

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FLUJÓMETRO, TIPO
OBSTRUCCIÓN, CON SENSOR DE PRESIÓN TIPO FSR®**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MÁSTER MSc, EN
MATERIALES, DISEÑO Y PRODUCCION**

LUIS MANUEL ECHEVERRIA YANEZ
luisey@gmail.com

DIRECTOR: ING. IVAN ZAMBRANO MSc.
ivan.zambrano@epn.edu.ec

Quito, Junio 2015

DECLARACIÓN

Yo Luis Manuel Echeverría Yáñez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Luis M. Echeverría Y.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por LUIS MANUEL ECHEVERRIA YANEZ, bajo mi supervisión.

Ing. Iván Zambrano
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Al terminar este trabajo quisiera agradecer a Marcela Magali, Luis Marcelo y María Gabriela, por su paciencia para soportar años de olvido por terminar este proyecto, y esa cariñosa desesperación que provocaron los múltiples retardos a este, que estoy seguro tuvieron su razón de ser.

A mis padres, quienes en vida, amorosamente me contagiaron su fuerza, para seguir adelante, desde que inicie mis estudios de posgrado, lamentablemente esa maravillosa fuerza, les fue abandonando y no les permitió estar en la culminación de este proyecto. Padres míos, el intenso dolor que me dejó su partida jamás lo voy a poder superar.

A mis hermanos, que de una u otra manera, siempre estuvieron pendientes de mi labor.

Al Ing. Iván Zambrano, estimado docente, colega y principalmente amigo, por la paciencia para soportar un sinfín de aplazamientos, cambios de temas e incertidumbres y sin embargo estar siempre ahí para apoyarme.

A todos los compañeros de la EPN y de la ESPE, que de alguna manera colaboraron con este trabajo.

DEDICATORIAS

A la razón de mi vida Marcela Magaly, Luis Marcelo y María Gabriela.

A la memoria de mis padres Luis Rubén y Mercedes Isabel, porque la semilla que con amor plantaron sigue dando frutos.

A mis siempre recordadas Daysi, Perla, Negra, Pelusita y Osito, porque hay un cielo para todos los seres de Dios, principalmente para aquellos que tanto amamos y siempre los recordaremos.

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| DECLARACIÓN | 2 |
| CERTIFICACIÓN | 3 |
| AGRADECIMIENTO..... | 4 |
| DEDICATORIAS | 5 |
| CONTENIDO..... | 6 |
| LISTADO DE GRAFICOS | 9 |
| LISTADO DE TABLAS | 12 |
| RESUMEN..... | 13 |
| PRESENTACION | 14 |
| 1 CARACTERIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DE FLUJO Y LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE TIPO OBSTRUCCIÓN | 15 |
| 1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES | 15 |
| 1.2 EL PROCESO DE MEDICIÓN | 16 |
| 1.2.1 MEDICIÓN DE FLUJO..... | 17 |
| 1.2.2 FORMA DE MEDIR EL FLUJO..... | 20 |
| 1.2.3 DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE OBSTRUCCIÓN | 22 |
| 1.2.3.1 FLUJÓMETROS DE OBSTRUCCIÓN DE DIFERENCIA DE PRESIÓN MECÁNICOS..... | 23 |
| 1.2.3.2 TUBO DE VENTURI O VENTURÍMETRO..... | 24 |
| 1.2.4 FLUJÓMETROS DE OBSTRUCCIÓN INFERENCIALES..... | 28 |
| 1.2.4.1 FLUJÓMETRO DE PLACA, PLACA DE IMPACTO O TIPO TARGET..... | 28 |
| 1.3 EL SENSOR FSR 400 DE INTERLINK ELECTRONICS©..... | 32 |
| 1.4 EL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS..... | 38 |
| 1.4.1 CONEXIÓN Y RECONOCIMIENTO DE UNA TARJETA ARDUINO, DESDE UNA PC .41 | |
| 1.4.2 PROGRAMACIÓN DE UNA TARJETA ARDUINO..... | 43 |
| 1.4.3 ADQUISICIÓN DE DATOS A UNA PC DESDE UNA TARJETA ARDUINO..... | 48 |
| 2 DISEÑO DE LOS COMPONENTES, PIEZAS Y PARTES DEL FLUJÓMETRO Y DEL ACONDICIONADOR DE LA SEÑAL | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1 COMPONENTES, PARTES Y PIEZAS DEL FLUJÓMETRO | 51 |
| 2.2 DISEÑO DE LA INTERFACE CON EL FSR® | 53 |
| 2.2.1 DIVISOR DE VOLTAJE | 53 |
| 2.2.2 BUFFERS AJUSTABLES..... | 54 |
| 2.2.3 CONVERTIDOR CORRIENTE A VOLTAJE | 56 |
| 2.2.4 OSCILADOR SCHMITT TRIGGER | 57 |
| 2.3 CIRCUITO SELECCIONADO PARA INTERFACE Y ACONDICIONAMIENTO | 58 |
| 2.3.1.1 DISEÑO DEL CIRCUITO ACONDICIONADOR | 60 |
| 2.3.1.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN..... | 60 |
| 2.3.1.3 CIRCUITO ACONDICIONADOR..... | 61 |
| 2.3.1.4 CIRCUITO ACONDICIONADOR COMPLETO | 61 |
| 2.4 ADQUISICIÓN DE DATOS. | 63 |
| 2.4.1 PROGRAMACIÓN DEL PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS. | 64 |
| 2.4.1.1 DETALLE DEL PROGRAMA | 65 |
| 3 CONSTRUCCIÓN E INTEGRACIÓN DE COMPONENTES..... | 68 |
| 3.1 CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES MECANICOS | 68 |
| 3.2 CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES ELECTRICOS / ELECTRONICOS Y DE CONTROL | 72 |
| 3.3 INTEGRACIÓN DE ELEMENTOS | 76 |
| 4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CARACTERISTICAS ESTATICAS DE | |
| FUNCIONAMIENTO..... | 77 |
| 4.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS | 78 |
| 4.1.1 PRUEBA DE LA SENSIBILIDAD DEL SENSOR AL FLUJO..... | 79 |
| 4.1.2 PRUEBA DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL | 79 |
| 4.1.3 PRUEBA DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS, A TRAVÉS DEL ARDUINO | |
| UNO R3 | 79 |
| 4.1.4 PRUEBA DEL SISTEMA COMPLETO | 79 |
| 4.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EJECUTADAS..... | 80 |
| 4.2.1 PRUEBA DE LA SENSIBILIDAD DEL SENSOR AL FLUJO..... | 80 |
| 4.2.1.1 EQUIPO REQUERIDO | 80 |
| 4.2.1.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS..... | 81 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.2.2 | PRUEBA DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL | 81 |
| 4.2.2.1 | EQUIPO REQUERIDO | 81 |
| 4.2.2.2 | RESULTADOS DE LAS PRUEBAS | 82 |
| 4.2.3 | PRUEBA DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS, A TRAVÉS DEL ARDUINO UNO R3 | 83 |
| 4.2.3.1 | EQUIPO REQUERIDO | 83 |
| 4.2.3.2 | RESULTADOS DE LAS PRUEBAS | 84 |
| 4.2.4 | PRUEBA DEL SISTEMA COMPLETO | 85 |
| 4.2.4.1 | EQUIPO REQUERIDO | 85 |
| 4.2.4.2 | RESULTADOS DE LAS PRUEBAS | 86 |
| 4.3 | CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DEL FLUJÓMETRO..... | 86 |
| 5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 94 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 94 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES..... | 96 |
| 6 | BIBLIOGRAFÍA | 97 |
| | ANEXOS..... | 99 |
| | ANEXO N.1: ANALISIS ESTATICO DEL SENSOR DESARROLLADO EN SOLIDWORKS | 100 |
| | ANEXO N.2: ACCESORIOS ROSCABLES PP DE PLASTIGAMA..... | 117 |
| | ANEXO N.3: FSR™ FORCE SENSING RESISTORS™: GUIA DE INTEGRACIÓN | 120 |
| | ANEXO N.4: KIA7805AF. DATOS TECNICOS | 157 |
| | ANEXO N.5: LOW POWER DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS, LM358. DATOS TECNICOS | 175 |
| | ANEXO N.6: 3296 - 3/8 ” SQUARE TRIMPOT® TRIMMING POTENTIOMETER. DATOS TECNICOS | 189 |
| | ANEXO N.7: ELEMENTOS ADICIONALES. DATOS TECNICOS | 192 |
| | ANEXO N.8: CERTIFICACIÓN DE ENTREGA DEL SENSOR DISEÑADO AL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL EN PROCESOS MECANICOS DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA DE LA EPN | 194 |

LISTADO DE GRAFICOS

| | |
|--|----|
| Figura No.1.1: El proceso de medición | 17 |
| Figura No.1.2: Velocidad media, usada para derivar la unidad de caudal volumétrico | 18 |
| Figura No.1.3: Flujo de fluido | 24 |
| Figura No.1.4: Flujómetro de placa, placa de impacto o tipo Target..... | 29 |
| Figura No.1.5: Elementos en el funcionamiento de un flujómetro de placa (Baker, 2005) | 29 |
| Figura No.1.6: Coeficiente de arrastre vs. Numero de Reynolds para un disco plano (John G. Webster, 1999)..... | 30 |
| Figura No.1.7: Elementos básicos de un sensor tipo FSR..... | 32 |
| Figura No.1.8: Conformación física del FSR 400 | 33 |
| Figura No.1.9: Conformación física del FSR 400 short | 33 |
| Figura No.1.10: Dimensiones físicas del FSR 400 y FSR 400 Short | 34 |
| Figura No.1.11: Formas de conectores para el FSR 400 | 34 |
| Figura No.1.12: Característica estática Resistencia vs. Fuerza | 35 |
| Figura No.1.13: Conductancia vs Fuerza (0 – 10 kg) | 36 |
| Figura No.1.14: Conductancia vs Fuerza para un rango de baja fuerza (0 – 1kg) | 37 |
| Figura No.1.15: ARDUINO UNO R3. | 39 |
| Figura No.1.16: Conectores y cables USB | 42 |
| Figura No.1.17: Conexión PC a ARDUINO | 42 |
| Figura No.1.18: Determinación del puerto asignado a un ARDUINO | 43 |
| Figura No.1.19: Icono del IDE de ARDUINO | 44 |
| Figura No.1.20: Ambiente de desarrollo de ARDUINO. | 44 |
| Figura No.1.21: Determinación del puerto | 45 |
| Figura No.1.22: Determinación de la tarjeta | 45 |
| Figura No.1.23: Ventana de monitoreo sobre el puerto COM10 | 47 |
| Figura No.1.24: Botones para cargar y compilar | 47 |
| Figura No.1.25: Herramientas de ARDUINO para LabVIEW | 49 |
| Figura No.2.1: Soporte de la placa y el FSR (unidades en mm)..... | 52 |
| Figura No.2.2: Sistema de ingreso del fluido | 53 |
| Figura No.2.3: Circuito de Interface con divisor de voltaje | 54 |

| | |
|---|----|
| Figura No.2.4: Circuito de interface con buffer ajustable..... | 55 |
| Figura No.2.5: Circuito de interface con buffer ajustable con aislamientos | 55 |
| Figura No.2.6: Circuito de interface con convertidor corriente – voltaje básico | 56 |
| Figura No.2.7: Variantes del circuito conversor corriente a voltaje | 57 |
| Figura No.2.8: Circuito de interface con oscilador Schmitt Trigger | 57 |
| Figura No.2.9: Circuito de alimentación | 60 |
| Figura No.2.10: Circuito acondicionador..... | 61 |
| Figura No.2.11: Circuito de acondicionamiento completo. | 62 |
| Figura No.2.12: PCB del circuito de acondicionamiento completo..... | 62 |
| Figura No.2.13: Tarjeta ARDUINO UNO Modelo R3..... | 63 |
| Figura No.2.14: Diagrama de bloques para el proceso de adquisición de datos.. | 64 |
| Figura No.2.15: Panel frontal para el proceso de adquisición de datos | 65 |
| Figura No.3.1: Tee roscada de ½ plg de PP. Gráfico y dimensiones..... | 68 |
| Figura No.3.2: Componentes mecánicos del flujómetro | 69 |
| Figura No.3.3: Soporte del sensor, con todos sus elementos..... | 70 |
| Figura No.3.4: Componentes del sistema de entrada de fluido. | 70 |
| Figura No. 3.5: Componentes real del sistema de admisión de flujo. | 71 |
| Figura No.3.6: Sensor completo. Componentes mecánicos | 71 |
| Figura No.3.7: Sensor con el soporte y elemento de entrada del fluido..... | 72 |
| Figura No.3.8: Vista del sensor con todos sus componentes sobre el soporte. ... | 72 |
| Figura No.3.9: Vista del circuito acondicionador del FSR 400. | 74 |
| Figura No.3.10: Vista superior del circuito. | 74 |
| Figura No.3.11: Vista de la placa de sueldas del circuito..... | 75 |
| Figura No.3.12: Circuito de acondicionamiento en su caja. | 75 |
| Figura No.3.13: Componentes del sistema de medición integrados. | 76 |
| Figura No.4.1: Esquema de medición y pruebas utilizado. | 77 |
| Figura No.4.2: Detalle de conexiones | 78 |
| Figura No.4.3: Prueba de sensibilidad del sensor al flujo..... | 80 |
| Figura No.4.4: Prueba del acondicionador de señal..... | 82 |
| Figura No.4.5: Prueba del proceso de adquisición de datos..... | 83 |
| Figura No.4.6: Programa en LabVIEW para prueba del sistema de adquisición de datos..... | 84 |

| | |
|--|----|
| Figura No.4.7: Ensamblaje completo de medición para la prueba general y la obtención de datos para la característica estática..... | 85 |
| Figura No.4.8: a) Flujoímetro SFAB-1000U, b) Manómetro SDE3-D10D-B-HQ4-2P-M..... | 86 |
| Figura No.4.9: Característica estática del sensor | 91 |
| Figura no.4.10: El flujoímetro como dispositivo no lineal y su ajuste lineal..... | 91 |
| Figura No.5.1: Estructura de la placa para el uso del flujoímetro con líquidos | 96 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla No.1.1: Flujómetros de obstrucción de diferencia de presión mecánicos (Baker, 2005)..... | 23 |
| Tabla No.1.2: Características de tarjetas de la familia ARDUINO. | 39 |
| Tabla No.4.1: Datos para una variación de ascendente de caudal..... | 88 |
| Tabla No.4.2: Datos para una variación de descendente de caudal..... | 89 |
| Tabla No.4.3: Datos para el cálculo de la histéresis porcentual..... | 90 |
| Tabla No.4.4: Datos para el cálculo de la no linealidad porcentual..... | 92 |

RESUMEN

Ante la premisa de la importancia que tiene para el desarrollo tecnológico actual el disponer de dispositivos de detección y medición de señales, confiables y baratos, la presente tesis trata sobre el uso de un esquema similar al del flujómetro de placa junto a un sensor secundario conocido como FSR[®], de bajo coste.

El presente trabajo inicia desarrollando un sencillo sistema mecánico que permita obtener una fuerza a partir de la presión dinámica provocada por un flujo de aire, Esta fuerza se encuentra concentrada sobre el sensor secundario, que es justamente el FSR.

La variación de resistencia provocada por el flujo, en el sensor secundario, se transforma en una señal de voltaje (acondicionamiento de señal), utilizando un sencillo circuito con amplificadores operacionales, ajustado a los esquemas de acondicionamiento, sugeridos por Interlink Electronics, fabricante del FSR. Cabe recalcar que además se proporciona al acondicionamiento de señal, las fuentes de energía eléctrica reguladas necesarias para operar.

Se integra el FSR, colocado en el sistema mecánico, al circuito de acondicionamiento y se procede a caracterizarlo estáticamente, para lo cual se desarrolla una aplicación en LabVIEW, utilizando una tarjeta ARDUINO UNO, como sistema de adquisición de datos, que permite tomar las lecturas de voltaje del sensor presentado en este proyecto frente al caudal que circula por el mismo, medido por un sensor comercial.

Finalmente, este trabajo determina dos valores fundamentales, que caracterizan a cualquier instrumento, como es la histéresis porcentual y la no linealidad del gráfico del sensor ajustado a una sola característica estática.

PRESENTACION

Este proyecto inicia con la premisa fundamental de que los sensores en la actualidad son elementos fundamentales del desarrollo de maquinarias y la automatización de procesos industriales, por lo que su sencillez, confiabilidad y bajo costo, así como el uso de nuevas tecnologías facilitará su uso y operación.

En los dispositivos medidores o detectores de caudal, uno de los parámetros fundamentales a la hora de realizar su selección es justamente el costo. Podemos afirmar, sin lugar a dudas, que del universo de sensores existentes, entre los dispositivos más costosos, están los que miden esta variable, por lo que la utilización de componentes que encontramos fácilmente en una ferretería unido a novedosos y baratos sensores basados en tecnologías de polímeros, permitirán obtener un dispositivo de las características buscadas.

El lector de este documento encontrará de una manera clara y detallada, los diferentes pasos que permiten desarrollar completamente el sensor de caudal.

El primer capítulo nos introduce en los conceptos básicos, aplicables al proyecto. En el segundo diseñamos los componentes partes y piezas, los interfaces y acondicionadores de señal necesarios y en el tercero construimos e integramos los componentes. A partir del protocolo de pruebas, detallado al inicio del cuarto capítulo procedemos a caracterizar estáticamente al sensor y obtener lo que se conoce como característica estática o curva de calibración que es el principal documento que habilita el uso del dispositivo. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del caso.

1 CARACTERIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DE FLUJO Y LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE TIPO OBSTRUCCIÓN

1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Los humanos estamos inherentemente involucrados en los procesos de medición. Desde tiempos remotos, el ser humano se ha visto en la necesidad de extender las capacidades, para captar las señales que primariamente las detectaba con su sistema sensorial. Con el advenimiento de la industrialización, factores tales como el control y la automatización resultaron completamente dependientes, de los instrumentos de medición o detección de señales, fundamentalmente de las señales que permiten controlar un proceso en particular, o aquellas que aportan información.

El crecimiento masivo en la aplicación de las computadoras a las tareas de control de procesos industriales y de monitoreo, ha dado lugar a un crecimiento paralelo de la necesidad de instrumentos para medir, registrar y controlar las variables de procesos. A medida que las técnicas modernas de producción exigen trabajos con límites de precisión cada vez más estrechos, y como las fuerzas económicas que limitan los costos de producción se vuelven cada vez más severas, se tiende a buscar instrumentos más precisos y baratos, condiciones que resultan cada vez más difíciles de satisfacer.

Este último problema es, en la actualidad, el punto focal de los esfuerzos de investigación y desarrollo de todos los fabricantes de instrumentos. En los últimos años, una de las estrategias más rentables, para mejorar la precisión de los instrumentos, ha sido la posibilidad de incorporar “poder de computación” a estos. Por tanto, estos “instrumentos inteligentes” ocupan un lugar destacado en los catálogos de los fabricantes de instrumentos actuales.

Entre las variables de gran importancia para muchos procesos y máquinas actuales se encuentra la cantidad de fluido que se mueve en la unidad de tiempo, conocida como caudal, derivados del desplazamiento de un fluido en el interior de un conducto cerrado.

1.2 EL PROCESO DE MEDICIÓN

Un sistema de medición de una variable comprende varios elementos, los cuales dependen básicamente de la forma como se realiza la medición. En primer lugar encontramos el sensor primario, simplemente conocido como sensor, que capta la señal a medir y responde a esta, con el comportamiento de sistema que exhibe. El sensor primario toma una señal y responde generando otra, como por ejemplo el tubo de Bourdon, que recibe una presión y responde con un desplazamiento o el termistor que responde a una variación de temperatura con una variación de resistencia.

La salida más útil en un sensor es la eléctrica (voltaje o corriente) u otra relacionada a esta (variación de resistencia eléctrica, inductancia o capacitancia), como ejemplo de esto tenemos los termopares que a una variación de temperatura responden con una variación de voltaje, o los FSR que frente a una fuerza responden con una variación de resistencia. Sin embargo, es un pequeño grupo de sensores los que exhiben esta “salida ideal” por lo que frecuentemente se requiere de un segundo elemento para obtener señal eléctrica, el segundo elemento en algunos casos puede ser otro sensor, que toma el nombre de sensor secundario, como en el caso de la celda de carga (sensor o sensor primario) y las galgas extensiométricas (sensor secundario) que transforma un pequeño desplazamiento (deformación), en una variación de resistencia eléctrica, más fácil de manipular y directamente ligada con la deformación.

La salida del sensor secundario es, generalmente, de naturaleza eléctrica (voltaje, corriente o frecuencia), o relacionada con esta (variación de resistencia, inductancia o capacitancia), muy útil debido a la gran cantidad de controladores electrónicos utilizados en la automatización y el control moderno, empleados en la industria.

Finalmente, la señal emitida por el sensor secundario debe ser “de buena calidad”, esto es fuerte, lineal, filtrada, etc. o simplemente debe transformarse en señal eléctrica, y el elemento que lo logra se conoce como acondicionador de señal.

Una vez que la señal ha sido acondicionada, puede ser utilizada en el sitio o puede ser transmitida, en cualquiera de los dos casos se puede utilizar esta señal con la finalidad de informar a un controlador o simplemente para que se pueda visualizar el valor de la variable, a través de un elemento de visualización o “display” (Ramón Pallás-Areny, 2008).

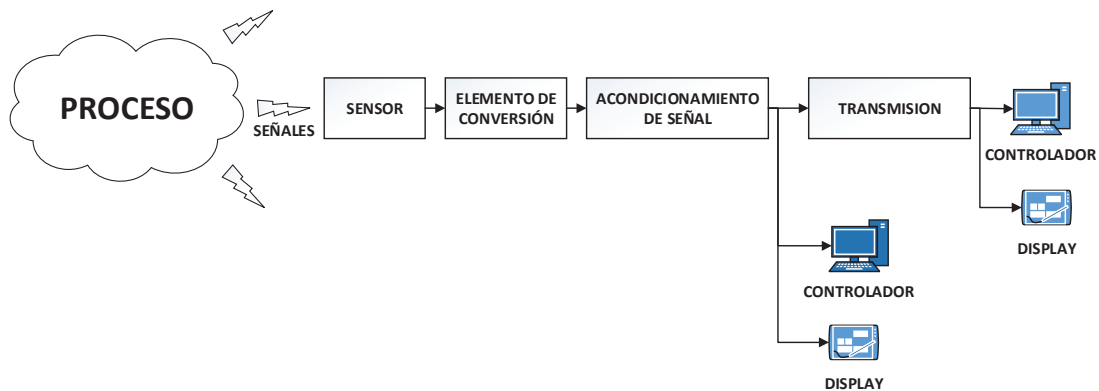


Figura No.1.1: El proceso de medición

1.2.1 MEDICIÓN DE FLUJO

Los caudales se miden en unidades de masa o volumétricas. La unidad de caudal másico es dependiente del tiempo o sea se lo mide normalmente en libras masa o kilogramos masa por hora, por segundo o por día y la unidad volumétrica puede ser calculada en galones, pies cúbicos, metros cúbicos por unidad de tiempo, a la temperatura del caudal o a una temperatura referencial específica. Los caudales líquidos son “tradicionalmente” calculados en unidades de volumen por tiempo (galones por minuto o metros cúbicos por minuto), y los caudales de gases en pies cúbicos por hora, metros cúbicos por hora o unidades equivalentes. Los caudales de vapor tales como vapor de agua o amonio son calculados en unidades de masa por hora como libras masa o kilogramos masa por hora.

En el sistema inglés, la unidad fundamental de caudal volumétrico es el pie cúbico por segundo, y en el internacional el metro cubico por segundo. Asumiendo que el perfil de velocidad del fluido es unidimensional y está representado por una velocidad media (figura No.1.2), el caudal en una tubería, puede ser calculada como (B. S Massey, 1998):

$$Q = A * \bar{V} = \frac{\pi}{4} D^2 \bar{V}$$

Ec. 1.1

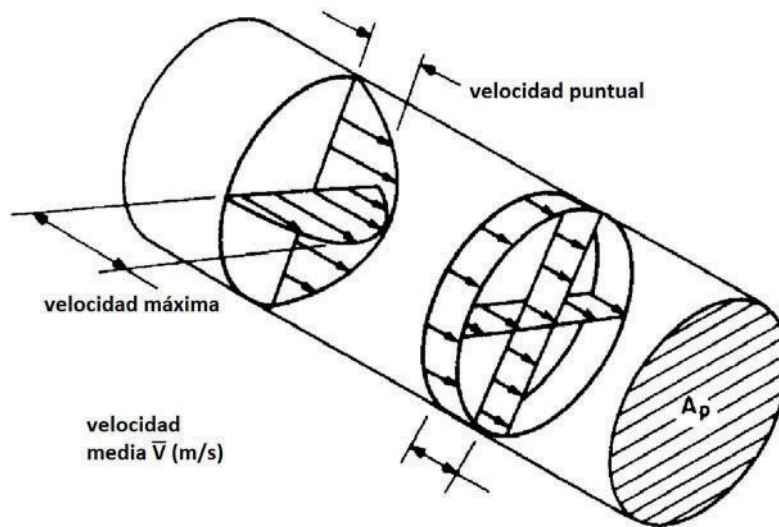


Figura No.1.2: Velocidad media, usada para derivar la unidad de caudal volumétrico

Definir al flujómetro es casi tan difícil como clasificarlo. Las únicas definiciones estándar disponibles están dadas en ASME-1M (1991) y en ISO 4006 (1991). Estas indican que:

Flujómetro. Dispositivo que mide la tasa de flujo o cantidad de un fluido que se mueve en un conducto abierto o cerrado. Este usualmente consiste en un dispositivo primario y otro secundario.

Nota: Es aceptable en la práctica para identificar aún más el flujómetro, hacerlo por su teoría aplicada, como presión diferencial, velocidad, área, fuerza etc., o por su tecnología aplicada, como, placa orificio, turbina, vortex, ultrasonido, etc. los ejemplos incluyen flujómetro de turbina, flujómetro magnético, etc.

Dispositivo primario del flujómetro. Dispositivo montado interna o externamente al conducto del fluido, que produce una señal que presenta una relación definida con el movimiento del fluido, en concordancia con leyes físicas conocidas que relacionan la interacción del fluido con el dispositivo primario.

Nota: El dispositivo primario puede consistir en uno o más elementos necesarios para producir la señal primaria del dispositivo.

Dispositivo secundario del flujómetro. Dispositivo que responde a la señal del dispositivo primario y convierte la misma en información que se puede desplegar, o en señal de salida relacionada con el caudal o su cantidad.

Nota: El dispositivo secundario puede consistir en uno o más elementos, que son necesarios para convertir la señal del dispositivo primario en una salida estándar o no estándar, o en señal que puede ser transmitida (a registradores, indicadores, controladores, etc.).

Entonces de acuerdo a estas definiciones, el dispositivo primario de un flujómetro placa orificio incluirá la tubería aguas abajo y aguas arriba, la placa orificio y los orificios para toma de presión. El transmisor de presión diferencial, válvulas y tubería para conexión serían los dispositivos secundarios. La combinación de todos estos elementos entonces es realmente lo que se conoce como flujómetro placa orificio.

1.2.2 FORMA DE MEDIR EL FLUJO

En los procesos industriales, las formas más comunes de medir flujos de líquidos o gases son:

- a. Mediciones de cantidades absolutas.
- b. Tasa porcentual de flujo.
- c. Tasa volumétrica de flujo, y
- d. Tasa másica de flujo.

La medición de cantidad absoluta está basada en el número total de m^3 , galones o litros. El tiempo o la tasa a la cual el fluido se desplaza, no es considerado.

Los otros tres tipos son dependientes del tiempo y representan la cantidad de fluido que se desplaza en un determinado periodo de tiempo.

La tasa volumétrica de flujo se la determina a través de la cantidad de flujo que circula por una posición de la tubería, durante un periodo específico de tiempo. Se lo expresa frecuentemente en m^3/s , en galones/min (GPM) o en pie^3/min (CFPM). Este tipo de medición es útil cuando se quiere asegurar la tasa correcta del suministro de ingredientes en un proceso de mezclado o licuado, para prevenir altas tasas de flujo que pueden causar aumentos peligrosos de la presión, aumentos excesivos de temperatura, desbordamientos o aumentos de velocidad en maquinaria, entre otras. Entre los flujómetros volumétricos podemos citar la placa orificio, el tubo Venturi, el flujómetro de boquilla, el tubo de Pitot y el rotámetro.

Otra forma común de medir el flujo es porcentualmente, mediante la tasa porcentual de flujo. El 100% de una tasa de flujo podría ser igual a 500 GPM, por lo tanto una medida del 50% del flujo representara obviamente 250 GPM.

La medición por tasa másica de flujo está basada en la determinación del peso del fluido que pasa por cierta parte de la tubería por periodo de tiempo. Considerando que en un campo gravitacional constante la masa tiene un peso definido, las unidades de estos flujómetros pueden estar expresados en kg, gr, lb u otra unidad

de peso por cantidad de tiempo, por ejemplo Kg/min. Para realizar este tipo de medición, es necesario hacer lecturas instantáneas de determinado volumen, repetidamente. Un flujómetro de este tipo es el de Coriolis. Existen ciertas ventajas en el uso de los dispositivos másicos, como es la posibilidad de medir diferentes tipos de fluidos, incluyendo a los de alta viscosidad que por sus características, pueden pegarse, adherirse o cubrir, los mecanismos de medición de otros dispositivos (como los volumétricos), alterando su funcionamiento o dañándolos, además estos dispositivos no alteran las condiciones del fluido, para permitir su medición, no requieren cambios especiales en la tubería y eliminan la necesidad de realizar cualquier tipo de compensación por el cambio de las condiciones del fluido como puede ser en condiciones de variación de temperatura, presión, densidad o viscosidad. Los dispositivos másicos no están limitados por los tipos de medición pudiendo ser utilizados en procesos continuos o por lotes (Baker, 2005).

Son múltiples los criterios utilizados para dividir a los flujómetros, algunos corresponden a autores en particular, como el caso de la clasificación sugerida por Richard Miller (Miller, 1996) quien establece la existencia de los siguientes grupos:

- a. Flujómetros de velocidad (vortex, turbina, ultrasónico, magnético)
- b. Flujómetros discretos de volumen (de desplazamiento positivo)
- c. Flujómetros dependientes de velocidad y densidad (placa-orificio, boquilla, Venturi) y,
- d. Flujómetros de masa real.

Sin embargo una división mayormente aceptada, y determinada incluso por las definiciones anteriormente citadas, es aquella que agrupa a los medidores de flujo por la forma como realizan la medición y los dispositivos que los conforman (la tecnología aplicada), y que son:

- a. Flujómetros mecánicos.
- b. Flujómetros inferenciales.
- c. Flujómetros eléctricos, y

d. Otros tipos de flujómetros.

Los flujómetros mecánicos, están basados, en principios mecánicos, que permiten realizar la medición, como aquellos que utilizan la generación de una diferencia de presiones, que es el caso de los placa orificio, Venturi, tubo de Dall, etc. los medidores de cantidad, como los de desplazamiento positivo o pistón recíprocante, los máxicos, como el flujómetro de Coriolis y otros.

En los flujómetros inferenciales, la tasa de flujo se “infiere” de fenómenos relacionados con esta, como en el caso de las placas de impacto, los rotámetros, las turbinas, etc.

Los flujómetros eléctricos están basados en fenómenos relacionados con variables eléctricas que permiten la medición de la velocidad de un fluido como los electromagnéticos, ultrasónicos, etc.

En el grupo de otros tipos de flujómetros, están todos aquellos no considerados en los grupos anteriores, tales como los flujómetros de correlación cruzada, vortex, etc.

1.2.3 DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE OBSTRUCCIÓN

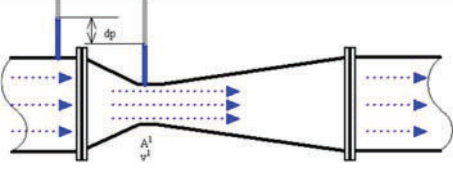
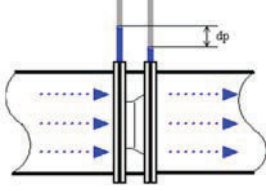
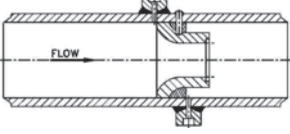

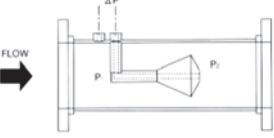
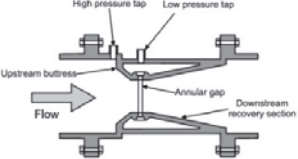
La obstrucción al desplazamiento de un fluido es un mecanismo común para poder realizar una medición de la velocidad o el caudal de un fluido. La obstrucción tiene la finalidad de generar una variación de presión o en los inferenciales permitir una presión sobre un área específica, que obstruye el paso de un fluido.

A los dispositivos de presión diferencial pertenecen entre otros, el tubo de Venturi, placa orificio, boquilla, tubo de Dall, etc. o inferenciales como la placa, también conocida como flujómetro target. (Baker, 2005)

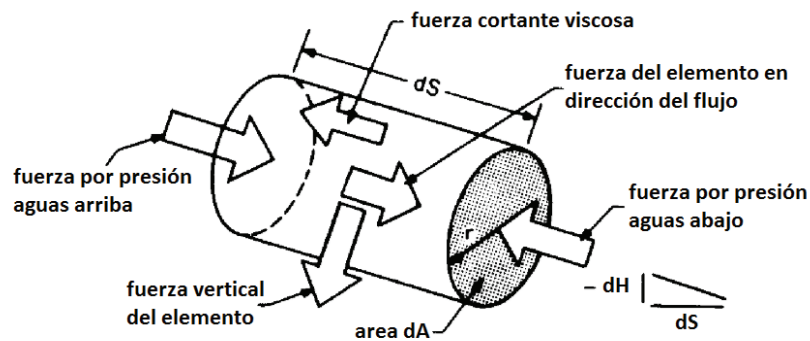
1.2.3.1 Flujómetros de obstrucción de diferencia de presión mecánicos

Los flujómetros de obstrucción por diferencia de presión, generan una variación de presión al incorporar una disminución en el diámetro de la tubería (estrangulamiento) para lo cual se utilizan diferentes técnicas, como se observa en la tabla No.1.1

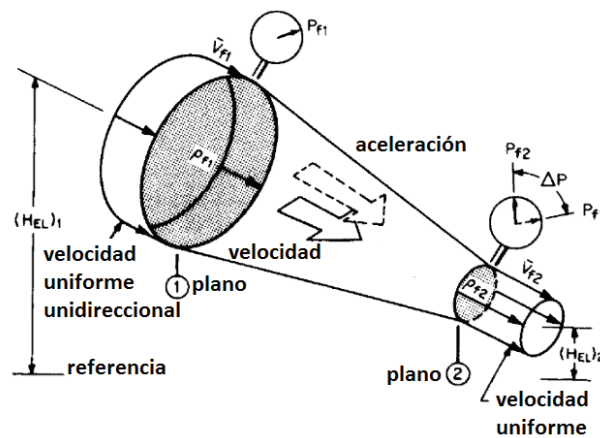
Tabla No.1.1: Flujómetros de obstrucción de diferencia de presión mecánicos
(Baker, 2005)

| Tipo | Esquema |
|---------------------------|--|
| De Venturi o Venturímetro |  |
| Placa orificio |  |
| Boquilla |  |
| Cuña | <p data-bbox="987 1335 1101 1360">$Q_v \propto k \sqrt{P_1 - P_2}$</p>  |
| Cono V |  |
| Tubo de Dall |  |

1.2.3.2 Tubo de Venturi o Venturímetro



a) Elemento de fluido



b) Elemento en un tubo Venturi

Figura No.1.3: Flujo de fluido

La ecuación dinámica (Miller, 1996) para el flujo de un fluido incompresible unidimensional es derivada por la aplicación de la segunda ley de Newton al elemento de fluido como se indica en la figura No.1.3 a). La suma de las tres fuerzas en la dirección del fluido es igual a la masa del elemento por su aceleración.

Las fuerzas externas actuando sobre este elemento en la dirección del flujo son:

La fuerza impulsora neta producida por la presión estática actuando sobre el elemento.

Las fuerzas asociadas al elemento (peso) para un elemento no horizontal.

El esfuerzo cortante viscoso que actúa sobre la circunferencia del elemento.

Entonces la fuerza impulsora neta será (Miller, 1996):

$$-\frac{\partial P_f}{\partial S} dS \cdot dA$$

Ec. 1.2

La fuerza sobre el elemento es (Miller, 1996):

$$-\rho_f \frac{1}{g_c} dS \cdot dA \cdot \frac{\partial H}{\partial S}$$

Ec. 1.3

Y la fuerza cortante es (Miller, 1996):

$$-2\pi r S_s dS$$

Ec. 1.4

Donde el signo menos indica que la presión está disminuyendo en la dirección del flujo, el esfuerzo cortante se opone al movimiento y la fuerza ejercida por el elemento disminuye debido al cambio de altura. Aplicando la segunda ley de Newton al movimiento del elemento fluido tenemos (Miller, 1996):

$$-\frac{\partial P_f}{\partial S} dS \cdot dA - \rho_f \frac{1}{g_c} dS \cdot dA \cdot \frac{\partial H}{\partial S} - 2\pi r S_s dS = \frac{\rho_f}{g_c} dS \cdot dA \cdot a_s$$

Ec. 1.5

Con

$$a_s = \frac{\partial}{\partial S} \left(\frac{\bar{V}_f^2}{2} \right)$$

Ec. 1.6

Y esto para fluidos no viscosos es (Miller, 1996):

$$-\frac{\partial P_f}{\partial S} - \rho_f \frac{1}{g_c} \frac{\partial H}{\partial S} = \frac{\rho_f}{g_c} \frac{\partial}{\partial S} \left(\frac{\bar{V}_f^2}{2} \right)$$

Ec. 1.7

la ecuación dinámica para flujo unidimensional por unidad de fluido másico es obtenida dividiendo Ec. 1.7 para dar la densidad de masa (Miller, 1996):

$$-\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial P_f}{\partial S} - \frac{1}{g_c} \frac{\partial H}{\partial S} = \frac{1}{g_c} \frac{\partial}{\partial S} \left(\frac{\overline{V}_f^2}{2} \right)$$

Ec. 1.8

Esta última ecuación es conocida como la Ecuación de Euler.

Asumiendo la densidad constante e integrando Ec. 1.8 a lo largo de la línea de flujo, obtenemos la Ecuación de Bernoulli (Miller, 1996):

$$\frac{P_f}{\rho_f} + \frac{\overline{V}_f^2}{2g_c} + \frac{H_{EL}}{g_c} = \text{constante}$$

Ec. 1.9

La Ec. 1.9 está escrita en términos de energía por unidad de masa, y esto indica que la energía a lo largo de la línea de flujo permanece constante para un fluido incompresible y no viscoso. La ecuación de Bernoulli puede ser escrita para un peso específico en lugar de una densidad. Con:

$$\gamma_f = \frac{\rho_f}{g_c}$$

Ec. 1.10

Ec. 1.9 nos da (Miller, 1996):

$$\frac{P_f}{\gamma_f} + \frac{\overline{V}_f^2}{2} + H_{EL} = \text{constante}$$

Ec. 1.11

La figura 1.3 b, representa la ecuación de Bernoulli aplicada a un tubo que presenta una disminución en su diámetro. Se considera que la densidad es constante en todas las secciones, la velocidad es uniforme y la suma de las energías de la presión, cinética y potencial se mantiene.

Para el flujo en estado estable, la velocidad incrementa debido a la reducción del área entre el plano 1 y 2. Para mantener un balance energético, la energía por la presión se reduce, como resultado del incremento de la energía cinética.

Si se hace una lectura de las presiones antes y durante la reducción del área de la sección, se podrá observar una disminución de la misma. Aplicando la ecuación de energías de Bernoulli, Ec. 1.9, entre las posiciones 1 y 2, considerando el flujo paralelo a suelo tenemos (Miller, 1996):

$$\frac{P_{f1} - P_{f2}}{\rho_f} = \frac{\bar{V}_{f2}^2 - \bar{V}_{f1}^2}{2g_c}$$

Ec. 1.12

Y aplicando la continuidad de masas entre los puntos 1 y 2 (Miller, 1996):

$$\rho_{f1} \cdot A_{f1} \cdot V_{f1} = \rho_{f2} \cdot A_{f2} \cdot V_{f2}$$

Ec. 1.13

Reemplazando V_{f2} de la ecuación 1.13 en la ecuación 1.12, y resolviéndola para V_{f1} , obtenemos para una densidad constante, que la velocidad es (Miller, 1996):

$$V_{f1} = \sqrt{\frac{2 \cdot g_c \cdot (P_{f1} - P_{f2})}{\rho_f \cdot \left[\left(\frac{D}{d} \right)^4 - 1 \right]}}$$

Ec.1.14

$$Q = \pi \cdot R^2 \cdot V_{f1}$$

Ec. 1.15

Sin embargo, es necesario incluir en la ecuación los coeficientes de corrección por compresibilidad ε y el coeficiente de descarga C, este último permite corregir las suposiciones hechas para la deducción de la ecuación y que no siempre son reales en aplicaciones prácticas, quedándonos la Ec. 1.15, como (Miller, 1996):

$$Q_{real} = C\varepsilon \cdot Q$$

Ec. 1.16

El coeficiente de descarga para el flujómetro de Venturi, se encuentra, normalmente entre 0.95 y 0.98 (Miller, 1996).

1.2.4 FLUJÓMETROS DE OBSTRUCCIÓN INFERENCIALES

Son muchos los dispositivos, dentro de la instrumentación actual y en particular para la medición de flujo, que utilizan variables directamente vinculadas con la velocidad de flujo para poder medir. Uno de estos métodos es, ubicar elementos en el camino del fluido para poder determinar la fuerza producida sobre este elemento. Ejemplo de estos sensores los podemos encontrar en los flujómetros de placa, rotámetro, etc.

1.2.4.1 Flujómetro de placa, placa de impacto o tipo Target

En este flujómetro, un objeto sólido, conocido como elemento de arrastre se expone al fluido que se va a medir. La fuerza ejercida por el fluido sobre el elemento de arrastre es medida y relacionada con la velocidad del fluido. El elemento sensor, que generalmente es una placa circular en el interior del tubo, no contiene partes giratorias, ni móviles, lo que le hace adecuado para condiciones donde la abrasión, contaminación o corrosión no permite el uso de flujómetros convencionales.

El flujómetro de placa es, en efecto, una especie de placa – orificio invertido, donde la placa ocupa el lugar del orificio y el resto permite el paso del flujo. La fuerza creada sobre la placa es transferida a un sistema de detección y medición de la misma, siendo muy utilizado la celda de carga como se indica en la figura No.1.4.

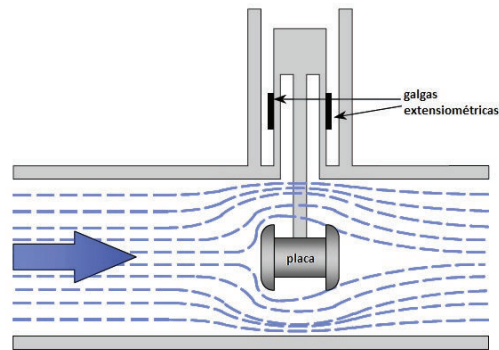


Figura No.1.4: Flujómetro de placa, placa de impacto o tipo Target
(Baker, 2005)

Un cuerpo en una corriente uniforme de velocidad u y densidad de fluido ρ experimenta una fuerza de arrastre proporcional a r , la proyección del área A del sólido en la dirección del flujo y el cuadrado de la velocidad, como se indica en la figura No.1.5. El coeficiente de proporcionalidad, llamado coeficiente de arrastre C_D , depende del número de Reynolds, Re

$$C_D = C_D(Re)$$

Ec. 1.17

$$Re = \frac{uD}{\nu}$$

Ec 1.18

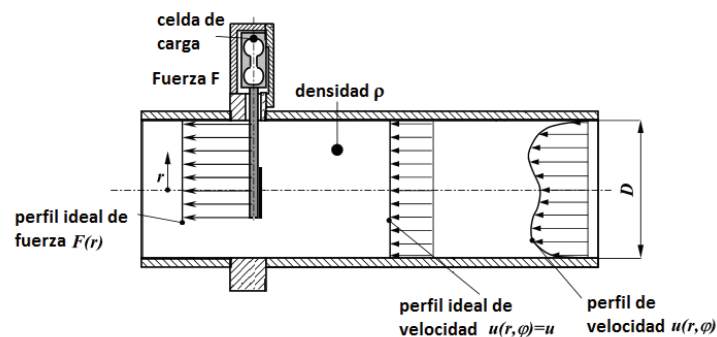


Figura No.1.5: Elementos en el funcionamiento de un flujómetro de placa (Baker, 2005)

Donde, D es el diámetro de la tubería, por donde circula el fluido y ν es la viscosidad dinámica.

C_D es adimensional, y para una placa circular su relación con respecto al número de Reynolds es la indicada en la figura No.1.6.

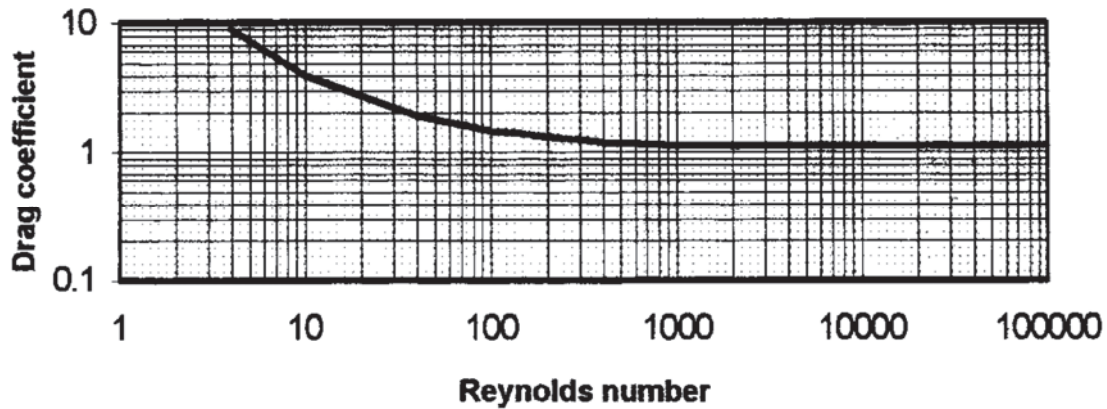


Figura No.1.6: Coeficiente de arrastre vs. Numero de Reynolds para un disco plano (John G. Webster, 1999)

En casos bien definidos tales como el flujo laminar, flujo turbulento desarrollado y flujo uniforme (perfil cuadrado), el flujo permanece normal al cilindro en la dirección del tubo y la velocidad es meramente una función del radio. Está claro que la realidad se diferencia, considerablemente de estos patrones de flujo, sin embargo, estos se ajustan excelentemente como referencias. Realmente, los perfiles muestran formas distorsionadas sobre los que se sobreponen remolinos, sin considerar el hecho de que se pueden sumar turbulencias a gran escala, dependientes del tiempo.

Considerando el número de Reynolds y la velocidad sobre la placa como función del radio tenemos (Baker, 2005):

$$Re(r) = \frac{u(r)D}{\nu}$$

Ec. 1.19

Entonces (Baker, 2005),

$$C_D = C_D(Re(r))$$

Ec. 1.20

La fuerza de arrastre, ejercida por un fluido sobre un objeto, expuesto a ella está dada por (Baker, 2005):

$$F_D = \frac{C_D \rho A V^2}{2}$$

Ec. 1.21

Donde V es la velocidad del fluido en el punto de medida y A es el área proyectada, en este caso el área de la placa.

Para la placa plana y esfera, los coeficientes de arrastre normalmente son (Baker, 2005):

$$C_D = 1.28 \text{ para placas planas}$$

$$C_D = 0.07 \text{ a } 0.5 \text{ para esféricas}$$

Hay que considerar que el valor de 1.28, está definido para placas planas perpendiculares a la dirección del flujo y que el coeficiente de arrastre de las esferas está relacionado con el número de Reynolds.

Es necesario resaltar que para un diseño específico, los valores de A y C_D , son constantes por lo tanto si la densidad del fluido se mantiene constante, la fuerza F_D es únicamente función del cuadrado de la velocidad (Baker, 2005).

