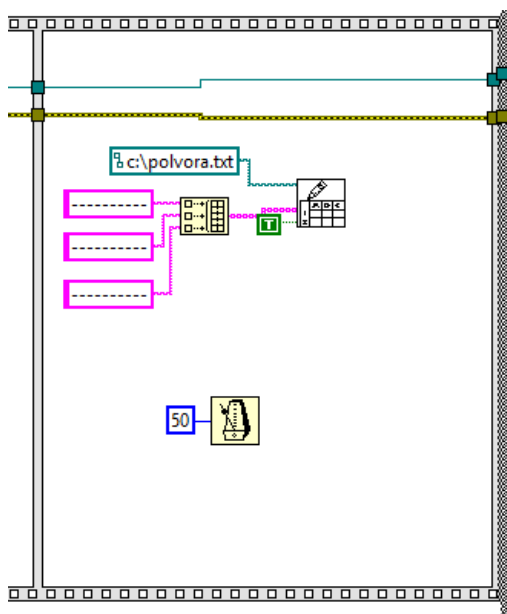


Figura 2.54: Escritura en archivo de la memoria

En tercer lugar, se escribe en el archivo `polvora.txt` líneas divisorias de cada evento ocurrido para mejorar la visualización del archivo de la memoria de la tarjeta.

### 2.5.3 Borrar datos del archivo `pólvora.txt`

Para borrar los datos que se tienen en el archivo se cuenta con un control en el panel frontal con el nombre de borrar historial, y en el diagrama de bloques consta con el nombre de nueva. Al momento que este control se activa se ejecuta un Case Structure y dentro de esta estructura se ejecuta un Stacked Structure, el cual contiene dos subdiagramas a ejecutarse secuencialmente.

En la secuencia número 0 se crea o reemplaza el archivo `polvora.txt`; es decir, un archivo nuevo sin datos de ninguna clase, consiguiendo de esta manera un archivo en el cual los datos se han borrado.

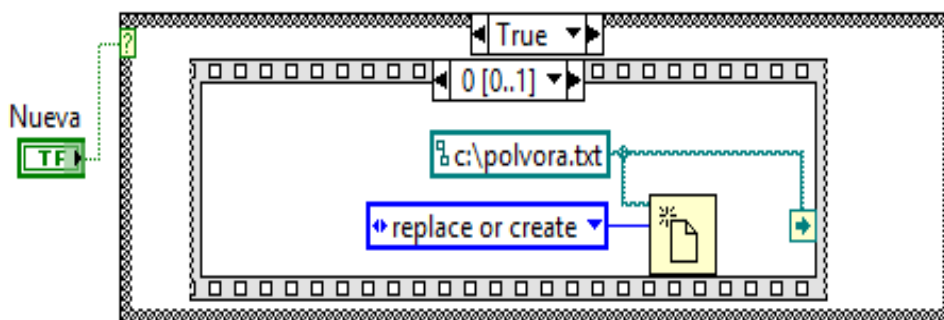


Figura 2.55: Creación del archivo polvora.txt

En la secuencia número 1, debido a que al momento de crear un archivo nuevo o reemplazar un existente se crea en blanco completamente, es necesario escribir los títulos de los datos que se van a almacenar en el archivo.

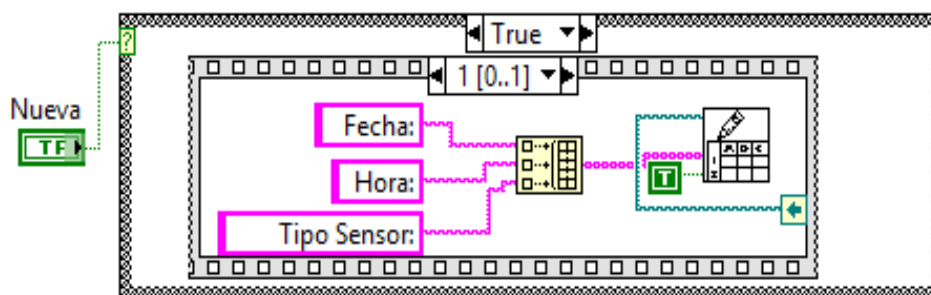


Figura 2.56: Escritura de títulos en el archivo polvora.txt

#### 2.5.4 Diagrama de bloques final del HMI

En la Figura 2.57 se indica el algoritmo completo implementado para la visualización de eventos en tiempo real, así como también cada una de las etapas están identificadas para una mayor comprensión.

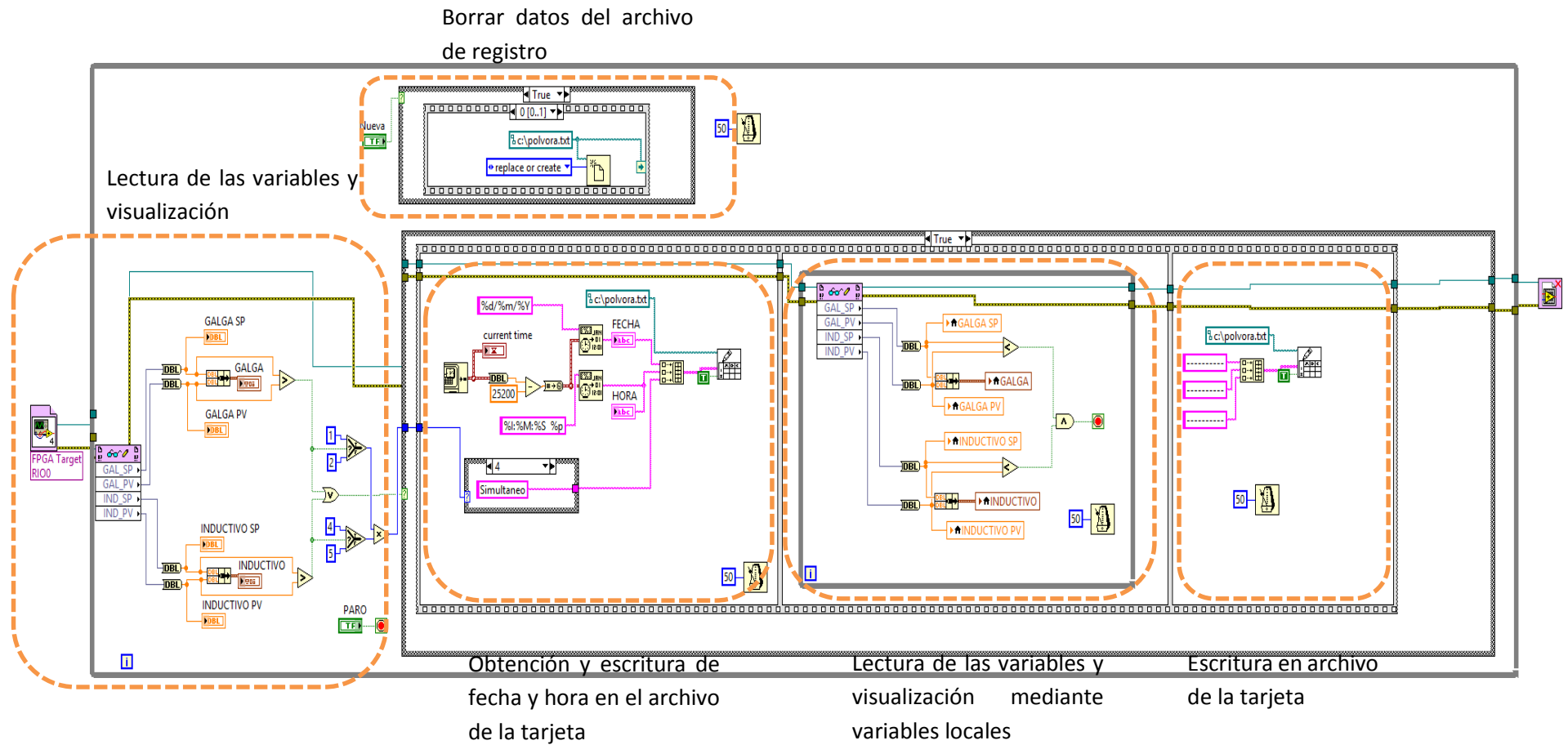


Figura 2.57: Diagrama de bloques del HMI del sistema implementado

### 2.5.5 Panel frontal final del HMI

La Figura 2.58 indica la estructura final del panel frontal del algoritmo implementado del HMI del sistema. En donde consta de dos pantallas donde se visualiza la reacción de los sensores en el proceso. Además consta de dos botones controles, BORRAR HISTORIAL que sirve para borrar el historial del archivo de texto y SALIR para salir del HMI.



Figura 2.58: Panel Frontal del HMI del sistema

## **CAPÍTULO 3**

### **Prueba y análisis de resultados**

#### **3.1 Generalidades**

En este capítulo se analizó el comportamiento práctico del sistema en un ambiente real de funcionamiento. A continuación se presentan las pruebas realizadas en mecha llena, con mecha vacía, con papel roto, con hilos rotos, y los resultados obtenidos del mismo, que ayudarán a mejorar el sistema y a la determinación de importantes conclusiones sobre el proyecto.

#### **3.2 Pruebas experimentales**

##### **3.2.1 Pruebas con mecha llena**

Para la calibración del sistema se lo realiza en mecha llena, en donde se verifica en qué valor se encuentra la señal del proceso y el valor del set point con la ayuda de los operadores del telar, que pueden identificar de manera visual y al tacto cuando la mecha está en condiciones normales o presenta una falla en su elaboración.



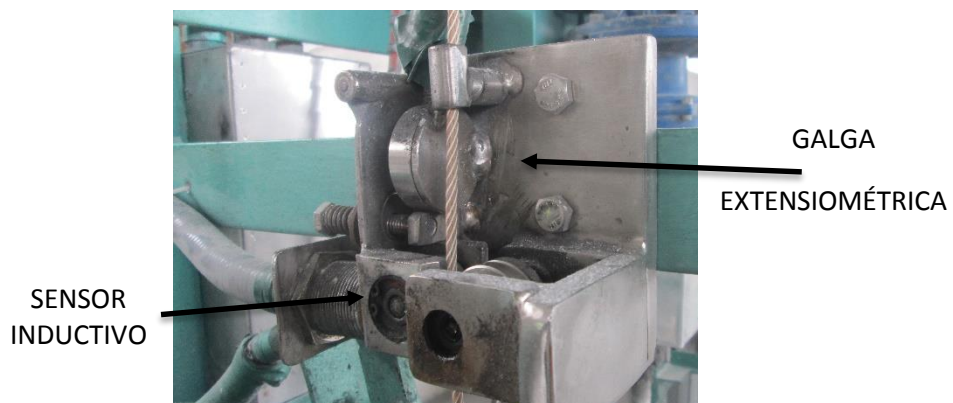


Figura 3.1: Medición de la mecha en condiciones normales

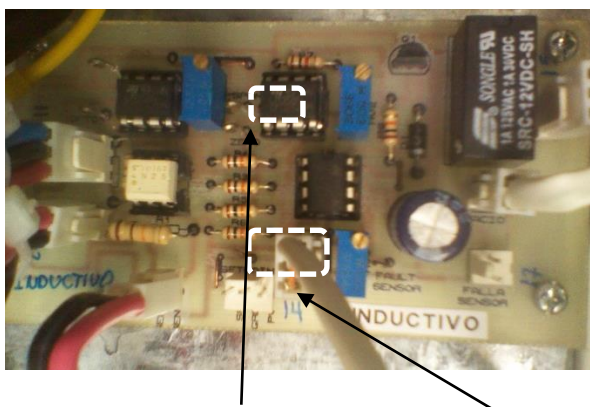


Figura 3.2: Puntos de medición de salida proceso y set point

### 3.2.2 Pruebas con mecha llena y papel roto

En el proceso elaboración de la mecha lenta de pólvora se usan papel en tres puntos, para dar forma a la mecha, y el papel usado es muy delgado y por la velocidad tiene a romperse dañando así la calidad del producto.