1.3 EL SENSOR FSR 400 DE INTERLINK ELECTRONICS®

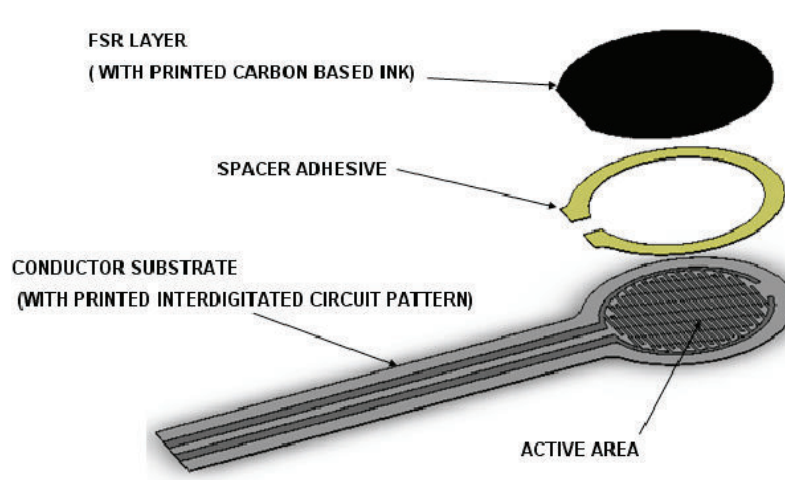


Figura No.1.7: Elementos básicos de un sensor tipo FSR
(Interlink Electronics, 2013)

El elemento que permite, realmente, captar la velocidad de flujo a través de la presión y la fuerza, es la resistencia sensible a la fuerza o FSR (Force Sensitive Resistor) de Interlink Electronics, con ayuda de la placa rígida que lo sostendrá. Los FSR son sensores optimizados para el uso en controles humanos táctiles de dispositivos electrónicos, tales como los usados en electrónica automotriz, en sistemas médicos, y obviamente en aplicaciones industriales y de robótica.

De acuerdo a referencias del fabricante, los FSR son gruesas y robustas películas de polímeros o PTFs, que exhiben una disminución en su resistencia eléctrica al aumento de la fuerza aplicada sobre la superficie del sensor. Su composición básica la podemos observar en la figura No.1.7.

El dispositivo FSR 400 es un FSR cuyas características geométricas son las siguientes:

Área efectiva de detección: 5 mm de diámetro

Espesor nominal: 0.30 mm

Rango de detección de fuerza: 10 gr a 1 Kg (0.1 a 10 N)

Rango de aplicación de presión: 0.1 kg/cm² a 10 Kg/cm²

Repetitividad: del +/- 2% al +/- 5%.

Histéresis: 10% promedio

Resolución: Continua.

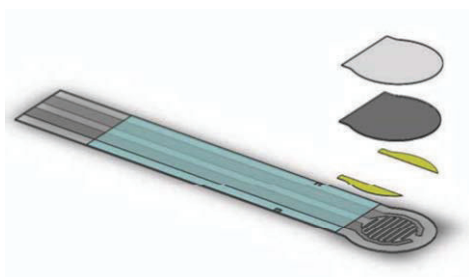
Fuerza de encendido (Turn-on force): 2 g a 100 gr.

Resistencia sin carga: mayor a 10 MΩ.

Tiempo de subida: menor a 3 msec.

Temperatura de trabajo: -30 a +70 °C

Máxima corriente: 1 mA / cm² a fuerza aplicada.



FSR 400. Despiece tridimensional

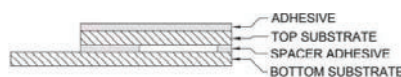


FSR 400. Vista lateral

Figura No.1.8: Conformación física del FSR 400



FSR 400 Short. Despiece tridimensional



FSR 400 Short. Vista lateral

Figura No.1.9: Conformación física del FSR 400 short

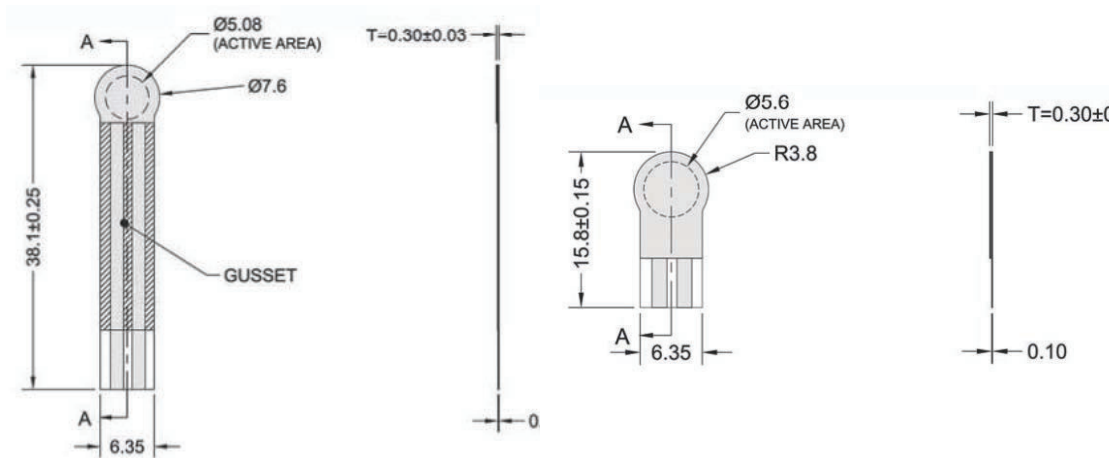
(Interlink Electronics, 2013)

El FSR 400 comprende 4 capas, como se puede apreciar en la figura No. 1.8 y 1.9.

Como una resistencia eléctrica, dispone de dos contactos de salida, y de acuerdo

al largo de los conectores hay dos modelos, el FSR 400 y el FSR 400 Short.

Las dimensiones de los dos modelos de sensor se pueden apreciar en la figura No. 1.10, que se indica a continuación.



Dimensiones FSR 400

Dimensiones FSR 400 Short

Figura No.1.10: Dimensiones físicas del FSR 400 y FSR 400 Short
(Unidades en mm) (Interlink Electronics, 2013)

Los elementos de conexión con los circuitos externos también son variados, como se puede observar en la figura No. 1.11, sin embargo es muy utilizada la variante que presenta conectores soldables.

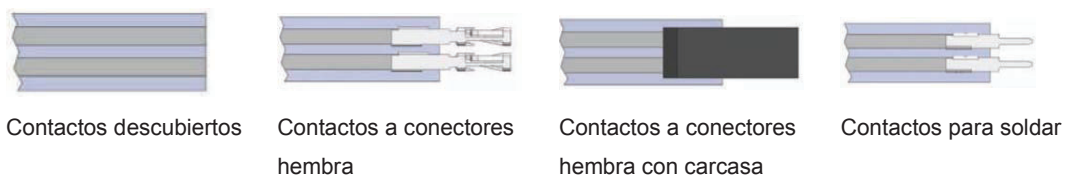


Figura No.1.11: Formas de conectores para el FSR 400
(Interlink Electronics, 2013)

La característica fuerza vs resistencia indicada en la figura No.1.12 proporciona una visión característica de la operación de los FSRs. Por conveniencia de interpretación, los datos para la gráfica fuerza vs resistencia, se presentan en

formato log/log. En general, la respuesta de FSR se establece en términos de una característica de ley potencial inversa (proporcional a R^{-1}).

Hacia el extremo de pequeñas fuerzas, en la curva, se evidencia un comportamiento de cambio abrupto, a manera de un interruptor que enciende la operación del dispositivo. Este umbral de encendido o fuerza de ruptura que cambia la resistencia desde valores muy por arriba de los 100 k Ω hasta 10 k Ω , está determinada por el grosor y la flexibilidad del sustrato, su recubrimiento, tamaño, forma del instrumento que ejerce presión (actuador) y el espesor del adhesivo espaciador.

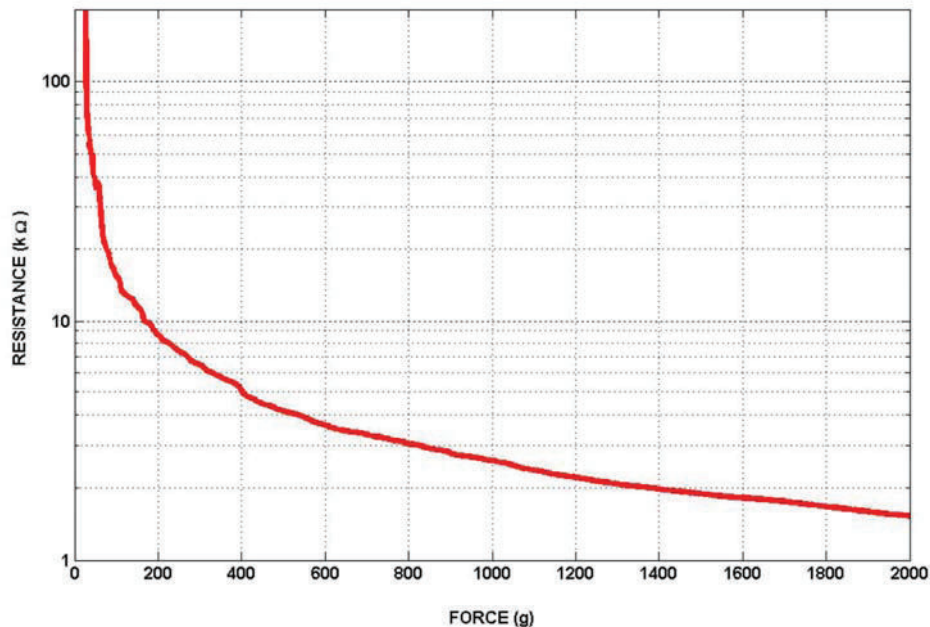


Figura No.1.12: Característica estática Resistencia vs. Fuerza
(Interlink Electronics, 2013)

Por lo tanto la fuerza de quiebre se incrementará, con la rigidez del sustrato y su recubrimiento, el tamaño del actuador y el espesor del adhesivo espaciador.

Eliminando el adhesivo o manteniéndolo lejos de la zona de aplicación de la fuerza, como sucede en la zona central de dispositivos FSR más grandes (como el FSR 402), se disminuirá el umbral.

Hacia el extremo de las fuerzas más altas, la respuesta se desvía de la ley potencial y se satura de tal manera que por más que la fuerza se incremente, la resistencia no sufrirá una variación. En la figura No. 1.13, la fuerza de saturación está por encima de los 10 kg, sin embargo se ha determinado que el punto de saturación, es más una función de la presión que de la fuerza. La típica presión de saturación para un FSR está entre los 100 y 200 psi.

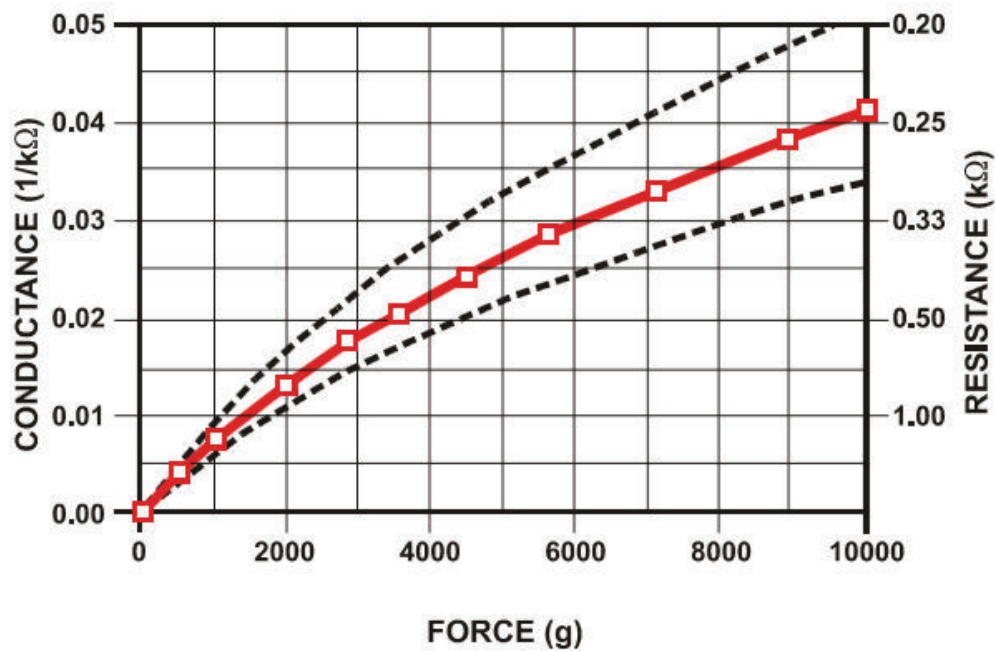


Figura No.1.13: Conductancia vs Fuerza (0 – 10 kg)
(Interlink Electronics, 2013)

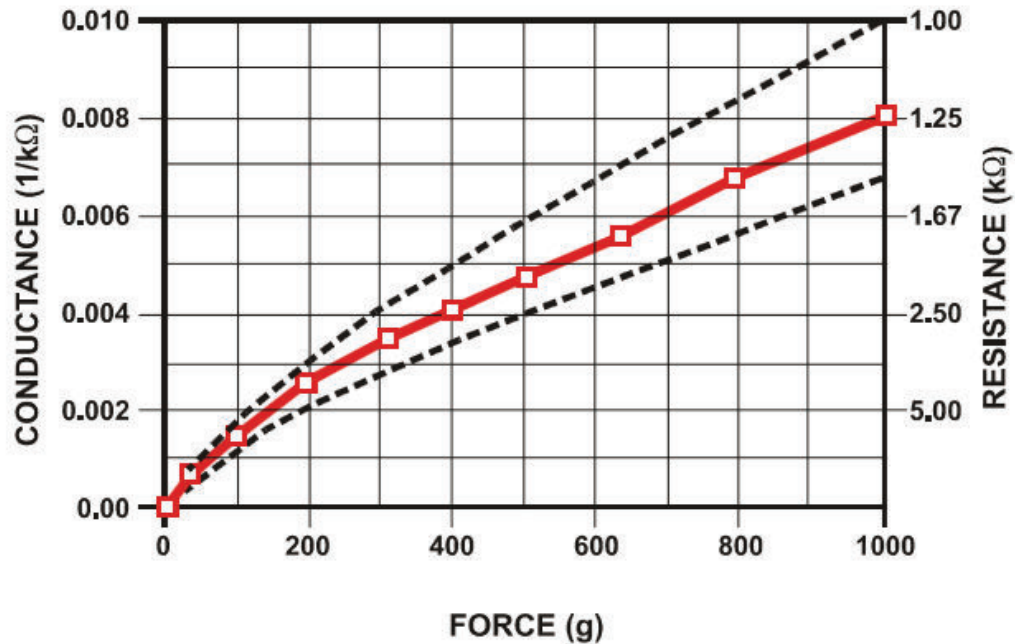


Figura No.1.14: Conductancia vs Fuerza para un rango de baja fuerza (0 – 1kg)
(Interlink Electronics, 2013)

Para los datos presentados en las figuras No. 1.12, 1.13 y 1.14, el rango de presión real medida fue de 0 a 175 psi (0 a 22 lb aplicadas sobre una superficie de 0.125 plg²). Fuerzas mayores a la de saturación se las debe aplicar a través de áreas más grandes, tratando de mantener la presión total bajo el punto de saturación. Sin embargo, el recíproco de este efecto también es cierto, actuadores más pequeños, o de áreas de aplicación menor, saturaran a los FSR a valores de fuerza menores, ya que se alcanza el punto de saturación a una fuerza inferior.

En la figura No.1.14, se grafica la conductancia vs la fuerza. Esta interpretación de la característica estática, permite linealizar la relación R vs F. Si se requiere obtener de salida un voltaje se puede utilizar un circuito convertidor corriente – voltaje. Las gráficas adicionales, que se observan en la figura No.1.13 y 1.14 representan las desviaciones de las medidas en función de la repetitividad, parte a parte. Esta banda de error determina la máxima precisión de cualquier fuerza medida. La repetitividad típica, parte a parte, para los dispositivos FSR están entre +/- 15% a +/- 25% de cierta resistencia nominal establecida.

1.4 EL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Existen numerosas alternativas para realizar la adquisición de datos, entendida esta como, la tarea mediante la cual la señal analógica, emitida por un sensor, transmisor o transductor se convierte en digital.

Entre los elementos más conocidos para adquisición de datos, están los módulos y las tarjetas de adquisición de datos o DAQ (Data Adquisition) de National Instruments (Instruments, www.ni.com, 2104), entre los cuales es muy popular el modulo NI USB 6009®. Sin embargo hacer adquisición de datos a través de soluciones comerciales como las indicadas, puede resultar bastante oneroso. Si bien es cierto que las plataformas comerciales DAQ para ingeniería pueden ser más resistentes, cómodas de usar, con mejores características y más veloces, pero obviamente siguen siendo caras.

Actualmente, se han popularizado los sistemas de control y adquisición de datos, de electrónica abierta, basados en procesadores como Atmel ATmega, Microchip PIC y otros, que es el caso de la tarjeta ARDUINO®.

ARDUINO es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. Se creó para artistas, diseñadores, aficionados y cualquiera interesado en crear entornos u objetos interactivos. Su uso en la academia y la industria ha ido ganando muchos adeptos por la facilidad, soporte y fundamentalmente, el bajo precio que tienen.

Existen diferentes modelos de ARDUINO, en función de las características del procesador de la tarjeta, tamaños y prestaciones.



Figura No.1.15: ARDUINO UNO R3.

La tabla No.1.2 presenta algunas tarjetas ARDUINO, disponibles actualmente y descontinuadas, junto a sus características más importantes, como son: modelo, microcontrolador utilizado, voltaje a los canales de entrada, voltaje de alimentación al sistema, número de entradas digitales, número de entradas analógicas, número de entradas digitales con capacidad PWM, memoria de la tarjeta para programas y datos e interfaz de programación.

Tabla No.1.2: Características de tarjetas de la familia ARDUINO.

(<http://ARDUINO.cc/en/Main/Products>)

| Modelo | Microcontrolador | Voltaje de entrada | Voltaje del sistema | Frecuencia de Reloj | Digital I/O | Entradas Analógicas | PWM | Memoria Flash | Interfaz de Programación |
|---------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|---------------------|-----|---------------|--------------------------|
| ARDUINO Due | AT91SAM3X8E | 5-12V | 3,3V | 84MHz | 54 | 12 | 12 | 512Kb | Nativa USB |
| ARDUINO Leonardo | ATmega32U4 | 7-12V | 5V | 16MHz | 20 | 12 | 7 | 32Kb | Nativa USB |
| ARDUINO Uno - R3 | ATmega328 | 7-12V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | USB vía ATmega16U2 |
| RedBoard | ATmega328 | 7-15V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | USB vía FTDI |
| ARDUINO Uno SMD (descontinuado) | ATmega328 | 7-12V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | USB vía ATmega8U2 |
| ARDUINO Uno (descontinuado) | ATmega328 | 7-12V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | USB vía ATmega8U2 |

| Modelo | Microcontrolador | Voltaje de entrada | Voltaje del sistema | Frecuencia de Reloj | Digital I/O | Entradas Analógicas | PWM | Memoria Flash | Interfaz de Programación |
|-------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|---------------------|-----|---------------|--|
| ARDUINO Duemilanove (descontinuado) | ATmega328 | 7-12V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | USB vía FTDI |
| ARDUINO Bluetooth (descontinuado) | ATmega328 | 1,2-5,5V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | Serial Bluetooth |
| ARDUINO Pro 3.3V/8MHz | ATmega328 | 3,35 - 12V | 3,3V | 8MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| ARDUINO Pro 5V/16MHz | ATmega328 | 5 - 12V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| Ethernet Pro (descontinuado) | ATmega328 | 7-12V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| ARDUINO Mega 2560 R3 | ATmega2560 | 7-12V | 5V | 16MHz | 54 | 16 | 14 | 256Kb | USB vía ATmega16U2 |
| ARDUINO Mega 2560 (descontinuado) | ATmega2560 | 7-12V | 5V | 16MHz | 54 | 16 | 14 | 256Kb | USB vía ATmega8U2 |
| ARDUINO Mega (descontinuado) | ATmega1280 | 7-12V | 5V | 16MHz | 54 | 16 | 14 | 128Kb | USB vía FTDI |
| Mega Pro 3.3V | ATmega2560 | 3,3-12V | 3,3V | 8MHz | 54 | 16 | 14 | 256Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| ARDUINO Mini 05 | ATmega328 | 7-9V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 8 | 32Kb | Cabecera Serial |
| ARDUINO Pro Mini 3.3V/8MHz | ATmega328 | 3,35-12V | 3,3V | 8MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| ARDUINO Pro Mini 5V/16MHz | ATmega328 | 5 - 12V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| ARDUINO Fio | ATmega328P | 3,35-12V | 3,3V | 8MHz | 14 | 8 | 6 | 32Kb | Cabecera compatible con FTDI o Inalámbrica vía XBee1 |
| Mega Pro Mini 3.3V | ATmega2560 | 3,3-12V | 3,3V | 8MHz | 54 | 16 | 14 | 256Kb | Cabecera compatible con FTDI |

| Modelo | Microcontrolador | Voltaje de entrada | Voltaje del sistema | Frecuencia de Reloj | Digital I/O | Entradas Analógicas | PWM | Memoria Flash | Interfaz de Programación |
|---------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|---------------------|-----|---------------|------------------------------|
| Pro Micro 5V/16MHz | ATmega32U4 | 5-12V | 5V | 16MHz | 12 | 4 | 5 | 32Kb | Nativa USB |
| Pro Micro 3.3V/8MHz | ATmega32U4 | 3,35-12V | 3,3V | 8MHz | 12 | 4 | 5 | 32Kb | Nativa USB |
| LilyPad ARDUINO 328 Main Board | ATmega328 | 2,7-5,5V | 3,3V | 8MHz | 14 | 6 | 6 | 32Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| LilyPad ARDUINO Simple Board | ATmega328 | 2,7-5,5V | 3,3V | 8MHz | 9 | 4 | 5 | 32Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| Mega Pro 5V | ATmega2560 | 5-12V | 5V | 16MHz | 54 | 16 | 14 | 256Kb | Cabecera compatible con FTDI |
| ARDUINO Mini 04 (descontinuado) | ATmega328 | 7-9V | 5V | 16MHz | 14 | 6 | 8 | 32Kb | Cabecera Serial |

(Arduino, Arduino Webpage, 2014)

1.4.1 CONEXIÓN Y RECONOCIMIENTO DE UNA TARJETA ARDUINO, DESDE UNA PC

Para poder utilizar una tarjeta ARDUINO, es necesario programarla, como todo dispositivo microcontrolado, lo cual se lo hace desde un PC, una Tablet o un teléfono inteligente que utilice Android. Lo más común actualmente es utilizar un PC.

La conexión de la tarjeta al PC, se lo hace mediante un cable con terminales USB standard tipo A macho y USB standard tipo B macho. Para Tablet o teléfono celular inteligente se requiere adicionalmente al cable, un adaptador con conectores micro USB tipo B hembra y USB standard tipo A hembra (según sea el dispositivo y modelo).

En algunos modelos de ARDUINO es posible que se necesite un cable con conectores USB standard tipo A macho y mini USB de 5 pines macho o con conectores USB standard tipo A macho y micro USB tipo B macho.

En la figura No.1.16, se observan los diferentes tipos de conectores y cables USB.



Figura No.1.16: Conectores y cables USB
(<https://curiosoando.com/que-es-un-micro-usb>)

Al realizar la conexión física como se indica figura No.1.17, el computador, reconocerá el dispositivo pero es muy poco probable que esté listo para su uso. En la mayoría de casos será necesario direccionar el reconocimiento del dispositivo a la ubicación de los drivers, que aparecerán en <path>ARDUINO-1.0.5-r2\drivers, una vez descargado el IDE de desarrollo de ARDUINO tal como se indica en el punto 1.6.2, del presente documento.



Figura No.1.17: Conexión PC a ARDUINO

Una vez reconocida efectivamente la tarjeta ARDUINO, el computador le asignara un puerto COM, como se observa en la figura No.1.18

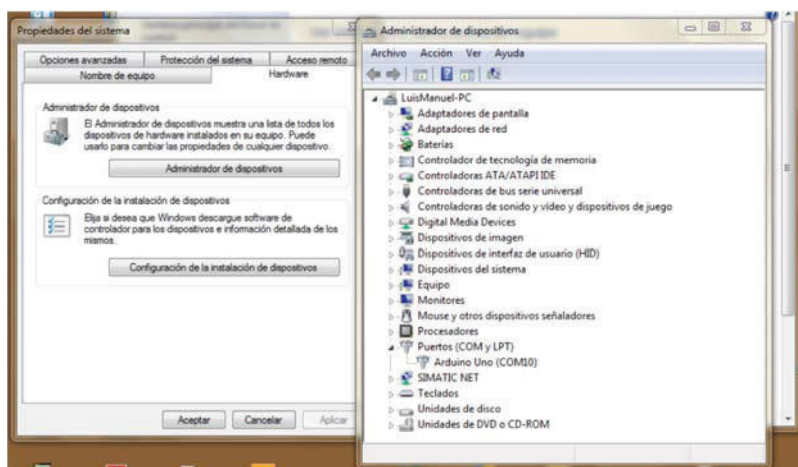


Figura No.1.18: Determinación del puerto asignado a un ARDUINO

Entonces estamos ya en posibilidad de programar el controlador.

1.4.2 PROGRAMACIÓN DE UNA TARJETA ARDUINO

Para programar una tarjeta ARDUINO se requiere instalar en el computador un software especial que se lo puede descargar gratuitamente desde las páginas de soporte de la tarjeta (Arduino, Arduino Webpage, 2014). Este software es de libre distribución y de código abierto. La versión revisada y estable, que se encuentra en este sitio es la ARDUINO 1.0.5, sin embargo esta también disponible en la red la versión ARDUINO 1.5.2, en la página de descarga del blog ARDUINO IDE Internationalization, en code.google.com (Arduino, Arduino Webpage, 2014). No se sugiere todavía el uso de la versión beta ARDUINO 1.5.6-r2, porque genera errores de operación principalmente al momento de cargar el programa para adquisición de datos a través de LabVIEW.

Estos paquetes se los puede copiar en cualquier disco duro, no requieren instalación, y solo es necesario crear un acceso directo al escritorio del programa principal, del programa ARDUINO.exe, cuyo icono se observa en la figura No.1.19.



Figura No.1.19: Icono del IDE de ARDUINO

Al ejecutar el programa principal, observamos un entorno textual muy sencillo, como el que se indica en la figura No.1.20.

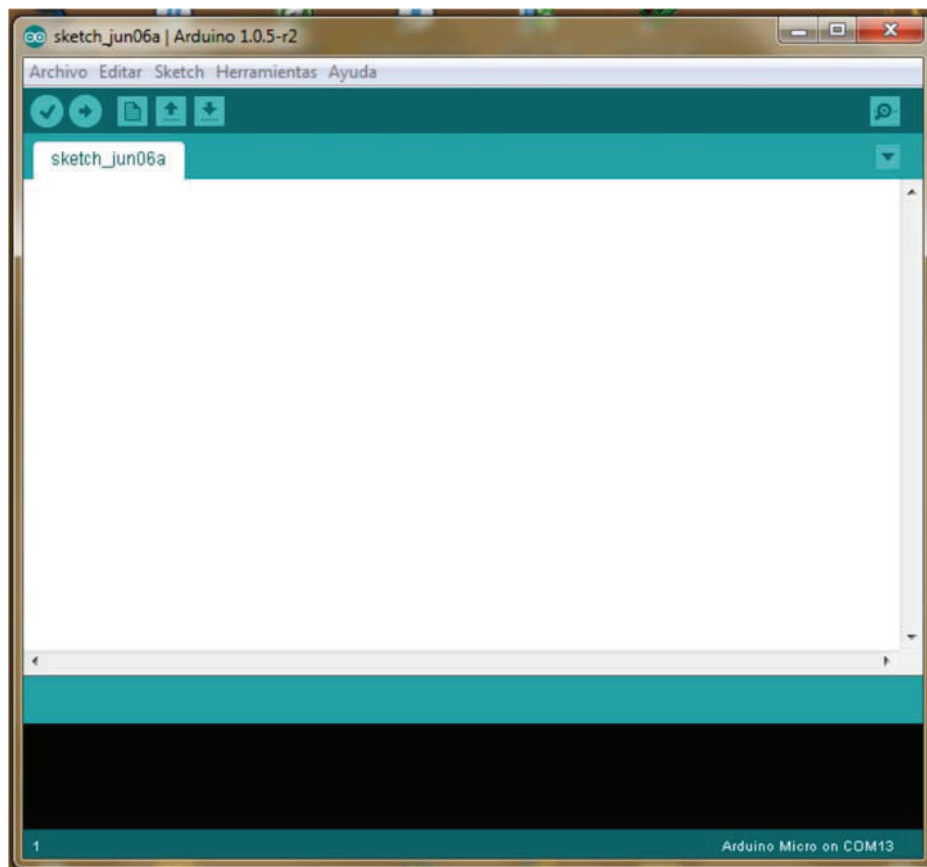


Figura No.1.20: Ambiente de desarrollo de ARDUINO.

Para “conectar” el software a la tarjeta necesitamos indicarle el puerto y el modelo. Luego de lo cual aparecerá en la barra de comentarios del entorno, el comentario “ARDUINO XXXX conectado en COMXX”. Las figuras 1.21 y 1.22 indican como realizar estos procedimientos.

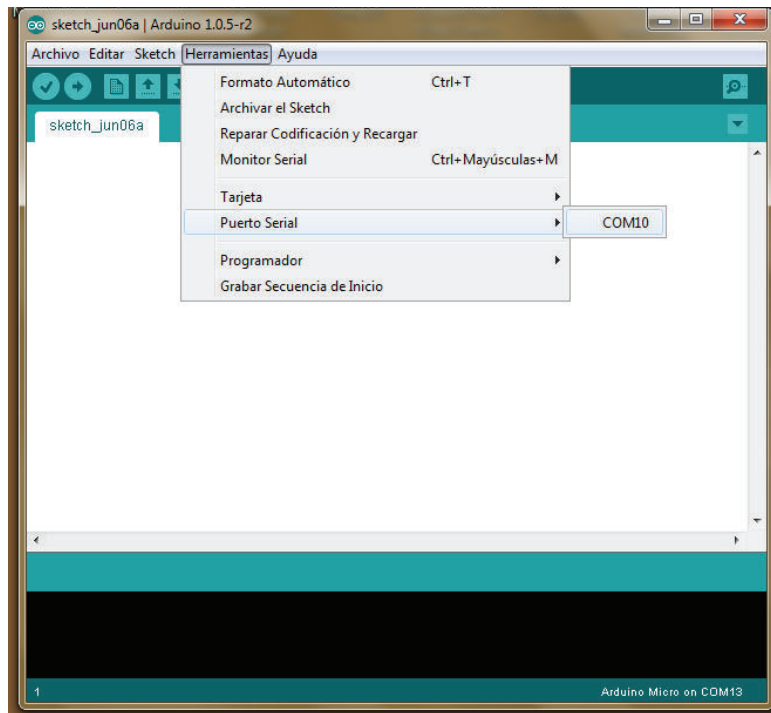


Figura No.1.21: Determinación del puerto

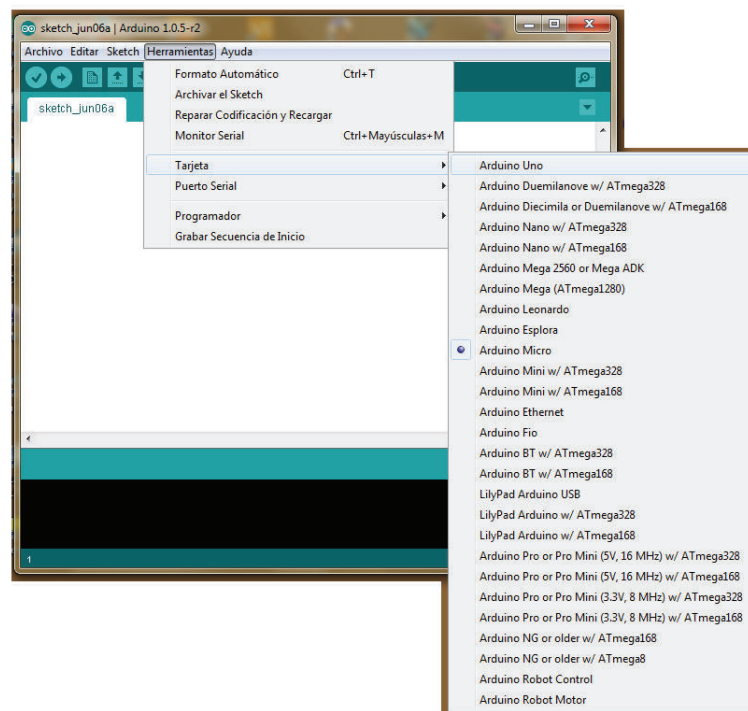


Figura No.1.22: Determinación de la tarjeta

Una vez configurado puerto y tarjeta en el entorno de programación podemos proceder con la misma.

El lenguaje de programación que se utiliza para una aplicación en ARDUINO, es muy parecido al C, contempla dos rutinas básicas, la de configuración:

```
void setup()
{
    // initialize serial communication at 9600 bits per second:
    Serial.begin(9600);
}
```

Y la de repetición:

```
void loop()
{
    // read the input on analog pin 0:
    int sensorValue = analogRead(A0);
    // print out the value you read:
    Serial.println(sensorValue);
    delay(1);    // delay in between reads for stability
}
```

Podemos revisar los valores numéricos generados en las entradas analógicas y digitales, mediante la ventana de monitoreo, tal como indica la figura No.1.23.

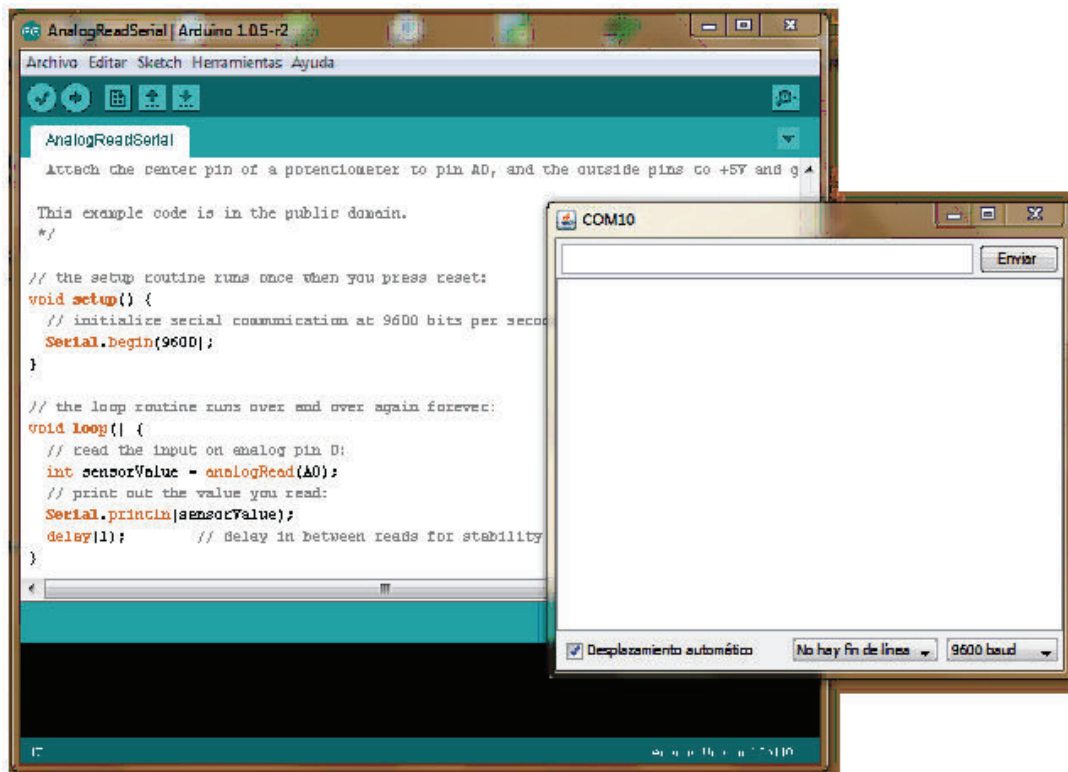


Figura No.1.23: Ventana de monitoreo sobre el puerto COM10

Antes de cargar un programa al ARDUINO, hay que compilarlo, para lo cual escogemos la opción Compilar / Verificar del menú Sketch o presionamos sobre el icono de compilación, como se observa en la figura No 1.24. Y para transferir el programa utilizamos la opción Cargar de Archivo o presionamos sobre el icono de carga.

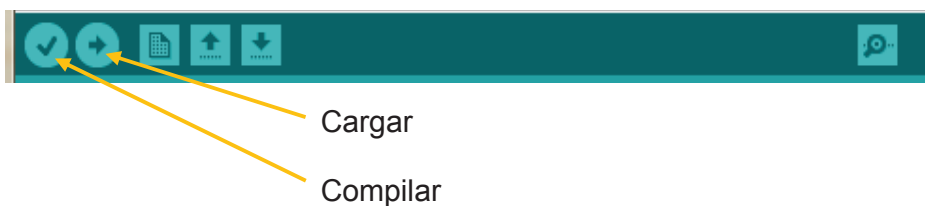


Figura No.1.24: Botones para cargar y compilar

Para un conocimiento más profundo y detallado del hardware y el software relacionado con la plataforma ARDUINO es importante e interesante visitar la página WEB oficial en la dirección <http://ARDUINO.cc>

1.4.3 ADQUISICIÓN DE DATOS A UNA PC DESDE UNA TARJETA ARDUINO.

Los datos obtenidos por medio de los sensores en el proceso de adquisición de datos y transformados en digital por los módulos ARDUINO, pueden llegar hacia un computador, con la finalidad de análisis, presentación o control. Uno de los paquetes computacionales más utilizados para esto, es LabVIEW®. LabVIEW, desarrollado por National Instruments, es un software de diseño de sistemas que proporciona a ingenieros y científicos las herramientas que necesitan para crear y desplegar sistemas de medidas y control, disponible para plataformas Windows o MacOS X.

Se conecta directamente con elementos del mismo fabricante, como la tarjeta NI USB 6009, pero para poder interactuar con ARDUINO requiere de soporte de compatibilidad, brindado por el software LabVIEW Interface for ARDUINO V2.2.0.79, desarrollado por la propia National Instruments, e instalado a través del programa VI Package Manager™.

Una vez que se ha instalado correctamente, el interface para ARDUINO aparece en el entorno de LabVIEW las herramientas para trabajar con ARDUINO en LabVIEW como se puede observar en la figura No.1.25

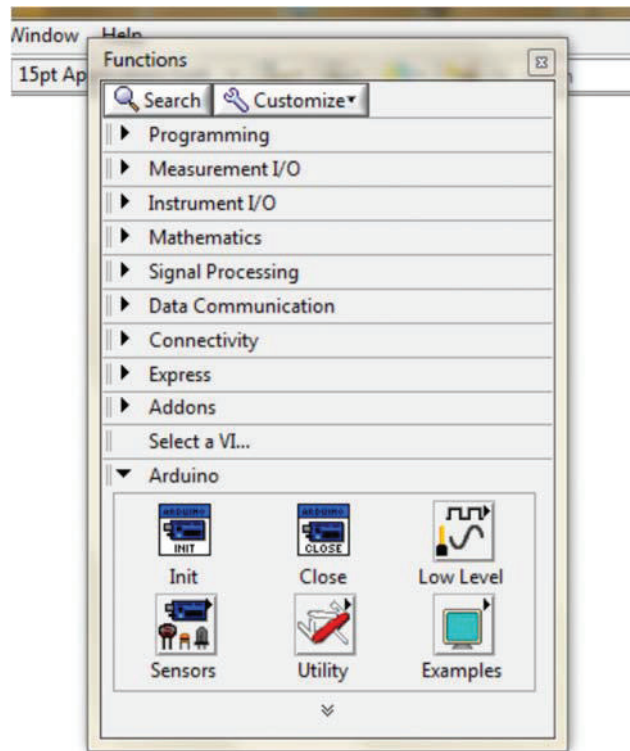


Figura No.1.25: Herramientas de ARDUINO para LabVIEW

Pero antes de proceder a la lectura de la información desde la tarjeta, es necesario cargar en la misma el programa LIFA_base.ino, ubicado en:

C:\Program Files\National Instruments\LabVIEW 2013\vi.lib\LabVIEW Interface for ARDUINO\Firmware\LIFA_Base\,

a la tarjeta, mediante el entorno de desarrollo de ARDUINO, como se indicó en el punto 1.6.2. Este programa permite el intercambio de información entre ARDUINO y el entorno LabVIEW

2 DISEÑO DE LOS COMPONENTES, PIEZAS Y PARTES DEL FLUJÓMETRO Y DEL ACONDICIONADOR DE LA SEÑAL

La estructura básica, elementos y ecuaciones del flujómetro propuestos se ajustan al dispositivo de placa, placa de impacto o tipo Target, analizado en el capítulo anterior.

El flujómetro básicamente constará de los siguientes elementos:

Componentes, partes y piezas del flujómetro, constituido por:

- ✓ Un sistema de tuberías para llevar el fluido hacia el concentrador de flujo.
- ✓ Un sistema de soporte de la placa detectora.

Interface con el FSR® y acondicionamiento, constituido por:

- ✓ El sensor secundario y sus conexiones.
- ✓ El circuito de acondicionamiento de señal con salida de voltaje.

Adquisición de datos, formado por:

- ✓ El elemento de adquisición de datos.
- ✓ El programa de adquisición de datos.

Uno de los parámetros fundamentales en el ensamblaje del sensor fue utilizar componentes, partes y piezas fáciles de encontrar en el mercado local. De ahí que muchos de los componentes del dispositivo se los puede hallar fácilmente en una ferretería por unos pocos dólares. Inclusive el sensor secundario un FSR 400, tiene un costo de unos cuantos dólares en un almacén especializado en este tipo de sensores. Los elementos para contener la placa, su sistema de soporte y el sensor secundario, así como otros componentes adicionales son accesorios roscados de polipropileno.

2.1 COMPONENTES, PARTES Y PIEZAS DEL FLUJÓMETRO

Es importante para el correcto funcionamiento del sensor FSR 400S, que la presión sobre este, se aplique en el área activa del sensor esto es sobre los 5 mm de radio, que indica el manual (Interlink Electronics, 2013).

Se aprovechan accesorios de plomería, que son muy fáciles de modificar para dar soporte a la placa, sobre la que se ubica el FSR 400. Se utilizan entonces Tees, tapones, roscas con tuerca y aquellos que sean necesarios.

Para sostener al FSR utilizamos una placa de latón circular, de 9.5 mm de diámetro, adherida a un soporte hexagonal, tal como se indica en la figura 2.1. El área efectiva de detección del sensor está dada por un círculo de 5 mm de diámetro. El soporte del elemento resistivo del sensor corresponde a un área de un círculo de 7.6 mm de diámetro, tal como se indica en la figura 1.10 a).

El análisis estático de la misma, desarrollado en SolidWorks, y presentado en el Anexo N.1 determina que la placa se desplaza un máximo de alrededor de 10 mm, y retorna a su posición inicial gracias a la acción elástica del sello de caucho, que sostiene el eje.

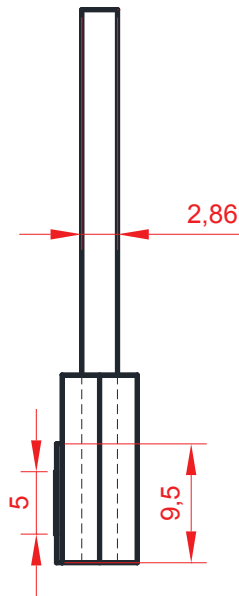


Figura No.2.1: Soporte de la placa y el FSR (unidades en mm)

El FSR, actúa en base a la fuerza aplicada, por el fluido y el área que se debe exponer a la presión dinámica, será igual a $\pi(5/2000)^2 \text{ m}^2$, o sea 0.000019635 m^2 . Considerando que al aumentar la velocidad sobre el FSR, aumenta la presión y por ende la fuerza, y en base a la Ec. 1.13, resulta conveniente, para mejorar la sensibilidad del dispositivo, concentrar el flujo de aire sobre un área menor o igual a 0.000019635 m^2 , para lo cual incorporamos un estrangulamiento, que permite concentrar la velocidad sobre el FSR y a la vez aumentar la misma, tal como se discute en 1.4.1.1.

Entonces el fluido ingresa por un tubo de 13 mm de diámetro y sale hacia el sensor a través de un orificio de 3 mm, tal como lo indica la figura No. 2.2.

Considerando que la distancia entre el orificio de salida del fluido y el FSR es muy pequeña, podemos suponer que el área del sensor sobre la cual se aplica la presión dinámica del fluido es entonces de $0,0000070686 \text{ m}^2$ o $0,070686 \text{ cm}^2$, para un área circular de 3 mm de diámetro o 1.5 mm de radio.

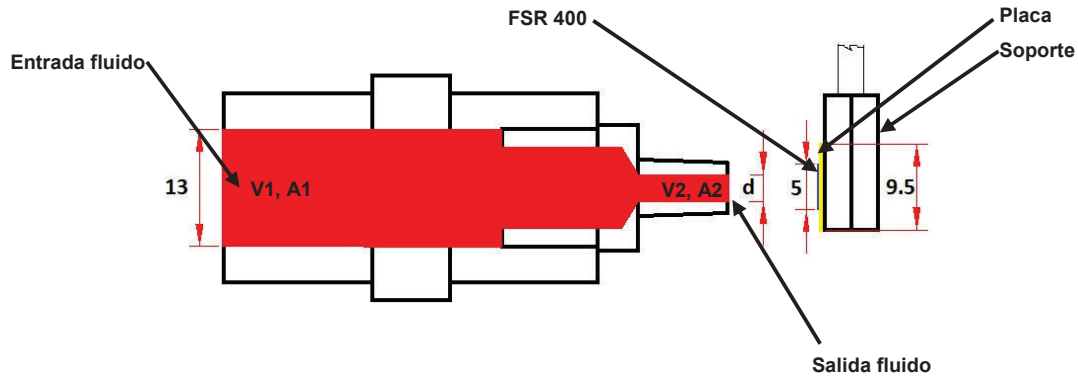


Figura No.2.2: Sistema de ingreso del fluido

Como se había indicado anteriormente, la configuración mecánica básica del flujómetro propuesto en el presente trabajo, es similar al de un dispositivo de placa, por lo que se aplican las mismas ecuaciones y las mismas consideraciones.

2.2 DISEÑO DE LA INTERFACE CON EL FSR[®]

Para realizar la interface con sensores resistivos se disponen de varias estrategias en función de las características eléctricas y forma o formas de operación del elemento. En particular para el FSR 400, encontramos en la bibliografía especializada las siguientes posibilidades (Interlink Electronics, 2013):

2.2.1 DIVISOR DE VOLTAJE

A diferencia de lo que sucede con otros tipos de sensores de la familia de los dispositivos resistivos, como la galga extensiométrica o el RTD, la respuesta del FSR, genera una variación de resistencia bastante grande, por lo cual una alternativa válida para obtener una señal de voltaje de este sensor es simplemente un divisor de voltaje como el que se observa en la figura No.2.3.

La salida de voltaje será entonces:

$$V_o = \frac{V_{cc}}{1 + \frac{R_{FSR}}{R}}$$

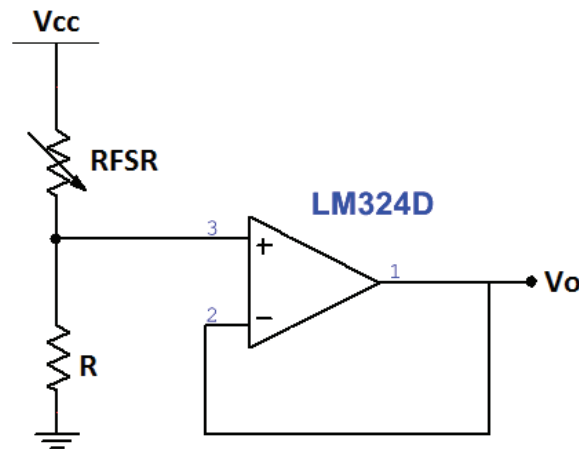


Figura No.2.3: Circuito de Interface con divisor de voltaje
(Interlink Electronics, 2013)

Esta configuración nos proporciona una relación de coeficiente positivo, esto es el voltaje de salida incrementa con el incremento de la fuerza, y disminuye si esta baja. Si necesitamos coeficiente negativo, intercambiamos las resistencias RFSR por R. La resistencia R se escoge para la sensibilidad del dispositivo y limita la corriente del dispositivo, de acuerdo a su tolerancia. Se sugiere el uso de amplificadores operacionales con alimentación única tales como LM324 o LM358. Se podría utilizar también dispositivos FET como el LF355 o TL082. Las bajas corrientes de polarización de estos circuitos operacionales reduce el error debido a la impedancia de la fuente del divisor de voltaje.