Figura 3.3: Puntos sensibles a la rotura de papel



Figura 3.4: Rotura de papel en la elaboración de la mecha de pólvora

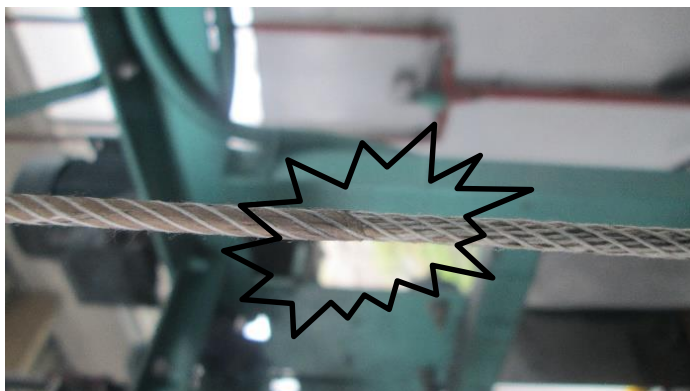


Figura 3.5: Sección donde empieza con menos papel la mecha de pólvora

### 3.2.3 Pruebas con mecha llena e hilos rotos

En el proceso elaboración de mecha lenta de pólvora además se usa hilos para que la contextura de la mecha sea firme, y por ende también dichos materiales tienden a romperse y el sistema debe detectar estas fallas, aunque la mecha este con carga. El estado de la mecha con hilos rotos se indica en la Figura 3.6.

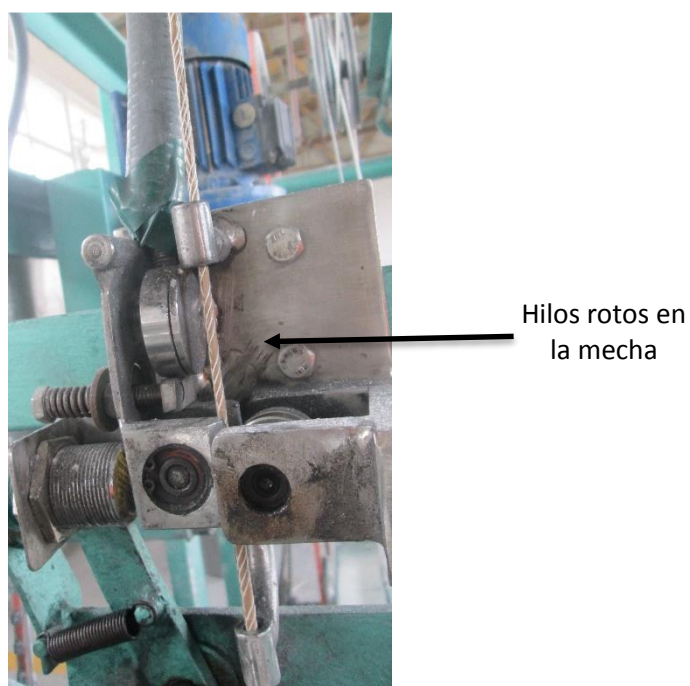


Figura 3.6: Punto diferenciando mecha con hilos rotos

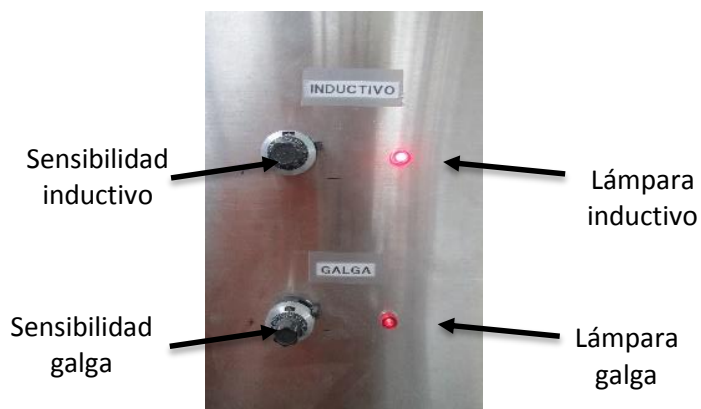


Figura 3.7: indicadores luminosos en mecha llena y vacía

Los registros del sistema implementado se indican en las tablas a continuación, al igual que la verificación del proceso de elaboración en tiempo real.

Tabla 3.1: Semana del 1 al 8 de mayo del 2014

<b>Sensor inductivo</b>						
<b>Proceso (Voltios)</b>						
<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Mecha llena</b>	<b>Mecha vacía</b>	<b>Mecha sin dos hilos</b>	<b>Mecha sin papel</b>	<b>Sensibilidad (V)</b>
<b>1</b>	9:00 AM	3.60 V	1.36 V	3.30 V	3.25 V	3.37 V
<b>2</b>	12:00 PM	3.46 V	1.48 V	3.32 V	3.24 V	3.37 V
<b>3</b>	3:00 PM	3.48 V	1.44 V	3.32 V	3.25 V	3.37 V
<b>4</b>	11:00 AM	3.52 V	1.46 V	3.28 V	3.18 V	3.37 V

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Tabla 3.2: Semana del 15 al 22 de mayo del 2014

Sensor inductivo						
Proceso (Voltios)						
Día	Horas	Mecha llena	Mecha vacía	Mecha sin dos hilos	Mecha sin papel	Sensibilidad (V)
<b>1</b>	8:00 AM	3.48 V	1.39 V	3.31 V	3.27 V	3.31 V
<b>2</b>	11:00 AM	3.40 V	1.42 V	3.30 V	3.25 V	3.31 V
<b>3</b>	3:00 PM	3.39 V	1.44 V	3.31 V	3.24 V	3.31 V
<b>4</b>	09:40 AM	3.43 V	1.42 V	3.30 V	3.25 V	3.32 V
<b>5</b>	2:20 PM	3.36 V	1.40 V	3.33 V	3.27 V	3.31 V

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Tabla 3.3: Semana del 5 al 12 de junio del 2014

Sensor inductivo						
Proceso (Voltios)						
Día	Horas	Mecha llena	Mecha vacía	Mecha sin dos hilos	Mecha sin papel	Sensibilidad (V)
1	9:00 AM	3.55 V	1.32 V	3.33 V	3.26 V	3.33 V
2	1:30 PM	3.47 V	1.49 V	3.31 V	3.23 V	3.33 V
3	3:30 PM	3.48 V	1.41 V	3.34 V	3.25 V	3.34 V
4	10:15 AM	3.52 V	1.45 V	3.28 V	3.20 V	3.36 V
5	09:30 AM	3.47 V	1.37 V	3.36 V	3.23 V	3.34 V

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Tabla 3.4: Semana del 19 al 26 de junio del 2014

Sensor inductivo						
Proceso (Voltios)						
Día	Horas	Mecha llena	Mecha vacía	Mecha sin hilos	Mecha sin papel	Sensibilidad (V)
1	8:45 AM	3.65 V	1.38 V	3.32 V	3.27 V	3.36 V
2	12:40 PM	3.48 V	1.39 V	3.31 V	3.24 V	3.36 V
3	3:30 PM	3.49 V	1.43 V	3.33 V	3.23 V	3.36 V

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Tabla 3.5: Semana del 1 al 8 de mayo del 2014

Galga Extensiométrica				
Proceso (Voltios)				
Día	Horas	Mecha llena	Mecha vacía	Sensibilidad (V)
1	9:00 AM	4.2 V	1.36 V	3.39 V
2	12:00 PM	4.02 V	1.48 V	3.39 V
3	3:00 PM	4.1 V	1.44 V	3.39 V

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Tabla 3.6: Semana del 15 al 22 de mayo del 2014

Galga Extensiométrica				
Día	Horas	Proceso (Voltios)		Sensibilidad (V)
		Mecha llena	Mecha vacía	
1	9:00 AM	4.3 V	1.36 V	3.29 V
2	12:00 PM	3.99 V	1.37 V	3.29 V
3	3:00 PM	3.89 V	1.40 V	3.29 V

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Tabla 3.7: Semana del 5 al 12 de junio del 2014

Galga Extensiométrica				
Día	Horas	Proceso (Voltios)		Sensibilidad (V)
		Mecha llena	Mecha vacía	
1	9:00 AM	3.60 V	1.41 V	3.34 V
2	12:00 PM	3.46 V	1.47 V	3.34 V
3	3:00 PM	3.48 V	1.44 V	3.34 V

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel



Tabla 3.8: Semana del 19 al 26 de junio del 2014

Galga Extensiométrica				
Proceso (Voltios)				
Día	Horas	Mecha llena	Mecha vacía	Sensibilidad (V)
1	9:00 AM	3.60 V	1.37 V	3.38 V
2	12:00 PM	3.46 V	1.46 V	3.38 V
3	3:00 PM	3.48 V	1.37 V	3.38 V

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

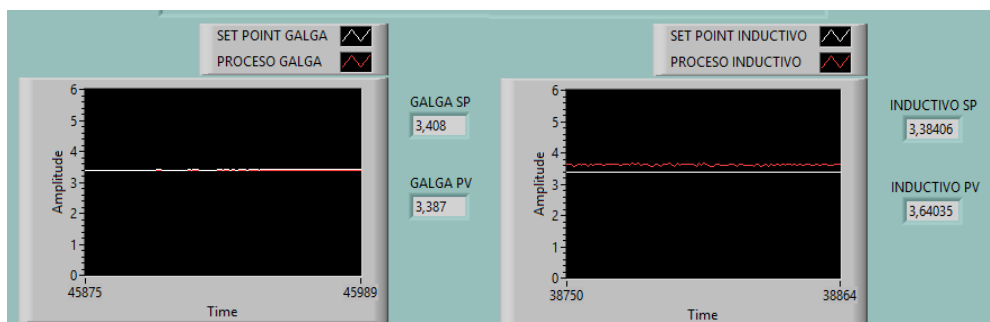


Figura 3.8: Visualización en tiempo real con mecha llena

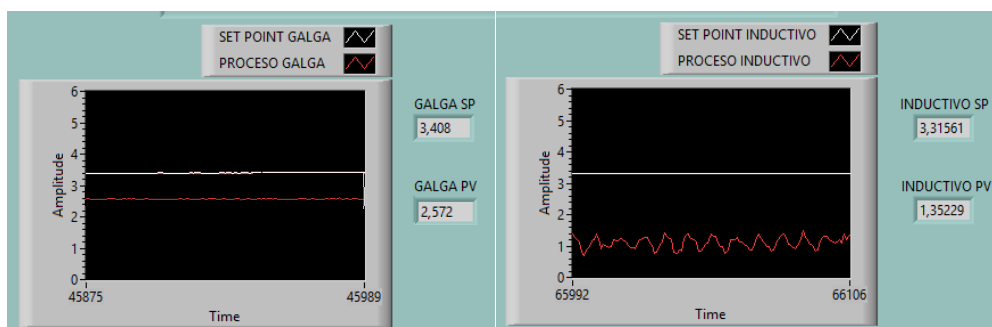


Figura 3.9: Visualización en tiempo real con mecha vacía

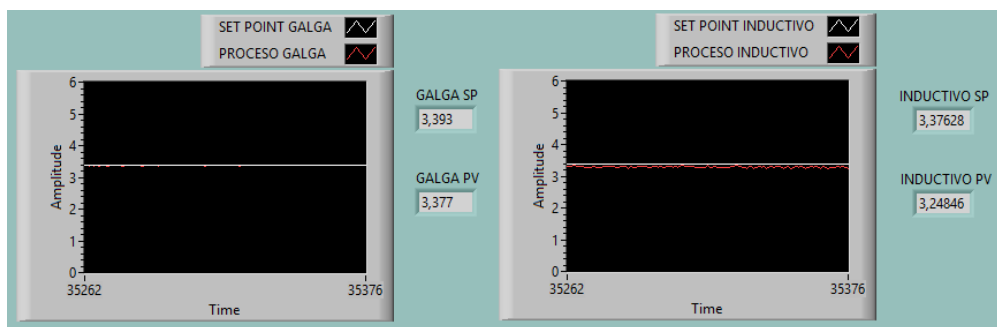


Figura 3.10: Mecha de pólvora con menos papel

Tabla 3.9: Secuencia de indicadores luminosos

	MECHA LLENA	MECHA VACIA	MECHA CON PAPEL ROTO	MECHA CON HILOS ROTOS
Lámpara inductivo	OFF	ON	ON	ON
Lámpara galga	OFF	ON	NA	NA

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

### 3.2.4 Prueba de registro en el archivo de la Sb-rio 9631

La tarjeta se comunica con la PC mediante una dirección IP, y se puede acceder a su directorio de memoria mediante ftp (protocolo de transferencia de archivos). Allí se encuentra el archivo de texto que contiene todos los eventos de falla ocurridos en la mecha de pólvora. El archivo contiene además hora y fecha en que ocurrió dicho evento.

Para acceder a la memoria de la tarjeta DAQ se debe abrir primero un navegador de internet, y en la barra de direcciones colocar la siguiente dirección: ftp://10.0.0.2 tal como se indica en la Figura 3.11.

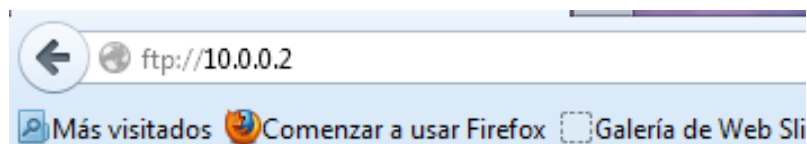


Figura 3.11: Acceso a la memoria de la tarjeta

En la memoria de la tarjeta se tienen diversos menús (Figura 3.12), de entre ellos se encuentre el archivo de texto creado para almacenar los eventos ocurridos en el proceso de elaboración de la mecha.

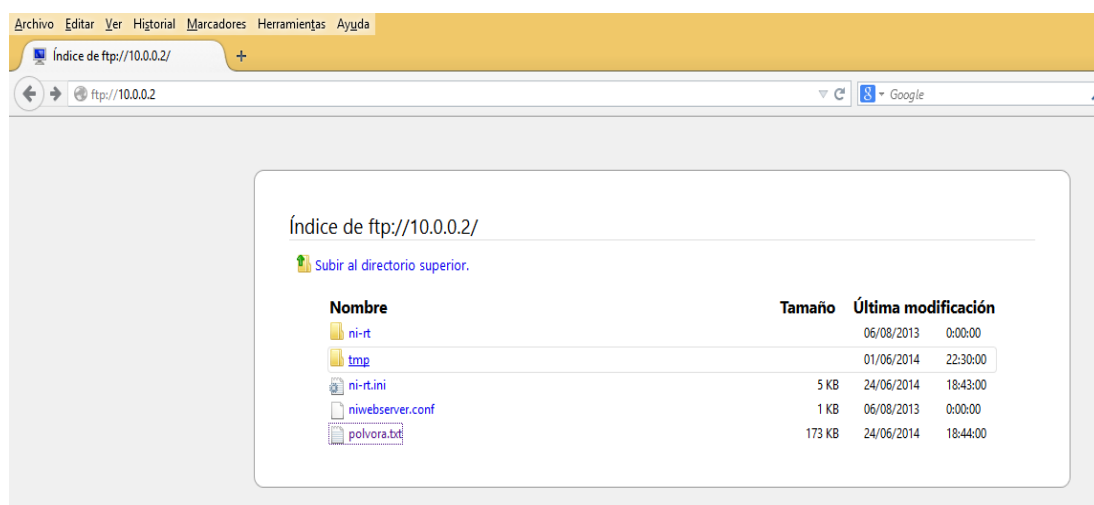


Figura 3.12: Índice general de la memoria de la tarjeta

Los eventos de falla ocurridos en el proceso de elaboración de la mecha de pólvora se almacenan en el archivo de texto, tal como se indica en la Figura 3.13 se tienen los siguientes campos informativos: hora y fecha en la que ocurrió la falla en la mecha de pólvora y el sensor que detectó y actuó en primera instancia.

Fecha:	Hora:	Tipo Sensor:
14/05/2014	04:28:57 PM	Galga
14/05/2014	04:29:21 PM	Inductivo

Figura 3.13: Vacíos registrados en la DAQ

### 3.2.5 Prueba de visualización en tiempo real

Una vez que se configura la PC, se conecta la tarjeta al proyecto, para ello se ingresa al proyecto y se da clic derecho en la tarjeta y se selecciona conectar como se indica en la Figura 3.14. Después se ejecuta el VI de que esta compilado como aplicación real time, que es este caso se llama principal.vi, tal como se indica en la Figura 3.14.

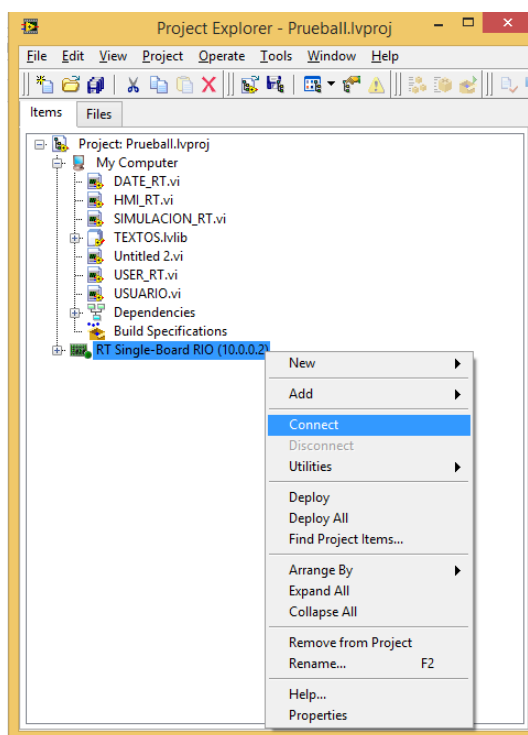


Figura 3.14: Conexión de la tarjeta SB RIO al proyecto

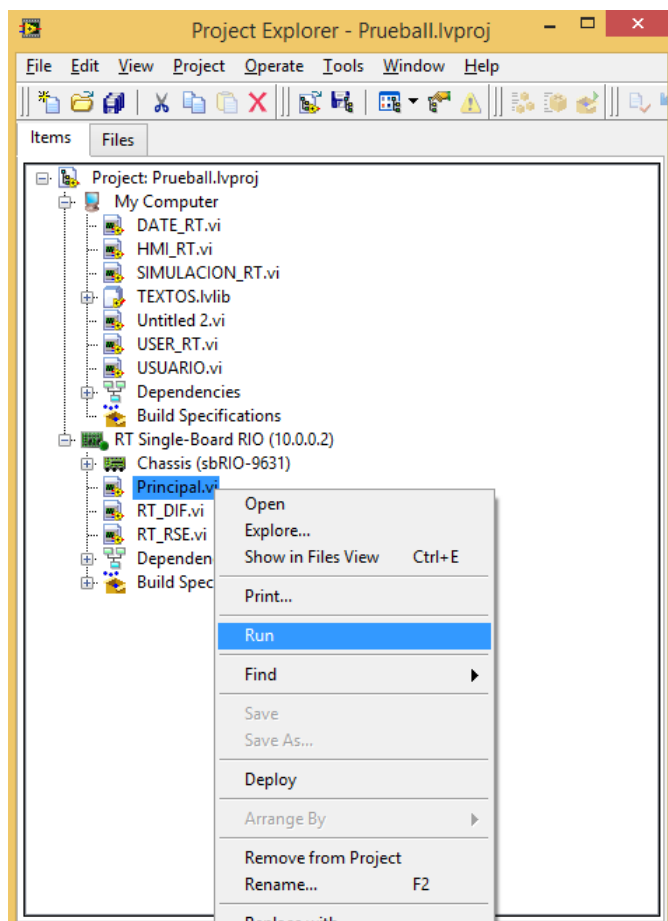


Figura 3.15: Ejecución del programa de real time

### 3.2.6 Borrado del historial de la memoria de la tarjeta

Para poder borrar el historial se lo realiza mediante el control que se encuentra en el programa principal, este programa es el que se ejecuta en el módulo Real Time de la tarjeta.



Figura 3.16: Control para borrar el historial de la memoria

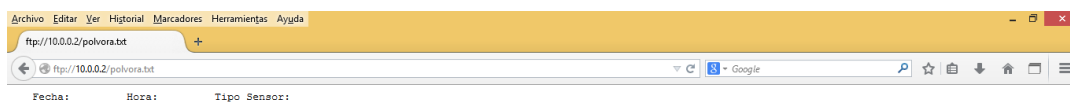


Figura 3.17: Historial borrado de la tarjeta

#### 4 Análisis de resultados

Los datos obtenidos en las tablas de resultados indican un promedio de variación de voltaje en el proceso inferior a los 200 milivoltios, tomando en cuenta el nivel más alto medido al momento de elaborar la mecha de pólvora en llena, y esto se debe a la calidad del producto que en ese momento se está elaborando, pero que dicha variación no afecta a la sensibilidad del sistema. Teniendo en cuenta que para que ocurra una alarma por rotura de dos hilos, que es la falla más sensible, es necesario una variación de voltaje sobre los 270 milivoltios; y de esta manera la sensibilidad se encuentra calibrada dentro de una tolerancia de 280 milivoltios de su máxima medida.