2.2.2 BUFFERS AJUSTABLES

Interface similar al del divisor de voltaje, aísla la salida de la alta impedancia del FSR. Adicionalmente esta configuración permite ajustar el offset y la ganancia de salida. El circuito se lo puede observar en la figura No.2.4. La relación de las resistencias R2 y R1 determina la ganancia de la salida. El offset resulta de la resistencia del FSR a fuerza cero (o a corriente de polarización) y puede ser recortada mediante el potenciómetro R3. Para mejores resultados, R3 debería ser alrededor de una vigésima parte de R1 o R2. Si adicionamos un potenciómetro en lugar de la resistencia fija R2, podemos lograr una ganancia ajustable. Para obtener

un amplio rango de ganancias a la salida, se puede intentar reemplazando las resistencias fijas R1 y R2 por potenciómetros.

El circuito de la figura No.2.5, tiene un comportamiento similar al de la figura No.2.3, pero la configuración permite aislar el ajuste offset de la ganancia ajustable. Con esta separación, no hay restricciones para los valores del potenciómetro. Típicos valores para R5 y el potenciómetro son de 10k.

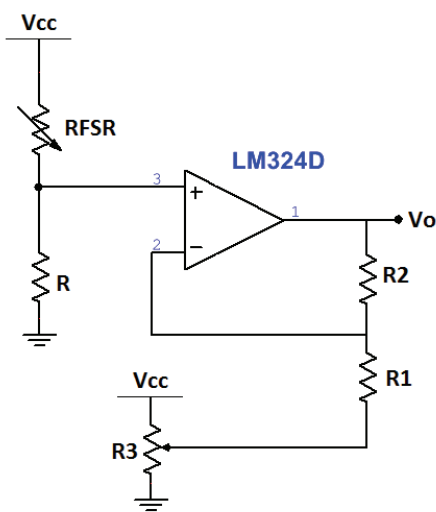


Figura No.2.4: Circuito de interface con buffer ajustable
(Interlink Electronics, 2013)

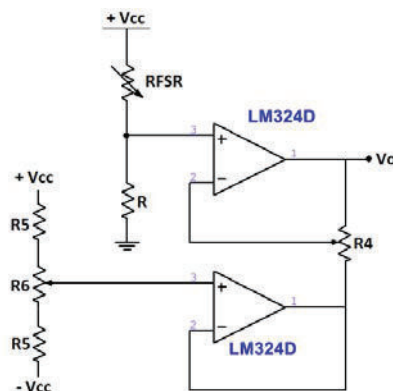


Figura No.2.5: Circuito de interface con buffer ajustable con aislamientos
(Interlink Electronics, 2013)

2.2.3 CONVERTIDOR CORRIENTE A VOLTAJE

En el circuito de la figura No.2.6, el dispositivo FSR es la entrada a un convertidor de corriente a voltaje. La salida del amplificador esta descrita por la ecuación (Interlink Electronics, 2013):

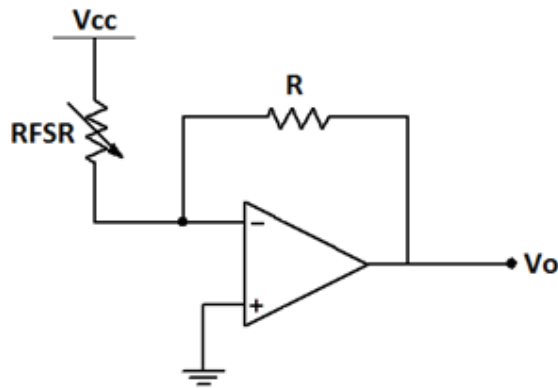


Figura No.2.6: Circuito de interface con convertidor corriente – voltaje básico
(Interlink Electronics, 2013)

$$V_o = \frac{-R}{RFSR} \cdot V_{cc}$$

Ec. 2.2

Con un voltaje positivo, el voltaje de salida variara entre 0 y $-V_{cc}$ y un voltaje negativo permitirá una variación de salida entre 0 y V_{cc} . Se necesita una fuente de doble polarización para el AMP-OP. V_o es inversamente proporcional a $RFSR$. Cambiando R y/o V_{cc} cambiara la pendiente de la respuesta.

Variantes de este circuito las podemos observar en la figura No.2.6, cuyas ecuaciones son para la variante 1 (Interlink Electronics, 2013):

$$V_o = \frac{V_{cc}}{2} \left(1 - \frac{R}{RFSR} \right)$$

Ec. 2.3

Y para la variante 2:

$$V_o = \frac{V_{cc}}{2} \left(1 + \frac{R}{RFSR} \right)$$

Ec. 2.4

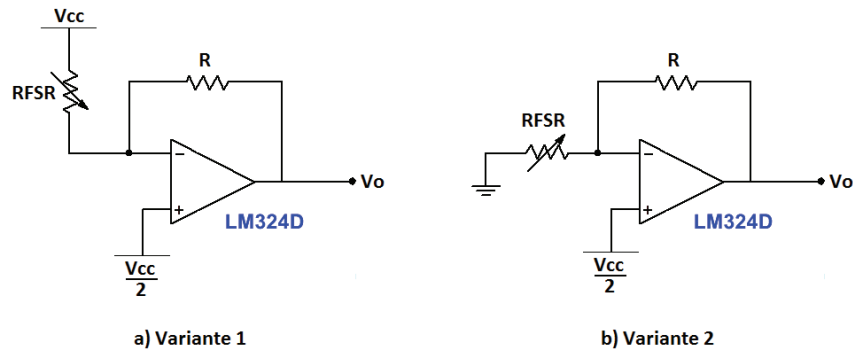


Figura No.2.7: Variantes del circuito conversor corriente a voltaje
(Interlink Electronics, 2013)

En ambas variantes, es necesario un diodo zener en paralelo con R que limite la tensión acumulada. Estos diseños dan la mitad de la variación de salida del circuito anterior, pero requieren de una fuente de una sola polaridad y voltajes de referencia V_{cc} positivos. De la misma manera que los dispositivos anteriores, la corriente a través de la resistencia RFSR debe limitarse a 1 mA por cm^2 a la fuerza aplicada. Se sugiere como amplificadores operacionales LM324 o LM358.

2.2.4 OSCILADOR SCHMITT TRIGGER

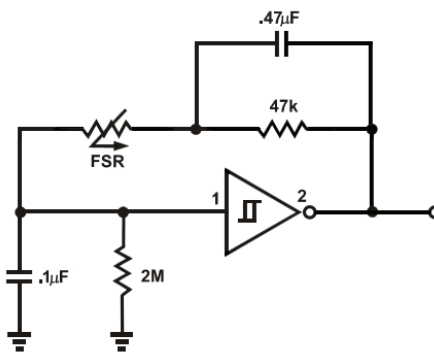


Figura No.2.8: Circuito de interface con oscilador Schmitt Trigger
(Interlink Electronics, 2013)

En el circuito de la figura No.2.8, el dispositivo FSR es utilizado por el oscilador a través de un Schmitt Trigger. En este circuito la fuerza se transforma en frecuencia gracias a la variación de la resistencia del FSR. Sin fuerza aplicada el FSR es prácticamente un circuito abierto. Dependiendo de la última etapa del trigger, la salida se mantiene constante, ya sea alta o baja. Cuando se aplica una fuerza al FSR, la oscilación inicia, incrementando la misma con el aumento de la fuerza. La resistencia de $2\text{ M}\Omega$ a la entrada del trigger asegura que las oscilaciones se detengan cuando FSRs con resistencia pasiva diferente a infinito sean utilizadas. La resistencia de $47\text{ k}\Omega$ y el condensador de $0.47\text{ }\mu\text{F}$ controlan la característica fuerza vs frecuencia. Los cambios en la sensibilidad de este circuito se pueden hacer mediante el ajuste de estos valores. El condensador $0.1\text{ }\mu\text{F}$ controla el rango de frecuencia del oscilador. Mediante la implementación de este circuito con CMOS o TTL, un proceso digital puede ser controlado contando, flancos positivos o negativos, de la salida del oscilador

2.3 CIRCUITO SELECCIONADO PARA INTERFACE Y ACONDICIONAMIENTO

Analizando interfaces indicadas en el subcapítulo anterior tenemos las siguientes posibilidades para el acondicionamiento:

- ✓ Divisor de voltaje simple
- ✓ Buffers ajustables
- ✓ Convertidor Corriente a Voltaje, y
- ✓ Oscilador Schmitt Trigger.

El acondicionamiento para este sensor debe asegurar, básicamente dos tareas: suministro de una fuente de alimentación y/o un circuito para generar voltaje a partir de la variación de resistencia y linealización total o parcial del dispositivo.

Si consideramos el hecho de que los dos primeros esquemas de la tabla, no aseguran una linealización, nos quedarían los dos últimos esquemas, entre los cuales el oscilador requeriría de un sistema de conteo de pulsos y una característica fuerza – frecuencia para trabajar, nos queda que el convertidor es el más óptimo para la tarea.

Sin una fuerza aplicada la resistencia del FSR 400, es muy grande por lo tanto, la mínima salida de voltaje será de:

$$V_o = -\frac{R}{R_{FSR}}V_{cc}$$

De la Ec. 2.2

$$V_{o_{min}} = \lim_{R_{FSR} \rightarrow \infty} -\frac{R}{R_{FSR}}V_{cc} = 0$$

Para la máxima velocidad de diseño 467 m/s, la fuerza de acuerdo a la ecuación 1.21 para $CD = 1$ y $CD = 10$ será de:

$$F_{CD1} = \frac{1 * 0.9082 \frac{kg}{m^3} * 0,0000070686m^2 * 467^2 \frac{m^2}{s^2}}{2} = 0.70 N(71.4 gr)$$

Y

$$F_{CD10} = \frac{10 * 0.9082 \frac{kg}{m^3} * 0,0000070686m^2 * 467^2 \frac{m^2}{s^2}}{2} = 7 N(713.8 gr)$$

Y la resistencia de acuerdo a la figura No.1.12 variará entre 20 k Ω y 3.2 k Ω , aproximadamente. Entonces si $V_{o_{max}}$ será igual a V_{cc} el valor de R debe estar alrededor de 3.2 K.

2.3.1.1 Diseño del circuito acondicionador

Para el convertidor se requiere el uso de amplificadores operacionales, y aunque la literatura actual hace referencia a la “molestia” de disponer de una fuente positiva y negativa a la vez para ciertos circuitos, no es tampoco desconocido el hecho de que la electrónica actual permite fácilmente solucionar este problema. Por lo tanto, y simplificando el sistema de acondicionamiento, se sugiere el convertidor básico para este trabajo adicionándole una fuente dual, cuyos diseños detallamos a continuación.

2.3.1.2 Fuente de alimentación

La figura No.2.9 indica el circuito de alimentación. La entrada de alimentación se la realiza a través de un conector PJ-007. El mínimo voltaje de entrada, regulado o no, pero si rectificado es de 13 V. Se establece una tierra virtual o una referencia de 0 V a la salida del regulador U2, entonces la salida del primer regulador establece los +5 Vcc y la referencia de la entrada el -5 Vcc.

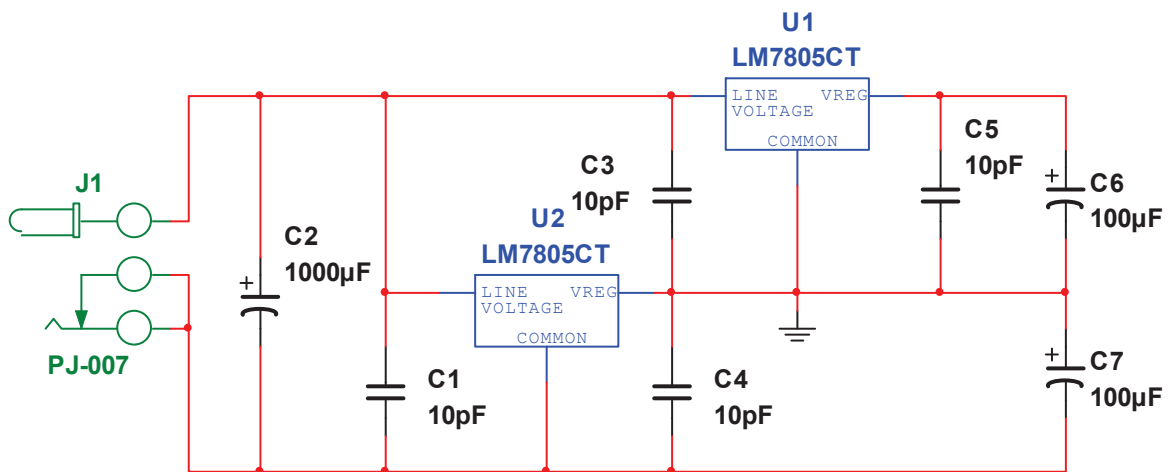


Figura No.2.9: Circuito de alimentación
(STMicroelectronics, 2002 y diseño propio)

2.3.1.3 Circuito acondicionador

La figura No.2.10, indica el circuito acondicionador. El elemento principal del mismo es el circuito integrado lineal LM358, que contempla 2 amplificadores operacionales en un DIP de 8 pines. A través de una bornera J1 se conectará el FSR 400 al circuito. Considerando el hecho de la sensibilidad del dispositivo, finalmente depende de la resistencia R, como se observa en la figura No. 2.5, y para permitir un ajuste de esta variable, se ha utilizado en lugar de R un potenciómetro de 20 K. El potenciómetro, para las condiciones de construcción está fijado a 4.7 K.

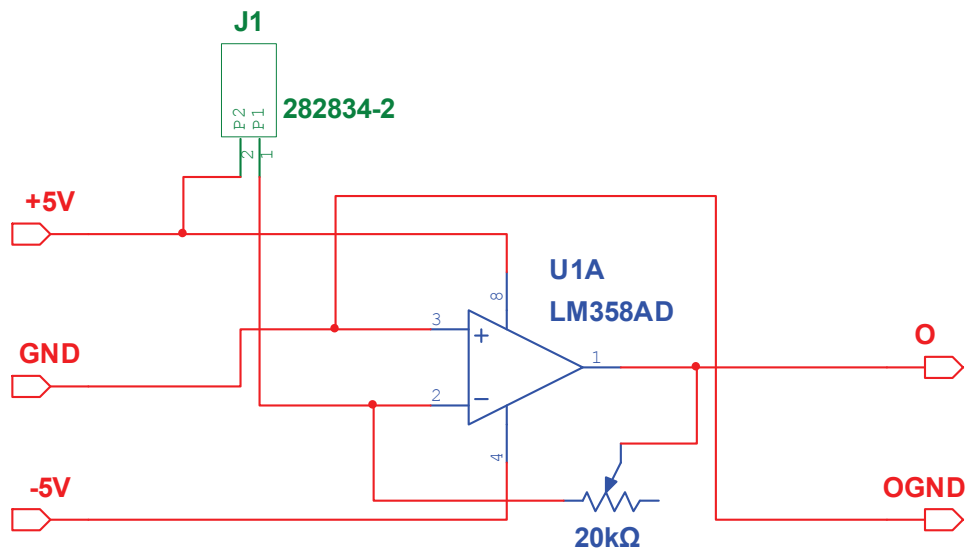


Figura No.2.10: Circuito acondicionador
(Interlink Electronics, 2013)

2.3.1.4 Circuito acondicionador completo

El circuito acondicionador completo se encuentra en la figura No. 2.11. Se lo obtiene de la unión del circuito de alimentación con el circuito acondicionador y se ha considerado el uso de borneras en lugar del conector 282834-2, para la alimentación externa, pero también se utilizan borneras para la salida y la conexión al FSR 400. La bornera es un elemento mecánico de conexión que facilita la alimentación de la parte electrónica desde cualquier fuente, sin importar el tipo de conector que la misma tenga, y además lo sujeta mecánicamente. Para energizar

el circuito de acondicionamiento se dispone de un adaptador de AC/DC que tiene una entrada de 110 V y 60 Hz y una salida de 12 V y 500 mA.

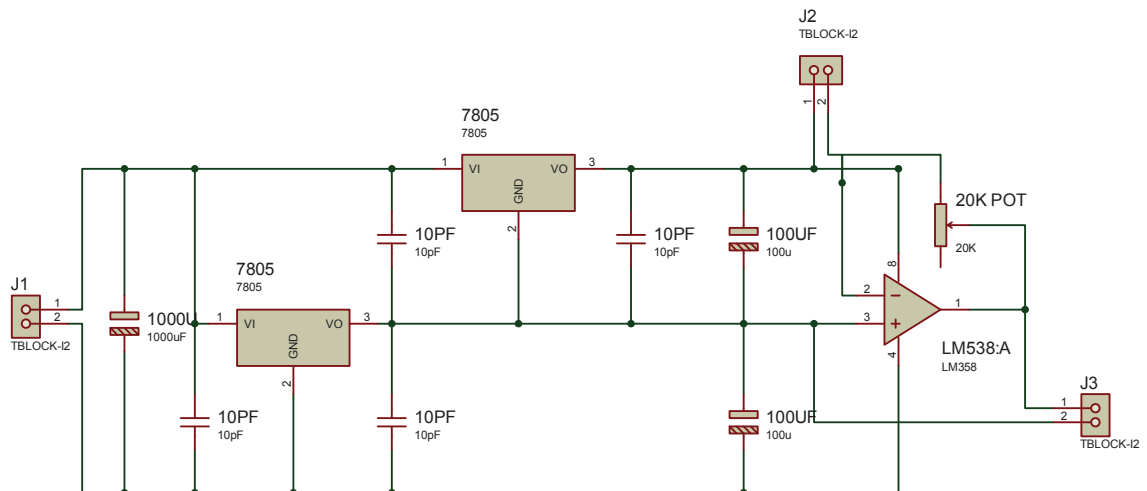


Figura No.2.11: Circuito de acondicionamiento completo.

(Diseño propio)

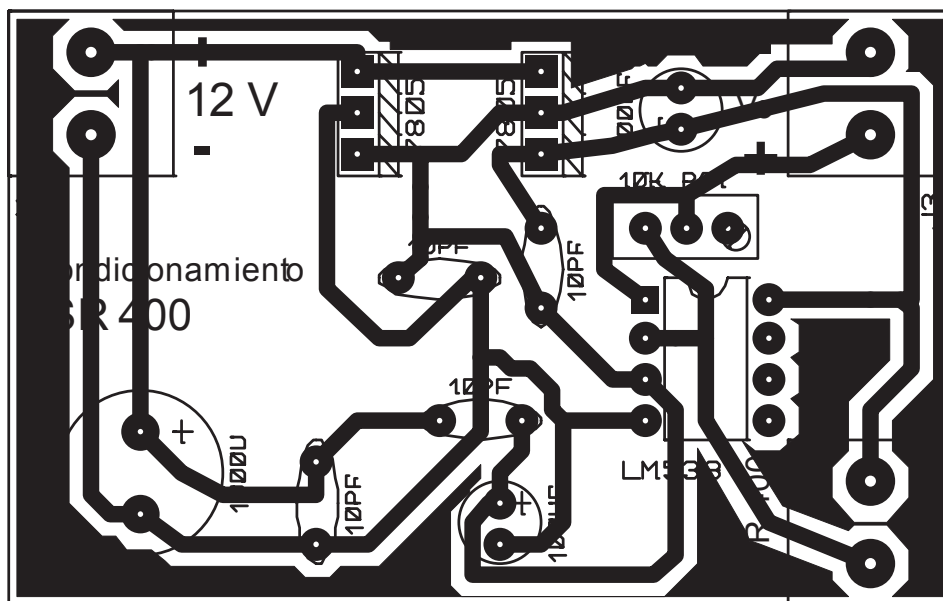
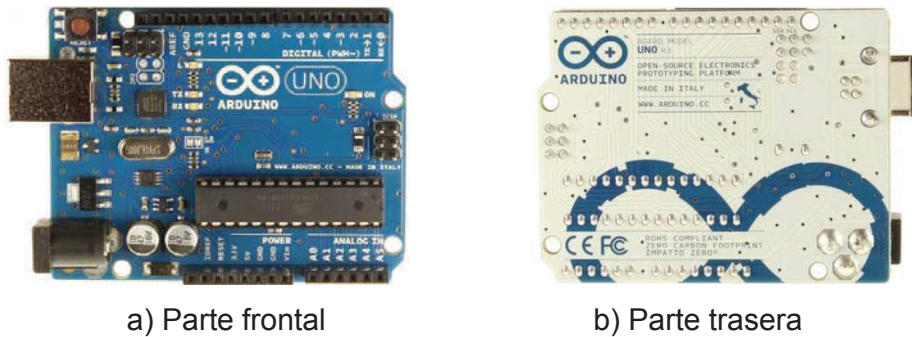


Figura No.2.12: PCB del circuito de acondicionamiento completo

(Diseño propio)

2.4 ADQUISICIÓN DE DATOS

El sistema de adquisición de datos permitirá la toma automática de información desde el sensor, para facilitar el manejo de la información y en el caso de este trabajo determinar con facilidad la característica estática presión vs voltaje.



a) Parte frontal

b) Parte trasera

Figura No.2.13: Tarjeta ARDUINO UNO Modelo R3
(Arduino, Arduino Webpage, 2014)

Como se indicó al final del capítulo anterior, la adquisición de datos se hace mediante una tarjeta de adquisición de datos ARDUINO, para este caso y considerando que solo se requiere una entrada analógica, se va a utilizar una tarjeta ARDUINO Modelo UNO R3, como la de la figura No. 2.13, cuyas características son las siguientes (Arduino, Arduino Webpage, 2014):

| | |
|--|--|
| Microcontrolador | ATmega328 |
| Voltaje de operación | 5V |
| Voltaje de entrada (recomendado) | 7 – 12 V |
| Voltaje de entrada (limites) | 6 – 20 V |
| Pines de entrada y salida digital | 14 (de los cuales 6 permiten salida PWM) |
| Pines de entrada analógica | 6 |
| IDC por pin de entrada - salida | 40 mA |
| IDC por pin a 3.3 V | 50 mA |

| | |
|----------------------|--|
| Memoria Flash | 32 KB de los cuales 0.5 son para el cargador |
| SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Velocidad del reloj | 16 MHz |

Entonces los pasos para poder efectuar la adquisición de datos son:

- ✓ Conectar el ARDUINO UNO mediante cable USB con terminales USB standard tipo A macho a USB standard tipo B macho. Determinar el COM asignado.
- ✓ Instalación de los drivers para reconocimiento de la tarjeta.
- ✓ Cargar el programa LIFA_base.ino en el ARDUINO UNO, mediante el IDE ARDUINO 1.5.2.
- ✓ Instalación de LabVIEW 2013 y de LabVIEW Interface for ARDUINO V2.2.0.79, este último mediante VI Package Manager.

2.4.1 PROGRAMACIÓN DEL PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El programa de adquisición de datos, desarrollado en este proyecto y su vista en diagrama de bloques, para LabVIEW 2013 se puede observar en la figura 2.14 y la vista del panel frontal en la figura 2.15.

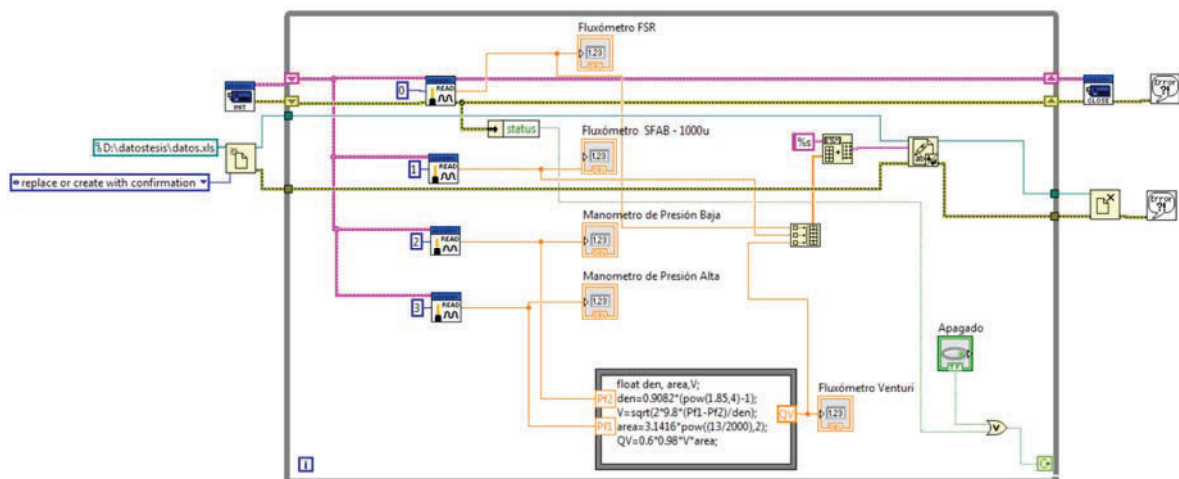


Figura No.2.14: Diagrama de bloques para el proceso de adquisición de datos

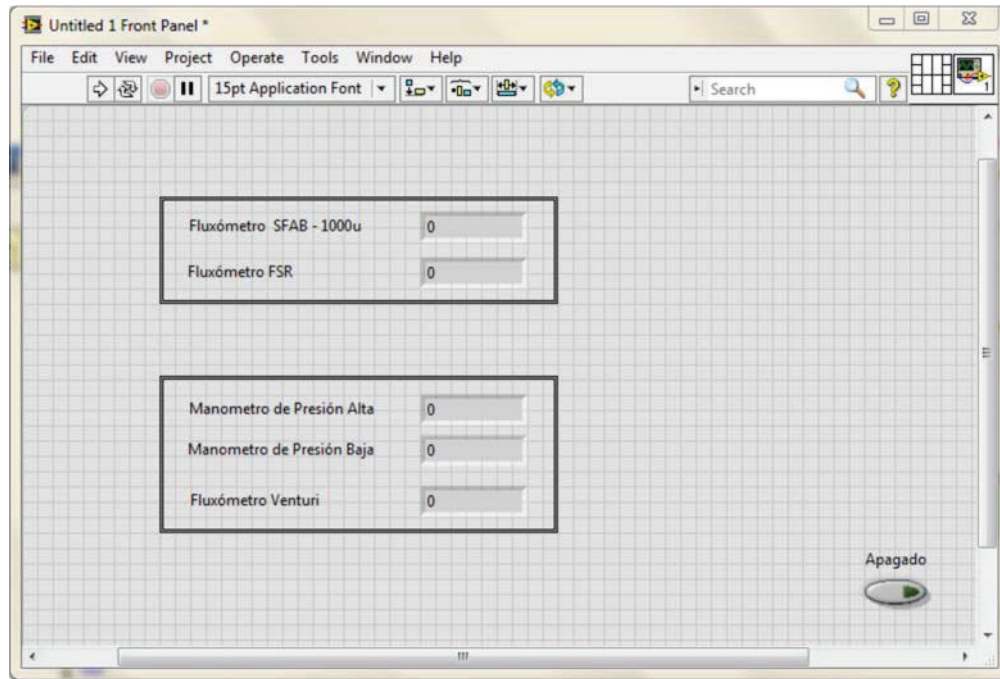


Figura No.2.15: Panel frontal para el proceso de adquisición de datos


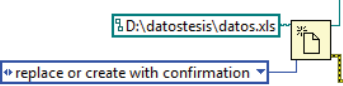






2.4.1.1 Detalle del programa

Iniciamos el programa, mediante las funciones para abrir comunicación e inicialización de la tarjeta ARDUINO y apertura del archivo que contendrá los datos, ubicado en D:\datostesis\datos.xls.

En el interior de un lazo while loop, ubicamos las funciones que leerán cada una de las cuatro entradas analógicas que se van a utilizar, numeradas desde la 0 a la 3, como se observa en la figura 2.14. Estas entradas están conectadas a: dispositivo experimental con FSR, flujómetro SFAB – 1000U, y los manómetros que se conectarán a un tubo Venturi, para calcular el flujo en la línea de experimentación. Con estas señales ensamblamos un vector que transformado en texto mediante la función respectiva, lo guardamos en el archivo. Una vez que tengamos los datos en Excel, podemos directamente graficar la característica estática.

Finalmente, y el momento que se presione el botón virtual de apagado, figura No. 2.15, se procede a cerrar comunicación con la tarjeta y a cerrar el archivo de datos.

En resumen, las funciones usadas, en este programa son entonces:

| Función | Detalle |
|--|---|
|  | Apertura de comunicación e inicialización tarjeta ARDUINO |
|  | Apertura para ingresar información al archivo datos.xls. Se confirmara la sobrescritura mediante ventana propia de Windows® |
|  | Cerrado de la comunicación con la tarjeta y generación de la ventana con el error, si el cierre es por esta razón. |
|  | Cierre del archivo datos.exe |
|  | Lectura de la entrada analógica 0 |
|  | Lectura de la entrada analógica 1 |
|  | Lectura de la entrada analógica 2 |
|  | Lectura de la entrada analógica 3 |
| <p data-bbox="298 1423 428 1444">Flujómetro FSR</p>   | Presentación de la señal que ingresa por la entrada analógica 0 (Flujómetro FSR). |
| <p data-bbox="298 1579 493 1600">Flujómetro SFAB - 1000u</p>   | Presentación de la señal que ingresa por la entrada analógica 1 (Flujómetro SFAB – 1000u) |
| <p data-bbox="298 1734 509 1755">Manómetro de Presión Baja</p>   | Presentación de la señal que ingresa por la entrada analógica 2 (). |

Manómetro de Presión Alta



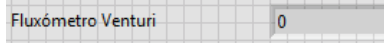
Presentación de la señal que ingresa por la entrada analógica 3 ().



Fluxómetro Venturi



Presentación del valor del caudal calculado por el Venturi.



```
float den, area, V;
-Pf2 den=0.9082*(pow(1.85,4)-1);
V=sqrt(2*9.8*(Pf1-Pf2)/den);
-Pf1 area=3.1416*pow((13/2000),2);
QV=0.6*0.98*V*area;
```

Calculo del caudal del Venturi.



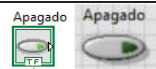
Vector de resultados



Transformación de vector numérico a texto.



Escritura de los datos en el archivo



Apagado del proceso de adquisición.

3 CONSTRUCCIÓN E INTEGRACIÓN DE COMPONENTES

3.1 CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES MECANICOS

El habitáculo principal del soporte del sensor secundario, que alberga, el sistema de fijación, la placa y el FSR 400 es una Tee, de PP, similar al que se muestra en la figura No.3.1

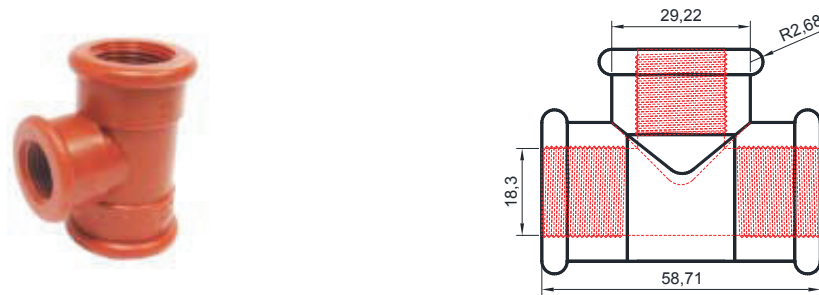


Figura No.3.1: Tee roscada de $\frac{1}{2}$ plg de PP. Gráfico y dimensiones

Acoplado a la toma perpendicular, con respecto a la vía principal del flujo en la Tee, se encuentra un tapón de $\frac{1}{2}$ plg, en el cual se ha realizado un agujero de 2,9 mm a través de la cual pasa un tornillo cabeza tipo pan y ranura Phillips de acero inoxidable para máquina (machine screws) #4-40 x 2'' (aproximadamente de 2.87 x 50.8 mm) que permite desplazar el soporte hexagonal de 15 mm de largo por 6 de diámetro inscrito, a cuya cara se encuentra soldada una placa de latón de 9.5 mm de diámetro por 0.7 mm de espesor.

El tornillo se encuentra alineado al eje del tapón, por este y un sello de caucho de 13.87 mm de diámetro por 9.5 mm de alto, de forma cilíndrica y con un espesor de 2 mm, con un agujero central de 2 mm de diámetro, por donde pasa el tornillo, ajustadamente. La parte del tornillo entre el sello de caucho y la parte superior del soporte hexagonal está aislada eléctricamente a través de un cilindro de polímero,

que evita la posibilidad de un cortocircuito entre los terminales del FSR 400, al ingresar el aire y presionar estos sobre el tornillo metálico.

Además del agujero del cilindro tenemos agujeros adicionales tanto en el sello de caucho como en la tapón de polipropileno para los cables que van al sensor secundario.

En la figura No. 3.2, se puede apreciar el conjunto de elementos indicados y en la figura No. 3.3 una foto del ensamble.

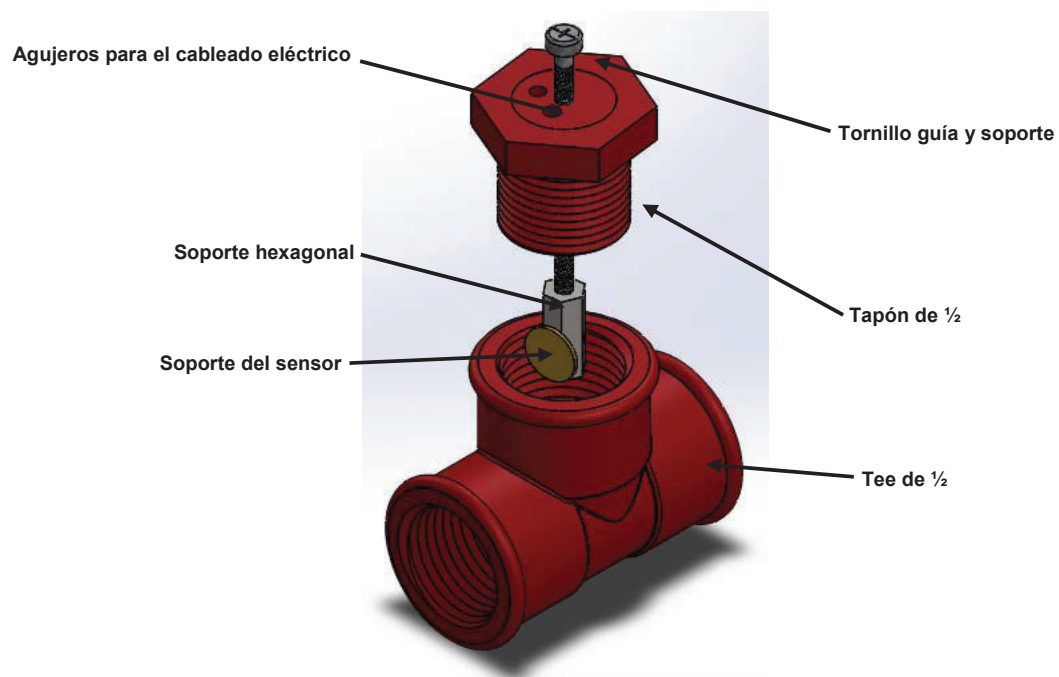


Figura No.3.2: Componentes mecánicos del flujómetro



Figura No.3.3: Soporte del sensor, con todos sus elementos.

El fluido ingresa por una rosca con tuerca de 42 mm, a la que se le ha acoplado una boquilla con un agujero de salida de 3 mm que permite aumentar la velocidad del fluido que impacta sobre la placa y el sensor secundario, permitiendo aumentar la fuerza que requiere el sensor para operar. Los componentes se observan en la figura No.3.4 y el ensamble real en la figura No.3.5.

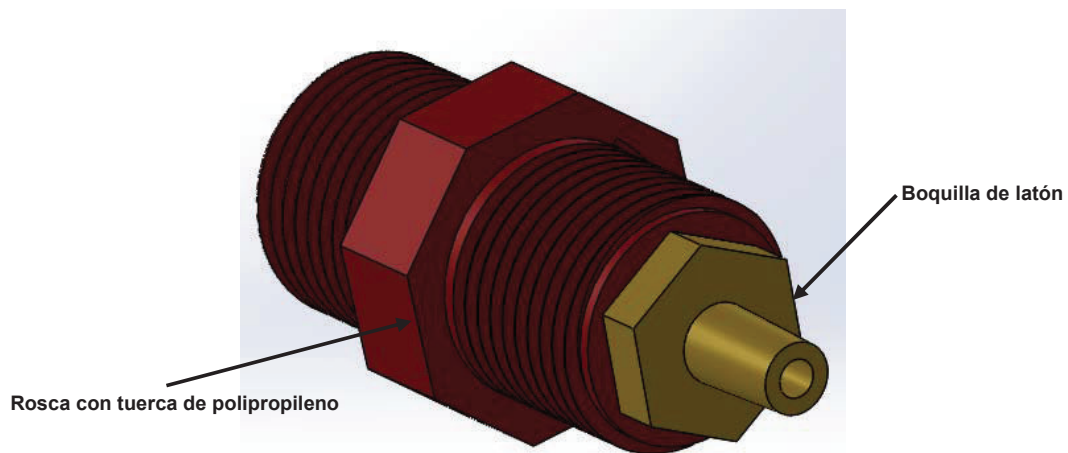


Figura No.3.4: Componentes del sistema de entrada de fluido.

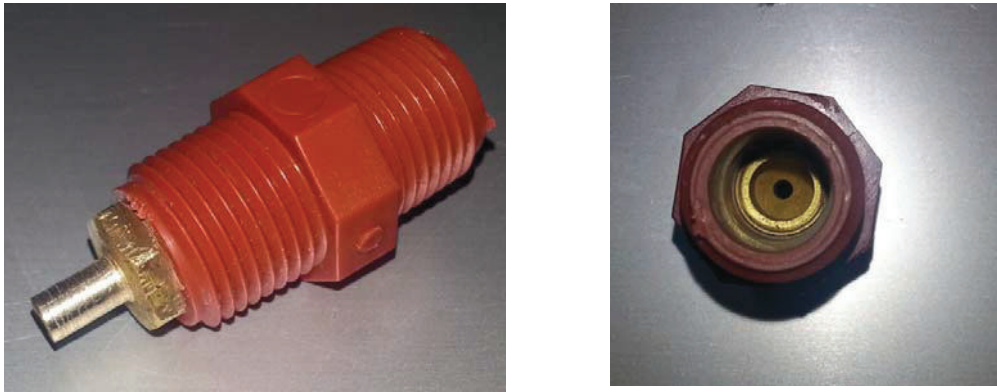


Figura No. 3.5: Componentes real del sistema de admisión de flujo.

Finalmente el sensor quedara estructurado de la forma que indica la figura No.3.6

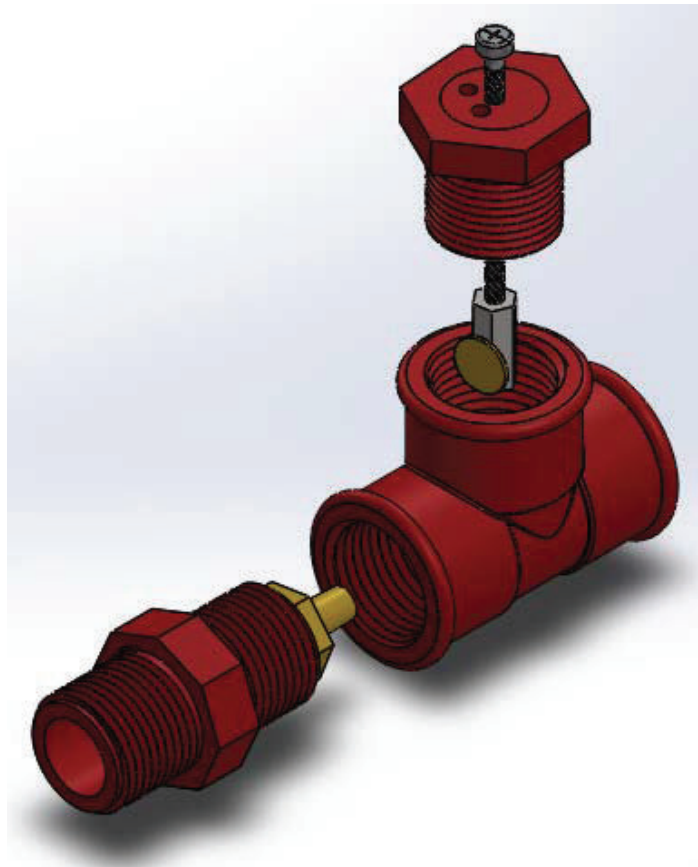


Figura No.3.6: Sensor completo. Componentes mecánicos

El sensor completo, como está realmente estructurado se muestra en la figura No. 3.7 y 3.8



Figura No.3.7: Sensor con el soporte y elemento de entrada del fluido.



Figura No.3.8: Vista del sensor con todos sus componentes sobre el soporte.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES ELECTRICOS / ELECTRONICOS Y DE CONTROL

Como se indicó en el punto 2.3.3, los componentes electrónicos comprenden el sensor FSR 400, la interface y acondicionador, y el sistema de adquisición de datos.

Los componentes utilizados para el circuito de interface y/o acondicionador, de acuerdo a la figura 2.11 son:

- ✓ Dos reguladores de voltaje a 5Vdc KIA 7805 A
- ✓ Un amplificador operacional ST LM358N
- ✓ 4 condensadores no electrolíticos de 10 pF
- ✓ 2 condensadores electrolíticos de 100 uF.
- ✓ 1 condensador electrolítico de 1000 uF.
- ✓ 1 potenciómetro trimmer BORTUN de 20 K Ω .
- ✓ 2 borneras de tres terminales ELINKER LG129-7.5/03P, que suministran 6 terminales de los cuales dos son para alimentación, dos para conexión del FSR 400 y dos para voltaje de salida.

Los componentes se soldaron, mediante suelda blanda de estaño sobre una placa de prueba multipropósito, soldable de 213 agujeros marca Radio Shack, a la que se añadió, un led de encendido con una resistencia de 4.7 K Ω y borneras a las líneas de +5 Vdc, -5 Vdc y 0 Vdc, tal como se indica en el gráfico No.3.9, 3.10 y 3.11.

El circuito se alimenta mediante un adaptador de 110 Vac / 60 Hz de entrada que proporciona una salida de 17.5 Vdc, al circuito acondicionador.

El circuito finalmente se ubicó en una caja para prototipos, conectando las salidas internas a los bornes externos, como se indica en la figura No.3.12

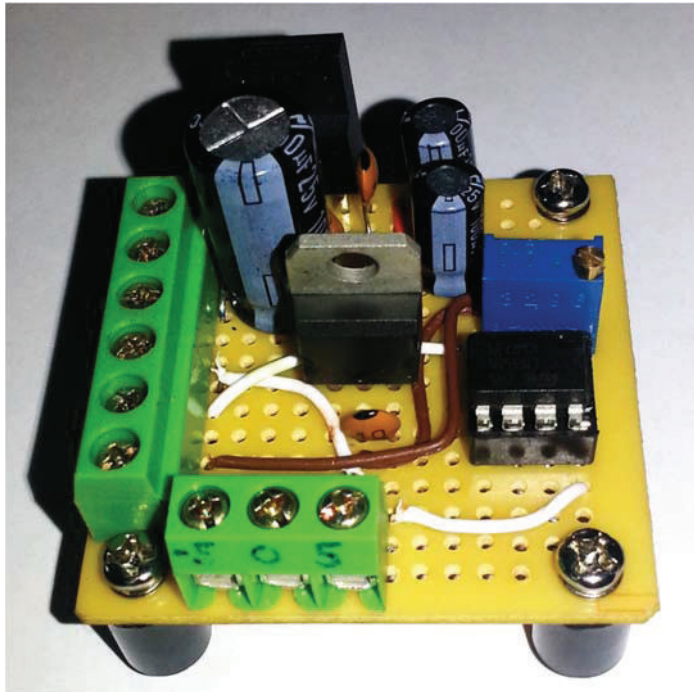


Figura No.3.9: Vista del circuito acondicionador del FSR 400.

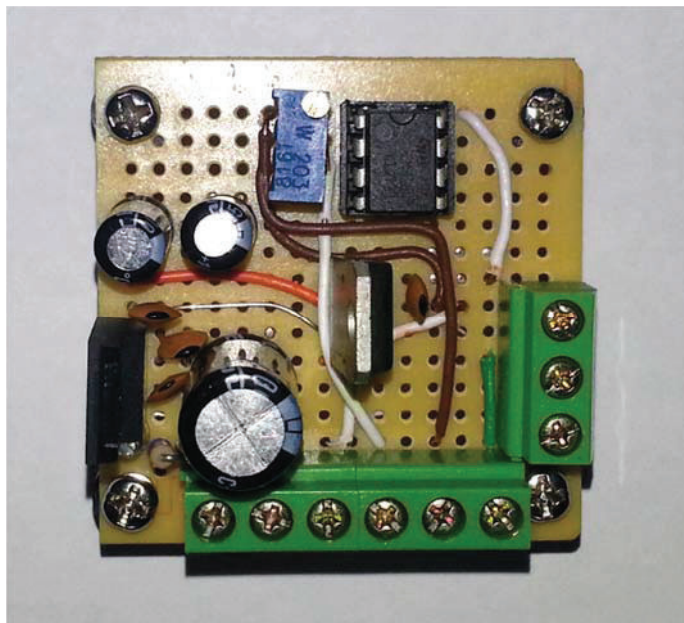


Figura No.3.10: Vista superior del circuito.

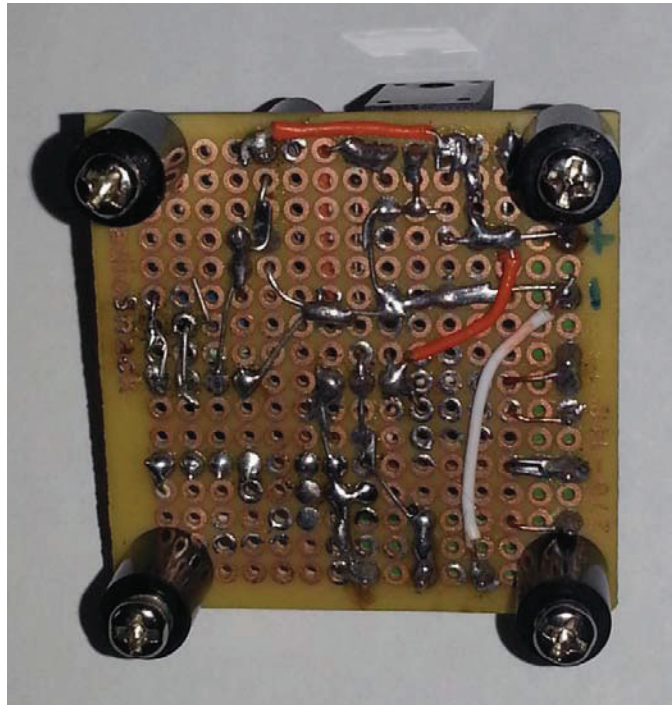


Figura No.3.11: Vista de la placa de sueldas del circuito.

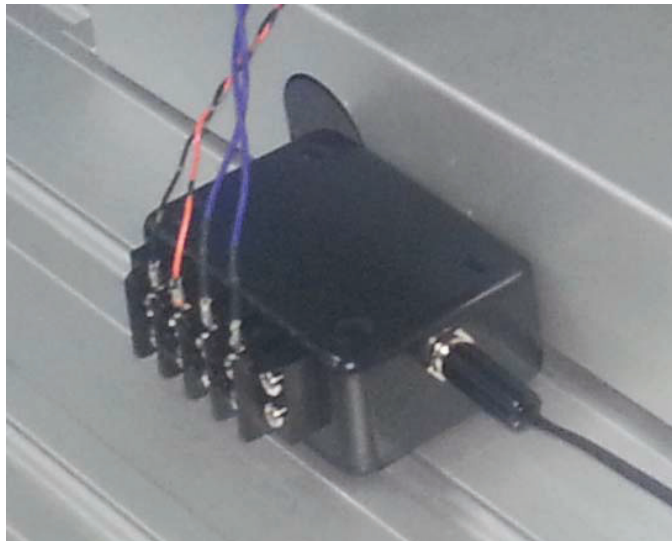


Figura No.3.12: Circuito de acondicionamiento en su caja.

3.3 INTEGRACIÓN DE ELEMENTOS

La integración de los componentes del sistema se reduce a conectar los elementos anteriormente indicados:

- ✓ El sensor FSR 400 a la entrada para este dispositivo en la tarjeta acondicionadora.
- ✓ La salida del acondicionador a la entrada analógica A0 de la placa ARDUINO UNO R3.
- ✓ Alimentamos la tarjeta de acondicionamiento con la fuente de 17.5 Vdc.
- ✓ La placa ARDUINO al computador.