Pero por otra parte, al momento en que los operadores utilizan materiales distintos en la elaboración de la mecha, por razones de normativas de producción, el proceso cambia totalmente y, es necesario realizar el ajuste de la sensibilidad del sistema cuando la mecha está en óptimas condiciones.

También cabe recalcar que la presión que se ejerce sobre la mecha de pólvora al momento en que se elabora, está aplicada sobre una sola de las superficies, y esta condición no se convierte en una limitante para el sistema al momento de realizar la detección de vacíos.

Dentro de la calibración de la sensibilidad del sistema no se dispone de un dispositivo en el cuál se pueda visualizar de manera intuitiva para el operador, por lo que dicha operación se lo realiza de manera empírica por parte de los operadores.

## CAPÍTULO 4

### Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

- ❖ Se consiguió detectar vacíos en la elaboración de mecha lenta, sin que la mecha se pueda desviar de su camino o causarle algún tipo de daño a la misma.
- ❖ El sensor inductivo fue colocado en el lugar adecuado para poder detectar la deformación causada por los diferentes parámetros que ocurren en el telar de mecha lenta; ya sea por falta de papel, rotura de hilos o falta de pólvora misma.
- ❖ El sensor inductivo no se ve afectado por vibraciones de la máquina ni por variaciones de temperatura, por lo que la respuesta del sensor va a ser estable.
- ❖ Cuando se desea abrir el proyecto en una PC diferente ocurre un error en la apertura del recurso de la FPGA, por lo que al momento de cambiar de máquina también es necesario compilar nuevamente el proyecto y abrir la referencia de la FPGA.
- ❖ La galga fue colocado en el lugar adecuado para poder detectar la variación del diámetro que pueda sufrir la mecha lenta de pólvora.
- ❖ Se realizó el acondicionamiento de la señal de salida de la señal de carga del sensor a valores estándares de voltaje (0V a 5V en



condiciones normales) para su respectivo procesamiento; los valores de voltaje varían dependiendo del material usado para la construcción de la mecha lenta de pólvora.

- ❖ El HMI ayuda al operario a identificar el telar en el cuál se produjo la falla, hora, fecha y el obrero que está trabajando.
- ❖ El sistema también se lo puede usar en la detección de vacíos de otro tipo de mecha de pólvora.
- ❖ La galga es un sensor muy sensible para ambientes con cambios de temperatura.
- ❖ El desgaste físico de los rodamientos por el proceso diario de la mecha lenta de pólvora influye de manera significativa al momento de colocar la sensibilidad adecuada, por lo que siempre debemos estar prevenidos.
- ❖ La detección de vacíos no solo se la puede usar en mecha lenta sino también se lo puede en otro tipo de mecha como la mecha rápida de pólvora.
- ❖ Para la manipulación de la pólvora no se puede utilizar sensores que emitan ya sea ondas electromagnéticas como calor, ya que pueden provocar una chispa y provocar explosiones por la pólvora.

- ❖ Se logró obtener un sistema para detectar vacíos en la elaboración de mecha lenta de pólvora de la empresa “explocen” para optimizar la calidad del producto y visualizar los eventos que ocurren en el mismo.
- ❖ En la elaboración de mecha lenta de pólvora no solo ocurren vacíos por falta de pólvora sino que además puede sufrir variaciones de diámetro por rotura de papel o hilo, que el sensor inductivo detecta de manera satisfactoria.

## 4.2 Recomendaciones

- ❖ La galga es un sensor muy sensible a variaciones de ruido y temperatura por lo que se hace necesario la compensación en el puente para que la medición no sea errónea.
  
- ❖ Realizar las mediciones correctas del sensor para varias muestras de mecha de pólvora, para proceder a su calibración.
  
- ❖ Al momento de manipular la tarjeta NI SINGLE BOARD se lo debe realizar de manera cuidadosa, ya que los componentes de esta son muy sensibles a la electrostática y se pueden quemar.
  
- ❖ Al momento de conectar la tarjeta con la PC tomar en cuenta que los dos dispositivos se encuentren en la misma red, sino la comunicación no se efectuará.
  
- ❖ Para conectar la pc con la tarjeta NI SINGLE BOARD se debe usar un cable de red directo, porque son dos dispositivos diferentes.
  
- ❖ Al momento de calibrar la sensibilidad tener en cuenta el desgaste del material de los rodillos por la alta producción de mecha lenta de pólvora, por lo que se debe estar siempre alerta del sensado correcto del mismo a través de los operadores.

- ❖ Para la tarjeta de adquisición usar una fuente de alimentación propia para protección de la misma por los armónicos producidos en la empresa.
  
- ❖ Usar una caja apropiada (antiexplosiva) para colocar la tarjeta de adquisición y los acondicionamientos de los sensores.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mecha lenta de seguridad – EXPLOCEN, junio 2013. [Homepage]  
<[http://www.explocen.com.ec/descargas/mecha\\_seguridad.pdf](http://www.explocen.com.ec/descargas/mecha_seguridad.pdf)>
- [2] Seguridad en el manejo de explosivos, junio 2013. [Online]  
<[http://www.aimecuador.org/capacitacion\\_archivos\\_pdf/Manejo%20explosivos%20subterranea.pdf](http://www.aimecuador.org/capacitacion_archivos_pdf/Manejo%20explosivos%20subterranea.pdf)>
- [3] Sensor de desplazamiento LVDT, junio 2013. [Online]  
<[http://www.insatecsl.com/sensor\\_desplazamiento\\_8740.htm](http://www.insatecsl.com/sensor_desplazamiento_8740.htm)>
- [4] Funcionamiento de un sensor LVDT, junio 2013. [Online]  
<<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/LVDT/lvdt.pdf>>
- [5] Imagen sensor de desplazamiento LVDT, junio 2013. [Online]  
<[http://www.sensing.es/Transductores\\_de\\_distancia\\_inductivos\\_lvdt\\_Cm.htm](http://www.sensing.es/Transductores_de_distancia_inductivos_lvdt_Cm.htm)>
- [6] LVDT, junio 2013. [Online]  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador\\_diferencial\\_de\\_variaci%C3%B3n\\_lineal](http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador_diferencial_de_variaci%C3%B3n_lineal)>
- [7] Sensor galga extensiométrica, julio 2013. [Online]  
<[http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4928/html/34\\_presin.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4928/html/34_presin.html)>
- [8] Puente de Wheatstone, julio 2013. [Online]  
<[http://fisica.udea.edu.co/~labgicm/Curso%20de%20Electronica/2009\\_Puente\\_de\\_Wheaststone.pdf](http://fisica.udea.edu.co/~labgicm/Curso%20de%20Electronica/2009_Puente_de_Wheaststone.pdf)>

- [9] Celdas de carga principios básicos, julio 2013. [Online]  
<<http://www.forosdeelectronica.com/f16/load-cell-celdas-carga-principios-basicos-26/>>
- [10] Sensores inductivos, septiembre 2013. [Online]  
<[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PL\\_C\\_PDF\\_S/24\\_SENORES\\_INDUCTIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PL_C_PDF_S/24_SENORES_INDUCTIVOS.PDF)>
- [11] Tutorial de Labview, febrero 2013. [Online]  
<<http://www.esi2.us.es/~asun/LCPC06/TutorialLabview.pdf>>
- [12] Labview DSC – Boiler Example, febrero 2013. [Ejemplos de la ayuda de Labview]  
  
Directorio: Help > Find Example > Directory Structure > Ivdsc > Applications > Boiler > Boiler Example.vi>
- [13] Logo de MAX de Labview al momento de arrancar la aplicación
- [14] National Instruments – NI Single Board 9631, marzo 2013. [Online]  
<<http://www.ni.com/singleboard/whatis/esa/>>
- [15] National Instruments – NI Single Board 9631, marzo 2013 [Online]  
< <http://www.ni.com/singleboard/whychoose/esa/>>
- [16] Manual SB-RIO 9631, marzo 2013. [Online]  
< <http://www.ni.com/pdf/manuals/375052c.pdf>>

# ANEXOS

## ANEXO A: CARTA DE CONFORMIDAD



Latacunga, 11 de Septiembre del 2014

### CARTA DE CONFORMIDAD

Yo, Ing. Julio Fabián Chico López, C.I.1801077197 , Gerente de Operaciones de EXPLOCEN C.A.; una vez revisado el proyecto de tesis "Detección de vacío para la elaboración de mecha lenta de pólvora de la empresa "EXPLOCEN" para optimizar la calidad del producto" realizado por los señores Henry Geovanny Vaca Anchaluña y Walter Javier Villaroel Herrera, es de gran utilidad para la empresa pues ayuda en el proceso de elaboración de la mecha lenta de pólvora, ya que es un proyecto de innovación tecnológica que está sujeto a las líneas de investigación establecidas.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad, autorizando a la parte interesada hacer uso de la presente, en lo que estime conveniente.

Ing. Fabián Chico

GERENTE DE OPERACIONES DE EXPLOCEN C.A.



ANEXO B

# MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DE DETECCIÓN DE VACÍOS EN LA  
ELABORACIÓN DE MECHA LENTA DE PÓLVORA

*HENRY VACA-WALTER VILLAROEEL*

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS | INGENIERÍA ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN

# **MANUAL DE USUARIO**

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

**INTRODUCCION**

**PANEL DE CONTROL**

**ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DEL SENSOR INDUCTIVO**

**TARJETA DE CONTROL SENSOR INDUCTIVO**

**TROUBLESHOOTING**

**ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN SENSOR GALGA  
EXTENSIOMÉTRICA**

**TARJETA DE CONTROL SENSOR GALGA EXTENSIOMÉTRICA**

**TROUBLESHOOTING**

**MANTENIMIENTO**

## INTRODUCCIÓN

El presente documento está dirigido a entregar las pautas para una correcta operación del sistema de detección de vacíos en la elaboración de mecha lenta de pólvora.

El sistema tiene como principio fundamental de funcionamiento la deformación de la mecha de pólvora por medio de la aplicación de presión por rodillos, y dicha deformación se mide con los sensores ubicados en la estructura causante de la deformación.

Los sensores miden la variación de la distancia de la platina al momento de causar la deformación; dichos datos ingresan al panel de control; en donde, de acuerdo al nivel de sensibilidad en que se encuentren cada uno de los sensores actúa una salida de relé que desactiva temporalmente la producción para el conocimiento del operador y pueda tomar las acciones correctivas necesarias.



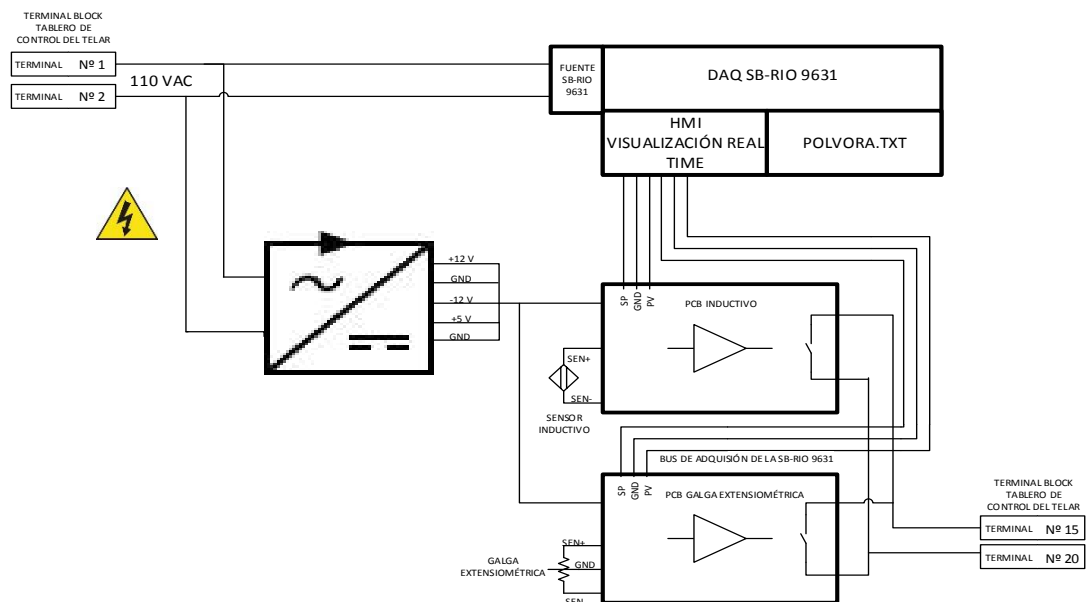
Solo personal calificado y entrenado podrá cambiar los parámetros de funcionamiento del sistema.

## PANEL DE CONTROL

El panel de control se encuentra en una caja de acero inoxidable SBOX de 40 x 30 x 20 cm, a la cual ingresan las señales de: alimentación de 110 Vac, Sensor inductivo, sensor galga extensiométrica, contacto normalmente abierto. Dichas señales ingresan al contact block donde se encuentra las señales de alimentación y control de sistema.

El sistema general de conexiones eléctricas del sistema se indica en el diagrama a continuación. La alimentación de corriente alterna energiza a la fuente de la DAQ y a la fuente que suministra voltajes simétricos de +12/-12 voltios y +5 voltios; y que esta a su vez alimentan las tarjetas de control de cada uno de los sensores.

### *Esquema de conexión eléctrica general*



A continuación se indica las denominaciones de los terminales del contact block.

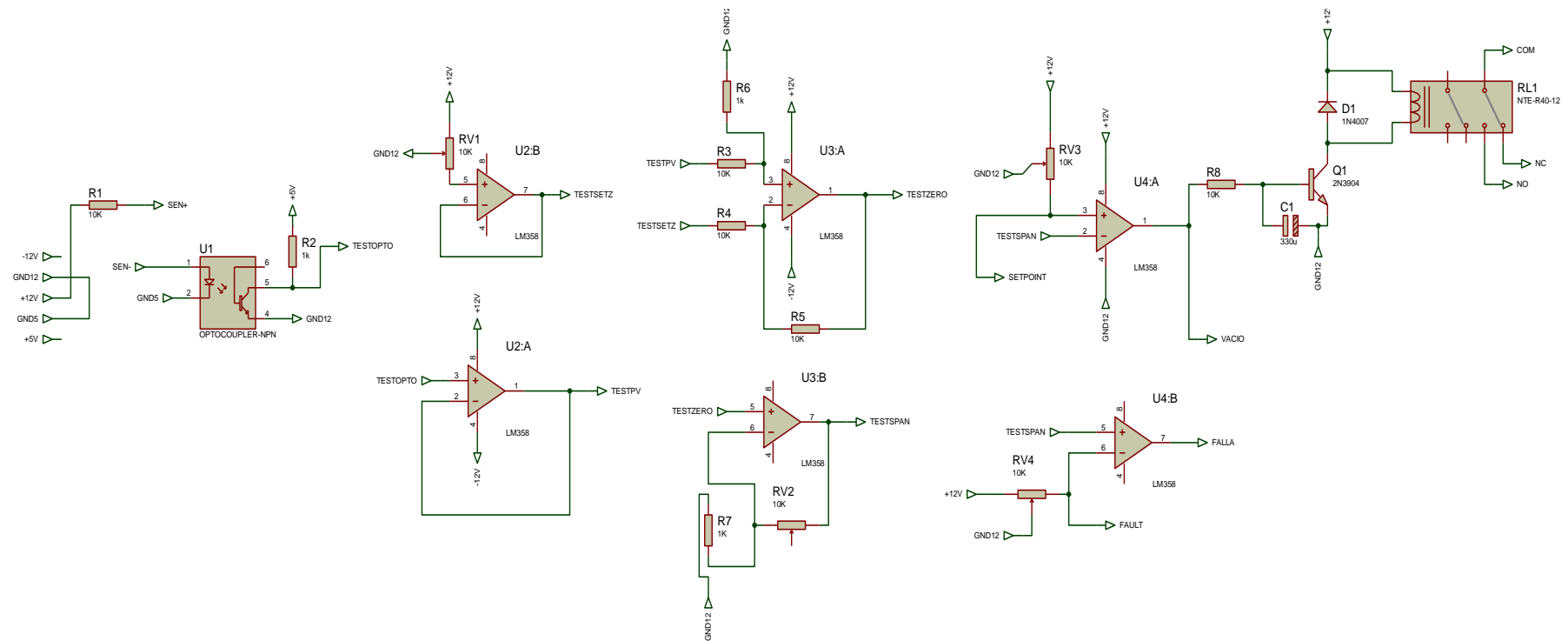
*Descripción de conexión del contact block*

<b>Descripción</b>		<b>Nº de terminal</b>	<b>Descripción</b>
<b>Alimentación</b>	<i>N – Term. Nº 1</i>	1	<i>Alimentación fuente de DC</i>
<b>110 Vac</b>	<i>F – Term. Nº 2</i>	2	<i>Alimentación DAQ</i>
<b>+12 V</b>		3	
<b>GND</b>		4	
<b>-12 V</b>		5	<i>Alimentación tarjeta de control del sensor inductivo</i>
<b>+5 V</b>		6	
<b>GND</b>		7	
<b>IN INDUCTIVO SEN +</b>		8	<i>SEN + PCB</i>
<b>IN INDUCTIVO SEN -</b>		9	<i>SEN - PCB</i>
<b>N.O. PANEL CONTROL LOGO</b>		10	<i>N.O. PCB INDUCTIVO</i>
<b>N.O. PANEL CONTROL LOGO</b>		11	<i>N.O. PCB INDUCTIVO</i>
<b>IN GALGA SEN +</b>		12	<i>SEN + PCB</i>
<b>IN GALGA GND</b>		13	<i>GND PCB</i>
<b>IN GALGA SEN -</b>		14	<i>SEN - PCB</i>
<b>N.O. TERM. Nº 15</b>		15	<i>N.O. PCB GALGA</i>
<b>N.O. TERM Nº 20</b>		16	<i>N.O. PCB GALGA</i>

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

Cada uno de los bornes están debidamente enumerados para una fácil comprensión y distribución eléctricas.

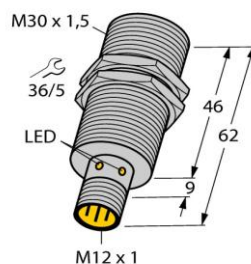
# ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DEL SENSOR INDUCTIVO



## TARJETA DE CONTROL SENSOR INDUCTIVO

### SENSOR INDUCTIVO TURCK

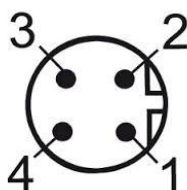
Número de serie: Bi10-M30-Y1X-H1141/56



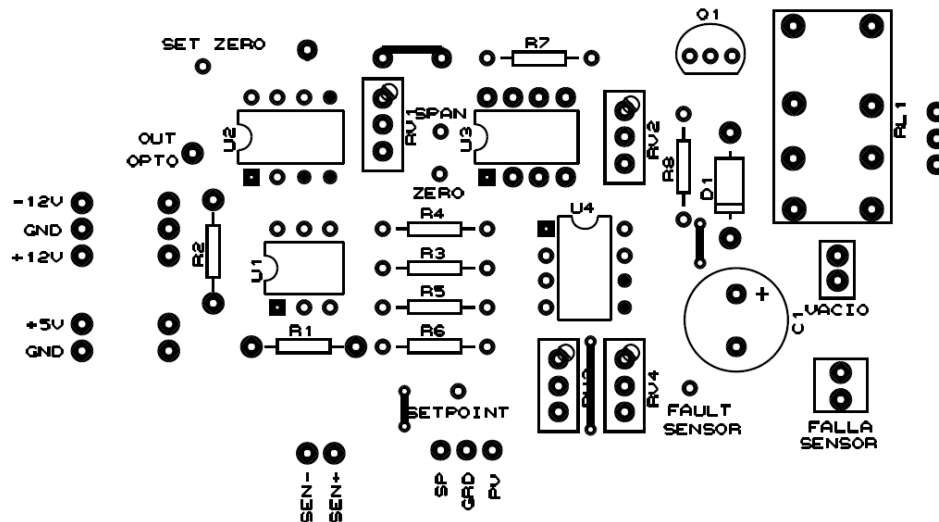
ATEX category II 1 G.  
ATEX category II 1 D.  
SIL2 as per IEC  
Threaded barrel.  
Chrome-  
DC 2-wire, nom.  
Output acc. to DIN EN

M12 x 1

### TERMINAL DE CONEXIÓN



<b>TERMINAL Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	SEN + (BROWN)
2	SEN - (BLUE)
3	NC
4	NC



Componentes en PCB del sensor inductivo

Los terminales de conexión se detallan a continuación:

Descripción de terminales de la PCB

<b>DENOMINACIÓN TERMINAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>-12V/GND/+12V</b>	Alimentación proveniente de la fuente de poder
<b>+5V/GND</b>	Alimentación proveniente de la fuente de poder
<b>SEN+/SEN-</b>	Señales provenientes del sensor inductivo.
<b>SP/GND/PV</b>	Señales que van hacia la tarjeta Sb-rio 9631
<b>RL1 NO</b>	Contacto normalmente abierto
<b>VACIO</b>	Lámpara de 12 VDC para indicar vacío

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel



Lista de componentes:

<i>R1, R3, R4, R5, R6, R8</i>	<i>10 K<math>\Omega</math></i>
<i>R2, R7</i>	<i>1 K<math>\Omega</math></i>
<i>RV1</i>	<i>10 K<math>\Omega</math></i>
<i>RV2</i>	<i>50 K<math>\Omega</math></i>
<i>RV3, RV4</i>	<i>1 K<math>\Omega</math></i>
<i>C1</i>	<i>330 <math>\mu</math>F</i>
<i>Q1</i>	<i>2N3904</i>
<i>D1</i>	<i>1N4007</i>
<i>U1</i>	<i>4N25</i>
<i>U2, U3, U4</i>	<i>LM358</i>
<i>RL1</i>	<i>MIN RELAY 12 VDC</i>

## TROUBLESHOOTING

- No censa

Comprobar la sensibilidad del sistema variando el potenciómetro RV3, hasta que sea lo más sensible posible. Una vez que la alarma se activa calibrar nuevamente para cuando se tenga mecha llena de pólvora y la alarma se desactive.

Comprobar que la distancia del sensor a la platina no sea mayor a 10 mm y menor a 3 mm.