Los componentes integrados se observan en la figura No.3.13

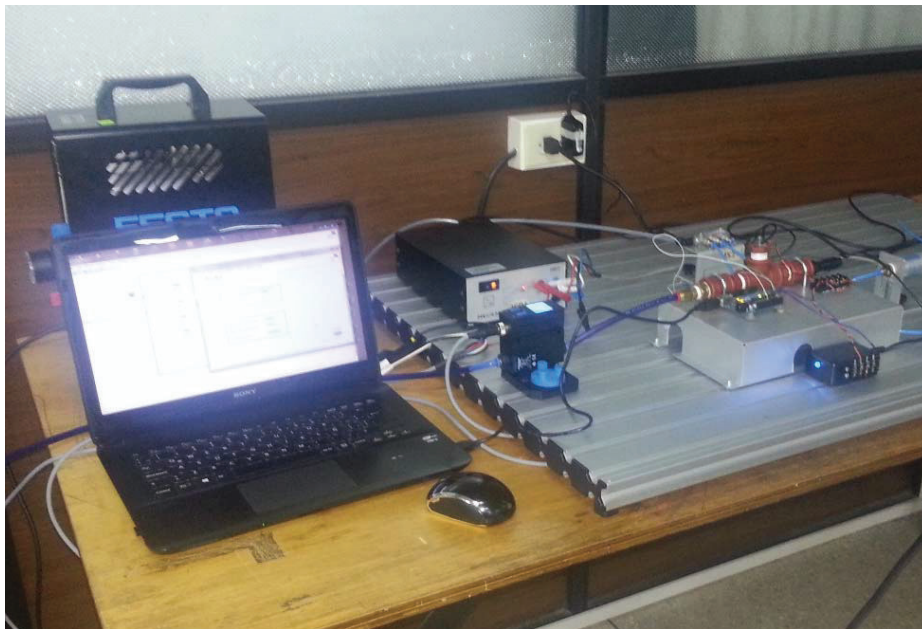


Figura No.3.13: Componentes del sistema de medición integrados.

4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DE FUNCIONAMIENTO

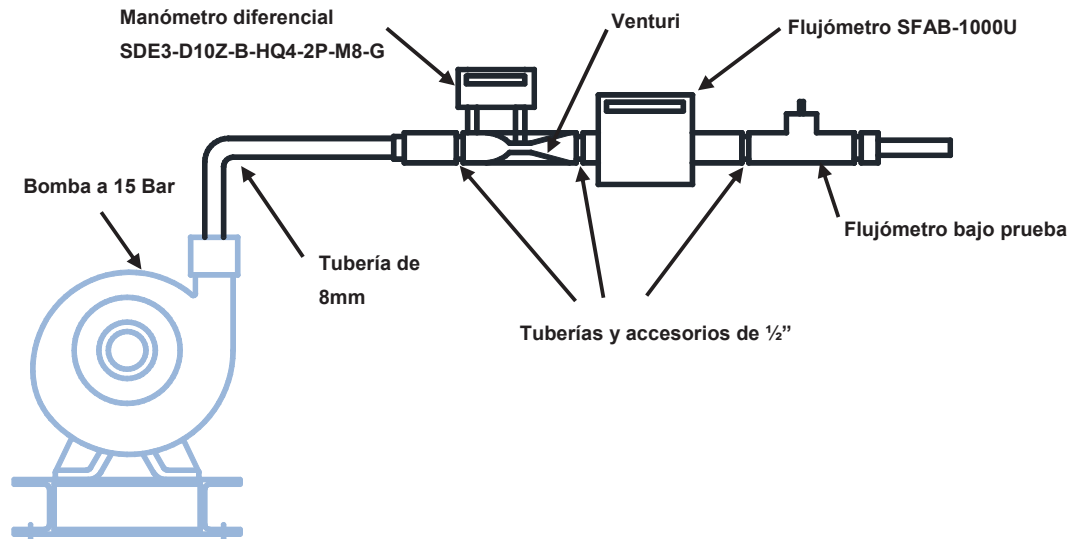


Figura No.4.1: Esquema de medición y pruebas utilizado.

Las pruebas han sido realizadas mediante el montaje indicado en la figura No.4.1.

Los elementos utilizados son:

- ✓ Bomba DARI Spider 25/1850 de 1.5 HP, 10.7 m³/h con una presión máxima de trabajo de 116 psi.
- ✓ Venturi de 1/2 pulgada
- ✓ Manómetro diferencial SDE3-D10D-B-HQ4-2P-M
- ✓ Flujómetro SFAB-1000U
- ✓ Tuberías, mangueras, acoples y elementos adicionales de conexión.
- ✓ Fuente 12 Vcc.
- ✓ Acondicionador de señal para el FSR 400
- ✓ ARDUINO UNO R3
- ✓ Cables y elementos de conexión eléctrica.

- ✓ Multímetro
- ✓ Computadora con LabVIEW 2013.

Para conectar el flujómetro con FSR al Venturi se utilizó manguera de $\frac{1}{2}$ ". Para conectar el flujómetro SFAB-1000U y la bomba se utilizaron acoples, pues la salida de la bomba es a través de manguera de 8 mm de diámetro y la entrada y salida del SFAB-1000U 4 mm de diámetro. Las conexiones y los acoples utilizados se observan en la figura 4.2

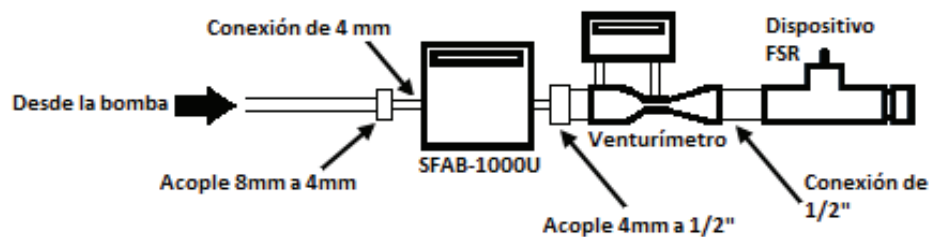


Figura No.4.2: Detalle de conexiones

4.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Es necesario establecer una secuencia de pruebas individuales y en conjunto, para los elementos que conforman el sensor, para así garantizar su correcto funcionamiento y confiabilidad

El protocolo de pruebas, contempla lo siguiente:

- 1) Prueba de la sensibilidad del FSR 400 al flujo.
- 2) Prueba del acondicionador de señal.
- 3) Prueba del proceso de adquisición de datos, a través del ARDUINO UNO R3.
- 4) Prueba del sistema completo.

4.1.1 PRUEBA DE LA SENSIBILIDAD DEL SENSOR AL FLUJO

Esta prueba tiene por objetivo determinar si el FSR 400, responde a la fuerza ejercida sobre este, por el flujo que se desplaza por la boquilla a partir de una fuente de aire

Podemos medir la variación de resistencia en función del flujo o directamente el voltaje de salida a través del acondicionamiento.

4.1.2 PRUEBA DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL

Esta prueba tiene por objetivo determinar la correcta salida de voltaje con respecto a la variación de la resistencia del sensor. Para determinar la correcta relación matemática entre los elementos que lo conforman, podemos apoyarnos en resistencias conocidas, en lugar del FSR 400. Podemos determinar una salida de voltaje, a través de un multímetro o a través de un HMI.

4.1.3 PRUEBA DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS, A TRAVÉS DEL ARDUINO UNO R3

Esta prueba tiene como objetivo determinar la correcta digitalización de la señal de voltaje del acondicionador que llega al LabVIEW, a través de la tarjeta ARDUINO, para lo cual es simplemente necesario enviar valores de voltaje conocidos por una de las entradas analógicas del ARDUINO y comparar con las señales digitalizadas en LabVIEW.

4.1.4 PRUEBA DEL SISTEMA COMPLETO

Para esta prueba es necesario ensamblar el esquema indicado en la figura No. 4.1, con las conexiones indicadas en la figura 4.2.

Esta prueba proporciona los datos para graficar la característica estática del dispositivo. Caudal vs Voltaje.

4.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EJECUTADAS

4.2.1 PRUEBA DE LA SENSIBILIDAD DEL SENSOR AL FLUJO

Para realizar esta prueba, al flujómetro FSR, se lo conecta a la bomba mientras se toma los datos de salida del FSR 400 mediante un multímetro y se observan los siguientes aspectos:

- 1) Hay variación de resistencia a la variación del caudal.
- 2) Se toman algunos datos de resistencias para diferentes caudales.

4.2.1.1 Equipo requerido

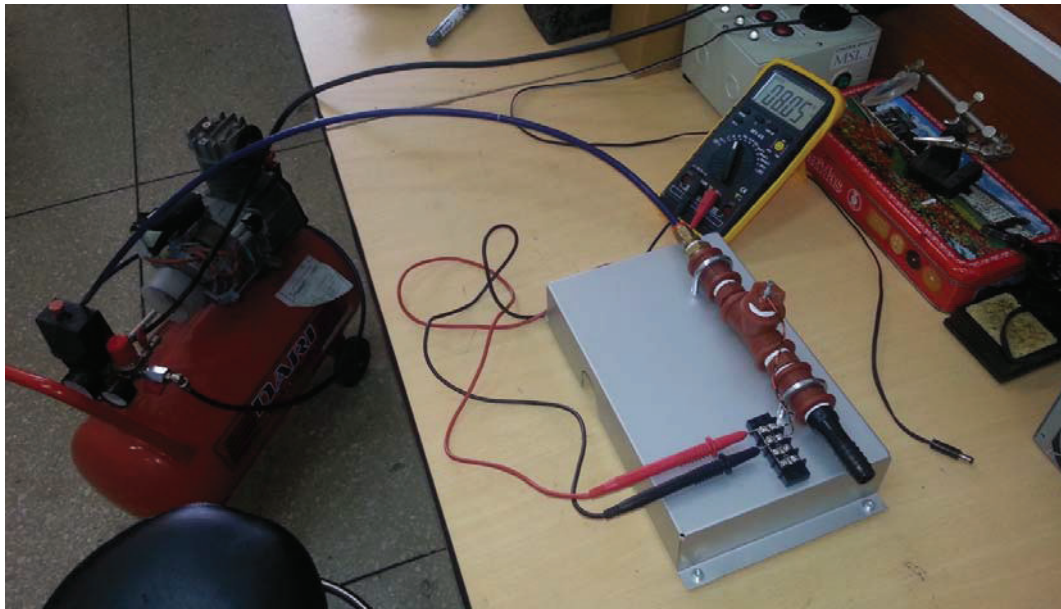


Figura No.4.3: Prueba de sensibilidad del sensor al flujo.

Como se puede observar en la figura No. 4.3 el equipo utilizado es: el compresor, el sensor y un multímetro para determinar las resistencias presentadas.

4.2.1.2 Resultados de las pruebas

Proyecto: Diseño y construcción de un flujómetro, tipo obstrucción, con sensor de presión resistivo tipo FSR®

Prueba: Sensibilidad del FSR 400 al flujo

| PRUEBA A REALIZAR | | RESULTADO |
|-------------------|--|-----------|
| 1 | Hay variación de resistencia con el cambio de caudal en la tubería | SI |
| 2 | Datos referenciales: | |
| | <i>Resistencia:</i> 12.03 K <i>Caudal:</i> 14.5 GPM | |
| | <i>Resistencia:</i> 7.83 K <i>Caudal:</i> 25.01 GPM | |
| | <i>Resistencia:</i> 3.51 K <i>Caudal:</i> 38.56 GPM | |

4.2.2 PRUEBA DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL

En la entrada del sensor, en el acondicionador de señal, se conectan resistencias conocidas y se toma dato de los voltajes obtenidos, observando entonces los siguientes aspectos:

- 1) Hay variación en el voltaje de salida frente al cambio de resistencia.
- 2) Que voltaje arroja el acondicionador para resistencias de 100Ω, 510Ω, 1 K, 2.2 K y 4.7 K.
- 3) Cuáles son los voltajes que deberían obtenerse para estos valores.

4.2.2.1 Equipo requerido

Como se puede observar en la figura 4.4 el equipo utilizado es: Potenciómetro 10k, tablero de prototipos electrónicos, multímetro, circuito acondicionador.



Figura No.4.4: Prueba del acondicionador de señal.

Cabe destacar que pese utilizar un regulador de 5 V, como el 7805, el voltaje positivo del referencia no se mantenía en 5 V, sino podía subir hasta 5.60 V, luego de un análisis del circuito era defecto de la marca del regulador. Se procedió a su cambio.

4.2.2.2 Resultados de las pruebas

| |
|--|
| Proyecto: Diseño y construcción de un flujómetro, tipo obstrucción, con sensor de presión resistivo tipo FSR® |
| Prueba: Funcionamiento del acondicionador de señal |

| PRUEBA A REALIZAR | | RESULTADO |
|-------------------|--|-----------|
| 1 | Hay variación en la salida del acondicionador a variaciones de resistencia en la entrada | SI |
| 2 | Voltajes de salida, reales, para resistencias referenciales | |
| | Resistencia: 0.1 K Vo: 7.5 V | oscilante |
| | Resistencia: 0.51 K Vo: 5.37 V | oscilante |
| | Resistencia: 1 k Vo: 5.57 V | oscilante |
| | Resistencia: 2.2 k Vo: 5,35 | estable |
| | Resistencia: 4.7 k Vo: 2.427 | estable |
| 3 | Voltajes calculados para las resistencias indicadas anteriormente | |
| | Resistencia: 0.1 k Vo: 125 V | teórico |
| | Resistencia: 0.51 k Vo: 24.71 V | teórico |
| | Resistencia: 1 k Vo: 12.50 V | teórico |
| | Resistencia: 2.2 k Vo: 5.68 V | Ok |
| | Resistencia: 4.7 k Vo: 2.66 V | Ok |

4.2.3 PRUEBA DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS, A TRAVÉS DEL ARDUINO UNO R3

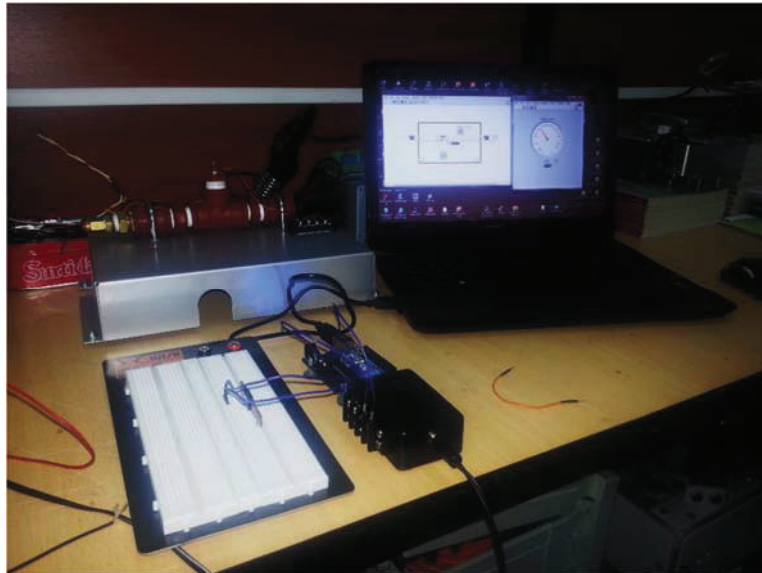


Figura No.4.5: Prueba del proceso de adquisición de datos.

Al canal analógico 0 del ARDUINO ingresamos voltajes provenientes de un divisor de voltaje y observamos los valores que indica el HMI en LabVIEW. Tomamos en cuenta entonces los siguientes aspectos.

- 1) Hay variación en LabVIEW, cuando se varía en voltaje de entrada.
- 2) Que valores de voltaje se aprecian en LabVIEW, de acuerdo a un indicador analógico, para cuatro voltajes medidos sobre el divisor de voltaje con un multímetro.

4.2.3.1 Equipo requerido

Como se puede observar en la figura 4.5 el equipo utilizado es: circuito acondicionador conectado a una potenciómetro de 10 k, ARDUINO UNO R3, computador, HMI en LabVIEW 2013. El HMI utilizado, en diagrama de bloques y panel frontal se observa en la figura No. 4.6

4.2.4 PRUEBA DEL SISTEMA COMPLETO



Figura No.4.7: Ensamblaje completo de medición para la prueba general y la obtención de datos para la característica estática.

4.2.4.1 Equipo requerido

Se utilizaron los siguientes elementos:

- ✓ Bomba DARI Spider 25.
- ✓ Venturi de ½ pulgada
- ✓ Manómetro diferencial SDE3-D10D-B-HQ4-2P-M (figura No.4.8b)
- ✓ Flujómetro SFAB-1000U. (figura No.4.8a)
- ✓ Tuberías, mangueras, acoples y elementos adicionales de conexión.
- ✓ Fuente 12 Vcc.
- ✓ Acondicionador de señal para el FSR 400
- ✓ ARDUINO UNO R3
- ✓ Cables y elementos de conexión eléctrica.
- ✓ Multímetro
- ✓ Computadora con LabVIEW 2013.



a)



b)

Figura No.4.8: a) Flujómetro SFAB-1000U, b) Manómetro SDE3-D10D-B-HQ4-2P-M.

4.2.4.2 Resultados de las pruebas

Proyecto: Diseño y construcción de un flujómetro, tipo obstrucción, con sensor de presión resistivo tipo FSR®

Prueba: Verificación de operación del sistema completo y toma de datos finales

| PRUEBA A REALIZAR | | RESULTADO |
|-------------------|---|-----------|
| 1 | Hay variación del voltaje indicado en el PC ante variaciones del caudal | SI |
| 2 | Voltaje indicados en el PC para valores de flujo de entrada | |
| | Caudal: 11.990 GPM Vo PC: 0.771 V | |
| | Caudal: 21.890 GPM Vo PC: 1.663 V | |
| | Caudal: 31.1 GPM Vo PC: 2.9 V | |
| | Caudal: 42.110 GPM Vo PC: 3.844 V | |

4.3 CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DEL FLUJÓMETRO

Confirmado el correcto funcionamiento del sistema, procedemos a tomar los datos necesarios para dibujar la característica estática del sensor, considerando el siguiente procedimiento:

- 1) Procedemos a colocar un caudal de acuerdo al rango de entrada del sensor. El valor exacto o lo más cercano a lo requerido lo fijamos

observando la lectura en el flujómetro SFAB-1000U y abriendo o cerrando la válvula de salida del compresor. Utilizamos el Venturi para comprobación.

- 2) Leemos los valores de presión indicados en el manómetro SDE3-D10D-B-HQ4-2P-M.
- 3) El LabVIEW calcula el caudal para el Venturi, con finalidad de comprobación
- 4) LabVIEW toma el voltaje generado por el acondicionador.
- 5) Regresamos en la variación para verificar la posibilidad de histéresis.
- 6) Determinamos la característica estática.

Cabe destacar que, se omitió el uso de la entrada de presión baja obteniendo directamente del manómetro la presión diferencial y para evitar la modificación del programa en LabVIEW, por este cambio de procedimiento, como presión alta se utilizó el valor diferencial y como presión baja 0.

Las tablas de datos obtenidas son la tabla No. 4.1 y la 4.2.

Donde V_s representa el voltaje de subida, o voltajes obtenidos para una variación de caudal que va desde el valor mínimo del rango al valor máximo, y V_b es el voltaje de bajada o sea los voltajes obtenidos a partir de una variación de caudal que va desde el máximo valor del rango hasta el mínimo.

Tabla No.4.1: Datos para una variación de ascendente de caudal.

Rango ascendente

| Qref | Qreal(GPM)(Canal 1) | DP(BAR)(Canal 3) | Qven(m3/s) | Vs (V)(Canal 0) |
|--------|---------------------|------------------|------------|-----------------|
| 10,000 | 10,110 | 0,029 | 0,001 | 0,342 |
| 12,000 | 11,990 | 0,040 | 0,001 | 0,771 |
| 14,000 | 13,920 | 0,054 | 0,001 | 1,007 |
| 16,000 | 15,980 | 0,072 | 0,001 | 1,150 |
| 18,000 | 18,030 | 0,091 | 0,001 | 1,250 |
| 20,000 | 20,020 | 0,112 | 0,001 | 1,360 |
| 22,000 | 21,890 | 0,134 | 0,001 | 1,662 |
| 24,000 | 23,900 | 0,160 | 0,002 | 1,746 |
| 26,000 | 26,010 | 0,190 | 0,002 | 1,789 |
| 28,000 | 27,980 | 0,220 | 0,002 | 1,922 |
| 30,000 | 30,020 | 0,253 | 0,002 | 2,197 |
| 32,000 | 31,990 | 0,287 | 0,002 | 2,597 |
| 34,000 | 34,100 | 0,326 | 0,002 | 2,892 |
| 36,000 | 36,050 | 0,365 | 0,002 | 3,144 |
| 38,000 | 37,890 | 0,403 | 0,002 | 3,205 |
| 40,000 | 40,020 | 0,449 | 0,003 | 3,642 |
| 42,000 | 42,110 | 0,498 | 0,003 | 3,844 |
| 44,000 | 43,980 | 0,543 | 0,003 | 4,120 |
| 46,000 | 45,970 | 0,593 | 0,003 | 4,208 |
| 48,000 | 48,210 | 0,652 | 0,003 | 4,423 |
| 50,000 | 50,010 | 0,702 | 0,003 | 4,595 |

Tabla No.4.2: Datos para una variación de descendente de caudal.

Rango descendente

| Qref | Qreal(GPM)(Canal 1) | DP(BAR)(Canal 3) | Qven(m3/s) | Vb (V)(Canal 0) |
|--------|---------------------|------------------|------------|-----------------|
| 50,000 | 50,010 | 0,702 | 0,003 | 4,595 |
| 48,000 | 48,210 | 0,652 | 0,003 | 4,630 |
| 46,000 | 45,970 | 0,593 | 0,003 | 4,428 |
| 44,000 | 43,980 | 0,543 | 0,003 | 4,343 |
| 42,000 | 42,110 | 0,498 | 0,003 | 4,128 |
| 40,000 | 40,020 | 0,449 | 0,003 | 3,936 |
| 38,000 | 37,890 | 0,403 | 0,002 | 3,565 |
| 36,000 | 36,050 | 0,365 | 0,002 | 3,325 |
| 34,000 | 34,100 | 0,326 | 0,002 | 3,021 |
| 32,000 | 31,990 | 0,287 | 0,002 | 2,843 |
| 30,000 | 30,020 | 0,253 | 0,002 | 2,502 |
| 28,000 | 27,980 | 0,220 | 0,002 | 2,154 |
| 26,000 | 26,010 | 0,190 | 0,002 | 1,983 |
| 24,000 | 23,900 | 0,160 | 0,002 | 1,976 |
| 22,000 | 21,890 | 0,134 | 0,001 | 1,782 |
| 20,000 | 20,020 | 0,112 | 0,001 | 1,532 |
| 18,000 | 18,030 | 0,091 | 0,001 | 1,482 |
| 16,000 | 15,980 | 0,072 | 0,001 | 1,332 |
| 14,000 | 13,920 | 0,054 | 0,001 | 1,225 |
| 12,000 | 11,990 | 0,040 | 0,001 | 1,023 |
| 10,000 | 10,110 | 0,029 | 0,001 | 0,342 |

En el gráfico No.4.9 se observa, la característica estática gráfica, del flujómetro bajo análisis. Se observa que el sensor presenta una pequeña histéresis, cuyo valor porcentual corresponde al caudal de 21.89 GPM, para su cálculo analizamos la diferencia de voltaje, para los diferentes caudales, obteniéndose:

El porcentaje de histéresis lo calculamos como:

$$\%histeresis = \frac{0.360}{4.595 - 0.342} * 100\% = \frac{0.360}{4.253} = 7.19\%$$

Tabla No.4.3: Datos para el cálculo de la histéresis porcentual.

| Qreal(GPM)(Canal 1) | Vs (V)(Canal 0) | Vb (V)(Canal 0) | Diferencia |
|---------------------|-----------------|-----------------|------------|
| 50,010 | 0,342 | 0,342 | 0,000 |
| 48,210 | 0,771 | 1,023 | 0,252 |
| 45,970 | 1,007 | 1,225 | 0,218 |
| 43,980 | 1,150 | 1,332 | 0,183 |
| 42,110 | 1,250 | 1,482 | 0,232 |
| 40,020 | 1,360 | 1,532 | 0,172 |
| 37,890 | 1,662 | 1,782 | 0,120 |
| 36,050 | 1,746 | 1,976 | 0,230 |
| 34,100 | 1,789 | 1,983 | 0,194 |
| 31,990 | 1,922 | 2,154 | 0,232 |
| 30,020 | 2,197 | 2,502 | 0,305 |
| 27,980 | 2,597 | 2,843 | 0,246 |
| 26,010 | 2,892 | 3,021 | 0,129 |
| 23,900 | 3,144 | 3,325 | 0,181 |
| 21,890 | 3,205 | 3,565 | 0,360 |
| 20,020 | 3,642 | 3,936 | 0,294 |
| 18,030 | 3,844 | 4,128 | 0,284 |
| 15,980 | 4,120 | 4,343 | 0,223 |
| 13,920 | 4,208 | 4,428 | 0,220 |
| 11,990 | 4,423 | 4,630 | 0,207 |
| 10,110 | 4,595 | 4,595 | 0,000 |

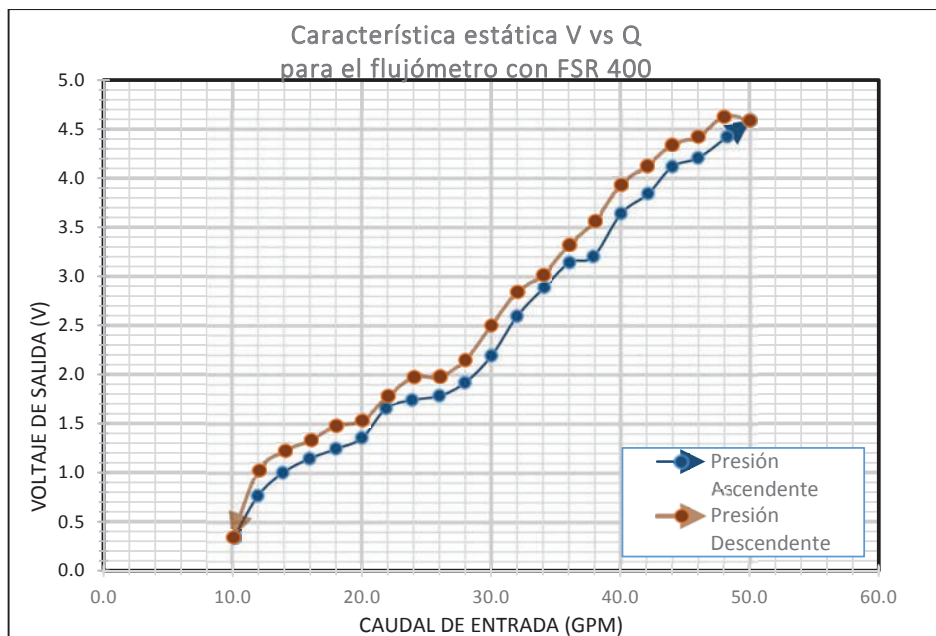


Figura No.4.9: Característica estática del sensor

Para la curva ascendente, el ajuste lineal que mejor se acopla a los datos obtenidos se observa en la figura No.4.10.

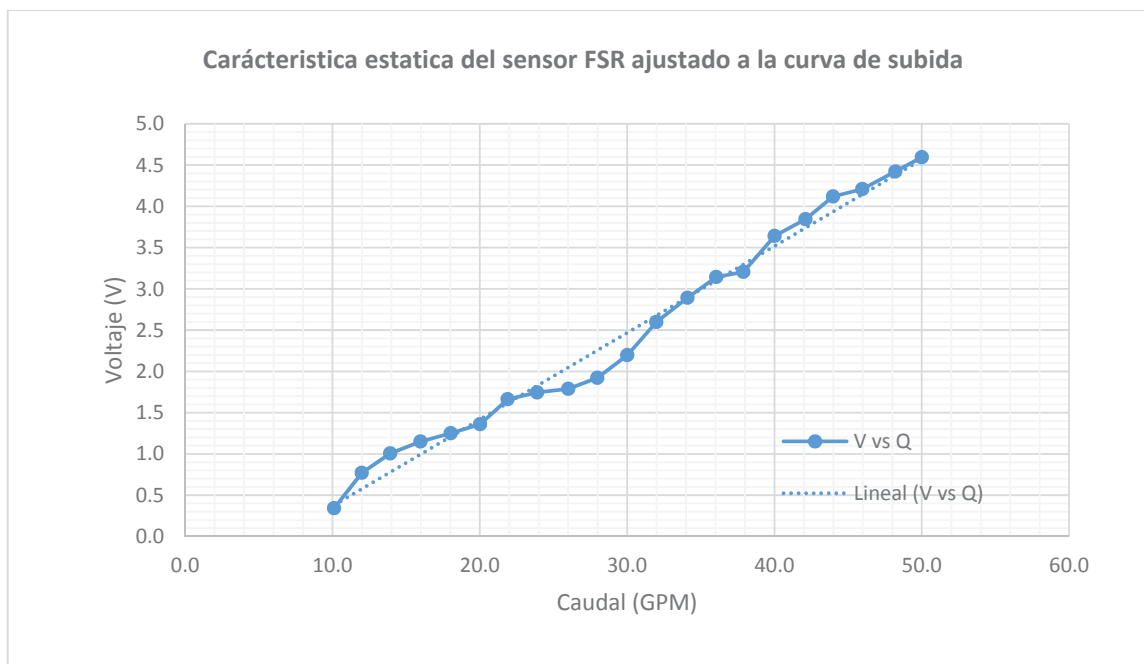


Figura no.4.10: El flujómetro como dispositivo no lineal y su ajuste lineal.

Si despreciamos la variación de valores de bajada, entonces podemos tomarle al sensor como un dispositivo no lineal. El cálculo del porcentaje de no linealidad es el siguiente:

Tabla No.4.4: Datos para el cálculo de la no linealidad porcentual

| Qref | Qreal(GPM) (Canal 1) | DP(BAR) (Canal 3) | Qven (m3/s) | Vs (V) (Canal 0) | Vo(V) | Delta V | ABS (Delta V) |
|--------|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-------|---------|---------------|
| 10,000 | 10,110 | 0,029 | 0,001 | 0,342 | 0,342 | 0,000 | 0,000 |
| 12,000 | 11,990 | 0,040 | 0,001 | 0,771 | 0,543 | 0,228 | 0,228 |
| 14,000 | 13,920 | 0,054 | 0,001 | 1,007 | 0,748 | 0,258 | 0,258 |
| 16,000 | 15,980 | 0,072 | 0,001 | 1,150 | 0,968 | 0,182 | 0,182 |
| 18,000 | 18,030 | 0,091 | 0,001 | 1,250 | 1,186 | 0,063 | 0,063 |
| 20,000 | 20,020 | 0,112 | 0,001 | 1,360 | 1,399 | -0,038 | 0,038 |
| 22,000 | 21,890 | 0,134 | 0,001 | 1,662 | 1,598 | 0,064 | 0,064 |
| 24,000 | 23,900 | 0,160 | 0,002 | 1,746 | 1,812 | -0,066 | 0,066 |
| 26,000 | 26,010 | 0,190 | 0,002 | 1,789 | 2,037 | -0,248 | 0,248 |
| 28,000 | 27,980 | 0,220 | 0,002 | 1,922 | 2,247 | -0,325 | 0,325 |
| 30,000 | 30,020 | 0,253 | 0,002 | 2,197 | 2,464 | -0,267 | 0,267 |

| Qref | Qreal(GPM) (Canal 1) | DP(BAR) (Canal 3) | Qven (m3/s) | Vs (V) (Canal 0) | Vo(V) | Delta V | ABS (Delta V) |
|--------|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-------|---------|---------------|
| 32,000 | 31,990 | 0,287 | 0,002 | 2,597 | 2,674 | -0,077 | 0,077 |
| 34,000 | 34,100 | 0,326 | 0,002 | 2,892 | 2,899 | -0,007 | 0,007 |
| 36,000 | 36,050 | 0,365 | 0,002 | 3,144 | 3,107 | 0,037 | 0,037 |
| 38,000 | 37,890 | 0,403 | 0,002 | 3,205 | 3,303 | -0,098 | 0,098 |
| 40,000 | 40,020 | 0,449 | 0,003 | 3,642 | 3,530 | 0,112 | 0,112 |
| 42,000 | 42,110 | 0,498 | 0,003 | 3,844 | 3,753 | 0,091 | 0,091 |
| 44,000 | 43,980 | 0,543 | 0,003 | 4,120 | 3,952 | 0,167 | 0,167 |
| 46,000 | 45,970 | 0,593 | 0,003 | 4,208 | 4,164 | 0,044 | 0,044 |
| 48,000 | 48,210 | 0,652 | 0,003 | 4,423 | 4,403 | 0,020 | 0,020 |
| 50,000 | 50,010 | 0,702 | 0,003 | 4,595 | 4,595 | 0,000 | 0,000 |

La pendiente de la respuesta ideal es:

$$k = \frac{4.595 - 0.342}{50.010 - 10.11} = \frac{4,253}{39,9} = 0.1066 \frac{V}{GPM}$$

El cruce por el eje vertical está dado por:

$$a = 0.34 - 0,1066 * 10.11 = -0.735 V$$

Quedándonos entonces la respuesta ideal como:

$$V = 0.1066Q - 0.735$$

Ec. 4.1

Que en la tabla anterior, los datos se expresan en la columna Vo (V). Si la mayor distancia entre el valor real y el ideal es de 0.325 V, para un caudal de 27.98 GPM, la no linealidad porcentual sería de:

$$\%nolinealidad = \frac{0.325 V}{4.253 V} * 100\% = 7.64\%$$

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a lo planificado, el objetivo se ha cumplido, pues se ha logrado desarrollar un flujómetro de obstrucción, con utilización de las resistencias sensibles a la fuerza o FSR. El flujómetro, diseñado y construido en el presente proyecto, es básicamente un transductor de caudal, con salida de voltaje cuyo rango va de 0 a 5 Vcc y un caudal de entrada de 10 a 50 GPM. Presenta una histéresis de 7.2% y la electrónica de acondicionamiento necesita un voltaje de 17.5 Vdc, para operar normalmente (podría utilizarse un valor mayor y estandarizado como 24 Vcc). Está diseñado para trabajar con gases.

El sensor puede ser considerado, como un primer prototipo de esta clase de dispositivos. La forma de construcción utilizada evidencia la posibilidad de generar dispositivos que teóricamente “son complejos” pero utilizando materiales a los cuales se puede tener fácil acceso. Está claro que desde el punto de vista mecánico, el elemento fundamental es el soporte para el FSR, el mismo que deberá resistir la fuerza del fluido, sin embargo para el fluido utilizado en este estudio y para los rangos de operación los elementos han demostrado en la práctica exceder las expectativas, como se indica, en el estudio estático adjunto y ubicado en el Anexo N.1. Considérese el hecho relevante que el sello de caucho, colocado en el dispositivo, permite a la placa y su soporte, “flejar” en caso de que se exceda voluntaria o involuntariamente del rango

Como se había indicado anteriormente, el sensor secundario preferido en este tipo de flujómetros, son las celdas de carga, ubicadas hacia el extremo fijo del elemento, que está sujeto a la presión dinámica y que utilizan complejos sistemas de acondicionamiento. Dada la poca variación de la resistencia de las galgas extensiométricas, se requiere un puente de resistencias para obtener voltaje y una serie de amplificadores para instrumentación, con amplias ganancias para que el voltaje de salida sea conveniente. Por las pequeñas señales de voltaje que maneja el puente el ruido eléctrico es un problema latente por lo que se requieren la

utilización de filtros, y por si fuera poco la sensibilidad a la temperatura de las galgas requiere modificar aún más la electrónica. Todo esto redundaría en costos y tecnologías de diseño, muchas veces cerradas.

La desventaja del flujómetro, si es que así se la puede considerar, es su característica estática con histéresis, heredada del $\pm 10\%$ de histéresis que presentan los FSRs. Realmente el valor de 7.2% , calculado es bastante manejable, de ahí que resulte posible incluso considerarlo como un dispositivo no lineal con una pequeña no linealidad del 7.64% , como se plantea en el análisis de resultados.

Para el uso con líquidos, es necesario tomar otras consideraciones de diseño, debido principalmente al hecho de que el sensor secundario, básicamente se expone al fluido, y líquidos conductivos podrían cortocircuitar los contactos del polímero resistivo. Entonces como se sugiere en la figura No.5.1, para trabajar con líquidos el FSR debería estar entre dos placas que lo protejan de la exposición directa pero que permitan transferir la presión y por ende la fuerza al dispositivo.

5.2 RECOMENDACIONES

Pese, como ya se ha repetido constantemente en este trabajo, que la instrumentación es una de las columnas fundamentales donde se asienta el control, que permite mejorar la producción en cantidad y calidad, la investigación en esta área es casi nula. Por lo tanto es muy recomendable impulsar el desarrollo de estos proyectos.

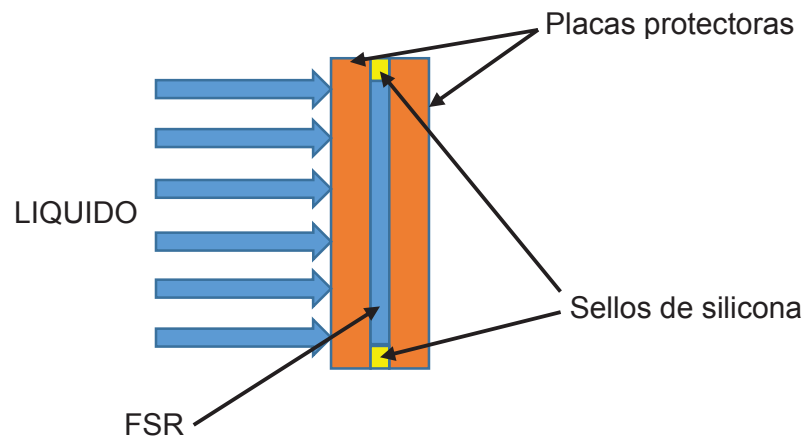


Figura No.5.1: Estructura de la placa para el uso del flujómetro con líquidos

Como se indica es el presente trabajo, la instrumentación y en este caso los sensores pueden ser tan simples o tan complejos, como la imaginación humana lo decida. No se necesita el uso de sofisticados materiales, ni procesos de manufactura especializados para desarrollar elementos para medir variables rutinarias en la industria.

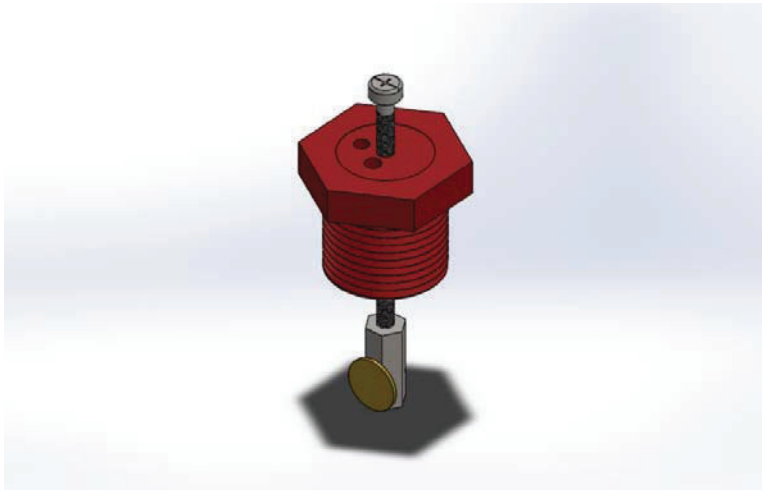
6 BIBLIOGRAFÍA

- Arduino. (10 de Noviembre de 2014). *Arduino Webpage*. Obtenido de <http://arduino.cc/en/Main/Products>
- Arduino. (22 de Junio de 2014). *www.arduino.cc*.
- B. S Massey, J. W.-S. (1998). *Mechanics of Fluids* (17 ed.). CRC Press.
- Baker, R. C. (2005). *Flow Measurement Handbook: Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications*. Londres: Cambridge University Press.
- Bentley, J. (2004). *Principles of Measurement Systems* (4 ed.).
- David J. Comer, D. T. (2002). *Fundamentals of Electronic Circuit Design* (1 ed.). Wiley.
- Devices, A. (2010). *A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers*. Analog Devices.
- Donald Matos, C. V. (2012). *Fluid Mechanics and Pipe Flow: Turbulence, Simulation and Dynamics* (1 ed.). Nova Science Publishers, Inc.
- Dunn, W. (2005). *Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control*. McGraw-Hill Professional.
- Emily Gertz, P. D. (2012). *Environmental Monitoring with Arduino: Building Simple Devices to Collect Data About the World Around Us* (1 ed.). Maker Media, Inc.
- Fraden, J. (2010). *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. Springer.
- Gary Johnson, R. J. (2006). *LabVIEW Graphical Programming* (4 ed.). McGraw-Hill Professional.
- H. Lomax, T. H. (2004). *Fundamentals of Computational Fluid Dynamics (Scientific Computation)* (1 ed.). Springer.
- Instruments, N. (12 de Junio de 2014). *National Instruments*. Obtenido de <http://www.ni.com/data-acquisition/esa/>
- Instruments, N. (22 de Junio de 2104). *www.ni.com*. Obtenido de National Instruments.

- Interlink Electronics, I. (2013). *FSR™ Integration Guide, Document part number 94-00004 Rev B*. Interlink Electronics, Inc.
- Jean Donea, A. H. (2003). *Finite Element Methods for Flow Problems* (1 ed.). Wiley.
- John G. Webster. (1999). *The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook*. New York: CRC Press.
- Mancini, R. (2003). *Op Amps for Everyone: Design Reference* (2 ed.). Newnes.
- Margolis, M. (2011). *Arduino Cookbook* (2 ed.). O'Reilly Media.
- Miller, R. W. (1996). *Flow Measurement Engineering Handbook*. McGraw-Hill Education.
- Ramón Pallás-Areny, J. G. (2008). *Sensors and Signal Conditioning* (2 ed.). Wiley-Interscience.
- S. Sumathi, P. S. (2007). *LabVIEW based Advanced Instrumentation Systems* (1 ed.). Springer.
- Stefanescu, D. M. (2011). *Handbook of Force Transducers: Principles and Components*. Springer.
- STMicroelectronics. (Enero de 2002). LM158,A LM258,A LM358,A User Manual. STMicroelectronics.
- Wolfgang Merzkirch, K. G. (2005). *Fluid Mechanics of Flow Metering*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

ANEXOS

**ANEXO N.1: ANALISIS ESTATICO DEL SENSOR
DESARROLLADO EN SOLIDWORKS**



Simulación de análisis caudalímetro FSR

Fecha: jueves, 12 de junio de 2014

Diseñador: Luis Echeverría Yáñez

Nombre de estudio: Análisis 1

Tipo de análisis: Análisis estático

Table of Contents

| | |
|--------------------------------|-----|
| Descripción | 107 |
| Suposiciones..... | 108 |
| Información de modelo | 108 |
| Propiedades del estudio | 110 |
| Unidades | 110 |
| Propiedades de material | 111 |
| Cargas y sujeciones | 113 |
| Definiciones de conector | 113 |
| Información de contacto | 114 |
| Información de malla | 115 |
| Detalles del sensor | 116 |
| Fuerzas resultantes..... | 117 |
| Vigas..... | 117 |
| Resultados del estudio..... | 118 |
| Conclusión | 122 |

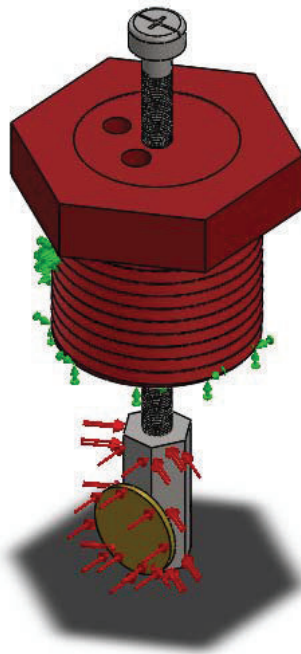
Descripción

Estudio de deformación de los elementos mecánicos de la tesis “Diseño y construcción de un fluxómetro, tipo obstrucción, con salida eléctrica, en base a la operación de un sensor de presión resistivo tipo FSR®”

Suposiciones

Se supone que el fluido causa una máxima fuerza sobre la placa del sensor de 10000 gr. (10Kg). El análisis es estático, no neumático ni hidráulico, por lo que los diagramas no incluirán ninguna caracterización del fluido que circula por el dispositivo.

Información de modelo



Nombre del modelo: analisis presiones
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

| Nombre de documento y referencia | Tratado como | Propiedades volumétricas | Ruta al documento/Fecha de modificación |
|----------------------------------|--------------|--------------------------|---|
|----------------------------------|--------------|--------------------------|---|



| | | | |
|--|--------|---|---|
| <p>Saliente-Extruir2</p>  | Sólido | <p>Masa:0.000912426 kg Volumen:1.07344e-007 m³ Densidad:8500 kg/m³ Peso:0.00894178 N</p> | <p>D:\Tesis Maestria\placa.SLDPRT Jun 12 09:02:24 2014</p> |
| <p>Cortar-Extruir3</p>  | Sólido | <p>Masa:0.000473238 kg Volumen:4.73238e-007 m³ Densidad:1000 kg/m³ Peso:0.00463774 N</p> | <p>D:\Tesis Maestria\sello.SLDPRT Jun 12 12:37:28 2014</p> |
| <p>Cortar-Extruir2</p>  | Sólido | <p>Masa:0.00271135 kg Volumen:3.43208e-007 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:0.0265712 N</p> | <p>D:\Tesis Maestria\soporteplaca.SL DPRT May 29 10:34:53 2014</p> |
| <p>Cortar-Extruir4</p>  | Sólido | <p>Masa:0.00525966 kg Volumen:5.15653e-006 m³ Densidad:1020 kg/m³ Peso:0.0515446 N</p> | <p>D:\Tesis Maestria\tacon.SLDPRT Jun 12 09:25:48 2014</p> |
| <p>Cortar-Barrer3</p>  | Sólido | <p>Masa:0.0030348 kg Volumen:3.84152e-007 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:0.029741 N</p> | <p>D:\Tesis Maestria\tornillo.SLDPRT Jun 12 09:02:21 2014</p> |

Propiedades del estudio

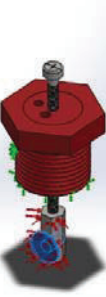
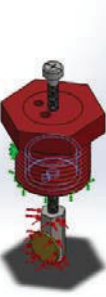
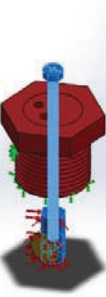
| | |
|---|---|
| Nombre de estudio | presiones |
| Tipo de análisis | Análisis estático |
| Tipo de malla | Malla sólida |
| Efecto térmico: | Activar |
| Opción térmica | Incluir cargas térmicas |
| Temperatura a tensión cero | 298 Kelvin |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation | Desactivar |
| Tipo de solver | FFEPlus |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane): | Desactivar |
| Muelle blando: | Desactivar |
| Desahogo inercial: | Desactivar |
| Opciones de unión rígida incompatibles | Automática |
| Gran desplazamiento | Activar |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre | Activar |
| Fricción | Desactivar |
| Utilizar método adaptativo: | Desactivar |
| Carpeta de resultados | Documento de SolidWorks (D:\Tesis Maestria) |

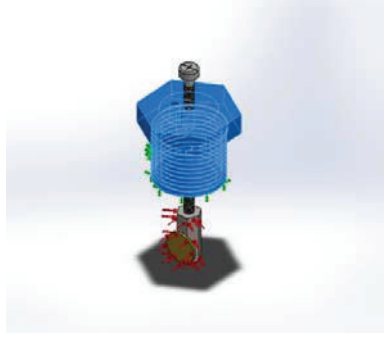
Unidades

| | |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades: | Métrico (MKS) |
| Longitud/Desplazamiento | mm |
| Temperatura | Kelvin |
| Velocidad angular | Rad/seg |
| Presión/Tensión | N/m ² |

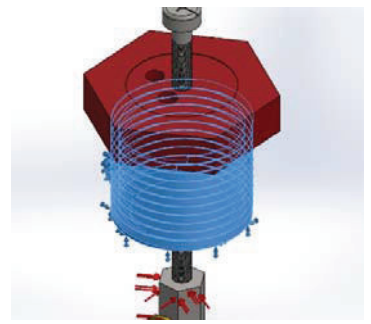


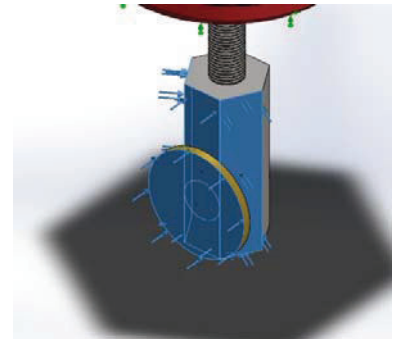
Propiedades de material

| Referencia de modelo | Propiedades | Componentes |
|---|--|--|
|  | <p>Nombre: Latón</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2.39689e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.78413e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 1e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.33</p> <p>Densidad: 8500 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 3.7e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.8e-005 /Kelvin</p> | Sólido 1(Saliente-Extruir2)(placa-2) |
| Datos de curva:N/A | | |
|  | <p>Nombre: Caucho</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 9.23737e+006 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 1.37871e+007 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 6.1e+006 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.49</p> <p>Densidad: 1000 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 2.9e+006 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 0.00067 /Kelvin</p> | Sólido 1(Cortar-Extruir3)(sello-1) |
| Datos de curva:N/A | | |
|  | <p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-005 /Kelvin</p> | Sólido 1(Cortar-Extruir2)(soporteplaca-1), Sólido 1(Cortar-Barrer3)(tornillo-1) |
| Datos de curva:N/A | | |

| | | |
|---|--|---|
|  | <p>Nombre: Plástico personalizado</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 4e+009 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 3e+007 N/m²</p> <p>Límite de compresión: 4e+009 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+009 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.394</p> <p>Densidad: 1020 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 3.189e+008 N/m²</p> | <p>Sólido 1(Cortar-Extruir4)(tapon-1)</p> |
| <p>Datos de curva:N/A</p> | | |

Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción | Imagen de sujeción | Detalles de sujeción | | |
|----------------------------|---|--|---------|------------|
| Fijo-1 |  | Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija | | |
| Fuerzas resultantes | | | | |
| Componentes | X | Y | Z | Resultante |
| Fuerza de reacción(N) | 16.6411 | 0.0132492 | 162.488 | 163.338 |
| Momento de reacción(N.m) | 0 | 0 | 0 | 0 |

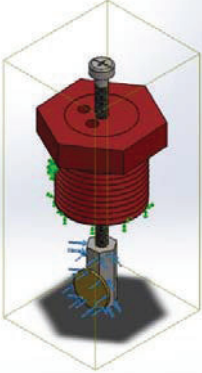
| Nombre de carga | Cargar imagen | Detalles de carga |
|-----------------|---|---|
| Presión-1 |  | Entidades: 4 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 10 Unidades: kg/cm ² Ángulo de fase: 0 Unidades: deg |

Definiciones de conector

No hay datos



Información de contacto

| Contacto | Imagen del contacto | Propiedades del contacto |
|-----------------|---|---|
| Contacto global |  | Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible |

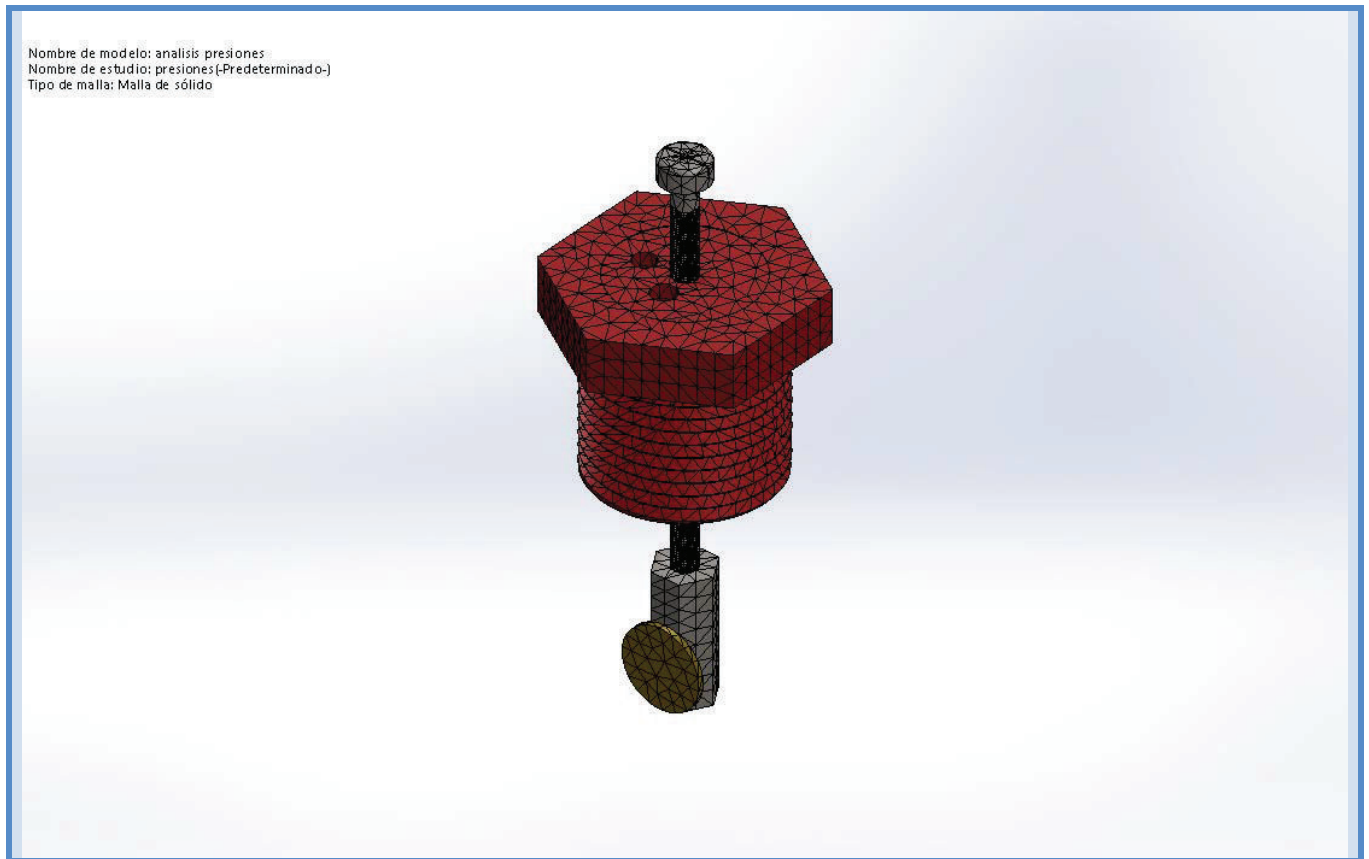
Información de malla

| | |
|--|-------------------------------------|
| Tipo de malla | Malla sólida |
| Mallador utilizado: | Malla estándar |
| Transición automática: | Desactivar |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar |
| Puntos jacobianos | 4 Puntos |
| Tamaño de elementos | 1.86361 mm |
| Tolerancia | 0.0931807 mm |
| Calidad de malla | Elementos cuadráticos de alto orden |
| Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible | Desactivar |

Información de malla - Detalles

| | |
|---|---------------|
| Número total de nodos | 68521 |
| Número total de elementos | 41364 |
| Cociente máximo de aspecto | 8470.3 |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3 | 47.6 |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 10.2 |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana) | 0 |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss): | 00:14:13 |
| Nombre de computadora: | LUISMANUEL-PC |





Detalles del sensor

Sensor tipo Target, para un rango experimental de entrada 4 a 50 GPM, con un rango de salida 0 a 4.6 Vdc acondicionado. Sensor primario placa, sensor secundario FSR 400, ensamblado sobre una T de PVC de ½”.

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Suma X | Suma Y | Suma Z | Resultante |
|-------------------------|----------|---------|-----------|---------|------------|
| Todo el modelo | N | 16.6411 | 0.0132492 | 162.488 | 163.338 |

Momentos de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Suma X | Suma Y | Suma Z | Resultante |
|-------------------------|----------|--------|--------|--------|------------|
| Todo el modelo | N.m | 0 | 0 | 0 | 0 |

Vigas

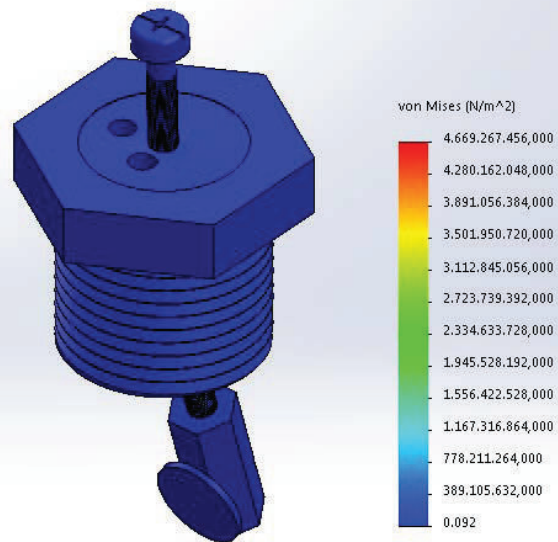
No hay datos



Resultados del estudio

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|------------|---------------------------|---|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.0921131 N/m ² Nodo: 10084 | 4.66927e+009 N/m ² Nodo: 59135 |

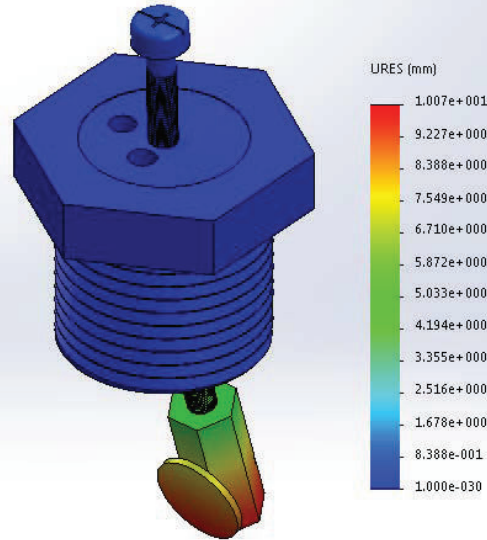
Nombre de modelo: analisis presiones
Nombre de estudio: presiones-(Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 1



analisis presiones-presiones-Tensiones-Tensiones1

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|------------------------|
| Desplazamientos1 | URES: Desplazamiento resultante | 0 mm Nodo: 922 | 10.0657 mm Nodo: 97 |

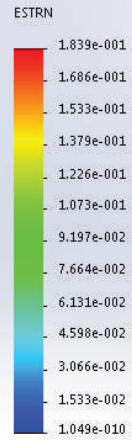
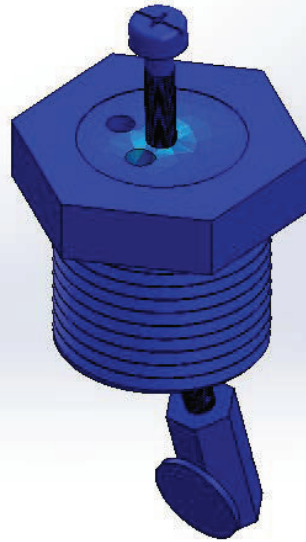
Nombre de modelo: analisis presiones
 Nombre de estudio: presiones-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1



analisis presiones-presiones-Desplazamientos-Desplazamientos1

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|--------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 1.04948e-010 Elemento: 38040 | 0.183933 Elemento: 9783 |

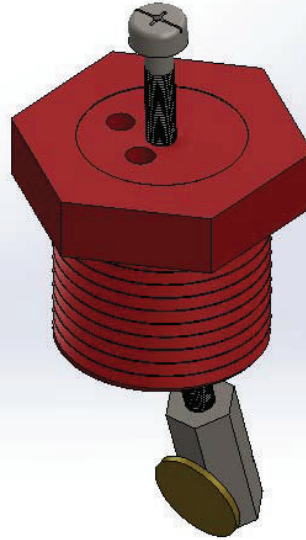
Nombre de modelo: analisis presiones
 Nombre de estudio: presiones-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1



analisis presiones-presiones-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

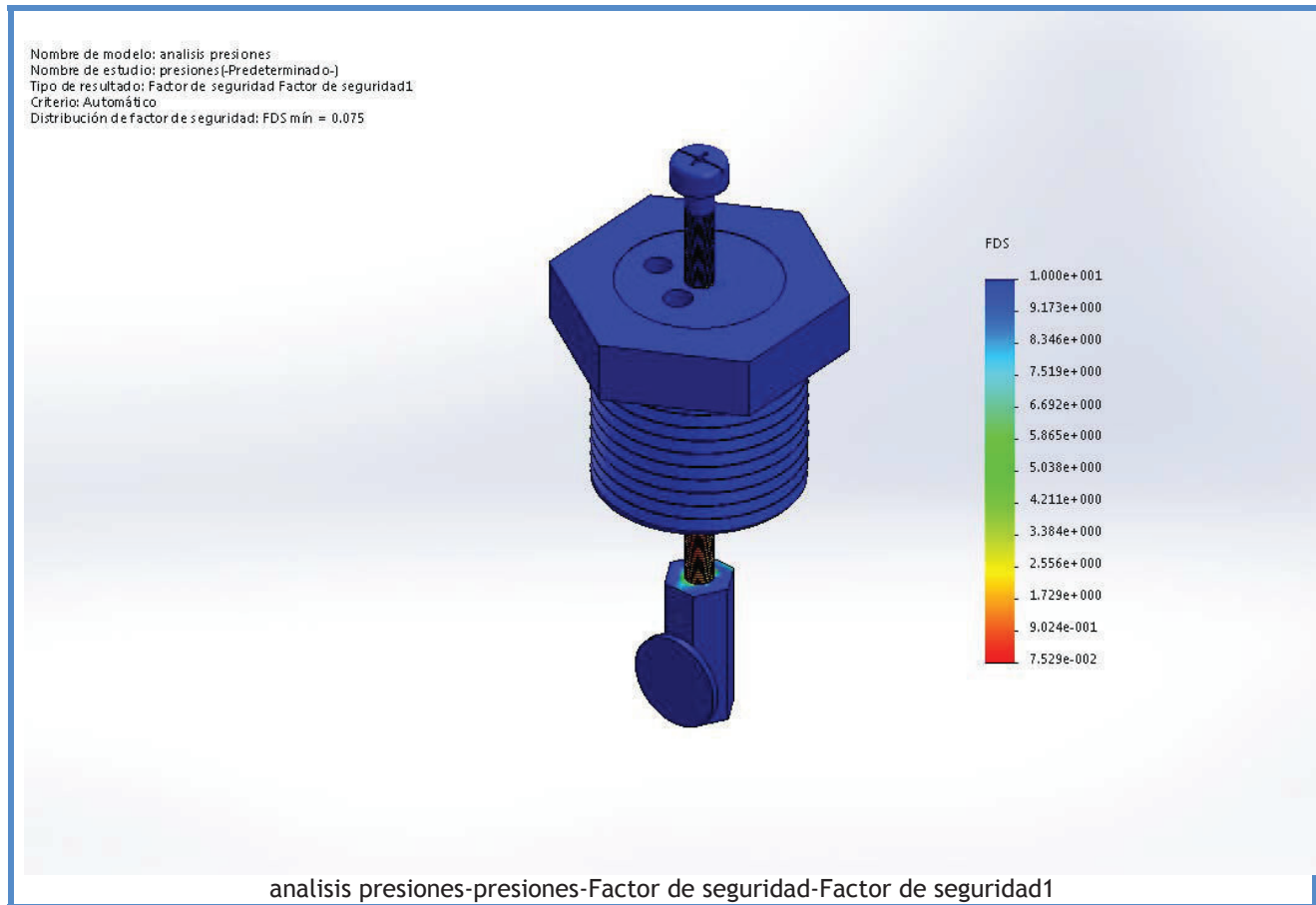
| Nombre | Tipo |
|---------------------|-----------------|
| Desplazamientos1{1} | Forma deformada |

Nombre de modelo: analisis presiones
 Nombre de estudio: presiones-{Predeterminado-}
 Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1{1}
 Escala de deformación: 1



analisis presiones-presiones-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|----------------------|------------|--------------------------|---------------|
| Factor de seguridad1 | Automático | 0.0752947 Nodo: 59135 | 10 Nodo: 1 |



Conclusión

La placa de latón sujeta a un soporte de hierro se encuentra sujeta al compartimento de PVC (T) mediante un tapón del mismo material y un pequeño cilindro hueco de caucho, que le permite al soporte un desplazamiento, sin ninguna deformación sobre el mismo de hasta 2 cm, experimentalmente medido. El análisis estático indica un desplazamiento máximo de $1.007e+001$ o sea 10 mm, para una fuerza de 10 Kg que se encuentra totalmente dentro de lo observado para el soporte de caucho, sin que se presente daño alguno sobre el dispositivo.

ANEXO N.2: ACCESORIOS ROSCABLES PP DE PLASTIGAMA

ROSCABLE PP

LÍNEA CONSTRUCCIÓN





|  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |
|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CODO HH 90°

CODO HH 45°

CODO MH 90°

CURVA HH 90°

|  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |
|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TAPÓN MACHO

TEE

UNIÓN UNIVERSAL

TAPÓN HEMBRA




|  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |
|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

UNIÓN R.R.

ROSCA C/TUERCA

NEPLO 6 cm

NEPLO 8 cm

|  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |  | 16 reducciones de 1/2" x 3/8" hasta 2" x 1 1/2" de 20mmx16mm hasta 63mmx50mm |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>3/4x 1/2</td><td>25 x 20</td></tr> <tr><td>1x 3/4</td><td>32 x 25</td></tr> <tr><td>1x 1/2</td><td>32 x 20</td></tr> </table> | plg | mm | 3/4x 1/2 | 25 x 20 | 1x 3/4 | 32 x 25 | 1x 1/2 | 32 x 20 |
|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|--|--|--|---|-----|----|----------|---------|--------|---------|--------|---------|
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4x 1/2 | 25 x 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1x 3/4 | 32 x 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1x 1/2 | 32 x 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NEPLO 10 cm

NEPLO 15 cm

REDUCTOR

CÓDIGO DE REDUCCIÓN HH 90




|  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>3/4x 1/2</td><td>25 x 20</td></tr> <tr><td>1x 3/4</td><td>32 x 25</td></tr> <tr><td>1x 1/2</td><td>32 x 20</td></tr> </table> | plg | mm | 3/4x 1/2 | 25 x 20 | 1x 3/4 | 32 x 25 | 1x 1/2 | 32 x 20 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2x3/8</td><td>20x16</td></tr> <tr><td>3/4x1/2</td><td>25x20</td></tr> <tr><td>1x3/4</td><td>32x25</td></tr> <tr><td>1x1/2</td><td>32x20</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2x3/8 | 20x16 | 3/4x1/2 | 25x20 | 1x3/4 | 32x25 | 1x1/2 | 32x20 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 | 1 1/4 | 40 | 1 1/2 | 50 | 2 | 63 |
|---|---|-----|----|----------|---------|--------|---------|--------|---------|---|---|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|---|--|-----|----|---------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---|--|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-------|----|-------|----|---|----|
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4x 1/2 | 25 x 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1x 3/4 | 32 x 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1x 1/2 | 32 x 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2x3/8 | 20x16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4x1/2 | 25x20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1x3/4 | 32x25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1x1/2 | 32x20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TEE DE REDUCCIÓN

PUENTE

UNIÓN REDUCTORA HH

ADAPTADOR para tanque c/junta

|  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 | 3/4 | 25 | 1 | 32 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td></tr> </table> | plg | mm | 1/2 | 20 |
|---|---|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|---|---|-----|----|-----|----|---|---|-----|----|-----|----|---|---|-----|----|-----|----|
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CODO CACHIMBA/CURVA MH

CODOS 90 con inserto metálico

TEE HH con inserto metálico

UNIÓN HH con inserto metálico



TUBERÍA Y ACCESORIOS PARA AGUA CALIENTE Y FRÍA

Asistencia técnica en obra.

Máxima seguridad en la unión.

Gama completa de accesorios.

Fácil y rápida instalación.

|  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th><th>Espeor de pared</th><th>long</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td><td>3,4</td><td>6m</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td><td>3,9</td><td>6m</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td><td>4,9</td><td>6m</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td><td>5,7</td><td>6m</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td><td>6,3</td><td>6m</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td><td>7,5</td><td>6m</td></tr> </table> | plg | mm | Espeor de pared | long | 1/2 | 20 | 3,4 | 6m | 3/4 | 25 | 3,9 | 6m | 1 | 32 | 4,9 | 6m | 1 1/4 | 40 | 5,7 | 6m | 1 1/2 | 50 | 6,3 | 6m | 2 | 63 | 7,5 | 6m |  | <table border="1"> <tr><th>plg</th><th>mm</th><th>Espeor de pared</th><th>long</th></tr> <tr><td>1/2</td><td>20</td><td>3,4</td><td>6m</td></tr> <tr><td>3/4</td><td>25</td><td>3,9</td><td>6m</td></tr> <tr><td>1</td><td>32</td><td>4,9</td><td>6m</td></tr> <tr><td>1 1/4</td><td>40</td><td>5,7</td><td>6m</td></tr> <tr><td>1 1/2</td><td>50</td><td>6,3</td><td>6m</td></tr> <tr><td>2</td><td>63</td><td>7,5</td><td>6m</td></tr> </table> | plg | mm | Espeor de pared | long | 1/2 | 20 | 3,4 | 6m | 3/4 | 25 | 3,9 | 6m | 1 | 32 | 4,9 | 6m | 1 1/4 | 40 | 5,7 | 6m | 1 1/2 | 50 | 6,3 | 6m | 2 | 63 | 7,5 | 6m |
|---|---|-----------------|------|-----------------|------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-----|----|-------|----|-----|----|-------|----|-----|----|---|----|-----|----|---|---|-----|----|-----------------|------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|---|----|-----|----|-------|----|-----|----|-------|----|-----|----|---|----|-----|----|
| plg | mm | Espeor de pared | long | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | 3,4 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | 3,9 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | 4,9 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | 5,7 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | 6,3 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | 7,5 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plg | mm | Espeor de pared | long | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2 | 20 | 3,4 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | 25 | 3,9 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | 4,9 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4 | 40 | 5,7 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 50 | 6,3 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63 | 7,5 | 6m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TUBERÍAS ROSCABLE PP

TUBERÍAS CUATRITUBO

PLASTIGAMA

Agua toda una vida.

INSTALACIÓN



Colocar el tubo en un tornillo de banco o mordaza sin exagerar el ajuste para evitar ovalamientos, pues esto provocaría una rosca imperfecta. Proteger con un tramo de Polietileno y/u otro medio.



Cortar el tubo a escuadra y remover las rebabas con una lija. Se recomienda usar la tijera para realizar cortes a escuadra.



Para hacer la rosca usar la tarraja PLAS-TIGAMA con el dado para rosca "NPT" correspondiente al diámetro del tubo.



Prevea la limpieza de las roscas y compruebe en seco el roscado del tubo con el accesorio a instalar.



En la rosca macho del tubo aplicar una capa uniforme del sellador para rosca Línea agua caliente.



Efectuar el ajuste mediante presión manual del tubo con el accesorio.

TABLA DE RESISTENCIA

| Temperatura °C | Tiempo de vida útil años | PRESION NOMINAL | |
|----------------|--------------------------|--|----------|
| | | 1 MPa | |
| | | Presión permisible de trabajo o servicio | |
| | | MPa | lb/pulg2 |
| 20 | 25 | 1,15 | 166,8 |
| | 50 | 1,00 | 145,0 |
| 30 | 25 | 0,90 | 130,5 |
| | 50 | 0,90 | 130,5 |
| 40 | 25 | 0,70 | 101,5 |
| | 50 | 0,65 | 94,3 |
| 50 | 25 | 0,50 | 72,5 |
| | 50 | 0,45 | 65,3 |
| 60 | 25 | 0,35 | 50,8 |
| | 50 | 0,30 | 43,5 |
| 70 | 20 | 0,25 | 36,3 |
| | 25 | 0,20 | 29,0 |
| 80 | 10 | 0,20 | 29,0 |
| | 20 | 0,15 | 21,8 |
| 95 | 5 | 0,10 | 14,5 |
| | 10 | 0,10 | 14,5 |

Basada en normas IRAM 13473

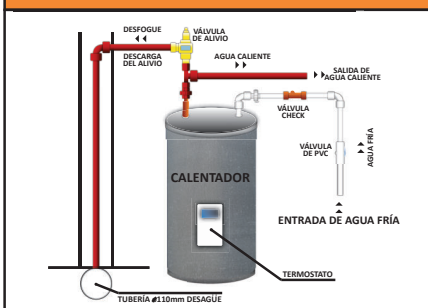
PRODUCTO PARA LA INSTALACIÓN

| SELLADOR Para agua caliente | |
|---|--------|
| Formulado especialmente para roscas de polipropileno, envasado en recipientes de: | |
| Código | ENVASE |
| 927127 | 125 cc |
| 925403 | 50 cc |

RECOMENDACIONES

Usar accesorios Roscable PP para garantizar una adecuada instalación. Para prueba hidrostática o puesta en funcionamiento del sistema o instalación, esperar 24 horas después del último ensamble realizado. No usar la tarraja de polipropileno para roscar tubos de PVC y/o metálicos. Exija el protector de rosca en los tubos de la LINEA AGUA CALIENTE PLASTIGAMA.

Instalación de desfogue empotrado



Instalación de desfogue visto



TUBERÍA CUATRITUBO



Al instalar una válvula de alivio a la salida del calentador su funcionamiento produce evacuación de agua caliente la que debe ser canalizada hacia una tubería de desagüe o hacia el patio exterior en el que existan rejillas de desagüe.

MEXICHEM ECUADOR S. A.
Guayaquil: Km 4.5 Vía Durán - Tambo
 Telfs: 2802020 - 2805100 • Fax: 2808048 - 2805963
Quito: Calle de Las Malvas N 45-20 y de Las Higueras, Montserratín
 Pbx: 3340730 • Fax: 3340731 • www.plastigama.com

EMPRESA CON TRIPLE CERTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN



**ANEXO N.3: FSR™ FORCE SENSING RESISTORS™: GUIA DE
INTEGRACIÓN**

Interlink Electronics

FSR™ Force Sensing Resistors™

FSR™ Integration Guide

Table of Contents

| | |
|---|----|
| 1.0 Introduction | 1 |
| 1.1 Our Background | 1 |
| 1.2 Intellectual Property and Other Legal Matters | 1 |
| 2.0 Theory of Operation | 2 |
| 2.1 Basic Construction | 2 |
| 2.2 Force Curve | 3 |
| 3.0 FSR™ Force Sensing Resistor™ Products | 5 |
| Single Zone | 5 |
| 4-Zone Array | 5 |
| Other Arrays | 5 |
| Pressure Sensitive Snap Dome | 6 |
| Linear and Rotational Pots | 6 |
| Touchpad | 7 |
| 3.1 Standard vs. Custom | 8 |
| Standard | 8 |
| Round | 9 |
| Square | 11 |
| Strip | 12 |
| VersaPad | 13 |
| Ring Sensor | 14 |
| Custom Sensors | 15 |
| Shapes and Sizes | 15 |
| Graphic Overlays and Actuators | 15 |
| Material Options | 15 |
| 4.0 Performance Specifications | 16 |
| General | 16 |
| Environmental Performance Specifications | 17 |
| Durability Performance Specifications | 17 |
| Linear Pots | 18 |
| 5.0 Environmental and Reliability Data | 18 |
| 6.0 Measurement Techniques | 18 |
| 6.1 Circuit | 18 |
| 7.0 Glossary | 26 |
| Terminology | 26 |
| 8.0 FAQ | 28 |
| 9.0 Performance Optimization | 31 |
| 10.0 FSR Usage: The Do's and Don'ts | 33 |
| 11.0 Contact Interlink Electronics | 34 |

1.0 Introduction

1.1 Our Background

Launched in 1985, Interlink Electronics is the world's leading innovator of cost effective polymeric force sensors. Our R&D team has developed a spectrum of technologies for "touch" and user interfaces solutions, and machine process controls. Today, with over 20 years of industry-leading experience, Interlink Electronics continues to innovate by designing and manufacturing sensors for a full range of applications such as industrial, military, consumer electronics, mobile, medical, and pointing devices.

One of the first uses of our patented thin film Force Sensing Resistor® (FSR) technology was in electronic drums and other musical instruments. Mobile phones, portable media players, navigation devices, handheld gaming, digital cameras, and other portable electronics are just a handful of devices that use our FSR technology. Customers that have used our sensor solutions include: Motorola, Samsung, Sony, LG, Varian, and Microsoft.

Serving a global customer base from offices in the U.S., Japan, and Korea, Interlink Electronics continues to expand with a proven track record of breakthrough technology and customer service. With a rich and diverse product history, we have established ourselves as a clear business and technology leader in a wide range of markets and are currently reshaping how organizations connect with their customers.

1.2 Intellectual Property and Other Legal Matters

Interlink Electronics holds several domestic and international patents for its Force Sensing Resistor technology. FSR and Force Sensing Resistor are our trademarks. All other trademarks are the property of their respective owners.

The product information contained in this document provides general information and guidelines only and must not be used as an implied contract with Interlink Electronics. Acknowledging our policy of continual product development, we reserve the right to change, without notice, any detail in this publication. Since Interlink Electronics has no control over the conditions and method of use of our products, we suggest that any potential user confirm their suitability for their own application.

2.0 Theory of Operation

The most basic FSR consists of two membranes separated by a thin air gap. The air gap is maintained by a spacer around the edges and by the rigidity of the two membranes. One of the membranes has two sets of interdigitated fingers that are electrically distinct, with each set connecting to one trace on a tail. The other membrane is coated with FSR ink. When pressed, the FSR ink shorts the two traces together with a resistance that depends on applied force.

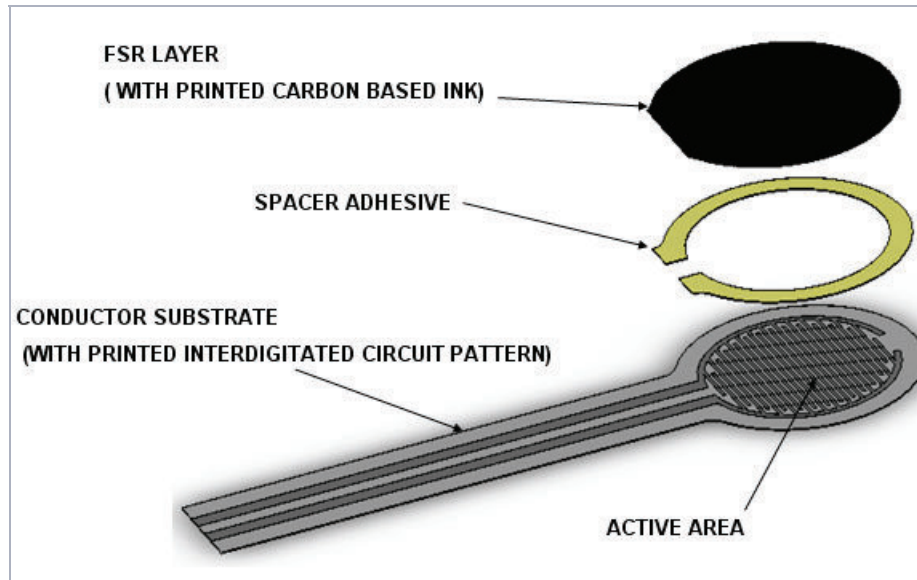


Figure 1: Basic FSR Construction

2.1 Basic Construction

Around the perimeter of the sensor is a spacer adhesive that serves both to separate the two substrates and hold the sensor together. This spacer typically has a thickness between 0.03mm and 0.1mm. This spacer may be screen printed of a pressure sensitive adhesive, may be cut from a film pressure sensitive adhesive, or may be built up using any combination of materials that can both separate and adhere to the two substrates.

Both membranes are typically formed on flexible polymer sheets such as PET, polyimide, or any other film material. In custom force sensors, the top substrate could be made with a slightly less flexible material, such as polycarbonate, thin metal or very thin circuit board material, as long as it is sufficiently deformable to allow a reasonable force to push the top substrate against the bottom substrate to activate the sensor.

The inside surface of one substrate is coated with FSR™ carbon-based ink. Figure 2 shows FSR ink under a microscope. When the two substrates are pressed together, the microscopic protrusions on the FSR ink surface short across the interdigitated fingers of the facing surface. At low forces only the tallest protrusions make contact. At higher forces more and more points make contact. The result is that the resistance between the conducting fingers is inversely proportional to the applied force.

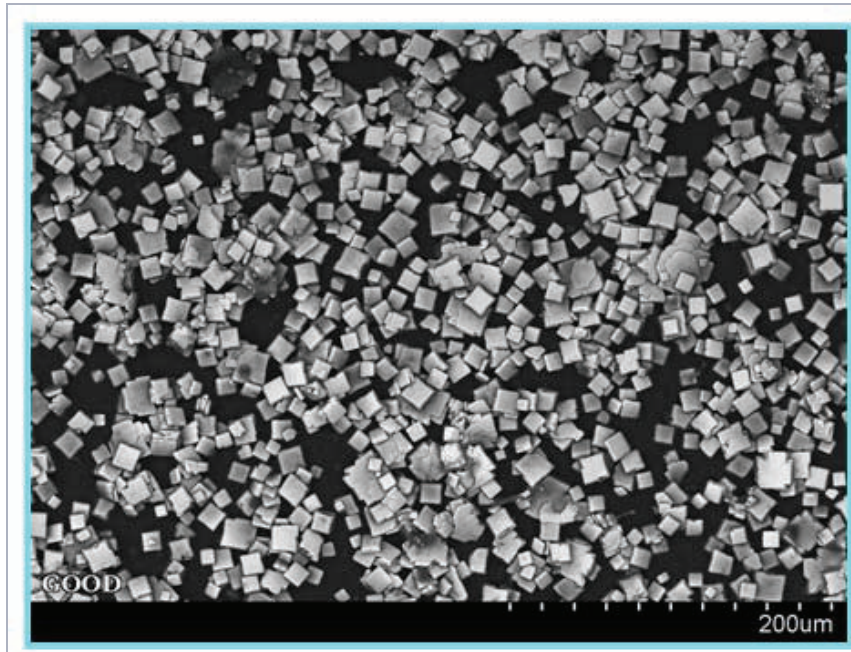


Figure 2: FSR Ink Micrograph

The conductive traces are typically screen printed from silver polymer thick film ink. However, these traces may also be formed out of gold plated copper as on flexible or standard circuit boards (FPC or PCB).

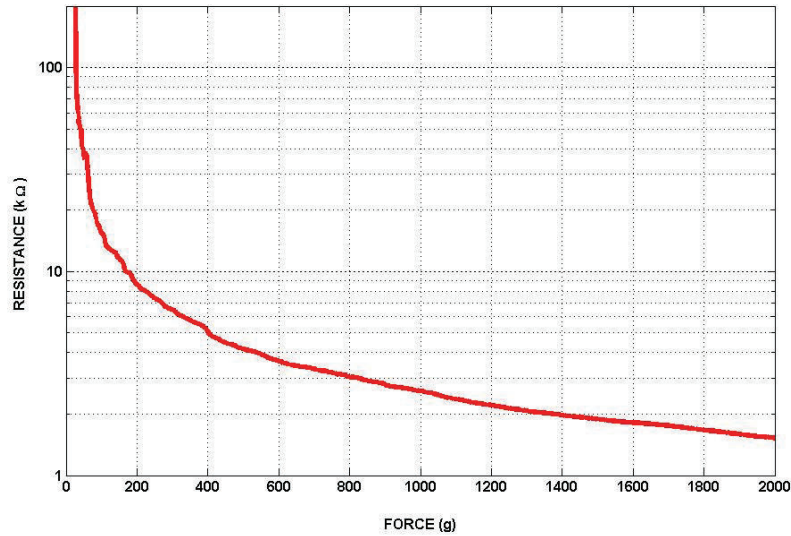
Force may be applied to either substrate. One of the exterior surfaces typically includes a mounting adhesive layer to allow mounting to a clean, smooth, rigid surface.

2.2 Force Curve

A typical resistance vs. force curve is shown in Figure 3. For interpretational convenience, the data is plotted on logarithmic scales. This particular force-resistance curve was measured from a model 402 sensor (12.7 mm diameter circular active area). A silicone rubber actuator with a 4 mm spherical radius tip and 60 Shore A durometer was used to press on the FSR).

The “actuation force” or turn-on threshold is typically defined as the force required to bring the sensor from open circuit to below 100k Ω resistance. This force is influenced by the substrate and overlay thickness and flexibility, size and shape of the actuator, and spacer-adhesive thickness (the size of the internal air gap between membranes).

Figure 3: Resistance vs. Force



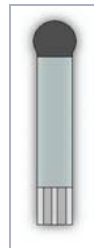
Immediately after turn-on, the resistance decreases very rapidly. At slightly higher and then intermediate forces, the resistance follows an inverse power law. At the high forces the response eventually saturates to a point where increases in force yield little or no decrease in resistance. Saturation can be pushed higher by spreading the applied force over a larger actuator.

3.0 FSR™ Force Sensing Resistor™ Products

Interlink designs and manufactures a broad array of sensor types. The basic FSR described above may be made in almost any shape or size and can even be made to detect position in addition to force. All of these products may be combined into arrays:

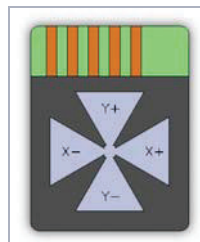
Single Zone

Single zone sensors can be made in a variety of shapes and sizes. Interlink provides both custom sensors and a standard catalog of round, square, and strip shaped single zone parts.



4-Zone Array

4-Zone sensors measure force applied in each of four cardinal directions. These are typically placed under buttons in keyboards or remote controls in order to create pointing mice. By measuring force on each zone, smooth 360° control can be accomplished. Interlink provides both custom sensors and a standard catalog of round and square shaped 4-zone arrays.

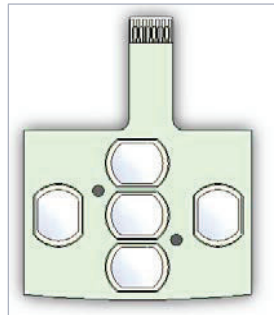


Other Arrays

In addition to 4-zone arrays, any other combination of force sensors can be arrayed on a common substrate of any shape. One example use is under the keys of a cell phone to measure force and more naturally fire haptic feedback. Another use is in the medical field, under mattresses or mats in order to measure patient presence, position, or motion. Beyond basic FSRs, arrays may include any of the more advanced elements detailed below.

Pressure Sensitive Snap Dome

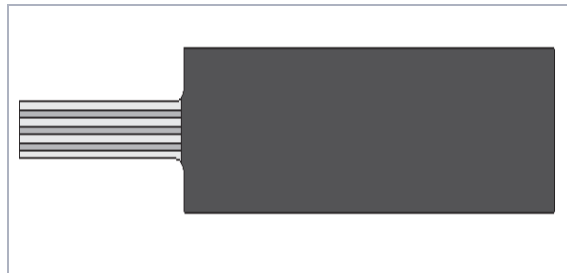
In applications requiring tactile feedback, such as buttons in consumer electronics, the usual method is to use a metallic snap dome. This basic switch function can be enhanced by adding force measurement with an FSR. The dome and FSR are built together into one sensor. Force can be measured both pre- and post-snap. This enables analog control functions such as zoom, scroll, volume, etc. In addition, these pressure sensitive domes can be put into arrays. In the example pictured below, the FSR snap dome array replaces the 5-way thumb navigation area of a smart phone to add 4-way directional control, circular scrolling, and pressure sensing functionality.



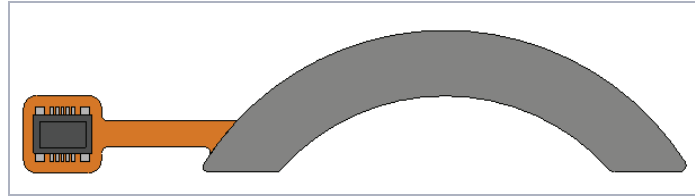
Linear and Rotational Pots

The manufacturing technology of FSRs also lends itself to the creation of various position sensors. Interlink has expertise in building, designing, and manufacturing several types, including: linear strips, arcs, full rings, and resistive touchpads. All of these position sensors may also be used to measure applied force.

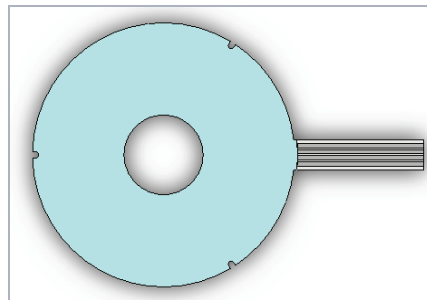
Linear potentiometer strips are three wire devices that can measure position and pressure of touch. These are useful in man-machine interfaces, such as for example as slider controls. They are also useful in machine control, for example to measure the position of a plunger in a vial or tank or some position in a motion control system. These sensors can be made between 4mm and 450mm wide and as long as 550mm.



Linear potentiometer strips can also be formed with arcs. The example below is fabricated on fpc with a board-to-board connector soldered on. Similar to straight linear pots, these can measure position along the arc and force.

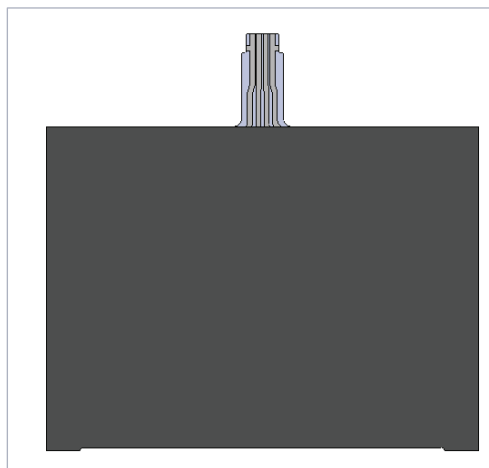


Full annular ring potentiometers are formed from overlapping sections of arc potentiometers to provide unbroken and smooth 360° detection. Simple measurement algorithms can be provided to interested customers. These can be made with outer diameters greater than 18mm, with or without a hole in the center.



Touchpad



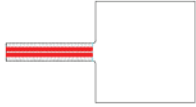


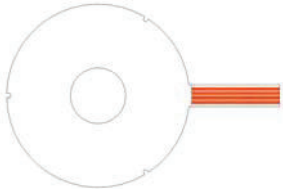
Interlink has also made a variety of resistive touchpad devices, such as the one pictured below. These can measure X and Y in Cartesian coordinates, plus pressure. We also have the unique capability to produce round or irregularly shaped Cartesian touchpads.



3.1 Standard vs. Custom

Standard

Standard FSRs deliver the most cost competitive solutions for a wide variety of applications. Cost savings are primarily achieved through reductions in tooling and engineering labor costs. The Interlink catalog of standard single zone FSRs is comprised of round, square, and strip sized sensors.

| PART TYPE | DESCRIPTION | PART IMAGE |
|-------------|-------------------------------|---|
| Model 400 | FSR, 0.2" [5mm] Circle |  |
| Model 402 | FSR, 0.5" [12.7mm] Circle |  |
| Model 406 | FSR, 1.5" [38.1mm] Square |  |
| Model 408 | FSR, 24" [609.6mm] Strip |  |
| VersaPad | Sensor, VersaPad, 65mm x 49mm |  |
| Ring Sensor | Sensor, Ring, 43mm Diameter |  |

Round

Standard round FSRs are offered in both Model 400 (Figure 5) and Model 402 (Figure 6) standard models. They are common and versatile products that can be incorporated into a variety of devices.

Measurements: millimeters [inches]

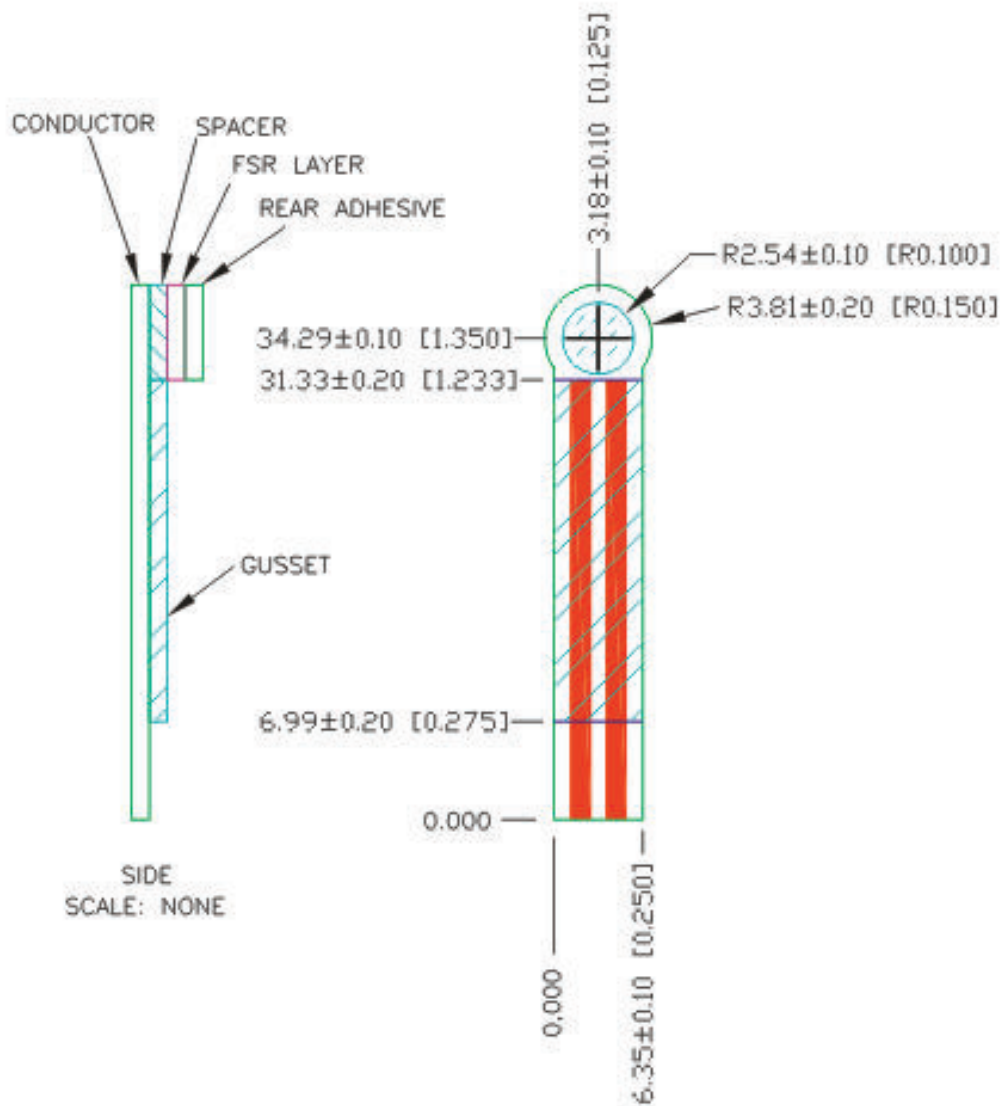


Figure 5: Model 400 Round FSR

Measurements: millimeters [inches]

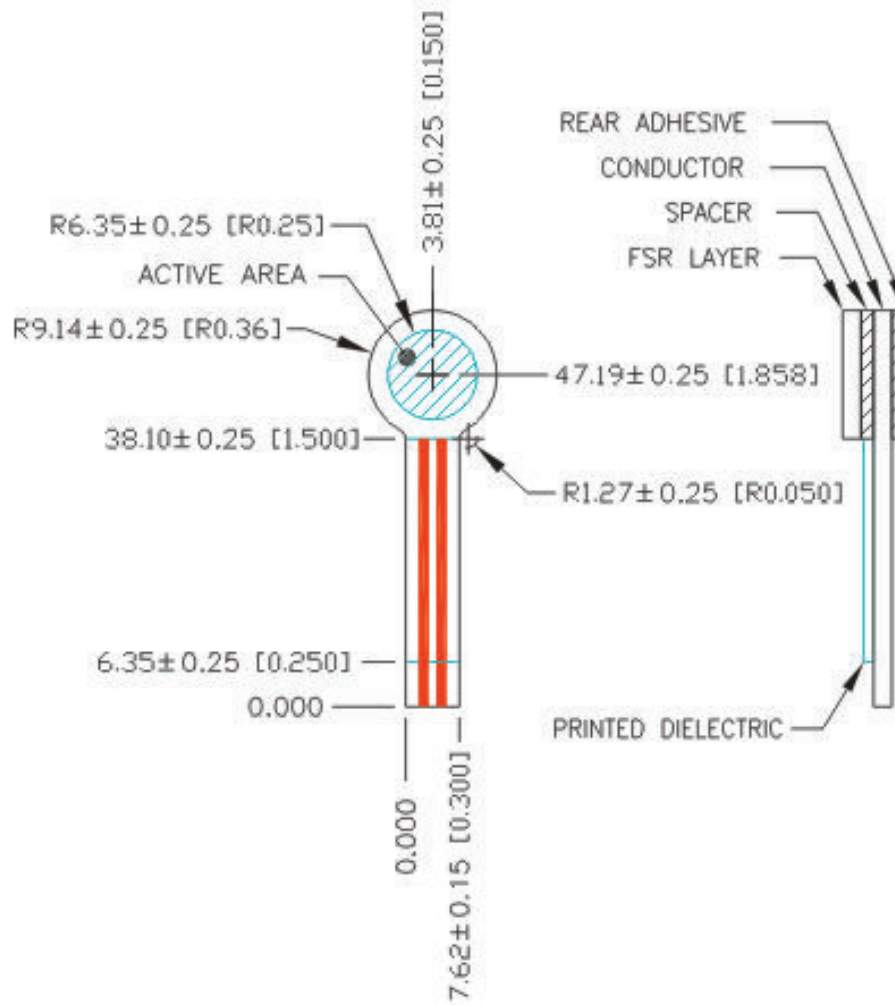


Figure 6: Model 402 Round FSR

Square

The standard Model 406 (Figure 7) square FSR, as compared to the round FSR, offers similar functionality within a larger electrically active area.

Measurements: millimeters [inches]

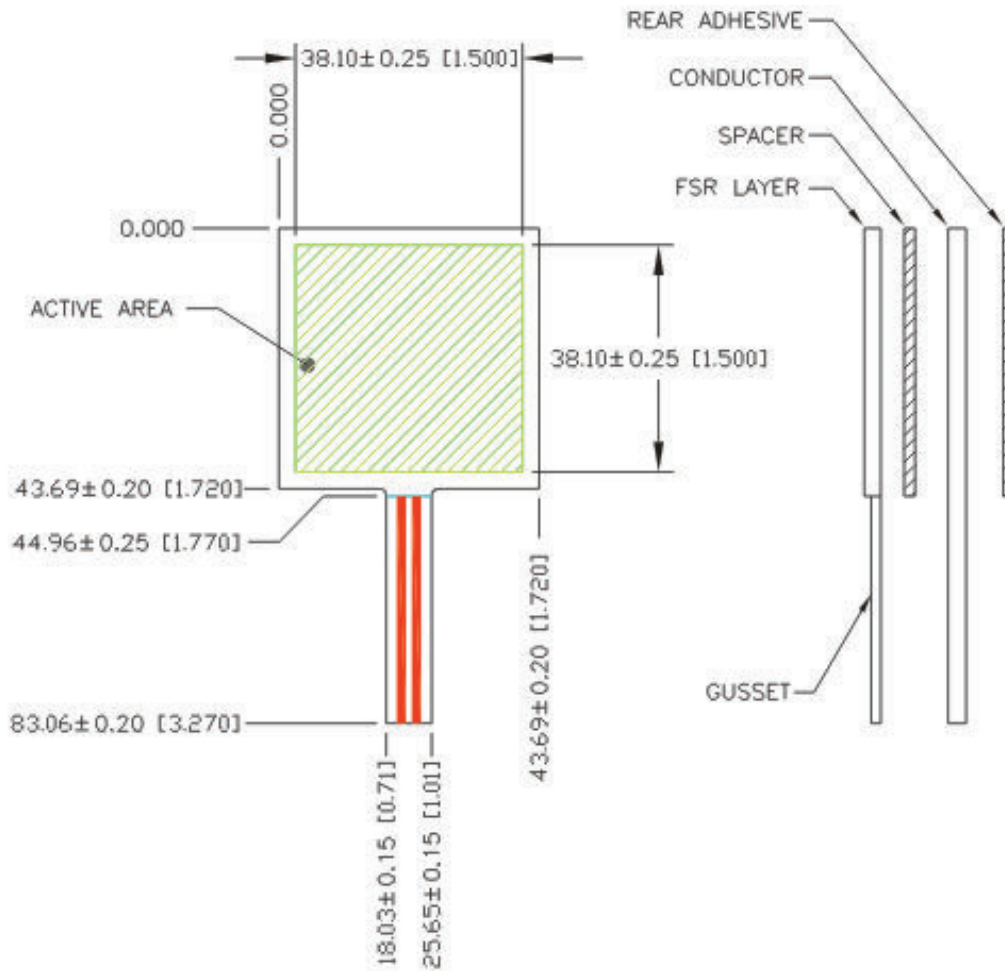


Figure 7: Model 406 Square FSR

Strip

The standard Model 408 (Figure 8) strip FSR is useful for force detection in large devices.

Measurements: **millimeters** [**inches**]

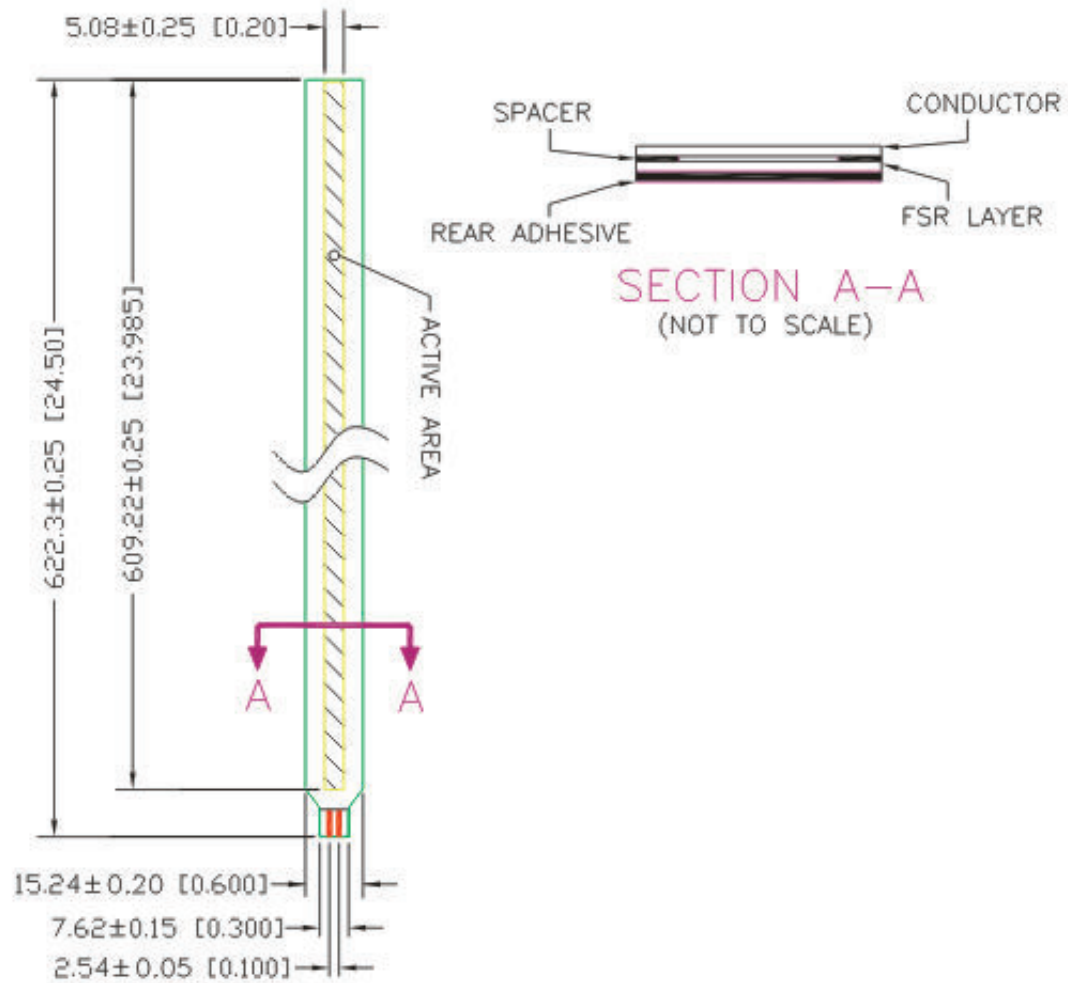


Figure 8: Model 408 Strip

VersaPad

The standard VersaPad sensor is useful for positional location and force detection.

Measurements: millimeters [inches]

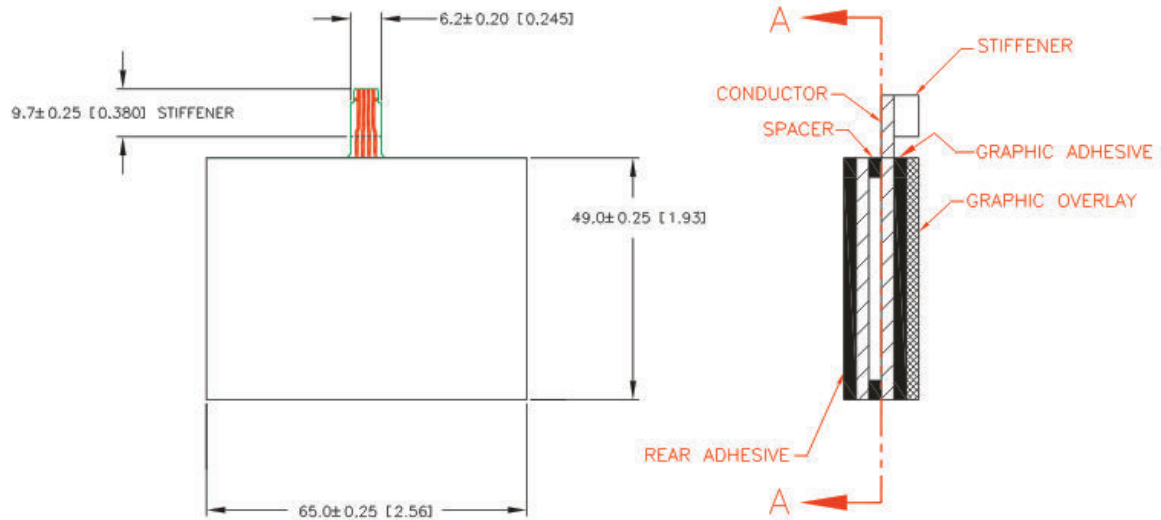


Figure 9: VersaPad Sensor

Ring Sensor

The standard ring sensor is useful for radial position location and force detection.

Measurements: **millimeters** [**inches**]

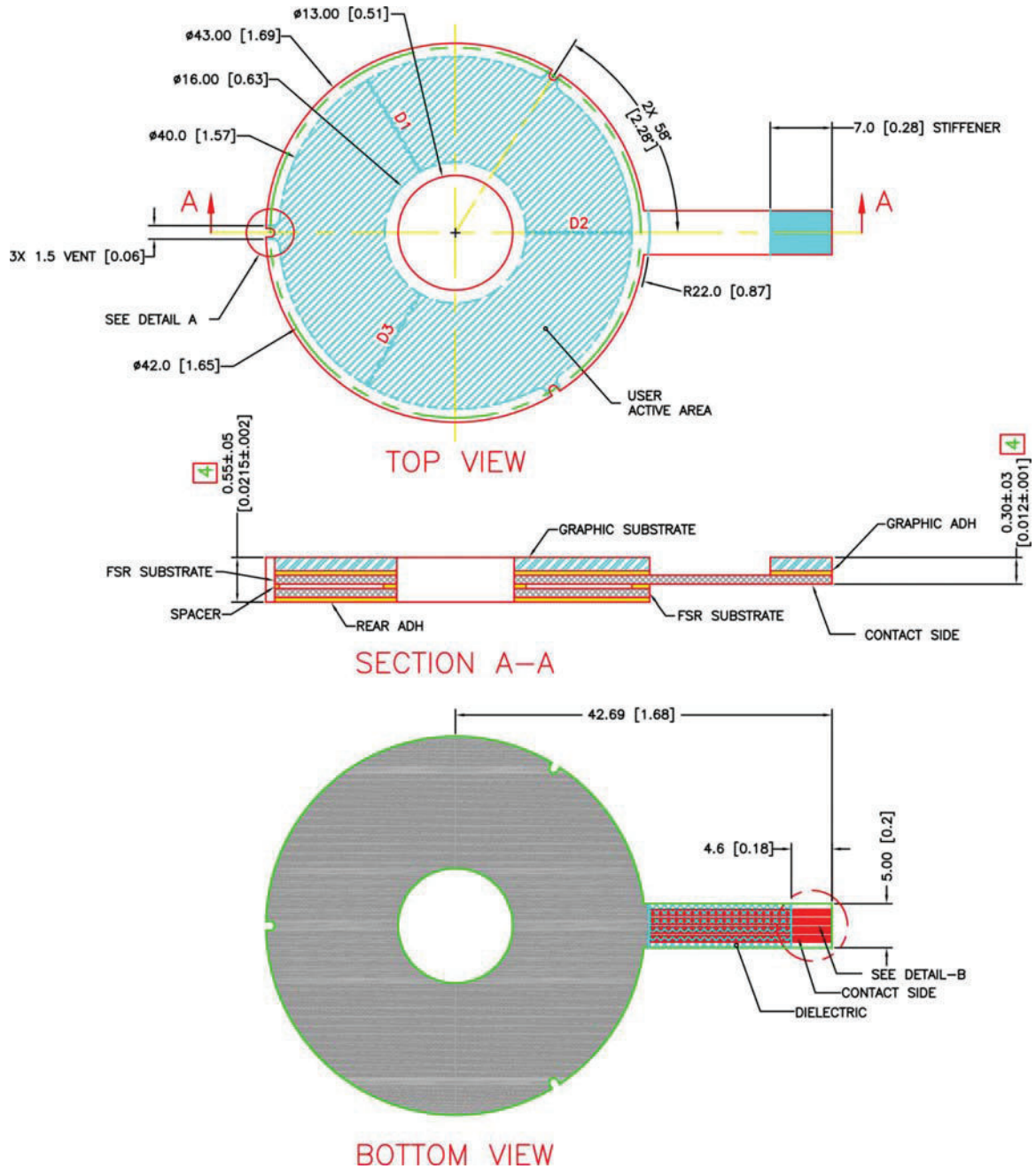


Figure 10: Ring Sensor

Custom Sensors

Custom sensors offer flexibility in meeting the needs of unique customer design requirements. All strip, ring, pad, pot, array, and 4 zone sensors are applicable.

Below are some of the typical customization options available. Contact your Interlink representative for additional details, custom sensor examples, and to learn more about the Custom Design Process.

Shapes and Sizes

Interlink custom sensors come in a variety of shapes, sizes, and zone quantities.

Graphic Overlays and Actuators

Incorporation of a protective graphic overlay is a design option to be considered for enhanced aesthetic and durability requirements. A decorative graphic can be screen printed on the inner surface of the overlay.

Material Options

While Interlink is capable of incorporating a broad range of materials, our sensors generally rely on the following core materials – PET, FPC, FR4, various textured polyester films and adhesives.

Connection Methods

A wide range of connection options are available from flex tail and board to board connectors to direct solder & overmold and even conductive adhesives.

4.0 Performance Specifications

Below are typical parameters. The FSR is a custom device and can be made for use outside these characteristics. Consult us your specific requirements.

General

| PARAMETER | VALUE | NOTES |
|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Force Sensitivity Range | 10 g to 1.0 kg (0.1 to 10N) | Dependent on mechanics |
| Break Force (Activation Force) | 10 g (0.1N) | Dependent on mechanics and FSR build |
| Part-to-Part Force Repeatability | ± 6% of established nominal | With a repeatable actuation system |
| Single Part Force Repeatability | ± 2% of initial reading | With a repeatable actuation system |
| Hysteresis | + 10% Average | $(R_{F+} - R_{F-})/R_{F+}$ |
| Long Term Drift | < 5% per $\log_{10}(\text{time})$ | Tested to 35 days, 1kg load |
| Force Resolution | Continuous | Depends on measurement electronics |
| Stand-Off Resistance | > 10M Ω | Unloaded, unbent |
| Switch Travel | 0.05mm | Typical; depends on design |
| Device Rise Time | <3 microseconds | Measured with drop of steel ball |
| Maximum Current | 1 mA/cm ² of applied force | |
| EMI / ESD | Generates no EMI; not ESD sensitive | |

Specifications are derived from measurements taken at 1000 grams, and are given as (one standard deviation / mean), unless otherwise noted.

Environmental Performance Specifications

| PARAMETER | TYPICAL R CHANGE | NOTES |
|-------------------------------|---|--|
| Hot Operation | -15% | 85°C after 1 hour |
| Cold Operation | -5% | -40°C after 1 hour soak |
| Hot Humid Operation | +10% | +85°C, 95% RH, after 1hour |
| Hot or Cold Storage | -10% | -25°C to +85°C, 120hrs |
| Hot Humid Storage Temperature | + 30% of established nominal resistance | +85°C, 95% RH, 240 hours |
| Thermal Shock | ± 2% typical | -25°C to +70°C, 10 Cycles, 15 minute dwell, 5 minute transitions |

Note: Specifications are derived from measurements taken at 1000 grams.

Durability Performance Specifications

| PARAMETER | TYPICAL R CHANGE | NOTES |
|--------------------------------|------------------|--|
| Tap Testing | -10% | 10 million actuations, 1kg, 4Hz |
| Constant Load | -5% | 2.5 kg standing load, 24 hrs |
| Chemical Resistance | | The following chemicals do not affect the operation when applied to the outside of the sensor: cola, coffee, isopropyl alcohol, soap solution, household cleaners. No others tested. Application is a single drop on the exterior of the sensor that is allowed to soak until evaporation and does not enter the sensor. |
| Sensitivity to Noise/Vibration | No effect | |

Note: Specification derived from measurements taken at 1000 grams.

Linear Pots

| PARAMETER | VALUE | NOTES |
|-----------------------|--------------------------------------|---|
| Positional Resolution | 0.075 to 0.5 mm (0.003" to 0.02") | Dependent on actuator size and electronics and exact design |
| Positional Accuracy | Better than $\pm 2\%$ of full length | |

5.0 Environmental and Reliability Data

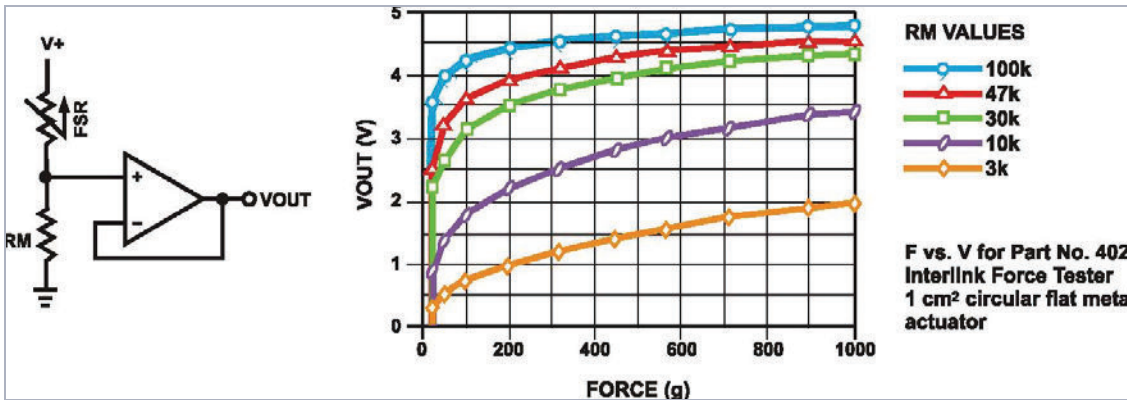
Contact your Interlink Representative for full details.

6.0 Measurement Techniques

6.1 Circuit

Voltage Divider

Figure 9: FSR Voltage Divider



FSR Voltage Divider

For a simple force-to-voltage conversion, the FSR device is tied to a measuring resistor in a voltage divider configuration. The output is described by the equation:

$$V_{OUT} = \frac{R_M V_+}{(R_M + R_{FSR})}$$

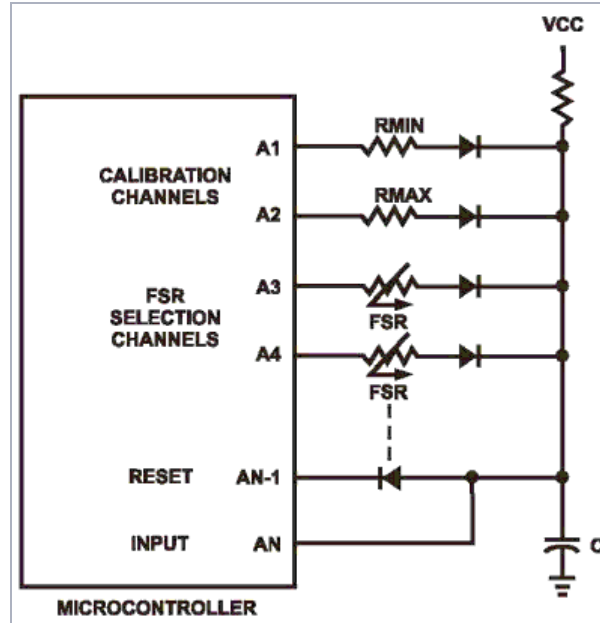
In the shown configuration, the output voltage increases with increasing force. If R_{FSR} and R_M are swapped, the output swing will decrease with increasing force.

The measuring resistor, R_M , is chosen to maximize the desired force sensitivity range and to limit current. Depending on the impedance requirements of the upstream measuring circuit (for example the ADC of a microcontroller), the op-amp voltage follower may be required.

A family of Force vs. V_{OUT} curves is shown on the graph above for a standard FSR in a voltage divider configuration with various R_M resistors. A (V_+) of +5V was used for these examples.

Multi-Channel FSR-to-Digital Interface

Figure 12: Multi-Channel FSR-to-Digital Interface



Sampling Cycle (any FSR channel):

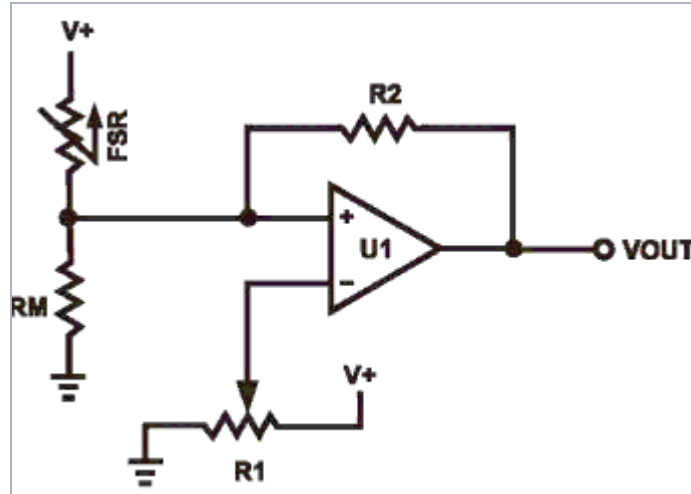
The microcontroller switches to a specific FSR channel, toggling it high, while all other FSR channels are toggled low. The RESET channel is toggled high, a counter starts and the capacitor C1 charges, with its charging rate controlled by the resistance of the FSR ($t \sim RC$). When the capacitor reaches the high digital threshold of the INPUT channel, the counter shuts off, the RESET is toggled low, and the capacitor discharges.

The number of “counts” it takes from the toggling of the RESET high to the toggling of the INPUT high is proportional to the resistance of the FSR. The resistors RMIN and RMAX are used to set a minimum and maximum “counts” and therefore the range of the “counts.” They are also used periodically to re-calibrate the reference. A sampling cycle for RMIN is run; the number of “counts” is stored and used as a new zero. Similarly, a sampling cycle for RMAX is run and the value is stored as the maximum range (after subtracting the RMIN value). Successive FSR samplings are normalized to the new zero. The full range is “zoned” by dividing the normalized maximum “counts” by the number of desired zones. This will delineate the window size or width of each zone.

Continual sampling is done to record changes in FSR resistance due to change in force. Each FSR is selected sequentially.

FSR Variable Force Threshold Switch

Figure 13: FSR Variable Force Threshold Switch



This simple circuit is ideal for applications that require on-off switching at a specified force, such as touch-sensitive membrane, cut-off, and limit switches. For a variation of this circuit that is designed to control relay switching, please see the next page.

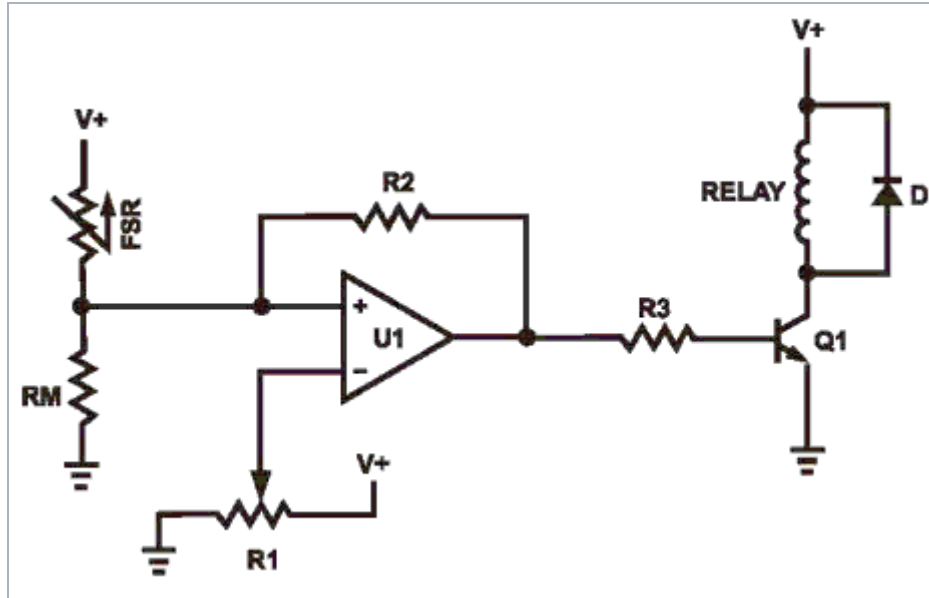
The FSR device is arranged in a voltage divider with R_M . An op-amp, U1, is used as a comparator. The output of U1 is either high or low. The non-inverting input of the op-amp is driven by the output of the divider, which is a voltage that increases with force. At zero force, the output of the op-amp will be low. When the voltage at the non-inverting input of the op-amp exceeds the voltage of the inverting input, the output of the op-amp will toggle high. The triggering voltage, and therefore the force threshold, is set at the inverting input by the pot R1. The hysteresis, R2, acts as a “debouncer,” eliminating any multiple triggerings of the output that might occur.

Suggested op-amps are LM358 and LM324. Comparators like LM393 also work quite well. The parallel combination of R2 with R_M is chosen to limit current and to maximize the desired force sensitivity range. A typical value for this combination is about 47k Ω .

The threshold adjustment pot, R1, can be replaced by two fixed value resistors in a voltage divider configuration.

FSR Variable Force Threshold Relay Switch

Figure 14: FSR Variable Force Threshold Relay Switch



This circuit is a derivative of the simple FSR Variable Force Threshold Switch on the previous page. It has use where the element to be switched requires higher current, like automotive and industrial control relays.

The FSR device is arranged in a voltage divider with R_M . An op-amp, U1, is used as a comparator. The output of U1 is either high or low. The non-inverting input of the op-amp sees the output of the divider, which is a voltage that increases with force. At zero force, the output of the op-amp will be low. When the voltage at the non-inverting input of the op-amp exceeds the voltage of the inverting input, the output of the op-amp will toggle high. The triggering voltage, and therefore the force threshold, is set at the inverting input by the pot R1. The transistor Q1 is chosen to match the required current specification for the relay. Any medium power NPN transistor should suffice. For example, an NTE272 can sink 2 amps, and an NTE291 can sink 4 amps. The resistor R3 limits the base current (a suggested value is 4.7k Ω). The hysteresis resistor, R2, acts as a “debouncer,” eliminating any multiple triggerings of the output that might occur.

Suggested op-amps are LM358 and LM324. Comparators like LM393 and LM339 also work quite well, but must be used in conjunction with a pull-up resistor. The parallel combination of R2 with R_M is chosen to limit current and to maximize the desired force sensitivity range. A typical value for this combination is about 47k Ω .

The threshold adjustment pot, R1, can be replaced by two fixed value resistors in a voltage divider configuration. The diode D1 is included to prevent flyback, which could harm the relay and the circuitry.

FSR Current-to-Voltage Converter

In this circuit, the FSR device is the input of a current-to-voltage converter. The output of this amplifier is described by the equation:

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot \left(-\frac{R_G}{R_{FSR}} \right)$$

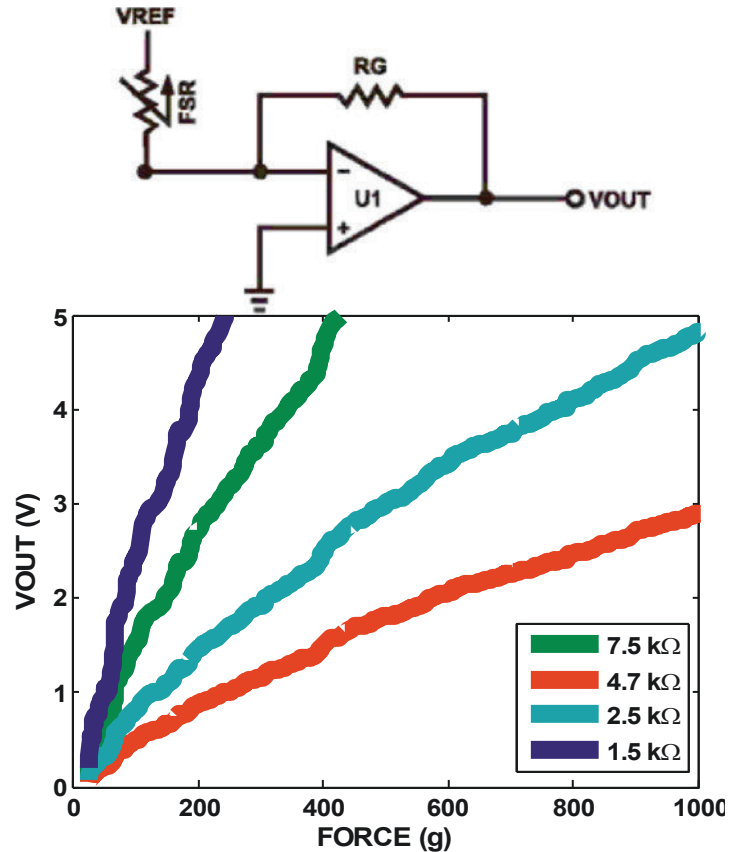
With a positive reference voltage, the output of the op-amp must be able to swing below ground, from 0V to $-V_{REF}$, therefore dual sided supplies are necessary. A negative reference voltage will yield a positive output swing, from 0V to $+V_{REF}$.

$$V_{OUT} = \frac{(-R_G \cdot V_{REF})}{R_{FSR}}$$

V_{OUT} is inversely proportional to R_{FSR} . Changing R_G and/or V_{REF} changes the response slope. The following is an example of the sequence used for choosing the component values and output swing:

For a human-to-machine variable control device, like a joystick, the maximum force applied to the FSR is about 1kg. Testing of an example FSR shows that the corresponding R_{FSR} at 1kg is about 2.9k Ω . If V_{REF} is $-5V$, and an output swing of 0V to $+5V$ is desired, then R_G should be approximately equal to this minimum R_{FSR} . A full swing of 0V to $+5V$ is thus achieved. A set of FORCE vs. V_{OUT} curves is shown in Figure 15 for a standard FSR using this interface with a variety of R_G values.

Figure 15: FSR Current-to-Voltage

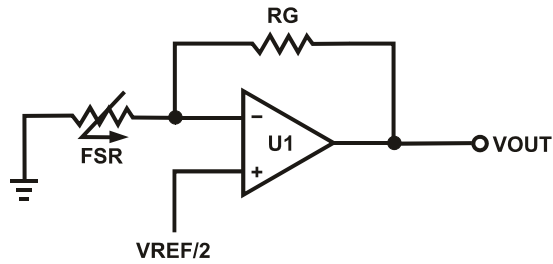


F vs. V for Part No. 402
Interlink Force Tester
1 cm² circular flat metal
actuator

The current through the FSR device should be limited to less than 1 mA/square cm of applied force. As with the voltage divider circuit, adding a resistor in parallel with RFSR will give a definite rest voltage, which is essentially a zero-force intercept value. This can be useful when resolution at low forces is desired.

Additional FSR Current-to-Voltage Converters

Figure 16: Additional FSR Current-to-Voltage Converter



These circuits are a slightly modified version of the current-to-voltage converter detailed on the previous page. Please refer to it for more detail.

The output of Figure 16 is described by the equation:

$$V_{OUT} = R_M \left(\frac{V_{out} - V_+}{V_+} \right)$$

The output swing of this circuit is from (VREF/2) to 0V. In the case where RG is greater than RFSR, the output will go into negative saturation.

The output of Figure 17 is described by the equation:

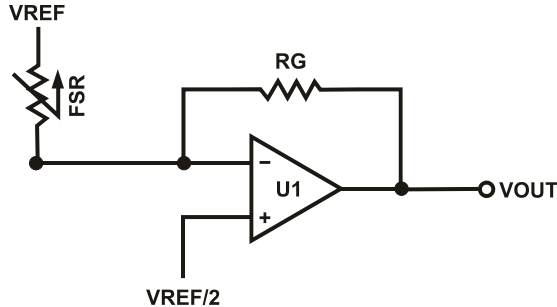
$$V_{OUT} = \frac{V_{REF}}{2} \cdot \left(1 + \frac{R_G}{R_{FSR}} \right)$$

The output swing of this circuit is from (VREF/2) to VREF. In the case where RG is greater than RFSR, the output will go into positive saturation.

For either of these configurations, a zener diode placed in parallel with RG will limit the voltage built up across RG. These designs yield one-half the output swing of the previous circuit, but only require single sided supplies and positive reference voltages. Like the preceding circuit, the current through the FSR should be limited to less than 1 mA/square cm of applied force.

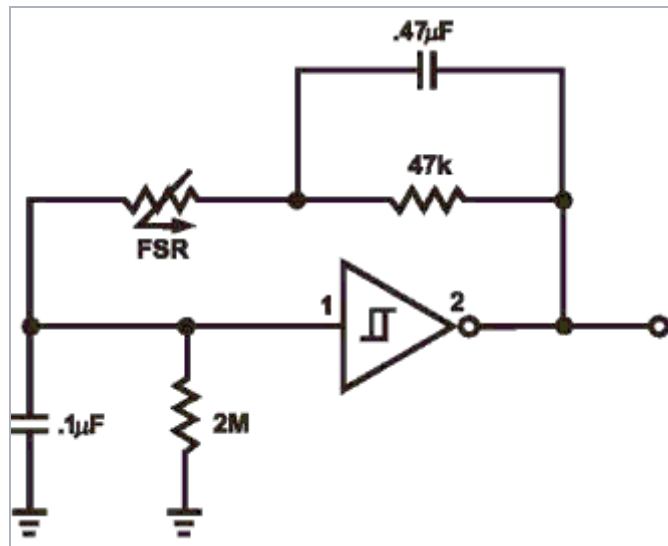
Suggested op-amps are LM358 and LM324.

Figure 17: Additional FSR Current-to-Voltage Converter



FSR Schmitt Trigger Oscillator

Figure 18: FSR Schmitt Trigger Oscillator



In this circuit, an oscillator is made using the FSR device as the feedback element around a Schmitt Trigger. In this manner, a simple force-to-frequency converter is made. At zero force, the FSR is an open circuit. Depending on the last stage of the trigger, the output remains constant, either high or low. When the FSR is pressed, the oscillator starts, its frequency increasing with increasing force. The 2MΩ resistor at the input of the trigger insures that the oscillator is off when FSRs with non-infinite resistance at zero force are used. The 47kΩ resistor and the 0.47 μF capacitor control the force-to-frequency characteristic. Changes in the “feel” of this circuit can be made by adjusting these values. The 0.1μF capacitor controls the frequency range of the oscillator. By implementing this circuit with CMOS or TTL, a digital process can be controlled by counting leading and/or trailing edges of the oscillator output. Suggested Schmitt Triggers are CD40106, CD4584 or 74C14.

7.0 Glossary

Terminology

Active Area: The area of an FSR device that responds to normal force with a decrease in resistance. This is typically the central area of the sensor more than 0.5mm from the inside edge of the spacer.

Actuator: An object that contacts the sensor surface and applies force to FSRs.

Applied Force: The force applied by the actuator on the sensor active area.

Array: Any grouping or matrix of FSR sensors which can be individually actuated and measured, usually all built together as a unit.

Break Force: The minimum force required, with a specific actuator size, to cause the onset of the FSR response. Typically defined as the force required to reach below 100kΩ.

Cross-talk: Measurement noise or inaccuracies of a sensor as a result of the actuation of another sensor on the same substrate. See also false triggering.

Drift: The change in resistance with time under a constant (static) load. Also called resistance drift.

Durometer: The measure of the hardness of rubber.

EMI: Electromagnetic interference.

ESD: Electrostatic discharge.

False triggering: The unwanted actuation of a FSR device from unexpected stimuli; e.g., bending or cross-talk.

Force Resolution: The smallest measurable difference in force.

FSR: Force Sensing Resistor. A polymer thick film device with exhibits a decrease in resistance with an increase in force applied normal to the device surface.

Graphic Overlay: A printed substrate that covers the FSR. Usually used for aesthetics and protection.

Housed Female: A stitched on AMP connector with a receptacle (female) ending. A black plastic housing protects the contacts. Suitable for removable ribbon cable connector and header pin attachment.

Hysteresis: In a dynamic measurement, the difference between instantaneous force measurements at a given force for an increasing load versus a decreasing load.

Repeatability: The ability to repeat, within a tolerance, a previous response characteristic.

Response Characteristic: The relationship of force or pressure vs. resistance.

Saturation Pressure: The pressure level beyond with the FSR response characteristic deviates from its inverse power law characteristic. Past the saturation pressure, increases in force yield little or no decrease in resistance.

Spacer Adhesive: The adhesive used to laminate FSR devices tighter. Dictates stand-off.

Stand-off: The gap or distance between the opposed polymer film layers when the sensor is unloaded and unbent.

Stand-off Resistance: The FSR resistance when the device is unloaded and unbent.

Substrate: Any base material on which the FSR semi-conductive or metallic polymers are printed. (For example, polyetherimide, polyethersulfone and polyester films).

Tail: The region where the lead out or busing system terminates. Generally, the tail ends in a connector.

8.0 FAQ

Below are answers to our most frequently asked questions:

What are some applications in which the Interlink sensors have been used?

Interlink sensors provide economical solutions and OEM tools to a variety of force measurement applications. Our sensors have been integrated into drug delivery devices, QA/QC equipment, industrial controls, sports and recreational gear, and more.

How much do the system and sensors cost?

Pricing varies and it is quoted by Interlink Electronics, or an authorized distributor.

What is your return policy?

Package must be returned unopened within 48 hours of receipt of merchandise.

How does the sensor react to force? Is the resistance constant, or is it decreasing with a constant value?

The inks in our sensors are resistive: the greater the force, the less the resistance.

How much can I overload the sensor without damaging it?

The mechanical properties of the different force range sensors are very similar. The polymer materials from which these sensors are manufactured will start to deform plastically around 6.89 newtons/square millimeter (10,000 pounds/square inch).

What is the lifetime of a Interlink sensor?

The durability of the Interlink sensor depends on the conditions to which it is exposed: magnitude of the load, the interface material, and the direction of the load (minimal shear). The sensor is typically operational beyond 1,000,000 hits.

What materials/conditions could damage the sensor?

Temperatures >215.55°C (420°F), water-submersion (as the adhesive holding the top & bottom layers together would likely separate), sharp objects, shear forces, creasing the sensor, and loads that are around or above 6.89 newtons/square millimeter (10,000 pounds/square inch) can damage the sensor.

Can I fold the sensor?

The sensor is designed to be flexible; however the sensing area should not be folded as this causes shearing. The traces should not be bent more than 90° as the silver conductive leads could break.

Can I adhere the sensor to a surface?

If you need to adhere the sensor to a surface, a thin, double-sided tape is recommended. Often the sensors are supplied with such a rear adhesive, covered with a removable liner.

What surface is best to use underneath the sensor?

A flat, smooth surface is ideal. Trapped air bubbles or dirt particles can cause the sensor to appear loaded in the absence of an external load.

What drive voltages can I apply to the sensor?

Electrically the sensors look like passive resistors. Any voltage that suits your circuit is fine. From 0.1V (as long as signal-to-noise (S/N) ratio remains acceptable) to 5V is the typical range.

What is the resistance range of the sensor?

The resistance range of the sensor is typically from >1MΩ at no load to approximately 1kΩ at full load. This can vary depending on the details of the sensor and actuating mechanics.

How long must the sensor be unloaded before you load it again?

There is no exact or estimated time.

Are the Interlink sensors waterproof?

No, the sensors are not designed for use under water. The FSR material is not compatible with direct liquid contact. Sensors are ideally suited to placement behind a waterproof enclosure.

Does humidity have any effect on the sensor?

Yes, of all environmental extremes humidity causes the most change. Extreme humidity, for example 85 RH at 85C for hundreds of hours, will shift resistance dramatically upward.

Can the sensors pick up electrical noise?

FSRs are no more prone to noise pickup than a passive resistor, although they can have considerable surface area. Proximity to high intensity RF sources may require special measures.

What is the smallest active sensing area you can make?

Sensor sizes range from a minimum head dimension of 5mm (3mm active area) to a maximum of 56 x 42cm.

What is the usual turn-around time for custom designs?

From receipt of purchase order to completion of prototype, 2 - 4 weeks, depending on queue status at the time of order.

What are the minimum and maximum quantities you can do annually?

Due to the cost involved, we typically do not design custom sensors for when expected volumes are low. The maximum quantities that can be produced depend on several factors. We have produced specific sensors in volumes as high as 20M pcs per year.

What is the average cost of a custom design?

Each request is different, depending on size, complexity of design, force ranges, quantities, etc. Contact an Interlink sales agent for pricing.

9.0 Performance Optimization

For best results, follow these seven steps when beginning any new product design, proof-of-concept, technology evaluation, or first prototype implementation:

1. Start with Reasonable Expectations (Know Your Sensor)

The FSR sensor is not a strain gauge, load cell or pressure transducer. While it can be used for dynamic measurement, only qualitative results are generally obtainable. Force accuracy ranges from approximately $\pm 6\%$ to $\pm 50\%$ depending on the consistency of the measurement and actuation system, the repeatability tolerance held in manufacturing, and the extremes of the environment.

2. Choose the Sensor that Best Fits the Geometry of Your Application

Usually sensor size and shape are the limiting parameters in FSR integration, so any evaluation part should be chosen to fit the desired mechanical actuation system. In general, standard FSR products have a common response and only by varying actuation methods (e.g. overlays and actuator areas) or electrical interfaces can different response characteristics be achieved.

3. Set-up a Repeatable and Reproducible Mechanical Actuation System

When designing the actuation mechanics, follow these guidelines to achieve the best force repeatability:

- Provide a consistent force distribution. FSR response is very sensitive to the distribution of the applied force. In general, this precludes the use of dead weights for characterization since exact duplication of the weight location is rarely repeatable cycle-to-cycle. A consistent weight (force) distribution is more difficult to achieve than merely obtaining a consistent total applied weight (force). As long as the distribution is the same cycle-to-cycle, then repeatability will be maximized. The use of a thin elastomer between the applied force and the FSR can help absorb error from inconsistent force distributions.
- Keep the actuator area, shape, and material properties consistent. Changes in these parameters significantly alter the response of a given sensor. Any test, mock-up, or evaluation conditions should be closely matched to the final use conditions. The greater the cycle-to-cycle consistency of these parameters, the greater the device repeatability. In human interface applications where a finger is the mode of actuation, perfect control of these parameters is not generally possible. However, human perception of force is somewhat inaccurate so these applications may be more forgiving.
- Control actuator placement. In cases where the actuator is to be smaller than the FSR active area, cycle-to-cycle consistency of actuator placement is necessary. (Caution: FSR layers are held together by an adhesive that surrounds the electrically active areas. If force is applied over an area which includes the adhesive, the resulting response characteristic will be drastically altered.) In an extreme case (e.g., a large, flat, hard actuator that bridges the bordering adhesive), the adhesive can prevent FSR actuation.

- Keep actuation cycle time consistent. Because of the time dependence of the FSR resistance to an applied force (drift), it is important when characterizing the sensor system to assure that increasing loads (e.g. force ramps) are applied at consistent rates (cycle-to-cycle). Likewise, static force measurements must take into account FSR mechanical setting time. This time is dependent on the mechanics of actuation and the amount of force applied and is usually on the order of seconds.

4. Use the Optimal Electronic Interface

In most product designs, the critical characteristic is Force vs. Output Voltage, which is controlled by the choice of interface electronics. A variety of interface solutions are detailed in the Tech Notes section of this guide. Summarized here are some suggested circuits for common FSR applications:

- For FSR Pressure or Force Switches, use the simple interfaces detailed on page 21.
- For dynamic FSR measurements or Variable Controls, a current-to-voltage converter (see page 22) is recommended. This circuit produces an output voltage that is inversely proportional to FSR resistance. Since the FSR resistance is roughly inversely proportional to applied force, the end result is a direct proportionality between force and voltage; in other words, this circuit gives roughly linear increases in output voltage for increases in applied force. This linearization of the response optimizes the resolution and simplifies data interpretation.

5. Develop a Nominal Voltage Curve and Error Spread

When a repeatable and reproducible system has been established, data from a group of FSR parts can be collected. Test several FSR parts in the system. Record the output voltage at various pre-selected force points throughout the range of interest. Once a family of curves is obtained, a nominal force vs. output voltage curve and the total force accuracy of the system can be determined.

6. Use Part Calibration if Greater Accuracy is Required

For applications requiring the highest obtainable force accuracy, part calibration will be necessary. Two methods can be utilized: *gain and offset trimming*, and *curve fitting*.

- Gain and offset trimming can be used as a simple method of calibration. The reference voltage and feedback resistor of the current-to-voltage converter are adjusted for each FSR to pull their responses closer to the nominal curve.
- Curve fitting is the most complete calibration method. A parametric curve fit is done for the nominal curve of a set of FSR devices, and the resultant equation is stored for future use. Fit parameters are then established for each individual FSR (or sensing element in an array) in the set. These parameters, along with the measured sensor resistance (or voltage), are inserted into the equation to obtain the force reading. If needed, temperature compensation can also be included in the equation.

7. Refine the System

Spurious results can normally be traced to sensor error or system error. If you have any questions, contact Interlink Electronics' Sales Engineers to discuss your system and final data.

10.0 FSR Usage: The Do's and Don'ts

- **Do** follow the seven steps of the FSR Integration Guide.
- **Do**, if possible, use a firm, flat and smooth mounting surface.
- **Do** be careful if applying FSR devices to curved surfaces. Pre-loading of the device can occur as the two opposed layers are forced into contact by the bending tension. The device will still function, but the dynamic range may be reduced and resistance drift could occur. The degree of curvature over which an FSR can be bent is a function of the size of the active area. The smaller the active area, the less effect a given curvature will have on the FSR's response.
- **Do** avoid air bubbles and contamination when laminating the FSR to any surface. Use only thin, uniform adhesives, such as Scotch® brand double-sided laminating adhesives. Cover the entire surface of the sensor.
- **Do** be careful of kinks or dents in active areas. They can cause false triggering of the sensors.
- **Do** protect the device from sharp objects. Use an overlay, such as a polycarbonate film or an elastomer, to prevent gouging of the FSR device.
- **Do** use soft rubber or a spring as part of the actuator in designs requiring some travel.
- **Do not** kink or crease the tail of the FSR device if you are bending it; this can cause breaks in the printed silver traces. The smallest suggested bend radius for the tails of evaluation parts is about 2.5 mm (0.1"). In custom sensor designs, tails have been made that bend over radii of 0.8 mm (0.03"). Also, be careful if bending the tail near the active area. This can cause stress on the active area and may result in pre-loading and false readings.
- **Do not** block the vent. FSR devices typically have an air vent that runs from the open active area down the length of the tail and out to the atmosphere. This vent assures pressure equilibrium with the environment, as well as allowing even loading and unloading of the device. Blocking this vent could cause FSRs to respond to any actuation in a non-repeatable manner. Also note that if the device is to be used in a pressure chamber, the vented end will need to be kept vented to the outside of the chamber. This allows for the measurement of the differential pressure.
- **Do not** solder directly to the exposed silver traces. With flexible substrates, the solder joint will not hold and the substrate can easily melt and distort during the soldering. Use Interlink Electronics standard connection techniques, such as solderable tabs, housed female contacts, Z-axis conductive tapes, or ZIF (zero insertion force) style connectors.
- **Do not** use cyanoacrylate adhesives (e.g. Krazy Glue) and solder flux removing agents. These degrade the substrate and can lead to cracking.
- **Do not** apply excessive shear force. This can cause delamination of the layers.
- **Do not** exceed 1mA of current per square centimeter of applied force (actuator area). This can irreversibly damage the device.

11.0 Contact Interlink Electronics

United States

Corporate Offices

Interlink Electronics, Inc.
546 Flynn Road
Camarillo, CA 93012, USA
Phone: +1-805-484-8855
Fax: +1-805-484-9457
Web: www.interlinkelectronics.com
Sales and support: fsr@interlinkelectronics.com

Japan

Interlink Electronics Inc. Japan Office

Kannai-Keihin Bldg. 10F/1004
2-4-2 Ougi-cyo, Naka-ku
Yokohama-shi, Kanagawa-ken 231-0027
Japan
Phone: +81-45-263-6500
Fax: +81-45-263-6501
Web: www.interlinkelec.co.jp

ANEXO N.4: KIA7805AF. DATOS TECNICOS

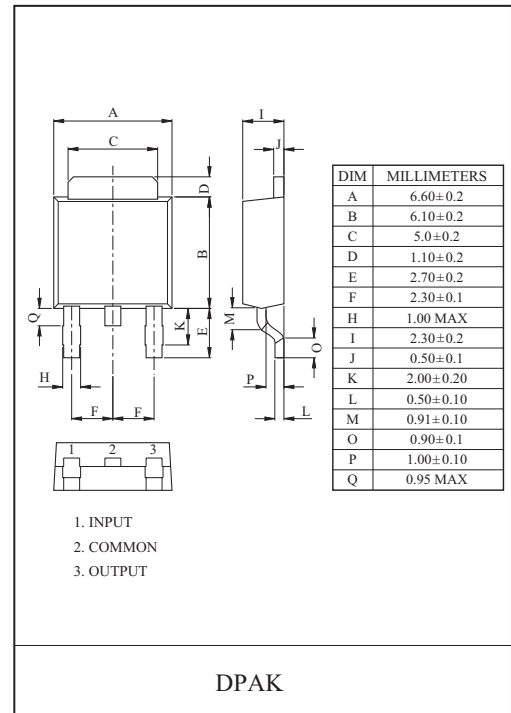
THREE TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATORS
5V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 20V, 24V.

FEATURES

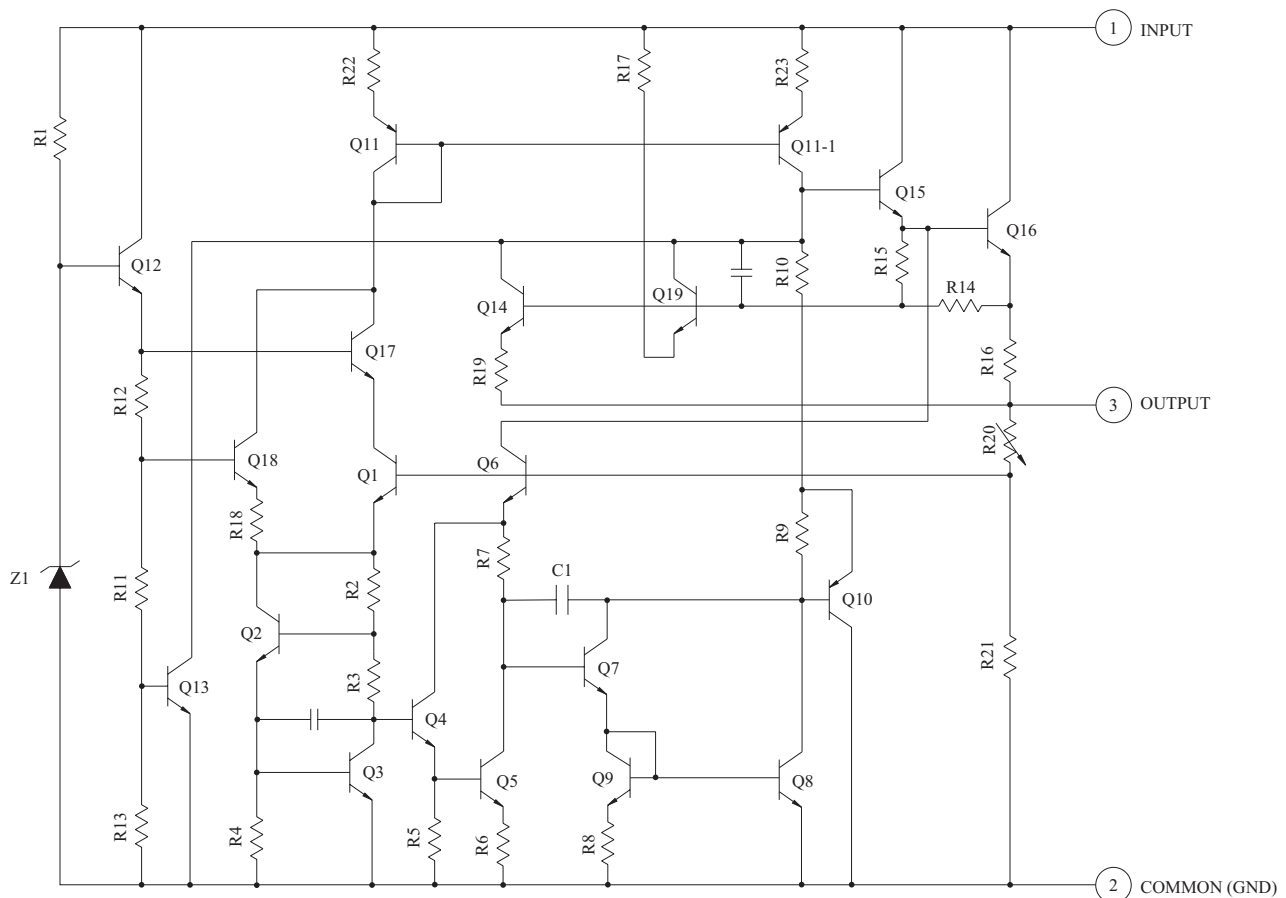
- Suitable for C-MOS, TTL, the Other Digital IC's Power Supply.
- Internal Thermal Overload Protection.
- Internal Short Circuit Current Limiting.
- Output Current in Excess of 1A.
- Satisfies IEC-65 Specification. (International Electronical Commission).
- Package is DPAK.

MAXIMUM RATINGS (Ta=25 °C)

| CHARACTERISTIC | | SYMBOL | RATING | UNIT |
|---|-----------------------|------------------|-----------|------|
| Input Voltage | KIA7805AF ~ KIA7815AF | V _{IN} | 35 | V |
| | KIA7818AF ~ KIA7824AF | | 40 | |
| Power Dissipation (Tc=25 °C) | | P _D | 12 | W |
| Power Dissipation (Without Heatsink) | KIA7805AF ~ KIA7824AF | P _D | 1.3 | W |
| Operating Junction Temperature | | T _j | -30 ~ 150 | °C |
| Storage Temperature | | T _{stg} | -55 ~ 150 | °C |



EQUIVALENT CIRCUIT



KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7805AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=10V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|---|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 4.8 | 5.0 | 5.2 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $7.0V \leq V_{IN} \leq 25V$ | - | 3 | 100 | mV |
| | | | | $8.0V \leq V_{IN} \leq 12V$ | - | 1 | 50 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 15 | 100 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 5 | 50 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $7.0V \leq V_{IN} \leq 20V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 4.75 | - | 5.25 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.2 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $7.0V \leq V_{IN} \leq 25V$ | - | - | 1.3 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 50 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $8.0V \leq V_{IN} \leq 18V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 62 | 78 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 1.6 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -0.6 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7806AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=11V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|---|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 5.75 | 6.0 | 6.25 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $8.0V \leq V_{IN} \leq 25V$ | - | 4 | 120 | mV |
| | | | | $9V \leq V_{IN} \leq 13V$ | - | 2 | 60 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 15 | 120 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 5 | 60 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $8V \leq V_{IN} \leq 21V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 5.7 | - | 6.3 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.3 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $8V \leq V_{IN} \leq 25V$ | - | - | 1.3 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 55 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $9V \leq V_{IN} \leq 19V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 61 | 77 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 1.5 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -0.7 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7808AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=14V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|--|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 7.7 | 8.0 | 8.3 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $10.5V \leq V_{IN} \leq 25V$ | - | 6 | 160 | mV |
| | | | | $11V \leq V_{IN} \leq 17V$ | - | 2 | 80 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 12 | 160 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 4 | 80 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $10.5V \leq V_{IN} \leq 23V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 7.6 | - | 8.4 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.3 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $10.5V \leq V_{IN} \leq 25V$ | - | - | 1.0 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 70 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $11.5V \leq V_{IN} \leq 21.5V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 58 | 74 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 1.1 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -1.0 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7809AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=15V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|--|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 8.64 | 9.0 | 9.36 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$ | - | 7.0 | 180 | mV |
| | | | | $13V \leq V_{IN} \leq 19V$ | - | 2.5 | 90 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 12 | 180 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 4.0 | 90 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 8.55 | - | 9.45 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.3 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$ | - | - | 1.0 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 75 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $12.5V \leq V_{IN} \leq 22.5V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 56 | 72 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 1.0 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -1.1 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7810AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=16V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|--|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 9.6 | 10.0 | 10.4 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $12.5V \leq V_{IN} \leq 27V$ | - | 8 | 200 | mV |
| | | | | $14V \leq V_{IN} \leq 20V$ | - | 2.5 | 100 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 12 | 200 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 4 | 100 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $12.5V \leq V_{IN} \leq 25V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 9.5 | - | 10.5 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.3 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $12.5V \leq V_{IN} \leq 27V$ | - | - | 1.0 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 80 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $13.5V \leq V_{IN} \leq 23.5V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 55 | 72 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 0.9 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -1.3 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7812AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=19V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|---|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 11.5 | 12.0 | 12.5 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $14.5V \leq V_{IN} \leq 30V$ | - | 10 | 240 | mV |
| | | | | $16V \leq V_{IN} \leq 22V$ | - | 3 | 120 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 12 | 240 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 4 | 120 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $14.5V \leq V_{IN} \leq 27V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 11.4 | - | 12.6 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.3 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $14.5V \leq V_{IN} \leq 30V$ | - | - | 1.0 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 90 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $15V \leq V_{IN} \leq 25V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 55 | 71 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 0.7 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -1.6 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7815AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=23V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|--|---------------------------------|------|-------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 14.4 | 15.0 | 15.6 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$ | - | 11 | 300 | mV |
| | | | | $20V \leq V_{IN} \leq 26V$ | - | 3 | 150 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 12 | 300 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 4 | 150 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 14.25 | - | 15.75 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.4 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$ | - | - | 1.0 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 110 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $18.5V \leq V_{IN} \leq 28.5V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 54 | 70 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 0.5 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -2.0 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7818AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=27V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|--|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 17.3 | 18.0 | 18.7 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $21V \leq V_{IN} \leq 33V$ | - | 13 | 360 | mV |
| | | | | $24V \leq V_{IN} \leq 30V$ | - | 4 | 180 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 12 | 360 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 4 | 180 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $21V \leq V_{IN} \leq 33V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 17.1 | - | 18.9 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.5 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $21V \leq V_{IN} \leq 33V$ | - | - | 1.0 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 125 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $22V \leq V_{IN} \leq 32V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 52 | 68 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 0.4 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -2.5 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

KIA7820AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=29V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|--|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 19.2 | 20.0 | 20.8 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $23V \leq V_{IN} \leq 35V$ | - | 15 | 400 | mV |
| | | | | $26V \leq V_{IN} \leq 32V$ | - | 5 | 200 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 12 | 400 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 4 | 200 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $23V \leq V_{IN} \leq 35V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 19.0 | - | 21.0 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.6 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $23V \leq V_{IN} \leq 35V$ | - | - | 1.0 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 135 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $24V \leq V_{IN} \leq 34V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 50 | 66 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 0.4 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -3.0 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

KIA7805AF~KIA7824AF

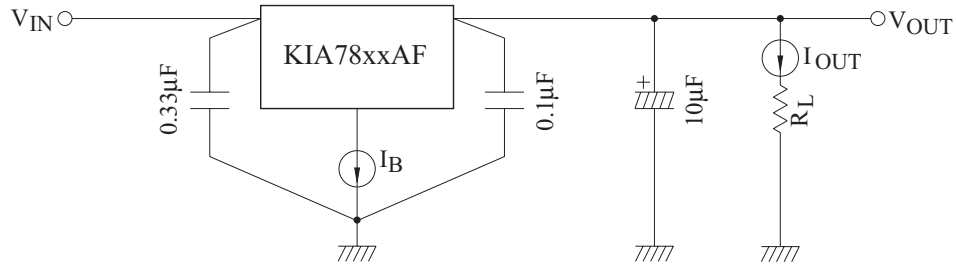
KIA7824AF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=33V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CIRCUIT | TEST CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | |
|---|--------------|--------------|--|---------------------------------|------|------|-----------------|----|
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$ | 23.0 | 24.0 | 25.0 | V | |
| Input Regulation | Reg line | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $27V \leq V_{IN} \leq 38V$ | - | 18 | 480 | mV |
| | | | | $30V \leq V_{IN} \leq 36V$ | - | 6 | 240 | |
| Load Regulation | Reg load | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | $5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$ | - | 12 | 480 | mV |
| | | | | $250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$ | - | 4 | 240 | |
| Output Voltage | V_{OUT} | 1 | $27V \leq V_{IN} \leq 38V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ | 22.8 | - | 25.2 | V | |
| Quiescent Current | I_B | 1 | $T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$ | - | 4.6 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_B | 1 | $27V \leq V_{IN} \leq 38V$ | - | - | 1.0 | mA | |
| Output Noise Voltage | V_{NO} | 1 | $T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$ | - | 150 | - | μV_{rms} | |
| Ripple Rejection Ratio | RR | 1 | $f=120Hz$, $28V \leq V_{IN} \leq 38V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$ | 50 | 66 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_D | 1 | $I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$ | - | 2.0 | - | V | |
| Short Circuit Current Limit | I_{SC} | 1 | $T_j=25^{\circ}C$ | - | 0.3 | - | A | |
| Average Temperature Coefficient of Output Voltage | TC_{VO} | 1 | $I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$ | - | -3.5 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |

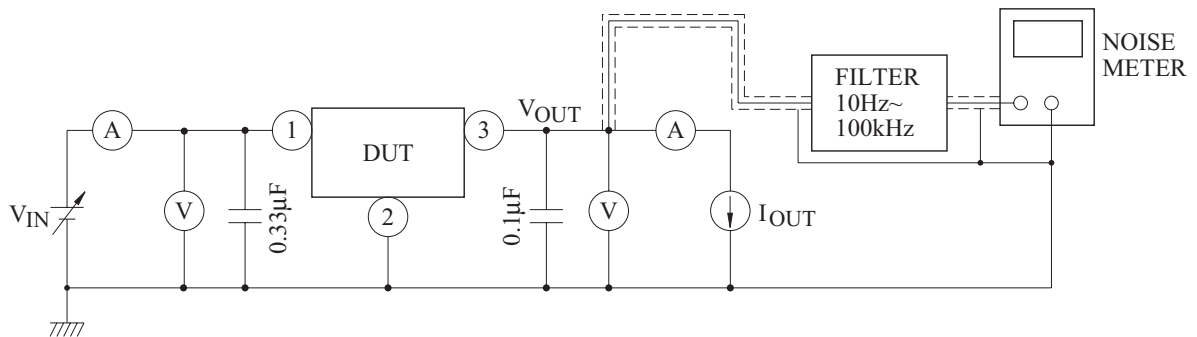
KIA7805AF~KIA7824AF

TEST CIRCUIT1/STANDARD APPLICATION CIRCUIT

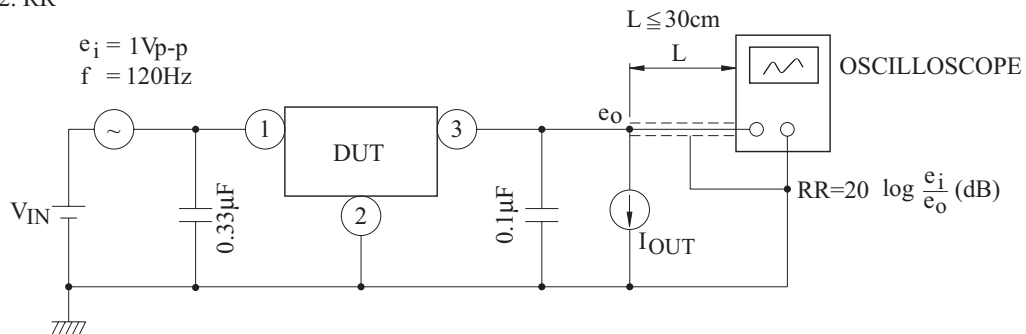


TEST CIRCUIT

1. V_{OUT} , Reg · line, Reg · load, V_{OUT} , I_B , ΔI_B , V_{NO} , $\Delta V_{OUT}/\Delta t$, $|V_{IN} - V_{OUT}|$, TC_{VO}



2. RR

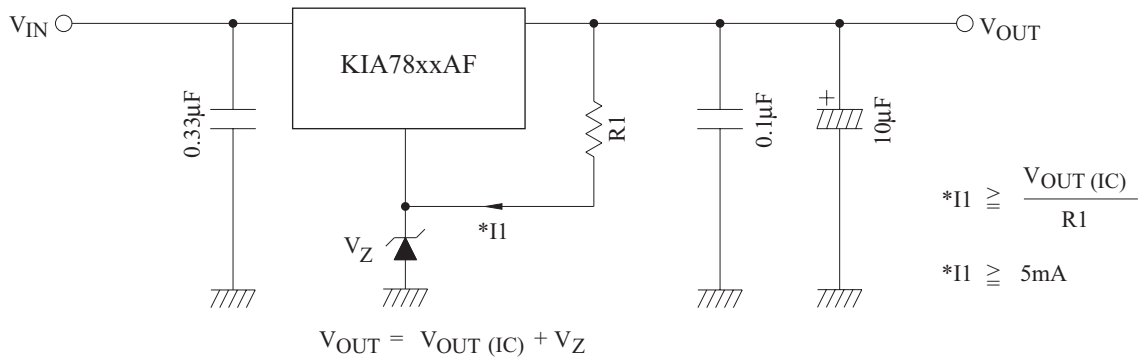


KIA7805AF~KIA7824AF

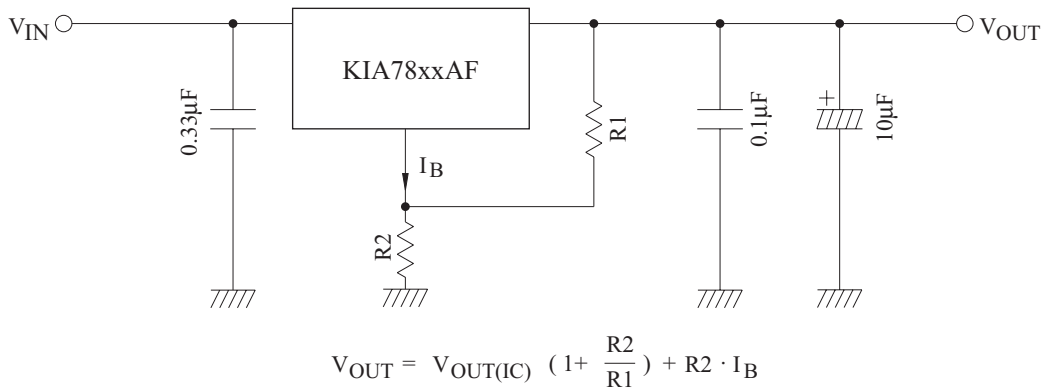
APPLICATION CIRCUIT

(1) VOLTAGE BOOST REGULATOR

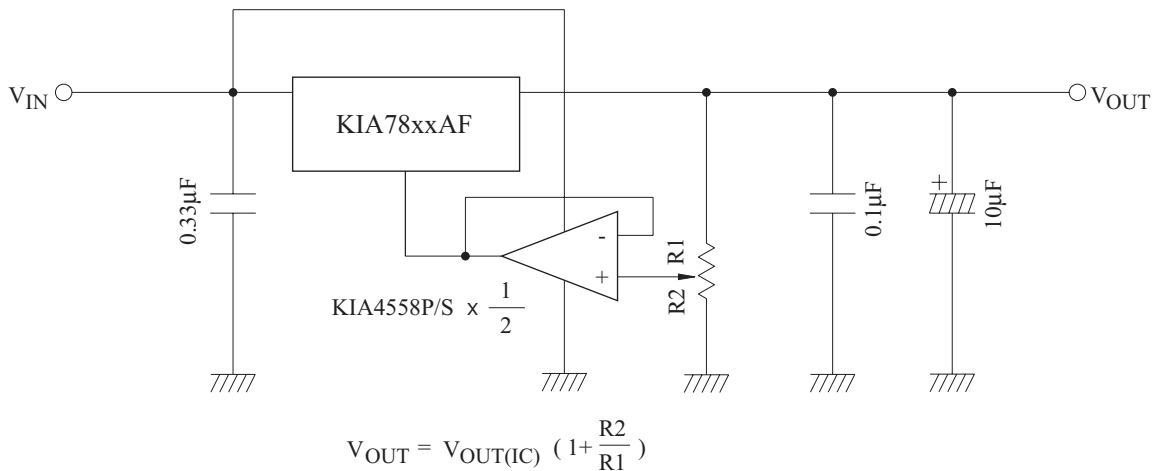
(a) Voltage boost by use of zener diode



(b) Voltage boost by use of resistor

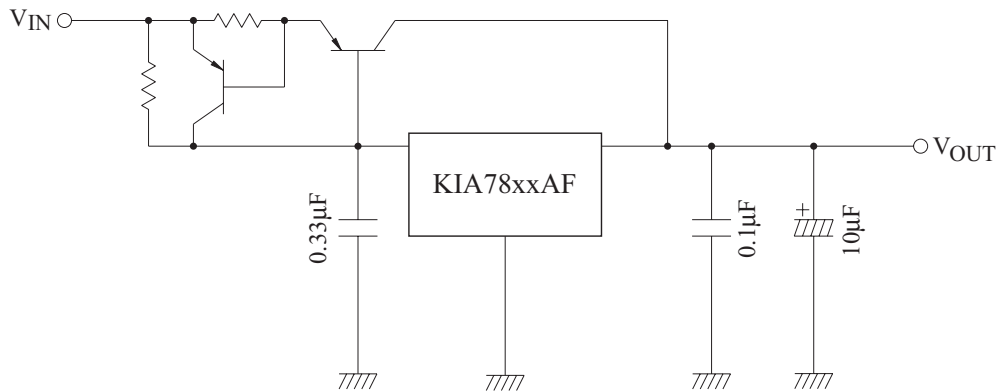


(c) Adjustable output regulator



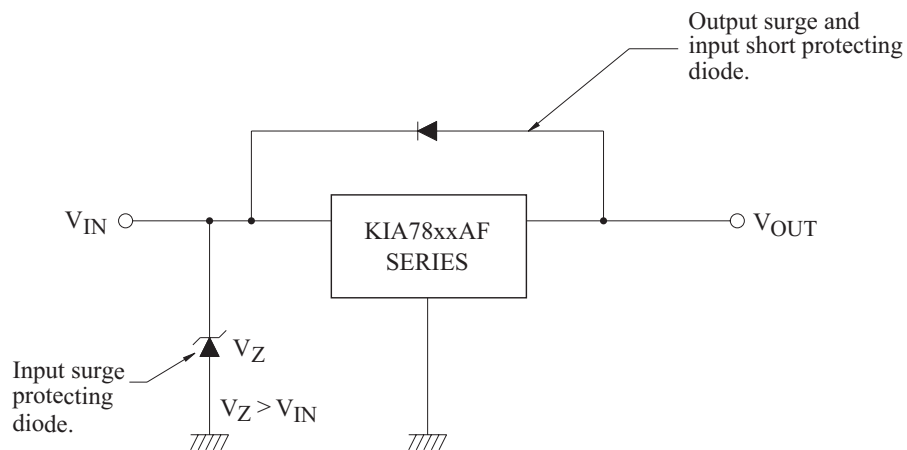
KIA7805AF~KIA7824AF

(2) CURRENT BOOST REGULATOR



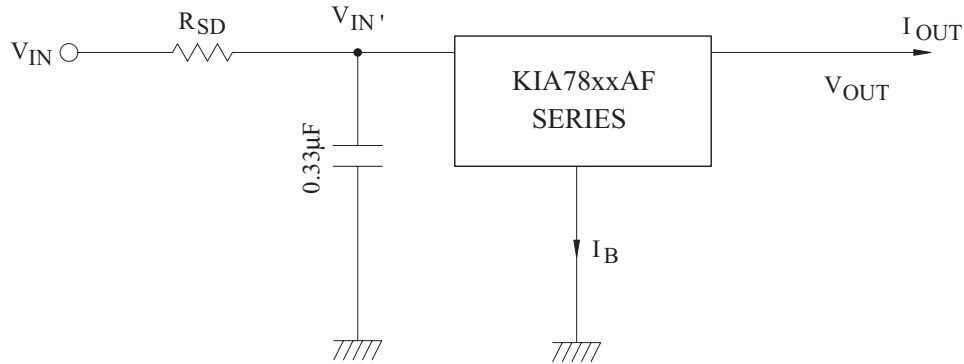
PRECAUTIONS ON APPLICATION

- (1) In regard to GND, be careful not to apply a negative voltage to the input/output terminal. Further, special care is necessary in case of a voltage boost application.
- (2) When a surge voltage exceeding maximum rating is applied to the input terminal or when a voltage in excess of the input terminal voltage is applied to the output terminal, the circuit may be destroyed. Specially, in the latter case, great care is necessary. Further, if the input terminal shorts to GND in a state of normal operation, the output terminal voltage becomes higher than the input voltage (GND potential), and the electric charge of a chemical capacitor connected to the output terminal flows into the input side, which may cause the destruction of circuit. In these cases, take such steps as a zener diode and a general silicon diode are connected to the circuit, as shown in the following figure.



- (3) When the input voltage is too high, the power dissipation of three terminal regulator increase because of series regulator, so that the junction temperature rises. In such a case, it is recommended to reduce the power dissipation by inserting the power limiting resistor R_{SD} in the input terminal, and to reduce the junction temperature as a result.

KIA7805AF~KIA7824AF



The power dissipation P_D of IC is expressed in the following equation.

$$P_D = (V_{IN}' - V_{OUT}) \cdot I_{OUT} + V_{IN}' \cdot I_B$$

If V_{IN}' is reduced below the lowest voltage necessary for the IC, the parasitic oscillation will be caused according to circumstances. In determining the resistance value of R_{SD} , design with margin should be made by making reference to the following equation.

$$R_{SD} < \frac{V_{IN} - V_{IN}'}{I_{OUT} + I_B}$$

(4) Connect the input terminal and GND, and the output terminal and GND, by capacitor respectively.

The capacitances should be determined experimentally because they depend on printed patterns. In particular, adequate investigation should be made so that there is no problem even at time of high or low temperature.

(5) Installation of IC for power supply

For obtaining high reliability on the heat sink design of the regulator IC, it is generally required to derate more than 20% of maximum junction temperature ($T_j \text{ MAX.}$) Further, full consideration should be given to the installation of IC to the heat sink.

(6) IEC (International Electrotechnical Commission)-65 Specification.

(a) IEC (International Electrotechnical Commission)-65 is the standard, parts testing method, machinery and tools (used in connecting main power directly and indirectly) Which are used at home and general building. The purpose of the above standard is not to breaking out the risk which is related to an electric shock, a heating, a fire and the damage of surrounding parts in the case of normal or abnormal operating.

(b) In case temperature is limited by temperature overheating prevention device, fuse or the operation of fuse resistor

One must calculate the temperature of PCB substrate in 2 minute.

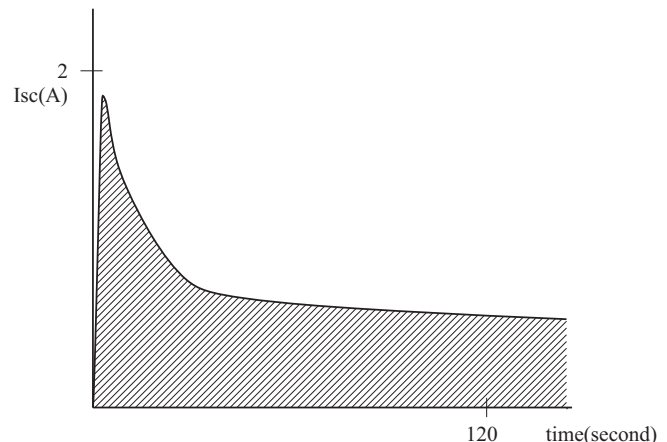
$$\Delta T \leq 110^\circ \text{C regulated}$$

$$\Delta T = T(\text{The PCB substrate temperature in 2 minute})$$

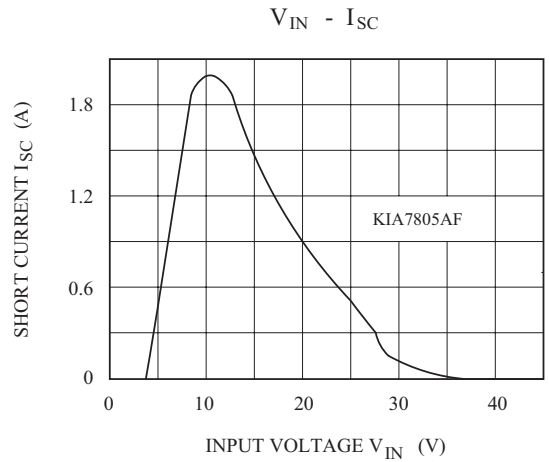
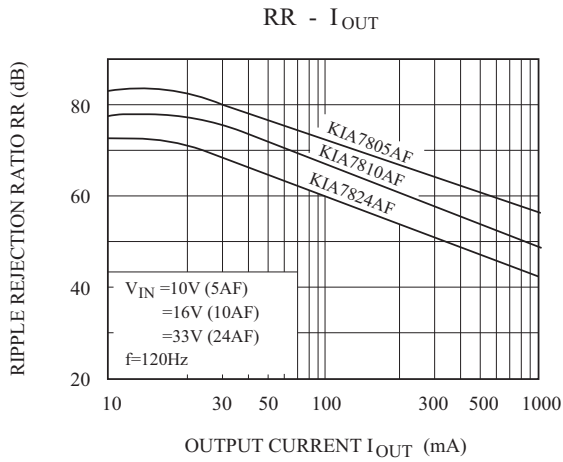
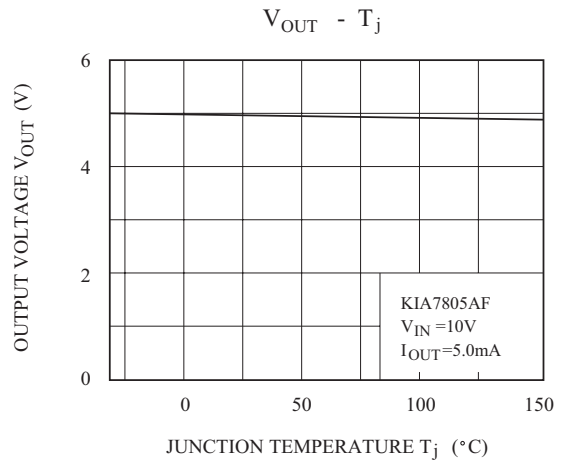
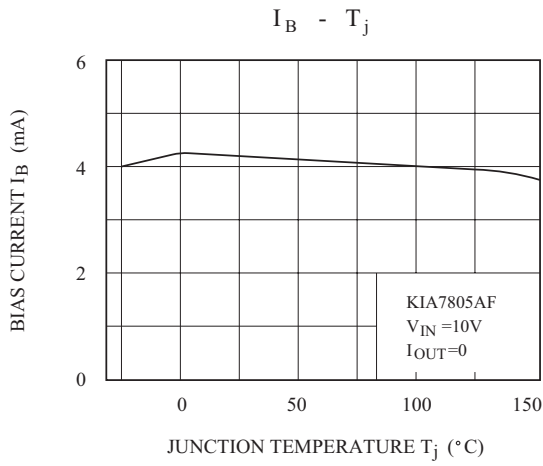
$$- T_a(\text{Ambient temperature})$$

(c) Graph

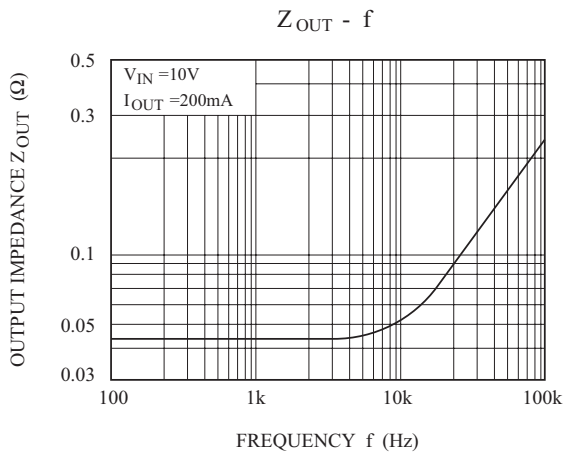
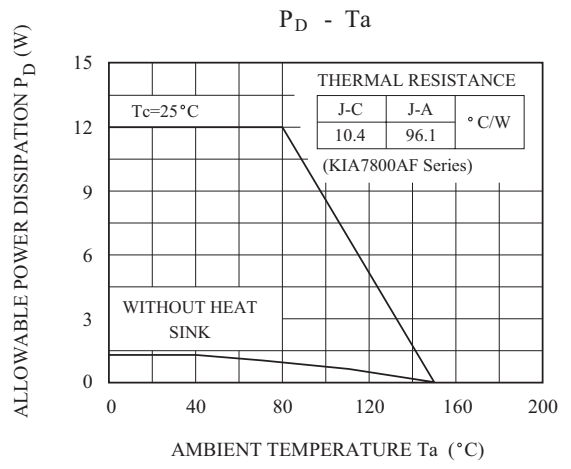
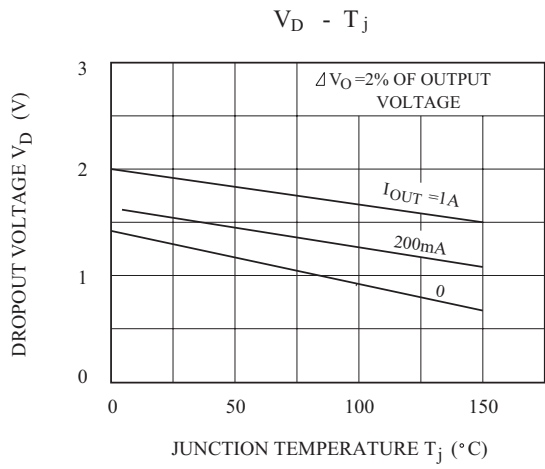
As the territory of the deviant line appear by the heat, as the area is wider, T (The PCB substrate temperature in 2 minute) is becoming high.



KIA7805AF~KIA7824AF



KIA7805AF~KIA7824AF



**ANEXO N.5: LOW POWER DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS,
LM358. DATOS TECNICOS**



LOW POWER DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

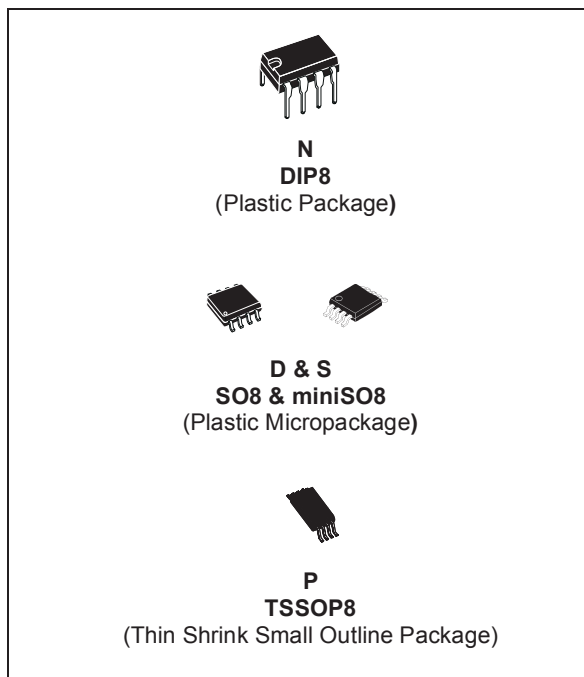
- INTERNALLY FREQUENCY COMPENSATED
- LARGE DC VOLTAGE GAIN: 100dB
- WIDE BANDWIDTH (unity gain): 1.1MHz (temperature compensated)
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/OP (500µA) ESSENTIALLY INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 20nA (temperature compensated)
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE: 2mV
- LOW INPUT OFFSET CURRENT: 2nA
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE EQUAL TO THE POWER SUPPLY VOLTAGE
- LARGE OUTPUT VOLTAGE SWING 0V TO (V_{CC} - 1.5V)

DESCRIPTION

These circuits consist of two independent, high gain, internally frequency compensated which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. The low power supply drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, these circuits can be directly supplied with the standard +5V which is used in logic systems and will easily provide the required interface electronics without requiring any additional power supply.

In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.



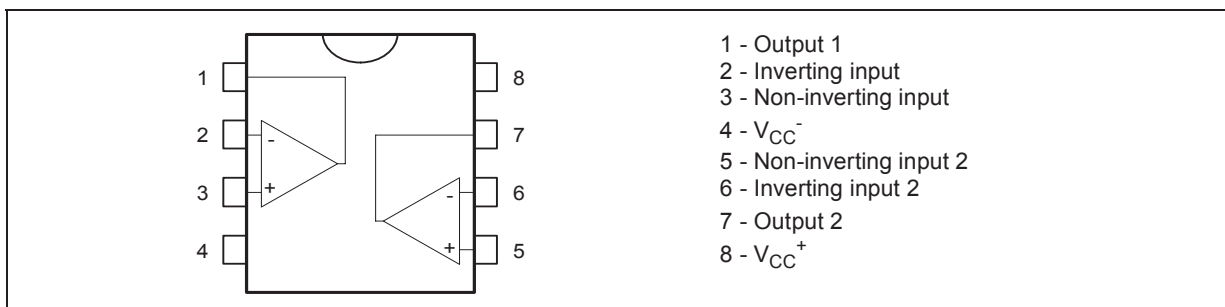
ORDER CODE

| Part Number | Temperature Range | Package | | | |
|-------------|-------------------|---------|---|---|---|
| | | N | S | D | P |
| LM158,A | -55°C, +125°C | • | | • | • |
| LM258,A | -40°C, +105°C | • | | • | • |
| LM358,A | 0°C, +70°C | • | • | • | • |

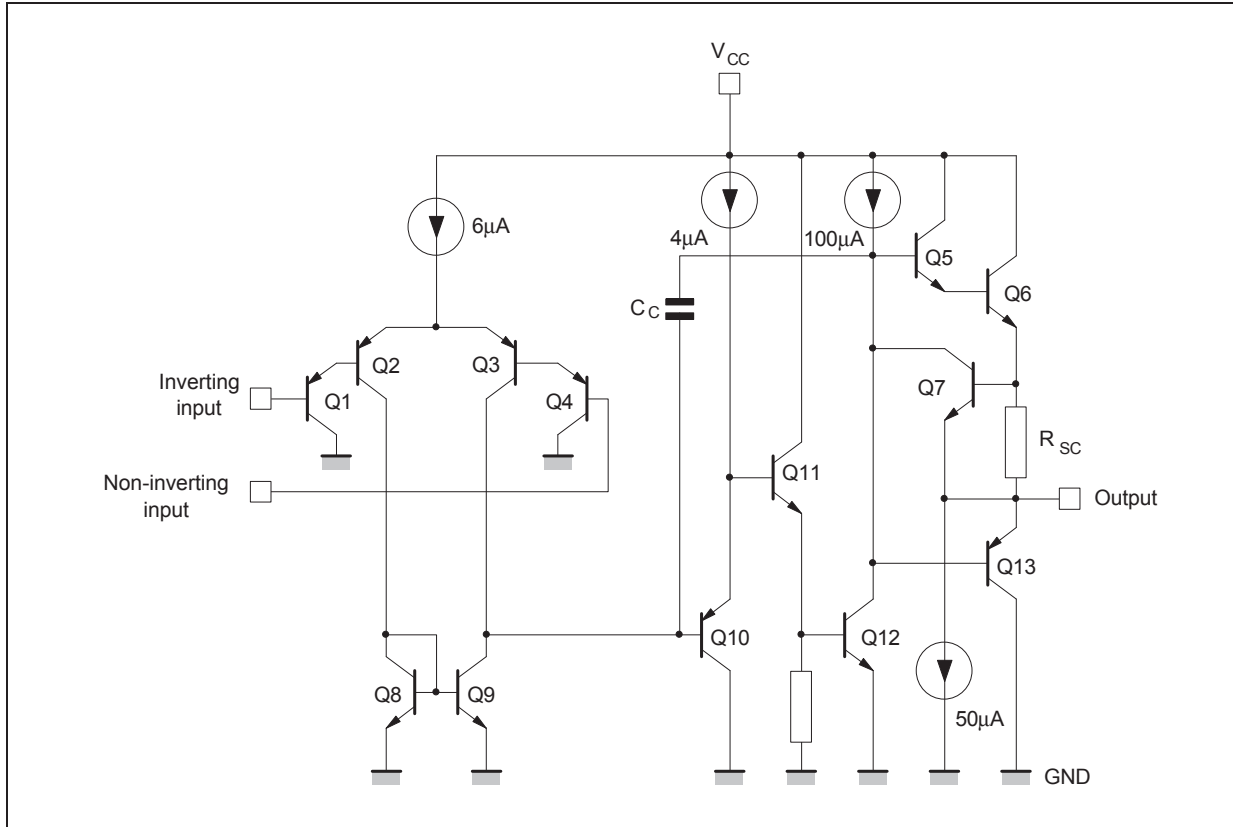
Example : LM258N

N = Dual in Line Package (DIP)
D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
S = Small Outline Package (miniSO) only available in Tape & Reel (DT)
P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

PIN CONNECTIONS (top view)



SCHEMATIC DIAGRAM (1/2 LM158)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Symbol | Parameter | LM158,A | LM258,A | LM358,A | Unit |
|------------|---|-------------|-------------|----------|------|
| V_{CC} | Supply voltage | +32 | | | V |
| V_i | Input Voltage | -0.3 to +32 | | | V |
| V_{id} | Differential Input Voltage | +32 | | | V |
| P_{tot} | Power Dissipation ¹⁾ | 500 | | | mW |
| | Output Short-circuit Duration ²⁾ | Infinite | | | |
| I_{in} | Input Current ³⁾ | 50 | | | mA |
| T_{oper} | Operating Free-air Temperature Range | -55 to +125 | -40 to +105 | 0 to +70 | °C |
| T_{stg} | Storage Temperature Range | -65 to +150 | | | °C |

1. Power dissipation must be considered to ensure maximum junction temperature (T_j) is not exceeded.
2. Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating if $V_{CC} > 15V$. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC} . Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.
3. This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration than an input is driven negative. This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

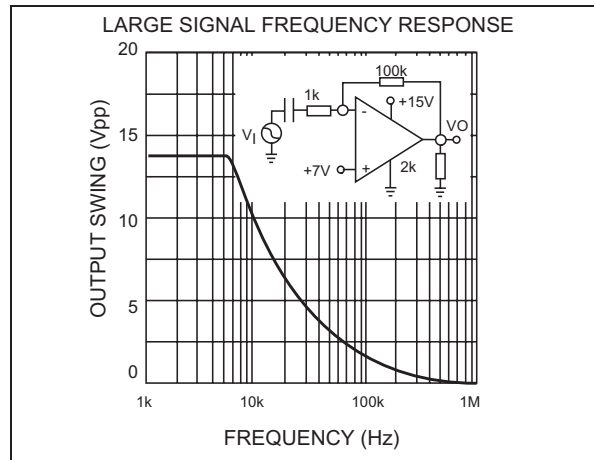
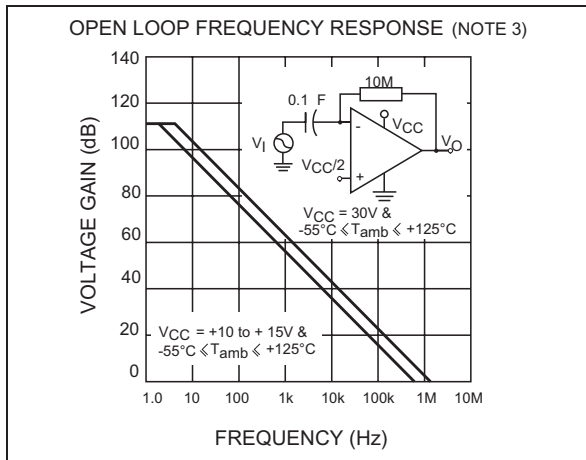
$V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = \text{Ground}$, $V_o = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

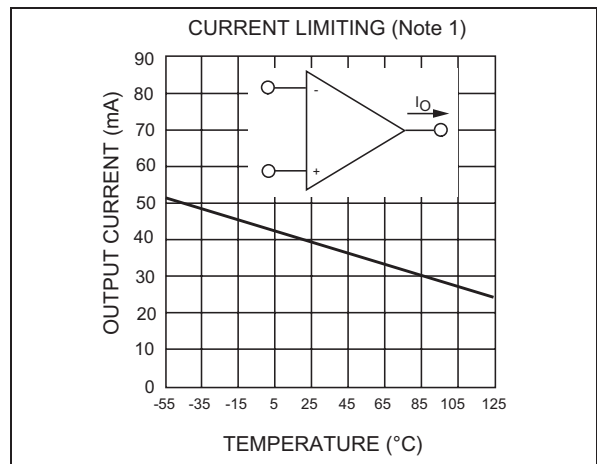
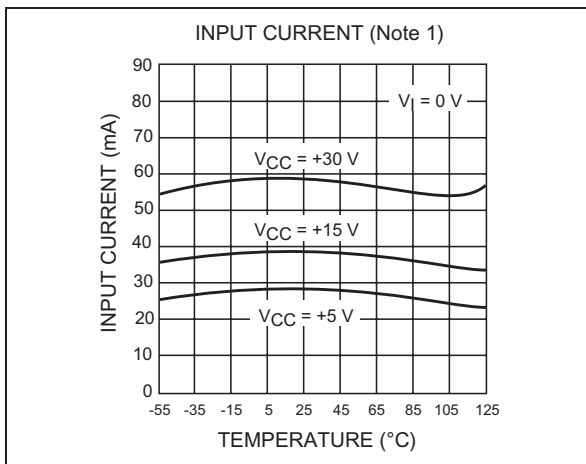
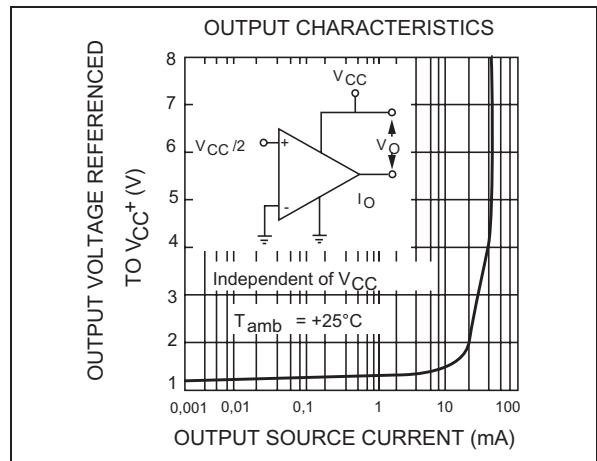
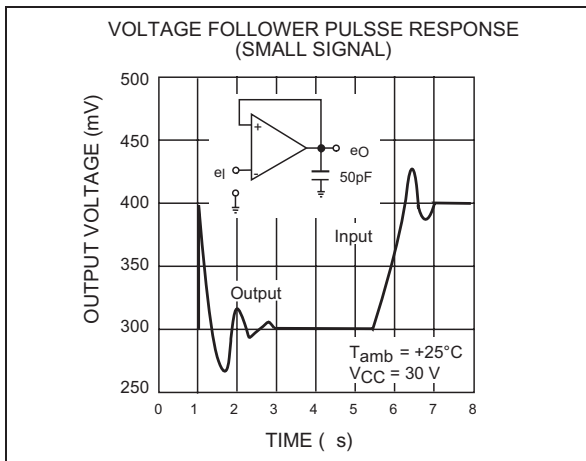
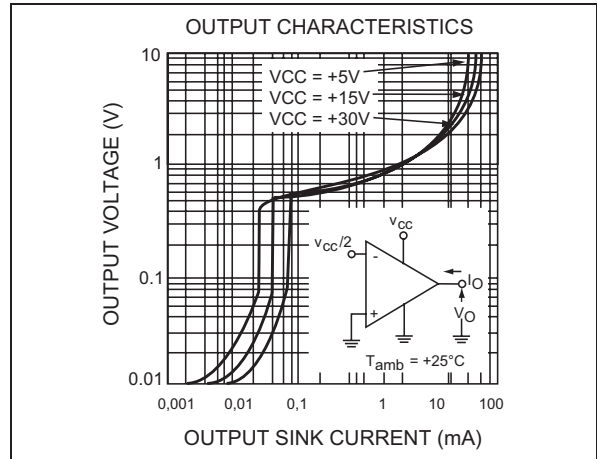
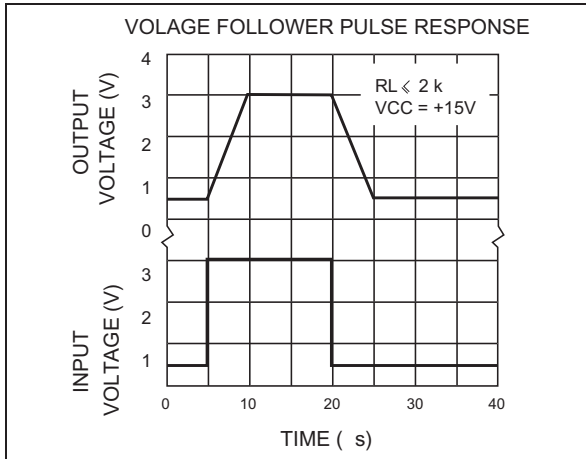
| Symbol | Parameter | LM158A-LM258A LM358A | | | LM158-LM258 LM358 | | | Unit |
|--------------|---|-------------------------|----------|------------------------------------|----------------------|----------|------------------------------------|---------------|
| | | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. | |
| V_{io} | Input Offset Voltage - note ¹⁾ $T_{amb} = +25^\circ C$ LM158, LM258 LM158A $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ LM158, LM258 | | 1 | 3 | | 2 | 7 5 | mV |
| I_{io} | Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | | 2 | 10 30 | | 2 | 30 40 | nA |
| I_{ib} | Input Bias Current - note ²⁾ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | | 20 | 50 100 | | 20 | 150 200 | nA |
| A_{vd} | Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | 50 25 | 100 | | 50 25 | 100 | | V/mV |
| SVR | Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $V_{CC}^+ = 5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | 65 65 | 100 | | 65 65 | 100 | | dB |
| I_{CC} | Supply Current, all Amp, no load $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +30V$ | | 0.7 | 1.2 1 | | 0.7 | 1.2 2 | mA |
| V_{icm} | Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note ³⁾ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | 0 0 | | $V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$ | 0 0 | | $V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$ | V |
| CMR | Common Mode Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | 70 60 | 85 | | 70 60 | 85 | | dB |
| I_{source} | Output Current Source $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$, $V_{id} = +1V$ | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 | mA |
| I_{sink} | Output Sink Current ($V_{id} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_o = +0.2V$ | 10 12 | 20 50 | | 10 12 | 20 50 | | mA μA |
| V_{OPP} | Output Voltage Swing ($R_L = 2k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | 0 0 | | $V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$ | 0 0 | | $V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$ | |

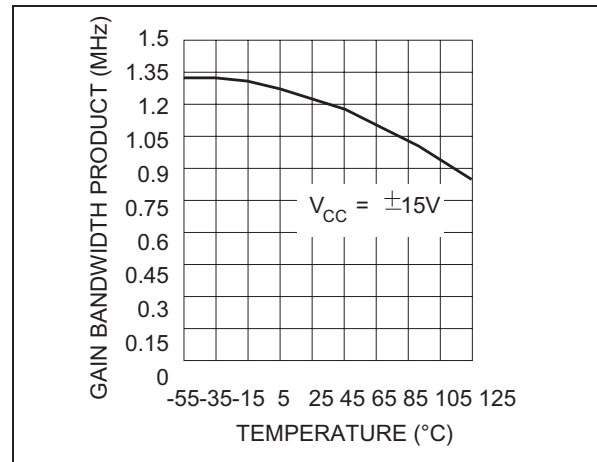
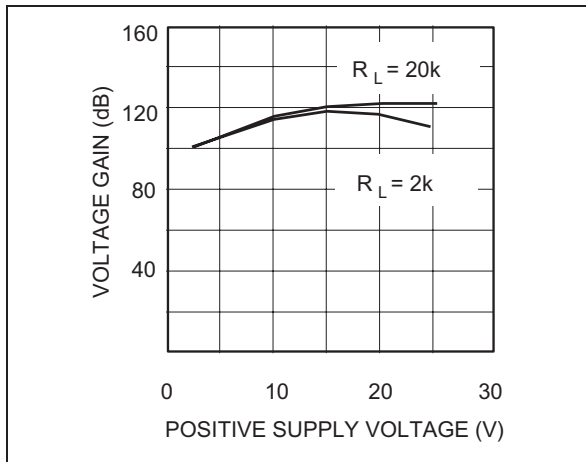
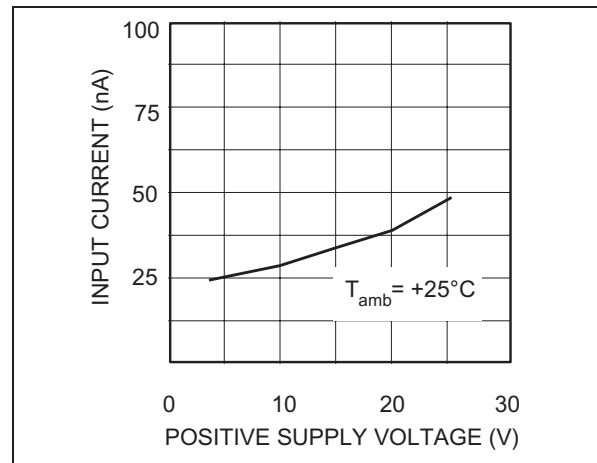
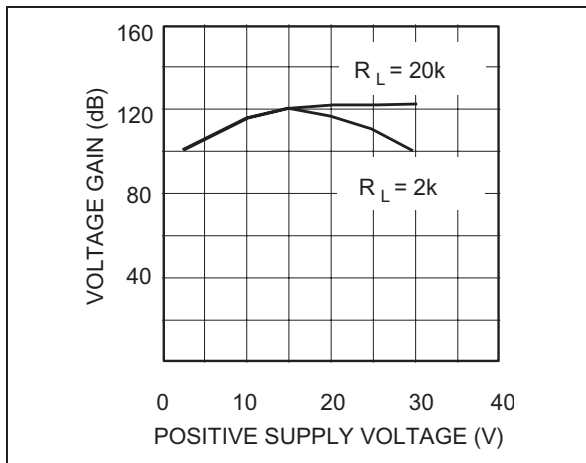
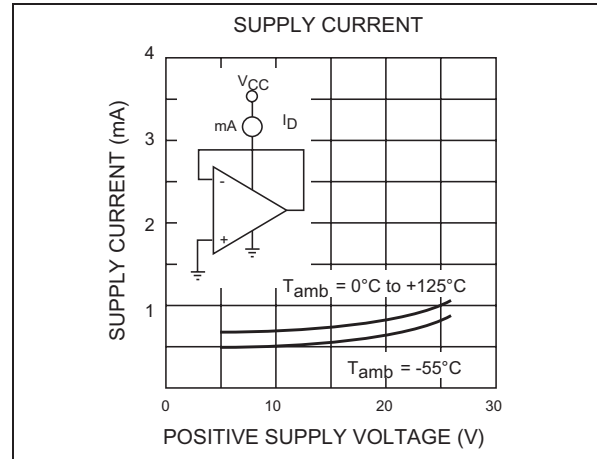
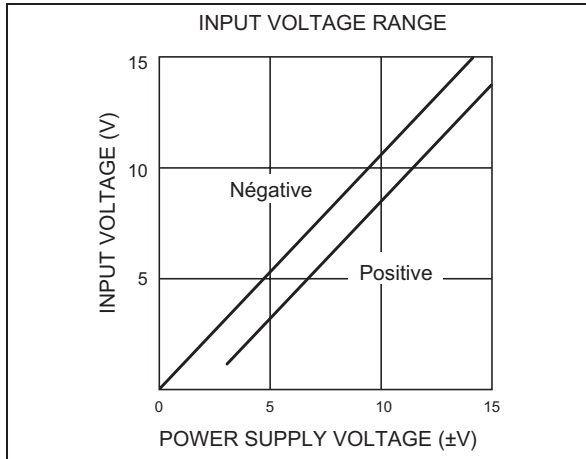
LM158,A-LM258,A-LM358,A

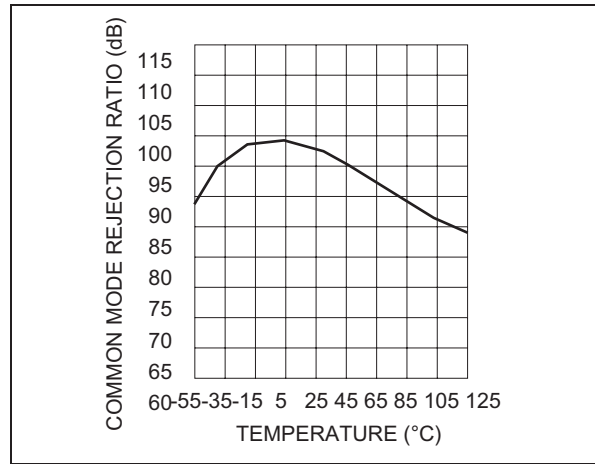
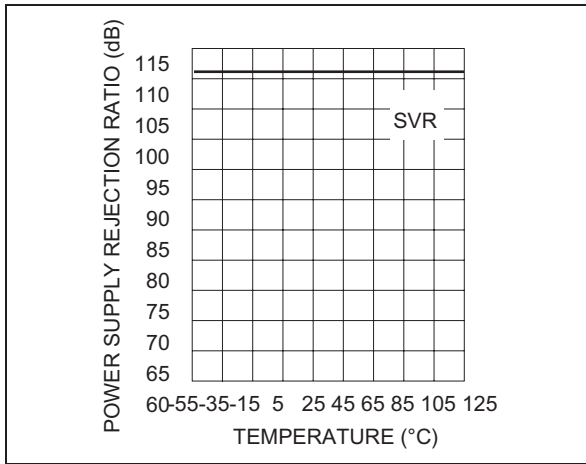
| Symbol | Parameter | LM158A-LM258A LM358A | | | LM158-LM258 LM358 | | | Unit |
|-----------------|---|-------------------------|----------|----------|----------------------|---------------|------|------------------------|
| | | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. | |
| V_{OH} | High Level Output Voltage ($V_{CC}^+ = 30V$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $R_L = 2k\Omega$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $R_L = 10k\Omega$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | 26 26 27 27 | 27 28 | | 26 26 27 27 | 27 28 | | V |
| V_{OL} | Low Level Output Voltage ($R_L = 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ | | 5 | 20 20 | | 5 20 20 | | mV |
| SR | Slew Rate $V_{CC} = 15V$, $V_i = 0.5$ to $3V$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain | 0.3 | 0.6 | | 0.3 | 0.6 | | V/ μs |
| GBP | Gain Bandwidth Product $V_{CC} = 30V$, $f = 100kHz$, $V_{in} = 10mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$ | 0.7 | 1.1 | | 0.7 | 1.1 | | MHz |
| THD | Total Harmonic Distortion $f = 1kHz$, $A_v = 20dB$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 2V_{pp}$, $C_L = 100pF$, $V_o = 2V_{pp}$ | | 0.02 | | | 0.02 | | % |
| e_n | Equivalent Input Noise Voltage $f = 1kHz$, $R_s = 100\Omega$, $V_{CC} = 30V$ | | 55 | | | 55 | | $\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ |
| DV_{iO} | Input Offset Voltage Drift | | 7 | 15 | | 7 30 | | $\mu V/^\circ C$ |
| DI_{iO} | Input Offset Current Drift | | 10 | 200 | | 10 300 | | $pA/^\circ C$ |
| V_{O1}/V_{O2} | Channel Separation - note 4) $1kHz \leq f \leq 20kHz$ | | 120 | | | 120 | | dB |

- $V_o = 1.4V$, $R_s = 0\Omega$, $5V < V_{CC}^+ < 30V$, $0 < V_{ic} < V_{CC}^+ - 1.5V$
- The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC}^+ - 1.5V$, but either or both inputs can go to +32V without damage.
- Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.



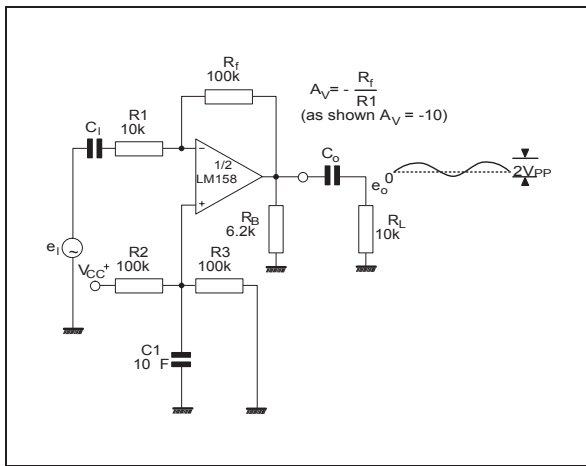




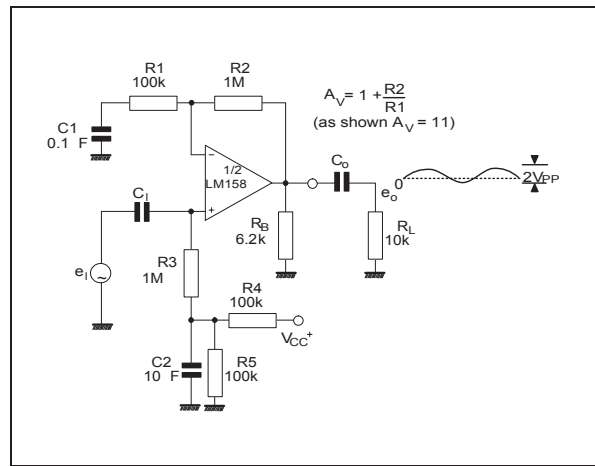


TYPICAL APPLICATIONS (single supply voltage) $V_{CC} = +5V_{DC}$

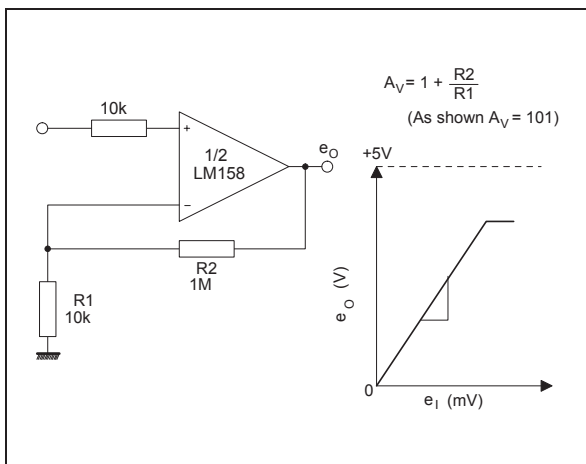
AC COUPLED INVERTING AMPLIFIER



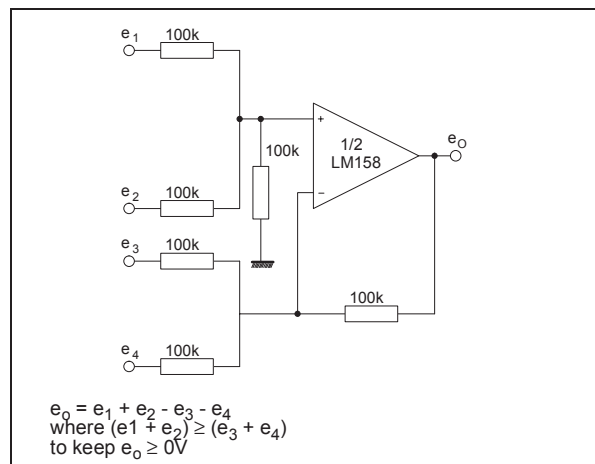
AC COUPLED NON-INVERTING AMPLIFIER



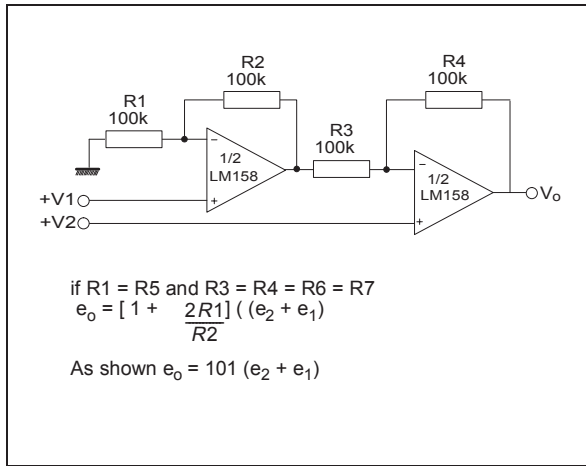
NON-INVERTING DC AMPLIFIER



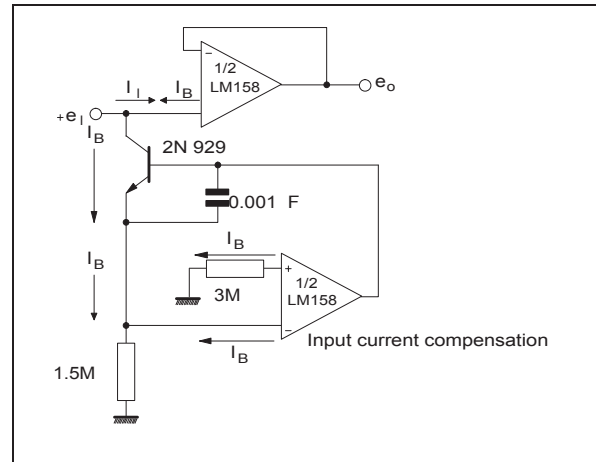
DC SUMMING AMPLIFIER



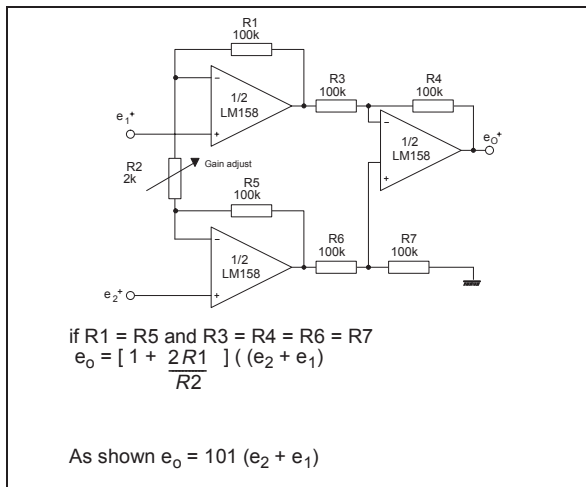
HIGH INPUT Z, DC DIFFERENTIAL AMPLIFIER



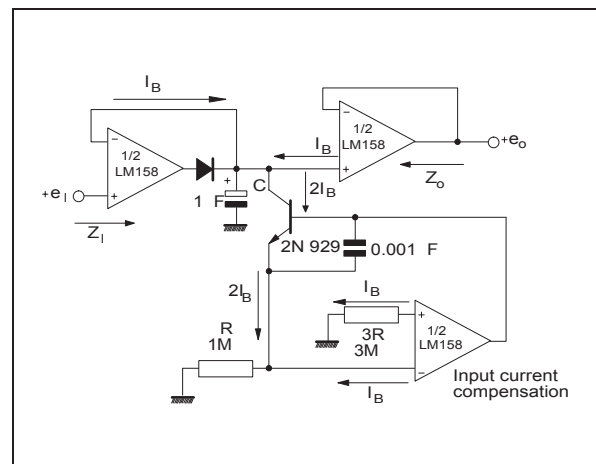
USING SYMMETRICAL AMPLIFIERS TO REDUCE INPUT CURRENT



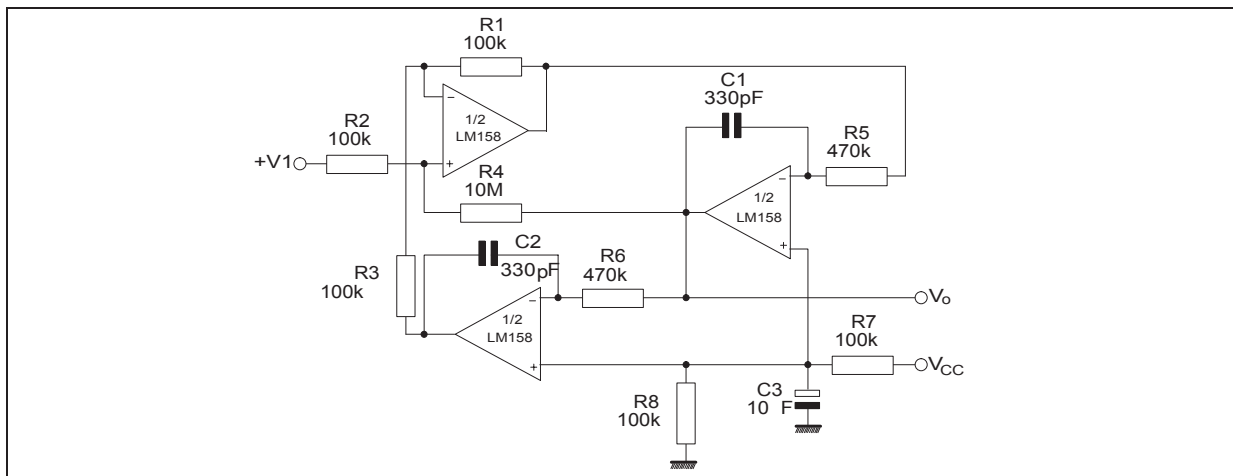
HIGH INPUT Z ADJUSTABLE GAIN DC INSTRUMENTATION AMPLIFIER



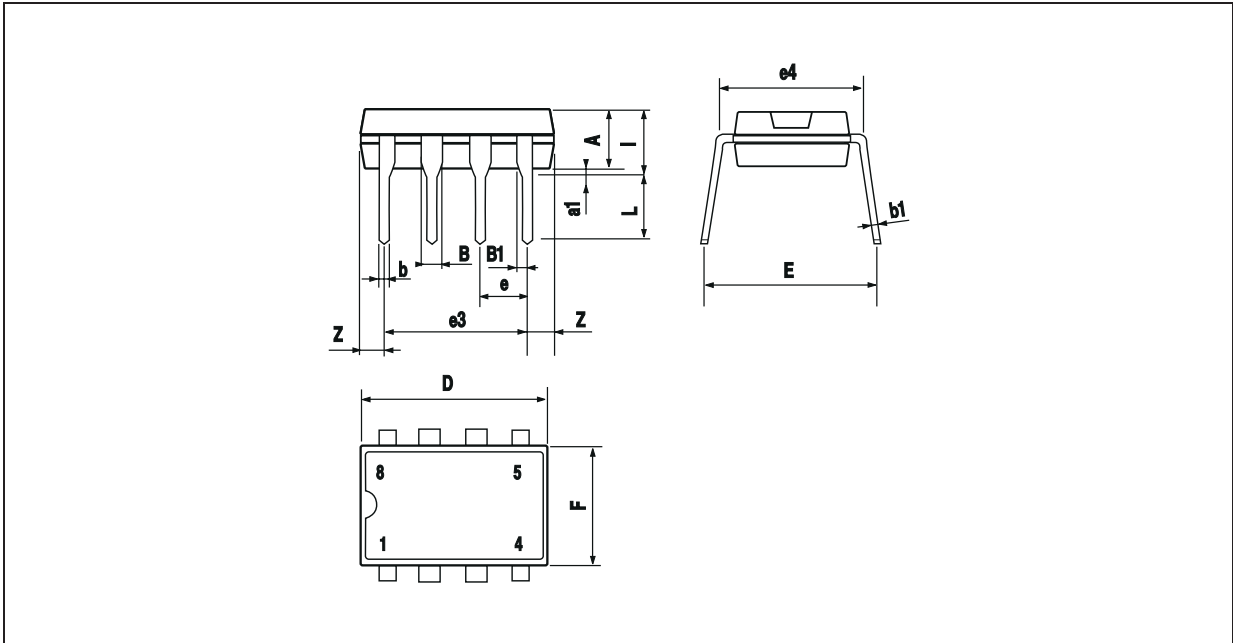
LOW DRIFT PEAK DETECTOR



ACTIVE BAND-PASS FILTER



PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC DIP

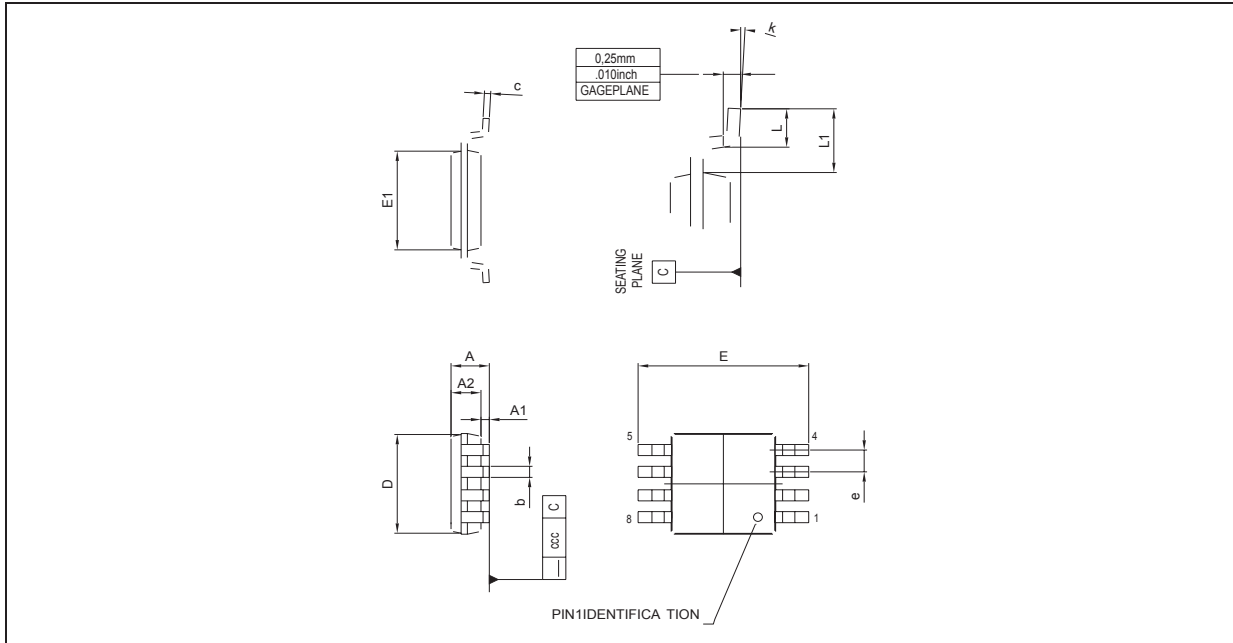


| Dim. | Millimeters | | | Inches | | |
|------|-------------|------|-------|--------|-------|-------|
| | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. |
| A | | 3.32 | | | 0.131 | |
| a1 | 0.51 | | | 0.020 | | |
| B | 1.15 | | 1.65 | 0.045 | | 0.065 |
| b | 0.356 | | 0.55 | 0.014 | | 0.022 |
| b1 | 0.204 | | 0.304 | 0.008 | | 0.012 |
| D | | | 10.92 | | | 0.430 |
| E | 7.95 | | 9.75 | 0.313 | | 0.384 |
| e | | 2.54 | | | 0.100 | |
| e3 | | 7.62 | | | 0.300 | |
| e4 | | 7.62 | | | 0.300 | |
| F | | | 6.6 | | | 0.260 |
| i | | | 5.08 | | | 0.200 |
| L | 3.18 | | 3.81 | 0.125 | | 0.150 |
| Z | | | 1.52 | | | 0.060 |

LM158,A-LM258,A-LM358,A

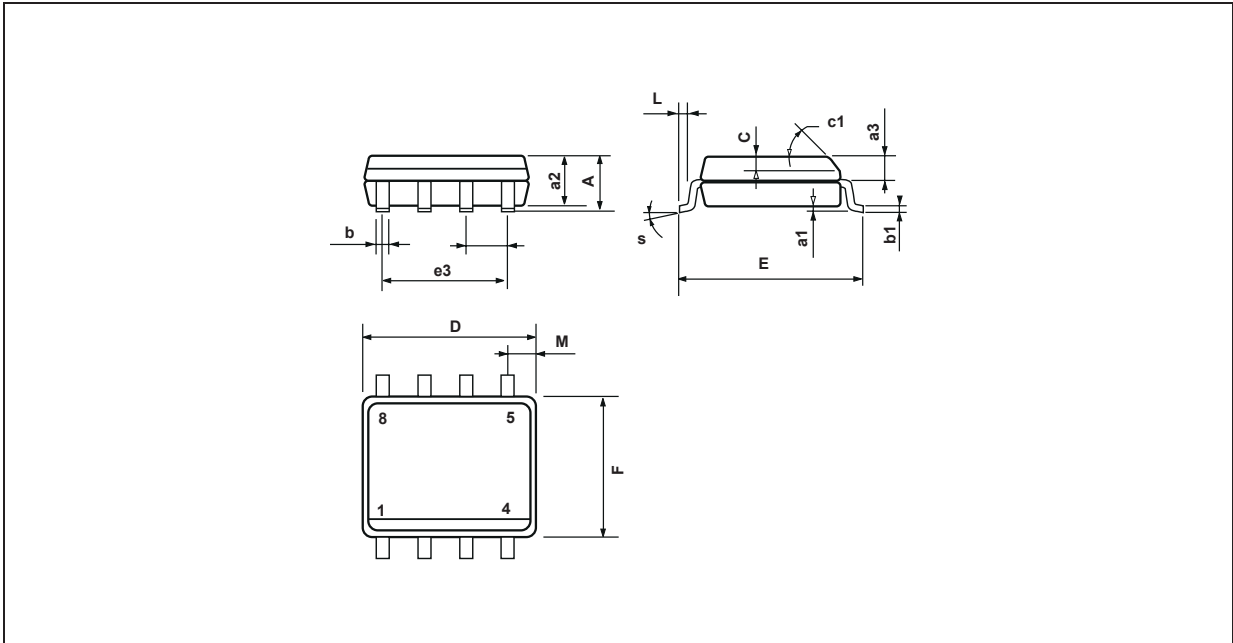
PACKAGE MECHANICAL DATA

8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (miniSO)



| Dim. | Millimeters | | | Inches | | |
|------|-------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. |
| A | | | 1.100 | | | 0.043 |
| A1 | 0.050 | 0.100 | 0.150 | 0.002 | 0.004 | 0.006 |
| A2 | 0.780 | 0.860 | 0.940 | 0.031 | 0.034 | 0.037 |
| b | 0.250 | 0.330 | 0.400 | 0.010 | 0.013 | 0.016 |
| c | 0.130 | 0.180 | 0.230 | 0.005 | 0.007 | 0.009 |
| D | 2.900 | 3.000 | 3.100 | 0.114 | 0.118 | 0.122 |
| E | 4.750 | 4.900 | 5.050 | 0.187 | 0.193 | 0.199 |
| E1 | 2.900 | 3.000 | 3.100 | 0.114 | 0.118 | 0.122 |
| e | | 0.650 | | | 0.026 | |
| L | 0.400 | 0.550 | 0.700 | 0.016 | 0.022 | 0.028 |
| L1 | | 0.950 | | | 0.037 | |
| k | 0d | 3d | 6d | 0d | 3d | 6d |
| ccc | | | 0.100 | | | 0.004 |

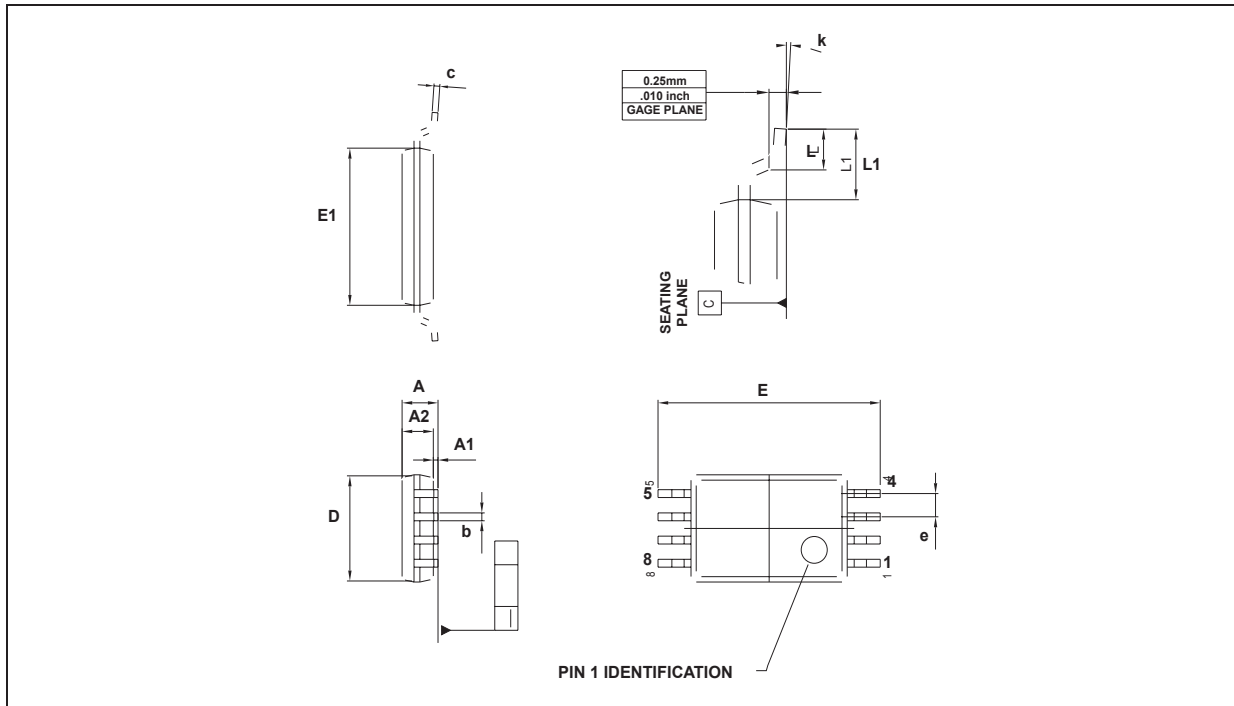
PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



| Dim. | Millimeters | | | Inches | | |
|------|-------------|------|------|--------|-------|-------|
| | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. |
| A | | | 1.75 | | | 0.069 |
| a1 | 0.1 | | 0.25 | 0.004 | | 0.010 |
| a2 | | | 1.65 | | | 0.065 |
| a3 | 0.65 | | 0.85 | 0.026 | | 0.033 |
| b | 0.35 | | 0.48 | 0.014 | | 0.019 |
| b1 | 0.19 | | 0.25 | 0.007 | | 0.010 |
| C | 0.25 | | 0.5 | 0.010 | | 0.020 |
| c1 | 45° (typ.) | | | | | |
| D | 4.8 | | 5.0 | 0.189 | | 0.197 |
| E | 5.8 | | 6.2 | 0.228 | | 0.244 |
| e | | 1.27 | | | 0.050 | |
| e3 | | 3.81 | | | 0.150 | |
| F | 3.8 | | 4.0 | 0.150 | | 0.157 |
| L | 0.4 | | 1.27 | 0.016 | | 0.050 |
| M | | | 0.6 | | | 0.024 |
| S | 8° (max.) | | | | | |

PACKAGE MECHANICAL DATA

8 PINS - THIN SHRINK SMALL OUTLINE PACKAGE (TSSOP)



| Dim. | Millimeters | | | Inches | | |
|------|-------------|-------|------|--------|--------|-------|
| | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. |
| A | | | 1.20 | | | 0.05 |
| A1 | 0.05 | | 0.15 | 0.01 | | 0.006 |
| A2 | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 0.031 | 0.039 | 0.041 |
| b | 0.19 | | 0.30 | 0.007 | | 0.15 |
| c | 0.09 | | 0.20 | 0.003 | | 0.012 |
| D | 2.90 | 3.00 | 3.10 | 0.114 | 0.118 | 0.122 |
| E | | 6.40 | | | 0.252 | |
| E1 | 4.30 | 4.40 | 4.50 | 0.169 | 0.173 | 0.177 |
| e | | 0.65 | | | 0.025 | |
| k | 0° | | 8° | 0° | | 8° |
| l | 0.50 | 0.60 | 0.75 | 0.09 | 0.0236 | 0.030 |
| L | 0.45 | 0.600 | 0.75 | 0.018 | 0.024 | 0.030 |
| L1 | | 1.000 | | | 0.039 | |

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia
Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States

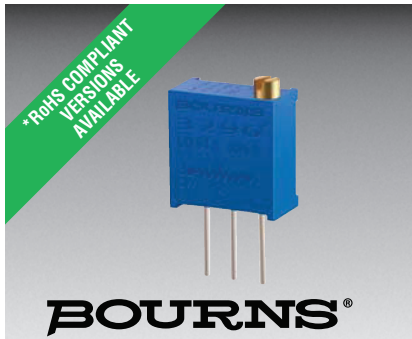
© <http://www.st.com>

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

**ANEXO N.6: 3296 - 3/8 " SQUARE TRIMPOT® TRIMMING
POTENTIOMETER. DATOS TECNICOS**



Features

- Multiturn / Cermet / Industrial / Sealed
- 5 terminal styles
- Tape and reel packaging available
- Chevron seal design
- Listed on the QPL for style RJ24 per MIL-R-22097 and RJR24 per High-Rel Mil-R-39035
- Mounting hardware available (H-117P)
- RoHS compliant* version available
- For trimmer applications/processing guidelines, [click here](#)

3296 - 3/8" Square Trimpot® Trimming Potentiometer

Electrical Characteristics

| | |
|------------------------------|---|
| Standard Resistance Range | 10 ohms to 2 megohms (see standard resistance table) |
| Resistance Tolerance | ±10 % std. (tighter tolerance available) |
| Absolute Minimum Resistance | 1 % or 2 ohms max. (whichever is greater) |
| Contact Resistance Variation | 1.0 % or 3 ohms max. (whichever is greater) |
| Adjustability | |
| Voltage | ±0.01 % |
| Resistance | ±0.05 % |
| Resolution | Infinite |
| Insulation Resistance | 500 vdc. 1,000 megohms min. |
| Dielectric Strength | |
| Sea Level | 900 vac |
| 70,000 Feet | 350 vac |
| Effective Travel | .25 turns nom. |

Environmental Characteristics

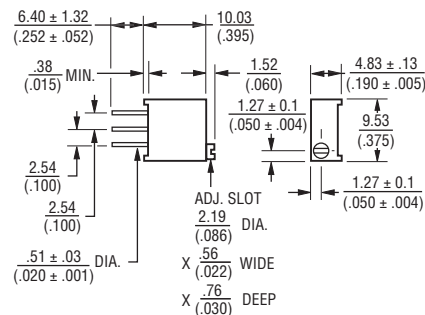
| | |
|-------------------------------|--|
| Power Rating (300 volts max.) | |
| 70 °C | 0.5 watt |
| 125 °C | 0 watt |
| Temperature Range | -55 °C to +125 °C |
| Temperature Coefficient | ±100 ppm/°C |
| Seal Test | 85 °C Fluorinert† |
| Humidity | MIL-STD-202 Method 103 96 hours (2 % ΔTR, 10 Megohms IR) |
| Vibration | 20 G (1 % ΔTR; 1 % ΔVR) |
| Shock | 100 G (1 % ΔTR; 1 % ΔVR) |
| Load Life.. | 1,000 hours 0.5 watt @ 70 °C (3 % ΔTR; 3 % or 3 ohms, whichever is greater, CRV) |
| Rotational Life | 200 cycles (4 % ΔTR; 3 % or 3 ohms, whichever is greater, CRV) |

Physical Characteristics

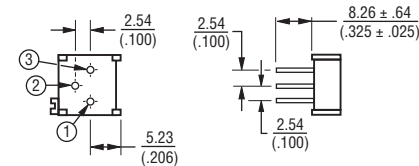
| | |
|--------------------|---|
| Torque | 3.0 oz-in. max. |
| Mechanical Stops | Wiper idles |
| Terminals | Solderable pins |
| Weight | 0.03 oz. |
| Marking | Manufacturer's trademark, resistance code, wiring diagram, date code, manufacturer's model number and style |
| Wiper | 50 % (Actual TR) ±10 % |
| Flammability | U.L. 94V-0 |
| Standard Packaging | 50 pcs. per tube |
| Adjustment Tool | H-90 |

Product Dimensions

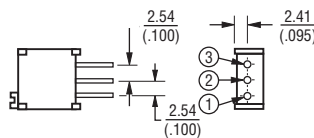
Common Dimensions



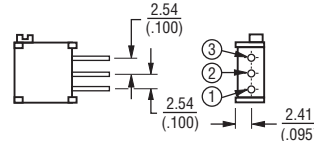
3296P



3296W



3296X

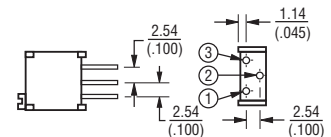


How To Order

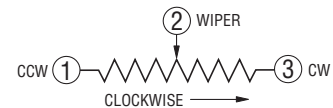
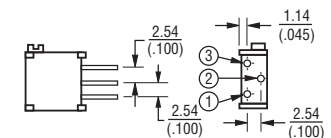
| | | | | | | | |
|--|------|---|---|---|---|-----|----|
| Model | 3296 | W | - | 1 | - | 103 | LF |
| Style | | | | | | | |
| Standard or Modified Product Indicator | | | | | | | |
| -1 = Standard Product | | | | | | | |
| Resistance Code | | | | | | | |
| Packaging Designator | | | | | | | |
| Blank = Tube (Standard) | | | | | | | |
| R = Tape and Reel (X and W Pin Styles Only) | | | | | | | |
| A = Ammo Pack (X and W Pin Styles Only) | | | | | | | |
| Terminations | | | | | | | |
| LF = 100 % Tin-plated (RoHS compliant) | | | | | | | |
| Blank = 90 % Tin / 10 % Lead-plated (Standard) | | | | | | | |

Consult factory for other available options.

3296Y



3296Z



DIMENSIONS: $\frac{\text{MM}}{\text{(INCHES)}}$

TOLERANCES: ± 0.25 (.010) EXCEPT WHERE NOTED

Standard Resistance Table

| Resistance (Ohms) | Resistance Code |
|-------------------|-----------------|
| 10 | 100 |
| 20 | 200 |
| 50 | 500 |
| 100 | 101 |
| 200 | 201 |
| 500 | 501 |
| 1,000 | 102 |
| 2,000 | 202 |
| 5,000 | 502 |
| 10,000 | 103 |
| 20,000 | 203 |
| 25,000 | 253 |
| 50,000 | 503 |
| 100,000 | 104 |
| 200,000 | 204 |
| 250,000 | 254 |
| 500,000 | 504 |
| 1,000,000 | 105 |
| 2,000,000 | 205 |

Popular values listed in boldface. Special resistances available.

†"Fluorinert" is a registered trademark of 3M Co.

*RoHS Directive 2002/95/EC Jan. 27, 2003 including annex and RoHS Recast 2011/65/EU June 8, 2011.

Specifications are subject to change without notice.

The device characteristics and parameters in this data sheet can and do vary in different applications and actual device performance may vary over time.

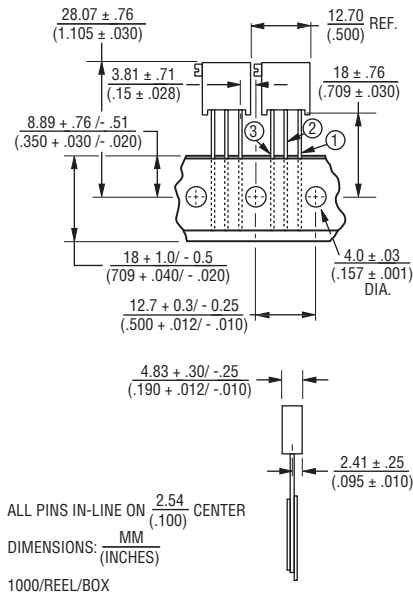
Users should verify actual device performance in their specific applications.

3296 - 3/8 " Square Trimpot® Trimming Potentiometer

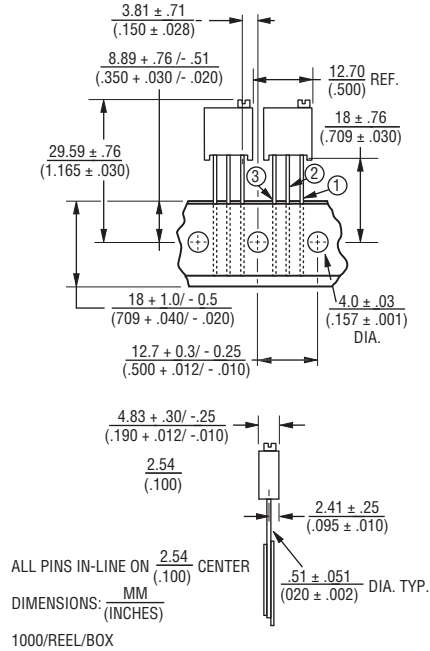
BOURNS®

Packaging Specifications

SIDE ADJUST 3296X-1



TOP ADJUST 3296W-1



Meets EIA Specification 468.

ANEXO N.7: ELEMENTOS ADICIONALES. DATOS TECNICOS



LG129-5.0/5.08

| | |
|---|-----------------|
| Rated voltage(v): | 400 |
| Rated current(A): | 16 |
| Wire Size(mm ²): | 2.5 |
| Wire Size(AWG): | 24-14 |
| Single/multi-core diameter(mm ²): | 0.2-2.5/0.2-2.5 |
| Maximum tightening torque(Nm): | 0.5-0.6 |
| Screw: | 3 |
| Strip length: | 6.5 |
| Resistant voltage(kv): | 4 |
| Insulation Resistance: | PA/V0 |
| Poles(P): | 2-3 |

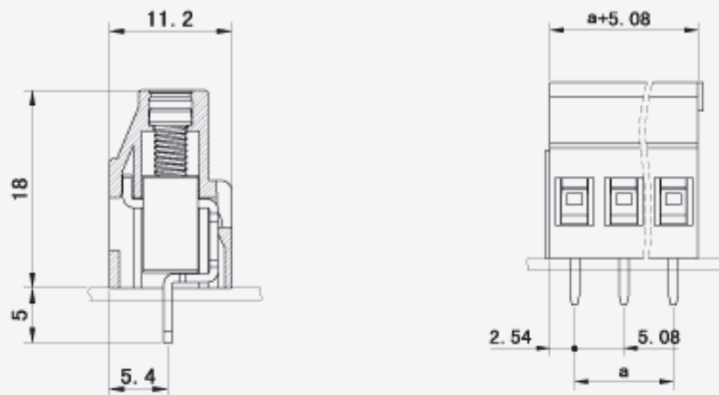
[✉ Contact Now](#)

Details

Introduction of LG129-5.0/5.08 Series Solder Terminal Block:

LG series products are mainly characterized by the monomer and the circuit board soldering and wiring easy, and reliable screw connection. The pitch is 2.54, 3.5, 3.81, 5.0, 5.08, 6.35, 7.5, 7.62, 9.52, 12.7, and so on. The product can be combined with 3P and 2P. The products without stitching are also available. The wiring directions are front, side, slope and other different styles.

Diagram and parameter description:



**ANEXO N.8: CERTIFICACIÓN DE ENTREGA DEL SENSOR
DISEÑADO AL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION
INDUSTRIAL EN PROCESOS MECANICOS DEL DEPARTAMENTO
DE INGENIERIA MECANICA DE LA EPN**

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
Laboratorio de Automatización Industrial de Procesos Mecánicos

MEMORANDUM No. LAIPM-001-2015

Para: Ing. Iván Zambrano
Director de tesis de grado del Ing. Luis Manuel Echeverría Yáñez

De: Ing. Ricardo Soto A.
Jefe del Lab. de Automatización Industrial de Procesos Mecánicos

Asunto: Recepción de equipo de tesis de posgrado

Fecha: Quito, 10 de febrero de 2015

El 10 de febrero de 2014 se hace entrega por parte Ing. Luis Manuel Echeverría Yáñez un módulo de medición de presión con una tarjeta electrónica Arduino al Laboratorio de Automatización Industrial de Procesos Mecánicos como parte de su tesis de posgrado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FLUXÓMETRO, TIPO OBSTRUCCIÓN, CON SENSOR DE PRESIÓN RESISTIVO TIPO FSR®.

El módulo completo consta de los siguientes elementos:

- Un módulo didáctico de válvula con sensor de presión FSR.
- Una plataforma electrónica de programación Arduino UNO R3 más cable de programación.
- Una fuente de voltaje de 12V y 500mA.
- Un circuito de acondicionamiento para el sensor de presión FSR.
- Un archivo pruebaadquisicion.vi de Labview (interfaz gráfica).
- Un respaldo digital del escrito del proyecto de titulación.

El módulo fue probado con el compresor que cuenta el laboratorio. Se observó el cambio de valores de presión en la interfaz gráfica de Labview acordes a los cambios de presión realizados manualmente desde el compresor. De esta manera el módulo es recibido al comprobar su correcto funcionamiento.

El módulo será utilizado en el laboratorio para prácticas futuras en la adquisición de datos de variable analógica con PLCs, también servirá como medidor de presión para la inspección del equipo neumático como cilindros o válvulas.

Atentamente,



Ing. Ricardo Soto A.

JEFE DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE PROCESOS MECÁNICOS