En el punto de prueba **OUT OPTO** comprobar que exista una variación de voltaje al momento que la distancia de la platina al sensor varía. Y de igual manera en el punto de prueba **SPAN**.

Comprobar que la variación de voltaje en **SPAN** que se produce al variar la distancia de la platina sea inferior a 5 voltios y que el voltaje en el punto **SET POINT** se encuentre dentro de este nivel de variación.

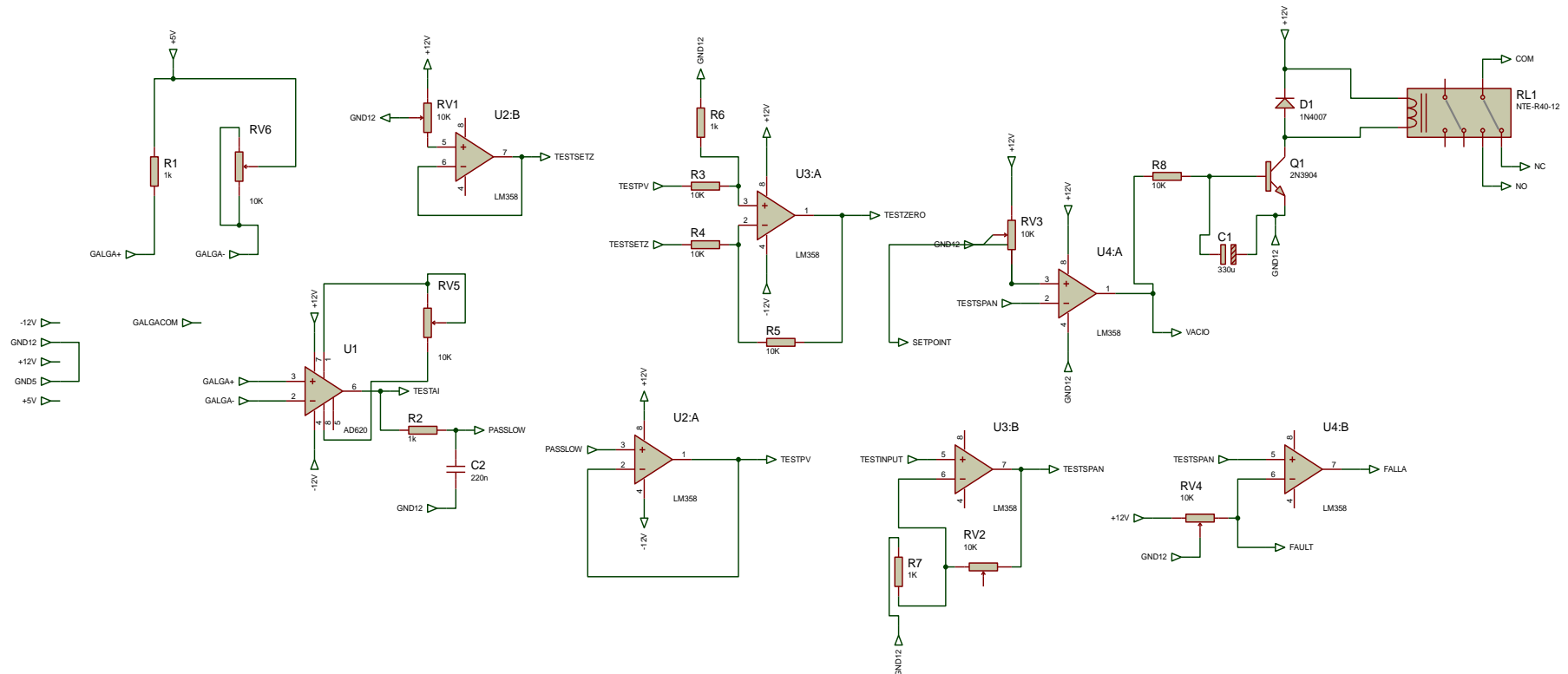
Si los procedimientos anteriores no fueron satisfactorios cambiar de sensor inductivo y comprobar cada una de las condiciones anteriores.

- Da falsas alarmas

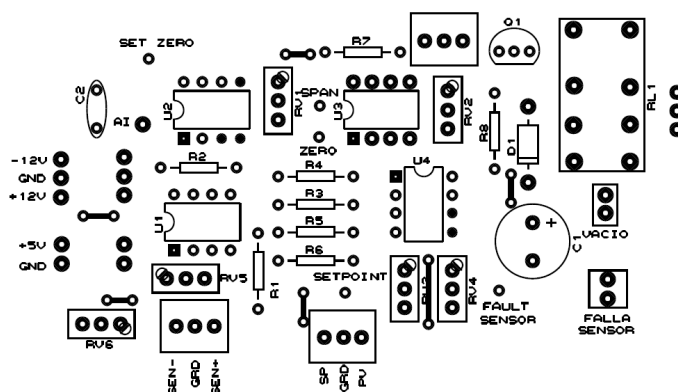
Comprobar la sensibilidad del sistema variando el potenciómetro RV3, hasta que sea lo menos sensible posible. Una vez que la alarma se desactiva calibrar nuevamente para cuando se tenga mecha llena de pólvora y la alarma se active.

Comprobar que el soporte del sensor inductivo no se encuentre en malas condiciones debido a la vibración que produce el telar.

# ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN SENSOR GALGA EXTENSIOMÉTRICA



## TARJETA DE CONTROL SENSOR GALGA EXTENSIOMÉTRICA



*Componentes en PCB de la galga extensiométrica*

A continuación se detallan los terminales de conexión de la PCB.

### *Descripción de terminales de la PCB*

<b>DENOMINACIÓN TERMINAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>-12V/GND/+12V</b>	<i>Alimentación proveniente de la fuente de poder</i>
<b>+5V/GND</b>	<i>Alimentación proveniente de la fuente de poder</i>
<b>SEN-/GND/SEN+</b>	<i>Señales provenientes de la galga extensiométrica</i>
<b>SP/GND/PV</b>	<i>Señales que van hacia la tarjeta Sb-rio 9631</i>
<b>RL1 NO</b>	<i>Contacto normalmente abierto</i>
<b>VACIO</b>	<i>Lámpara de 12 VDC para indicar vacío</i>

Elaborado por: Henry Vaca  
Walter Villarroel

## Lista de componentes

<b><i>R3, R4, R5, R6, R8</i></b>	<b><i>10 K<math>\Omega</math></i></b>
<b><i>R1, R2, R7</i></b>	<b><i>1 K<math>\Omega</math></i></b>
<b><i>RV1</i></b>	<b><i>10 K<math>\Omega</math></i></b>
<b><i>RV2</i></b>	<b><i>50 K<math>\Omega</math></i></b>
<b><i>RV3, RV4, RV5, RV6</i></b>	<b><i>1 K<math>\Omega</math></i></b>
<b><i>C1</i></b>	<b><i>330 <math>\mu</math>F</i></b>
<b><i>C2</i></b>	<b><i>220 nF</i></b>
<b><i>Q1</i></b>	<b><i>2N3904</i></b>
<b><i>D1</i></b>	<b><i>1N4007</i></b>
<b><i>U1</i></b>	<b><i>AD620</i></b>
<b><i>U2, U3, U4</i></b>	<b><i>LM358</i></b>
<b><i>RL1</i></b>	<b><i>MIN RELAY 12 VDC</i></b>

## TROUBLESHOOTING

- No censa

Comprobar la sensibilidad del sistema variando el potenciómetro RV3, hasta que sea lo más sensible posible. Una vez que la alarma se activa calibrar nuevamente para cuando se tenga mecha llena de pólvora y la alarma se desactive.

Comprobar que el perno prisionero que ejerce presión sobre la galga extensiométrica se encuentre debidamente ajustado.

Comprobar en la bornera que entre las conexiones 12 y 13 exista una resistencia aproximada de  $990\Omega$ , y de igual manera entre los terminales 13 y 14. Si dichas condiciones fallan revisar la conexión del cable hacia el sensor.

En el punto de prueba **AI** comprobar que exista una variación de voltaje al momento que la platina ejerce más o menos presión sobre la galga. Y de igual manera en el punto de prueba **SPAN**.

Comprobar que la variación de voltaje en **SPAN** que se produce al variar la distancia de la platina sea inferior a 5 voltios y que el voltaje en el punto **SET POINT** se encuentre dentro de este nivel de variación.

Si los procedimientos anteriores no fueron satisfactorios cambiar de sensor galga extensiométrica y comprobar cada una de las condiciones anteriores.

- Da falsas alarmas

Comprobar la sensibilidad del sistema variando el potenciómetro RV3, hasta que sea lo menos sensible posible. Una vez que la alarma se desactiva calibrar nuevamente para cuando se tenga mecha llena de pólvora y la alarma se active.

Comprobar que los puntos de conexión desde el sensor hacia el panel de control estén debidamente conectados, ya que por vibraciones se puede afectar la conexión.

## ADQUISICIÓN CON LA TARJETA DAQ SB-RIO 9631

Cada tarjeta de control de cada posee un terminal de conexión denominado SP/GND/PV, el cuál va directamente a la tarjeta hacia los puertos de conexión.

Como se indica de la siguiente manera:

*Conexión hacia la DAQ*

<b>SENSOR</b>	<b>TERMINAL</b>	<b>PUERTO</b>
<b>INDUCTIVO</b>	<i>PV</i>	<i>AI 29 (BLUE)</i>
	<i>GND</i>	<i>AIGND (WHITE-ORANGE)</i>
	<i>SP</i>	<i>AI 30 (ORANGE)</i>
<b>GALGA EXTENSIOMÉTRICA</b>	<i>PV</i>	<i>AI 26 (GREEN)</i>
	<i>GND</i>	<i>AIGND (WHITE-BROWN)</i>
	<i>SP</i>	<i>AI 27 (BROWN)</i>

## MANTENIMIENTO



Antes de realizar cualquier operación en el sistema desconectar toda fuente de energía eléctrica.



Limpiar previamente el interior del panel de control, ya que pueden existir residuos explosivos.

Las modificaciones que se realicen en el equipo, serán efectuadas por personal calificado y entrenado.

Tener en cuenta de que las conexiones eléctricas y mecánicas estén realizadas de manera correcta, antes de poner el equipo nuevamente en funcionamiento.



## ANEXO C: LEY DE OHM

El **ohmio** (también ohm) es la unidad de medida de la resistencia que oponen los materiales al paso de la corriente eléctrica y se representa con el símbolo o letra griega  $\Omega$  (omega).

El ohmio se define como la resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica una columna de mercurio (Hg) de 106,3 cm de alto, con una sección transversal de 1 mm<sup>2</sup>, a una temperatura de 0° Celsius.

Esta ley relaciona los tres componentes que influyen en una corriente eléctrica, como son la **intensidad (I)**, la **diferencia de potencial o tensión (V)** y la **resistencia (R)** que ofrecen los materiales o conductores.

La **Ley de Ohm** establece que "**la intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo**", se puede expresar matemáticamente en la siguiente fórmula o ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde, empleando unidades del **Sistema internacional de Medidas**, tenemos que:

- $I$  = Intensidad en **amperios (A)**
- $V$  = Diferencia de potencial en **voltios (V)**

- $R$  = Resistencia en **ohmios** ( $\Omega$ ).

Léase: **La intensidad (en amperios) de una corriente es igual a la tensión o diferencia de potencial (en voltios) dividido o partido por la resistencia (en ohmios).**

De acuerdo con la “Ley de Ohm”, un ohmio (**1  $\Omega$** ) es el valor que posee una resistencia eléctrica cuando al conectarse a un circuito eléctrico de un voltio (**1 V**) de tensión provoca un flujo o intensidad de corriente de un amperio (**1 A**).

La resistencia eléctrica, por su parte, se identifica con el símbolo o letra (**R**) y la fórmula general (independientemente del tipo de material de que se trate) para despejar su valor (en su relación con la intensidad y la tensión) derivada de la fórmula general de la Ley de Ohm, es la siguiente:

$$R = \frac{V}{I}$$

## ANEXO D: CORRIENTES DE FOUCAULT

La corriente de Foucault (corriente parásita también conocida como "corrientes torbellino", o *eddy currents* en inglés) es un fenómeno eléctrico descubierto por el físico francés León Foucault en 1851. Se produce cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable, o viceversa. El movimiento relativo causa una circulación de electrones, o corriente inducida dentro del conductor. Estas corrientes circulares de Foucault crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado (ver Ley de Lenz). Cuanto más fuerte sea el campo magnético aplicado, o mayor la conductividad del conductor, o mayor la velocidad relativa de movimiento, mayores serán las corrientes de Foucault y los campos opositores generados.

En los núcleos de bobinas y transformadores se generan tensiones inducidas debido a las variaciones de flujo magnético a que se someten aquellos núcleos. Estas tensiones inducidas son causa de que se produzcan corrientes parásitas en el núcleo (llamadas corrientes de Foucault), que no son óptimas para la buena eficiencia eléctrica de éste.

Las corrientes de Foucault crean pérdidas de energía a través del efecto Joule. Más concretamente, dichas corrientes transforman formas útiles de energía, como la cinética, en calor no deseado, por lo que generalmente es un efecto inútil, cuando no perjudicial. A su vez disminuyen la eficiencia de muchos dispositivos que usan campos magnéticos variables, como los transformadores de núcleo de hierro y los motores eléctricos. Estas pérdidas son minimizadas utilizando núcleos con materiales magnéticos que tengan

baja conductividad eléctrica (como por ejemplo ferrita) o utilizando delgadas hojas de acero eléctrico, apiladas pero separadas entre sí mediante un barniz aislante u oxidadas tal que queden mutuamente aisladas eléctricamente. Los electrones no pueden atravesar la capa aisladora entre los laminados y, por lo tanto, no pueden circular en arcos abiertos. Se acumulan cargas en los extremos del laminado, en un proceso análogo al efecto Hall, produciendo campos eléctricos que se oponen a una mayor acumulación de cargas y a su vez eliminando las corrientes de Foucault. Cuanto más corta sea la distancia entre laminados adyacentes (por ejemplo, cuanto mayor sea el número de laminados por unidad de área, perpendicular al campo aplicado), mayor será la eliminación de las corrientes de Foucault y, por lo tanto, menor el calentamiento del núcleo.

### **Aplicaciones de las corrientes Eddy o corrientes de Foucault en Pruebas No Destructivas**

- Medir o identificar condiciones o propiedades tales como: conductividad eléctrica, permeabilidad magnética, tamaño de grano, condición de tratamiento térmico, dureza y dimensiones físicas de los materiales.
- Detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales, como costuras, traslapes, grietas, porosidades e inclusiones.
- Detectar irregularidades en la estructura del material.
- Medir el espesor de un recubrimiento no conductor sobre un metal conductor, o el espesor de un recubrimiento metálico no magnético sobre un metal magnético.

## Ventajas:

- Se aplica a todos los metales, electroconductores y aleaciones.
- Alta velocidad de prueba.
- Medición exacta de la conductividad.
- Indicación inmediata.
- Detección de áreas de discontinuidades muy pequeñas. (  $0.0387 \text{ mm}^2$   
 $-0.00006 \text{ in}^2$  )
- La mayoría de los equipos trabajan con baterías y son portátiles.
- La única unión entre el equipo y el artículo bajo inspección es un campo magnético, no existe posibilidad de dañar la pieza.

Limitaciones:

- La capacidad de penetración está restringida a menos de 6 mm.
- En algunos casos es difícil verificar los metales ferromagnéticos.
- Se aplica a todas las superficies formas uniformes y regulares.
- Los procedimientos son aplicables únicamente a materiales conductores.
- No se puede identificar claramente la naturaleza específica de las discontinuidades.
- Se requiere de personal calificado para realizar la prueba.

## ANEXO E: NORMAS ATEX

### Atmósferas y normativa: Legislación ATEX

¿En qué condiciones puede producirse una explosión?

Es necesario que estén presentes **varios elementos**:

- **Un comburente:** el oxígeno del aire, por ejemplo.
- **Un combustible:**
  - Los gases y vapores: hidrocarburos, disolventes, barnices, diluyentes, gasolina, alcohol, colorantes, perfumes, productos químicos, agentes de fabricación de materiales plásticos, etc.
  - Polvos: magnesio, aluminio, azufre, celulosa, cereales, carbón, madera, leche, resinas, azúcares, almidón, poliestirenos, abonos, etc.
  - Un punto caliente o una fuente de ignición.

Ejemplo: cuando se rellena un silo de grano, la concentración de polvo es muy elevada. La atmósfera se vuelve peligrosa: una elevación de la temperatura o una simple chispa puede provocar una explosión.

Si se identifica un riesgo de explosión en una atmósfera (gases o polvos), se le asocia una exigencia de seguridad que impone la utilización de equipos específicos denominados «antideflagrantes». Ofrecen diferentes modos de protección con el objetivo de suprimir este riesgo de explosión.

## Legislación ATEX

La legislación ATEX es una directiva europea que exige a todos los directivos de una empresa tener controlados los riesgos relativos a la explosión de ciertas atmósferas. Para ello, es necesaria una evaluación del riesgo de explosión en la empresa para permitir identificar todos los lugares donde pueden formarse atmósferas explosivas y, así, poner los medios para evitar las explosiones.

### **Zonificación para el gas**

#### ***Zona 0:***

Zona en la que está presente de forma permanente, con frecuencia o durante largos periodos, una atmósfera explosiva consistente en una mezcla de aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.

#### ***Zona 1:***

Ámbito en el que la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla de aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla es probable que se produzca de vez en cuando durante las actividades normales.

#### ***Zona 2:***

Zona en la que durante su actividad normal no es probable la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla de aire y sustancias



inflamables en forma de gas, vapor o niebla o, si es que ocurre, es solo de corta duración.

### **Zonificación para el polvo**

#### ***Zona 20:***

Zona en la que está presente de forma permanente, con frecuencia o durante largos periodos, una atmósfera explosiva en forma de una nube de polvo combustible en el aire.

#### ***Zona 21:***

Zona en la que la formación de una atmósfera explosiva en forma de una nube de polvo combustible en el aire es probable que se produce de vez en cuando durante las operaciones normales.

#### ***Zona 22:***

Zona en la que durante la actividad normal no se pueda formar una atmósfera explosiva en forma de una nube de polvo combustible, o, si es que ocurre, es solo de corta duración.

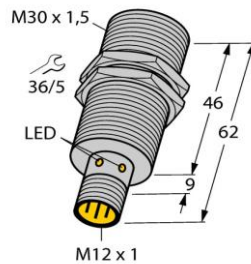
Existen dos grupos de aparatos:

Grupo I: para utilizar en las minas (más exigente).

Grupo II: para utilizar en todas las industrias de superficie.

En cuanto a este «grupo II» (industrias de superficie): a cada clasificación de zona ATEX se asocia una categoría de aparatos adaptada:

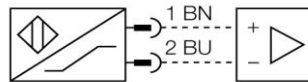
## ANEXO F: SENSOR INDUCTIVO TURCK



**ATEX category II 1 G,  
ATEX category II 1 D,  
SIL2 as per IEC  
Threaded barrel.  
Chrome-  
DC 2-wire, nom.  
Output acc. to DIN EN**

**M12 x 1**

Wiring



### Functional principle

Inductive sensors detect metal objects contactless and wear-free. For this purpose they use a high-frequency electromagnetic AC field that interacts with the target. The sensors hosting a ferrite core coil generate the AC field through an LC resonant circuit.

<b>Type code</b>	BI10-M30-Y1X-H1141
Ident no.	40202
<b>Rated operating distance Sn</b>	10 mm
Mounting condition	flush
Assured sensing range	δ (0,81 x Sn) mm
Correction factors	St37 = 1; Al = 0.3; stainless steel = 0.7; Ms = 0.4
Repeatability	δ 2 % of full scale
Temperaturdrift	10 %
Hysteresis	1...10 %
Ambient temperature	-25...+70 °C
<b>Output function</b>	2-wire, NAMUR
Switching frequency	0.5 kHz
Voltage	Nom. 8.2 VDC
Non-actuated current consumption	ī 2.1 mA
Actuated current consumption	δ 1.2 mA
<b>Approval acc. to</b>	KEMA 02 ATEX 1090X
Internal capacitance (C <sub>i</sub> ) / inductance (L <sub>i</sub> )	150 nF / 150 μH
Device designation	É II 1 G Ex ia IIC T6/II 1 D Ex ia D 20 T115 °C (max. U <sub>i</sub> = 20 V, I <sub>i</sub> = 60 mA, P <sub>i</sub> = 200 mW)
<b>Design</b>	threaded barrel, M30 x 1.5
Dimensions	62 mm
Housing material	Metal, CuZn, chrome-plated
Material active face	Plastic, PA
Max. tightening torque housing nut	75 Nm
Connection	male, M12 x 1
Vibration resistance	55 Hz (1 mm)
Shock resistance	30 g (11 ms)
Protection class	IP67
MTTF	6198 years acc. to SN 29500 (Ed. 99) 40 °C
<b>Switching state</b>	ñ yellow

## **Operating manual**

### **Intended use**

This device fulfills the directive 94/9/EC and is suited for use in explosion hazardous areas according to EN60079-0:2009, -11:2007, -26:2007.

Further it is suited for use in safety-related systems, including SIL2 as per IEC 61508.

In order to ensure correct operation to the intended purpose it is required to observe the national regulations and directives.

### **For use in explosion hazardous areas conform to classification**

II 1 G and II 1 D (Group II, Category 1 G, electrical equipment for gaseous atmospheres and category 1 D, electrical equipment for dust atmospheres).

### **Marking (see device or technical data sheet)**

Ex II 1 G and Ex ia IIC T6 acc. to EN60079-0 and -26 and Ex II 1 D Ex ia IIIC IP67 T95 °C acc. to EN60079-0

### **Local admissible ambient temperature**

-25...+70 °C

### **Installation / Commissioning**

These devices may only be installed, connected and operated by trained and qualified staff. Qualified staff must have knowledge of protection classes, directives and regulations concerning electrical equipment designed for use in explosion hazardous areas.

Please verify that the classification and the marking on the device comply with the actual application conditions.

This device is only suited for connection to approved Exi circuits compliant to EN60079-0 and -11. Please observe the maximum admissible electrical values.

After connection to other circuits the sensor may no longer be used in Exi installations. When interconnected to (associated) electrical equipment, It is required to perform the "Proof of intrinsic safety" (EN60079-14).

When employed in safety systems to IEC 51408 it is required to assess the failure probability (PFD) of the complete circuitry.

### **Installation and mounting instructions**

Avoid static charging of cables and plastic devices. Please only clean the device with a damp cloth. Do not install the device in a dust flow and avoid build-up of dust deposits on the device.

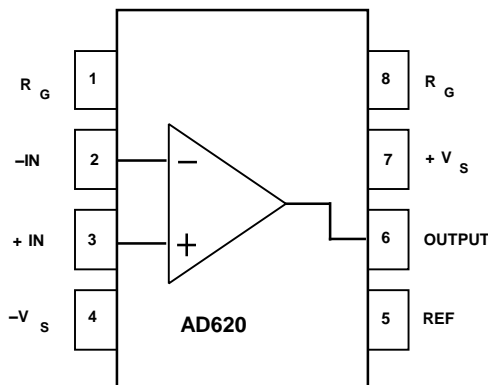
If the devices and the cable could be subject to mechanical damage, they must be protected accordingly. They must also be shielded against strong electromagnetic fields.

The pin configuration and the electrical specifications can be taken from the device marking or the technical data sheet.

### **Service / maintenance**

Repairs are not possible. The approval expires if the device is repaired or modified by a person other than the manufacturer. The most important data from the approval are listed.

## ANEXO G: DATASHEET AD620

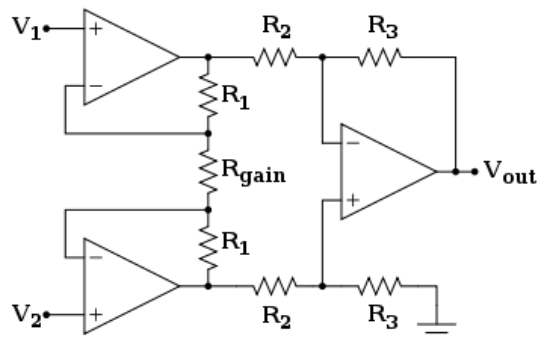


### Amplificador de instrumentación AD620

La salida positiva y salida negativa del puente de Wheatstone se conecta hacia las entradas del amplificador de instrumentación.

El amplificador de instrumentación es un amplificador diferencial tensión-tensión cuya ganancia puede establecerse de forma muy precisa y que ha sido optimizado para que opere de acuerdo a su propia especificación aún en un entorno hostil.

La ganancia que va a tener el amplificador de instrumentación viene dada por una resistencia variable lineal que está conectada en los terminales 1 y 8 del circuito integrado (figura 2.2).



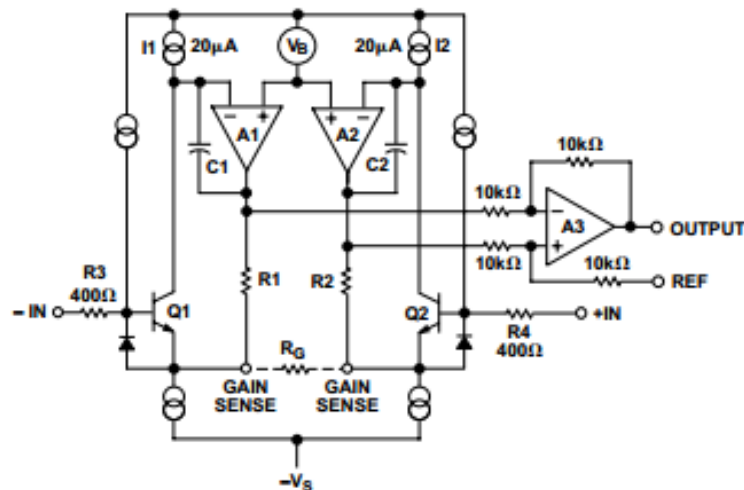
El AD620 es un amplificador de instrumentación de bajo costo, alta precisión que requiere solo de una resistencia externa para fijar la ganancia de salida que puede ir desde 1 a 1000. Por otra parte el AD620 8 lead SOIC and DIP es más pequeño que sus diseños discretos, además ofrece un bajo consumo de potencia haciéndolo ideal para aplicaciones donde se utilizan baterías o para aplicaciones remotas.

Las características técnicas del AD620 es su voltaje de salida offset máximo 50 mV y la deriva de desplazamiento máximo de 0.6mV/°C, es ideal para la adquisición de sistemas de precisión, tales como escalas de pesa e interfaces de transductores. Además, el bajo nivel de ruido, corriente de polarización de entrada baja, y baja potencia del AD620 hacen que sea muy adecuado para aplicaciones médicas tales como ECG y monitores de presión arterial no invasiva.

Valores nominales de funcionamiento del AD620:

### Características Técnicas del AD620

Voltaje de alimentación	+/- 18 Vdc
Disipación de potencia interna	650 mW
Entrada de voltaje(Modo común)	+/-VS
Entrada de voltaje diferencial	+25 V
Duración de salida en corto circuito	Indefinido
Temperatura de almacenamiento	-40°C a +150°C
Temperatura de funcionamiento	-40°C a +85°C



## Teoría de funcionamiento del AD620

El AD620 es un amplificador de instrumentación monolítica basada en una modificación del enfoque clásico de tres amplificadores operacionales. La entrada de transistores Q1 y Q2 proporciona un único par diferencial de entrada bipolar para alta precisión (Figura 3.3), sin embargo, ofrecen una menor derivación de entrada de 10x gracias actuales para el procesamiento Superbeta.

El valor de  $R_G$  también determina la transconductancia de la etapa de preamplificación. Como  $R_G$  se reduce para las ganancias más grandes, la transconductancia aumenta asintóticamente a la de los transistores de entrada. Esto tiene tres ventajas importantes: (a) la ganancia en bucle abierto es impulsado por el aumento de ganancia programada, reduciendo de este modo errores relacionados con ganancia. (b) El producto ganancia-ancho de banda (determinado por C1, C2 y la transconductancia preamplificador) aumenta de acuerdo a la ganancia programado, optimizando de esta manera la respuesta de frecuencia. (c) La entrada ruido-voltaje se reduce a un valor de  $9 \text{ nV} / \sqrt{\text{Hz}}$ , determinado principalmente por la resistencia a la corriente de colector y la base de la dispositivos de entrada.

Las resistencias de ganancia interna, R1 y R2, se recortan a un valor absoluto de  $24,7 \text{ k}\Omega$ , permitiendo que la ganancia se programe con precisión con una sola resistencia externa.

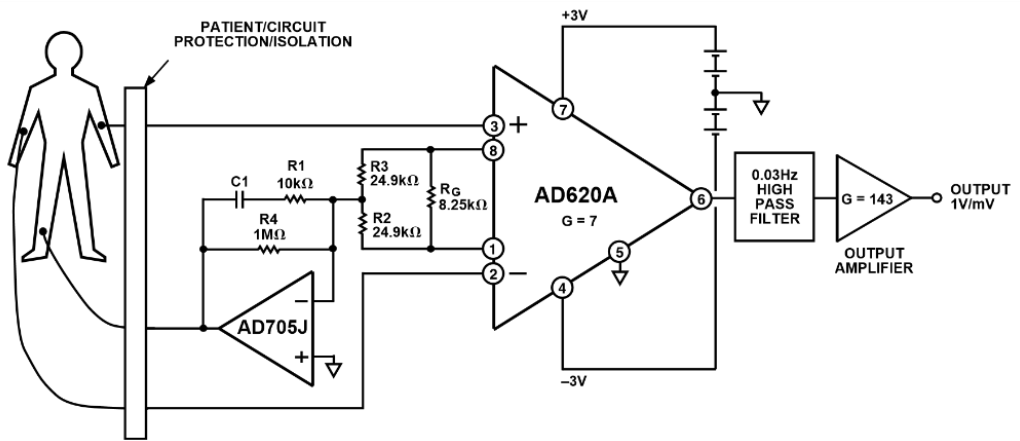
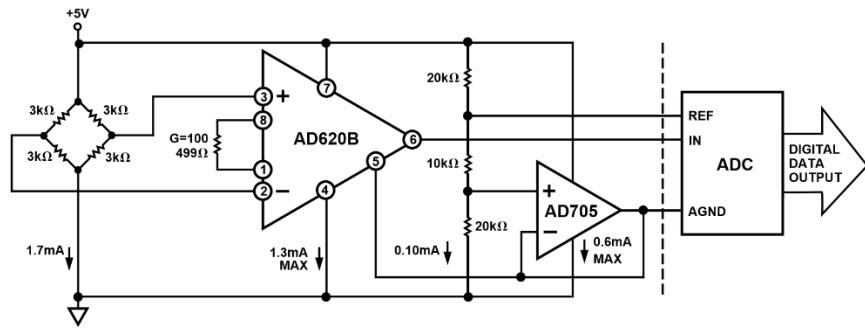
### Cálculo de la ganancia:

$$G = \frac{49,4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1 \quad \text{Ec. 3.1.}$$

### Calculo de la resistencia de ganancia $R_G$ :

$$R_G = \frac{49,4 \text{ k}\Omega}{G-1} \quad \text{Ec. 3.2.}$$





Medical ECG

## Pressure Measurement

Although useful in many bridge applications such as weigh scales, the AD620 is especially suitable for higher resistance pressure sensors powered at lower voltages where small size and low power become more significant.

Figure 35 shows a 3 k $\Omega$  pressure transducer bridge powered from +5 V. In such a circuit, the bridge consumes only 1.7 mA. Adding the AD620 and a buffered voltage divider allows the signal to be conditioned for only 3.8 mA of total supply current.

Small size and low cost make the AD620 especially attractive for voltage output pressure transducers. Since it delivers low noise and drift, it will also serve applications such as diagnostic noninvasive blood pressure measurement.

## Medical ECG

The low current noise of the AD620 allows its use in ECG monitors (Figure 36) where high source resistances of 1 M $\Omega$  or higher are not uncommon. The AD620's low power, low supply voltage requirements, and space-saving 8-lead mini-DIP and SOIC package offerings make it an excellent choice for battery powered data recorders.

Furthermore, the low bias currents and low current noise coupled with the low voltage noise of the AD620 improve the dynamic range for better performance.

The value of capacitor C1 is chosen to maintain stability of the right leg drive loop. Proper safeguards, such as isolation, must be added to this circuit to protect the patient from possible harm.

## **CERTIFICACIÓN**

Latacunga, septiembre del 2014

### **ELABORADO POR:**

---

HENRY GEOVANNY VACA  
ANCHATUÑA

C.C. 0503376352

---

WALTER JAVIER VILLARROEL  
HERRERA

C.C. 0503108318

### **APROBADO POR:**

---

ING. NANCY GUERRÓN

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

### **CERTIFICADO POR:**

---

DR. RODRIGO VACA

**SECRETARIO ACADÉMICO**

**UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO**