

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA
ITCA-FEPADE**



"Diseñar e implementar un módulo didáctico con sensores de uso más frecuentes en la industria para los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de ITCA-FEPADE"

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

POR

Chacón Villeda, Gerardo Antonio

Crespín Marroquín, Néstor Giovanni

Martínez Ramírez, Jonathan Oswaldo

Mejía Vargas, Efraín Arnoldo

Morales Escobar, Eduardo Antonio

JULIO 2022

SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, C.A.

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE

ESCUELA DE MECATRÓNICA

RECTORA

ELSY ESCOLAR SANTODOMINGO

VICERRECTOR ACADÉMICO

CARLOS ALBERTO ARRIOLA MARTÍNEZ

DIRECTOR DE ESCUELA

MARIO ALFREDO MAJANO MARTÍNEZ

COORDINADOR INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

BLADIMIR ARNOLDO ALVARENGA HENRIQUEZ

ASESOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

BLADIMIR ARNOLDO ALVARENGA HENRIQUEZ



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

POR EL JURADO No. _____

En la Escuela de Ingeniería en Mecatrónica, de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA- FEPADE, a las ___ horas con ___ minutos del día ___ de _____ del 2022.

Reunidos los suscritos miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Investigación titulado:

“Diseñar e implementar un módulo didáctico con sensores de uso más frecuentes en la industria para los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de ITCA-FEPADE”

Presentada por el (los) la (a) Bachiller (es):

1. Eduardo Antonio Morales Escobar
2. Néstor Giovanni Crespín Marroquín
3. Jonathan Oswaldo Martínez Ramírez
4. Efraín Arnoldo Mejía Vargas
5. Gerardo Antonio Chacón Villeda

Para optar al Grado de:

Ingeniero en Mecatrónica

Respectivamente

HACE CONSTAR QUE: Habiendo revisado y evaluado en forma individual su contenido escrito, de conformidad con el Reglamento de Graduación.

ACORDARON DECLARARLA: APROBADO SIN OBSERVACIONES

APROBADO CON OBSERVACIONES

REPROBADO

No habiendo más que hacer constar, damos por finalizada la presente acta que firmamos, entregando el original.

Presidente

1er. Vocal

2° Vocal

Sistema Bibliotecario

Carta de Autorización de Divulgación

Nosotros: Eduardo Antonio Morales Escobar (05981658-9), Néstor Giovanni Crespín Marroquín (05697825-1), Jonathan Oswaldo Martínez Ramírez (05971824-4), Efraín Arnoldo Mejía Vargas (05196323-5), Gerardo Antonio Chacón Villeda (05178467-3), estudiantes de la carrera **Ingeniería en Mecatrónica** de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Manifestamos:

1) Que somos los autores del trabajo de graduación que lleva por título: ***Diseñar e implementar un módulo didáctico con sensores de uso más frecuentes en la industria para los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de ITCA-FEPADE***, y que en adelante denominaremos la obra, presentado como requisito de graduación de la carrera, anteriormente mencionada, el cual fue dirigido y asesorado por el ingeniero **Bladimir Alvarenga**, quien se desempeña como docente del departamento de Mecatrónica en la institución.

2) Que la obra es una creación original y que no infringe los derechos de propiedad intelectual, ni los derechos de publicidad, comerciales, de propiedad industrial u otros, y que no constituye una difamación, ni una invasión de la privacidad o de la intimidad, ni cualquier injuria hacia terceros.

3) Nos responsabilizamos ante cualquier reclamo que se le haga a la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, en este sentido.

4) Que estamos debidamente legitimados para autorizar la divulgación de la obra mediante las condiciones de la licencia de Creative Commons.

- [] Reconocimiento (cc by)
- [] Reconocimiento - Compartir (cc by -sa)
- [] Reconocimiento - SinObraDerivada (cc by -nd)
- [] Reconocimiento - NoComercial (cc by-nc)
- [] Reconocimiento - NoComercial - CompartirIgual (cc by-nc-sa)
- [] Reconocimiento -NoComercial-SinObraDerivada (cc by-nc-nd) De acuerdo con la legalidad vigente.

5) Que conocemos y aceptamos las condiciones de preservación y difusión de la Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

En atención a lo antes expuesto solicitamos:

Que la obra quede depositada en las condiciones establecidas en la licencia de difusión anteriormente electa, y en consecuencia, tomando como base al artículo 7 de la Ley de Propiedad Intelectual, cedemos los derechos económicos de explotación necesarios para tal efecto.

Eduardo Morales

Nestor Crespín

Jonathan Martínez

Efraín Mejía

Gerardo Chacón

San Salvador, 25 de julio de 2022

INDICE

Capítulo I	2
1.0 Planteamiento del problema	2
1.1 Definición del problema	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Alcances y Limitaciones	6
1.5.1 Alcances	6
1.5.2 Limitaciones	7
Capítulo II	8
2.0 Marco teórico	8
2.1 Los sensores	8
2.1.1 ¿Qué son los sensores?	8
2.1.2 Características estáticas	9
2.1.3 Características dinámicas	10
2.2 Los transductores	11
2.2.1 ¿Qué son los transductores?	11
2.2.2 ¿Como funcionan?	12
2.2.3 Principios de traducción	13
2.2.4 Principio de traducción Piezoresistivo	13
2.2.5 Transductor capacitivo	14
2.2.6 Transductor piezoeléctrico	18
2.2.7 Transductor Ultrasónico	20
2.3 Clasificación de los sensores	22
2.3.1 Sensor reflectivo	23
2.3.2 Sensor LDR	23
2.3.4 Sensor Micro interruptor	24
2.3.5 Sensor de presión	25
2.3.6 Sensor Infrarrojo	25

2.3.7	Sensor RTD (Termorresistencias)	26
2.3.8	Sensor de Campo Magnético	26
2.3.9	Sensor IO Link	27
2.3.10	Sensor Capacitivo	28
2.4	Instrumentación y control	29
2.4.1	Fuentes de alimentación	29
2.4.2	Indicador LED	30
2.4.3	Relé	31
2.5	Elementos de instrumentación y control	32
2.5.1	Instrumentación Y Control	32
2.6	El aprendizaje	43
2.7	Estrategias y métodos de enseñanza y aprendizaje	43
Capítulo III		46
3.0	Descripción del Proyecto	46
3.1	Descripción de Diseño	47
3.1.1	Alimentación	47
3.1.2	Alimentación 24 VDC	48
3.1.3	Módulo Relé	48
3.1.4	Indicador Visual	48
3.1.5	Conexiones para sensor	48
3.1.6	Pulsador	49
3.2	Circuito Eléctrico	49
3.3	Listado de componentes	51
3.3.1	Sensor Inductivo	51
3.3.2	Sensor Capacitivo	52
3.3.3	Sensor reflectivo	52
3.3.4	Fuente de alimentación	53
3.3.5	Módulo Relé	53
3.3.6	Base para Relé	54
3.3.7	Pilotos indicadores	54
3.3.8	Maneta dos posiciones	55
3.3.9	Pulsadores	55
3.3.10	Conector hembra/macho tipo banana	55

3.3.11 Disyuntor	56
3.4 Costos aproximados por la Inversión	56
3.5 Planos	58
CAPITULO IV	68
4.0. Alcances-Análisis de resultados	65
4.1. Alcances	65
CAPITULO V	68
5.0. Conclusiones y recomendaciones	67
5.1. Conclusiones	67
5.2. Recomendaciones	67
5.3 Glosario	68
5.3.1 Error	68
5.3.2 Incertidumbre De La Medida	68
5.3.3 Exactitud	68
5.3.4 Precisión	68
5.3.5 Sensibilidad	69
5.3.6 Repetibilidad	69
5.3.7 Histéresis	70
5.3.8 Modulo didáctico	70
5.4 Referencias Bibliográficas.....	71
Bibliografía	71
5.5 Anexos	72

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama principio de transducción.	13
Ilustración 2. Diagrama de la arquitectura base para transductores piezo resistivos.	14
Ilustración 3.Capacitor.	15
Ilustración 4.Estructuras Capacitivas.	16
Ilustración 5.Capacitor con Placas Paralelas.	16
Ilustración 6.Capacitor Inter digitado.	17
Ilustración 7.Capacitor de Franja.	17
Ilustración 8.Representación de material piezoeléctrico en estado normal.	19
Ilustración 9.Representación de material piezoeléctrico polarizado.	19
Ilustración 10.Material Piezoeléctrico polarizado a la inversa.	20
Ilustración 11.Representación del comportamiento de las ondas de ultrasonido.	21
Ilustración 12.Representación del efecto Doppler.	21
Ilustración 13.Principio de traducción ultrasónica.	22
Ilustración 14.Sensor Reflectivo.	23
Ilustración 15.Sensor L.D.R.	24
Ilustración 16.Micro interruptores.	24
Ilustración 17.Sensor de Presión.	25
Ilustración 18.Sensor Infrarrojo.	25
Ilustración 19.Sensor de Temperatura.	26
Ilustración 20. Sensores de Campo Magnético.	27
Ilustración 21.Sensores IO LINK.	28
Ilustración 22.Sensor Capacitivo.	29
Ilustración 23.Indicador LED Verde.	30
Ilustración 24.Indicador LED Rojo.	31
Ilustración 25.Indicador LED Azul.	31

Ilustración 26.Funcionamiento de Relé.	32
Ilustración 27.Partes de un Relé	32
Ilustración 28.Sistema PID.	34
Ilustración 29.Control Proporcional.	36
Ilustración 30.Control Derivativo.	38
Ilustración 31.Control Integral.	40
Ilustración 32.Representación de un PID.	41
Ilustración 33.Instrumentos de Medición.	43
Ilustración 34.Prototipo.	47
Ilustración 35.Diseño de tablero.	47
Ilustración 36.Maneta On/Off.	47
Ilustración 37.Fuente de Alimentación.	48
Ilustración 38.Conexiones Relé.	48
Ilustración 39.Pulsador.	49
Ilustración 40 Circuito Electrico	50
Ilustración 41.Sensor Inductivo.	52
Ilustración 42.Sensor Capacitivo.	52
Ilustración 43.Sensor Reflectivo.	53
Ilustración 44.Fuente de Alimentación.	53
Ilustración 45.Relé.	54
Ilustración 46.Base para Relé.	54
Ilustración 47.Pilotos Indicadores.	55
Ilustración 48.Maneta de dos posiciones.	55
Ilustración 49.Pulsador.	55
Ilustración 50.Conector Tipo banana.	56
Ilustración 51.Disyuntor de 2 polos 20A.	56

INDICE DE ECUACIONES.

Ecuación 1.Cálculo de capacitancia.18
Ecuación 2.Calculo de sensibilidad de un sensor..... 69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Presupuesto de proyecto. 58

Resumen

Capítulo I

En este capítulo se aprecia cual es la definición y planteamiento del problema basándonos en los alcances y limitaciones establecidos

Capitulo II

En este capítulo se establece toda la base teórica relacionada a la teoría de control automático requeridos para la creación del diseño.

Capítulo III

En este apartado planteamos el diseño, elementos y especificaciones a utilizar para el armado final tomando en cuenta los sensores de uso más frecuente y los componentes más adecuados para el uso didáctico. Se definen los costos estimados de la inversión así también los planos de este.

Capitulo IV

Se plantea el cumplimiento del armado del proyecto en función de los alcances y limitaciones definidos en el principio, analizamos si los criterios de diseños son los planteados en el inicio.

Capitulo V

Los resultados obtenidos son los que en principio se adecuaron en el diseño, considerando todos los parámetros antes planteados e n el diseño y elaboración.

CAPITULO I

Planteamiento del Problema

Capítulo I

1.0 Planteamiento del problema

1.1 Definición del problema

ITCA FEPADE se ha caracterizado por siempre estar a la vanguardia tecnológica con las distintas tecnologías que están surgiendo día a día en nuestro país con el objetivo que sus estudiantes siempre puedan tener de primera mano dichos conocimientos.

Con el tiempo siempre existirán oportunidades de mejora en todos los procesos de aprendizaje que puedan tener ya que actualmente si se pueden realizar ciertas prácticas para conectar sensores, pero no una que este específicamente diseñado solo para ello.

La contribución de una nueva forma didáctica para el entrenamiento con sensores digitales a los alumnos de ITCA-FEPADE de la carrera de Ingeniería Mecatrónica mediante equipos adecuados de instrumentación y control fortalecerá los conocimientos prácticos de los alumnos y mejorará el proceso de aprendizaje.

1.2 Antecedentes

Antecedentes

En el año de 1969 los ingenieros Wilard Boyle y George E. Smith de los laboratorios AT&T Bell Labs crearon un dispositivo a que le nombraron Charge Bubble Devices, este dispositivo fue capaz de leer una serie de valores de carga de un array uno a uno y convertirlos en señales digitales. La idea, según sus autores, tenía bastantes aplicaciones, tales como memoria o dispositivo para capturar imágenes. La primera patente aplicada para ser usada como sensor para imágenes sería Michael Tompsett en 1971. Su dispositivo era un sensor lineal de 8 píxeles que era capaz de actuar como escáner. Era el comienzo de la imagen digital, por el camino el nombre cambiaría a Charge Coupled Devices. Adrián Alberto Castro Rojas (2008), de la Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica, a través de su tesis: "Sensores utilizados en la Automatización Industrial", realiza un recorrido histórico sobre el desarrollo y utilización de sensores más utilizados dentro del entorno industrial para la automatización, con el propósito de obtener un estudio que contemple una investigación documental, donde se analizan los diferentes tipos de sensores a lo largo de la evolución de las nuevas tecnologías dentro de la industria y automatización.

1.3 Justificación

El presente trabajo de investigación surge en base a la necesidad de contribuir al aprendizaje que tienen los alumnos pertenecientes a la carrera de Ingeniería Mecatrónica de ITCA FEPADE, una destacada institución que está a la vanguardia de la enseñanza técnica de las distintas aplicaciones que pueden surgir desde la gestión hasta la ejecución de tareas especializadas de cierto grado de complejidad en el entorno industrial.

Por tal razón, siempre debe de mantenerse actualizado con los avances tecnológicos que se van obteniendo en la industria actual.

Se observa la necesidad de desarrollar un módulo didáctico que muestre a las presentes y futuras generaciones de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de ITCA-FEPADE, las distintas formas de medición mediante sensores de usos más frecuentes dentro de la industria, entre las cuales se tienen: medición por reacción a materiales metálicos, materiales plásticos, de barrera y dispositivos mecánicos de medición como finales de carrera.

Si bien, existen formas en las cuales se pueden poner a prueba sensores en ITCA no se cuenta con un módulo estrictamente diseñado para conocer de una manera más didáctica y con un mayor impacto dentro del aprendizaje para el alumno. De esta manera, el módulo didáctico será útil para estudiantes y docentes pues permitirá realizar el análisis y comparación entre dispositivos que midan las mismas magnitudes físicas y desarrollarán la capacidad para contrastar y seleccionar de manera eficiente un sensor de acuerdo a la necesidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar e implementar un módulo de control didáctico capaz de transmitir las distintas aplicaciones de sensores digitales de mayor utilidad en la industria para contribuir en la mejora continua de la escuela de Mecatrónica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Incorporar una nueva herramienta de aprendizaje de uso didáctico para los estudiantes de la escuela de Mecatrónica.
- Crear un manual de usuario para garantizar el correcto funcionamiento de los mandos de control.
- Aplicar ingeniería en diseño de circuitos eléctricos y distribución de componentes del módulo.
- Diseñar guías de prácticas básicas con la utilización de los módulos de aprendizaje.

1.5 Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances

- Los sensores utilizados en el módulo serán los que se encuentran con mayor frecuencia en la industria salvadoreña por sus funciones y usos dentro de la misma.
- Este trabajo está enfocado para los alumnos de la escuela de ingeniería mecatrónica de ITCA-FEPADE sede central para familiarizar a los estudiantes con el correcto uso de los sensores a utilizar.
- Se creará un módulo de aprendizaje con sus respectivos manuales de usuario bajo los reglamentos proporcionados por la institución asegurando el fácil entendimiento por los estudiantes.
- Las guías proporcionadas ayudarán a los docentes en su labor de enseñanza con problemas prácticos que los alumnos deberán realizar dentro de las instalaciones.

1.5.2 Limitaciones

- El correcto uso de los módulos de trabajo y su vida útil dependerán de los estudiantes que lo utilicen y la supervisión de sus instructores.
- El manual de usuario estará dirigido a personas con conocimientos básicos de componentes electrónicos por lo cual no detallarán aspectos como conexiones eléctricas o funcionamiento interno del sensor.
- Los recursos para realizar el proyecto serán monetariamente limitados por lo cual no se utilizarán componentes con rangos de medida muy amplios que no podrán ser alcanzados dentro de un laboratorio.
- Las guías para presentar solamente cubrirán la parte práctica del uso de sensores.

CAPITULO II

Marco Teórico

Capítulo II

2.0 Marco teórico

2.1 Los sensores

2.1.1 ¿Qué son los sensores?

Los sensores son dispositivos capaces de transformar variables físicas y químicas, en magnitudes eléctricas, a estas magnitudes también se les conoce como variables de instrumentación, el valor de la variable dependerá del tipo de sensor que se esté utilizando. En la industria es necesario medir una gran cantidad de variables por lo cual se utilizan distintos sensores capaces de medir esas variables, encontraremos sensores de temperatura, presión, fuerza, torsión, intensidad lumínica, humedad, PH, entre otras, la magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica, una tensión eléctrica, o una corriente eléctrica, que están siempre en contacto con la variable a medir o a controlar, hay sensores que no solo sirven para medir la variable, sino también para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar (4 a 20 mA, o 1 a 5VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable censada dentro de un rango, para fines de control de dicha variable en un proceso (Ortiz, 2017).

En general, un sistema de ingeniería moderno está compuesto por un sensor, una unidad procesadora y un sistema de actuación. De este modo, se puede afirmar que, de acuerdo con su función, los sensores son dispositivos que permiten cuantificar una variable física, mientras que los actuadores, a partir de la variable física medida por el sensor, tienen la tarea de realizar una acción, como consecuencia de haber procesado la magnitud que tendrá dicha variable. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

La principal diferencia entre un transductor y un sensor radica en que el sensor no solo cambia el dominio de la variable física medida, sino que además la salida del sensor será un dato útil para un sistema de medición. De este modo, un sensor se define como un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

2.1.2 Características estáticas

Sensibilidad:

La sensibilidad de un sensor se define como la entrada mínima que requiere este para provocar una salida detectable. La representación gráfica de cómo cambia la salida del sensor con respecto a la entrada se conoce como curva de salida, donde la pendiente de la recta tangente a esta curva constituye la sensibilidad del sensor. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

Rango:

El rango de un sensor se define como el intervalo presente entre el valor mínimo y el valor máximo de la variable física que puede medir el sensor. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

Precisión:

La precisión de un sensor se refiere al grado de repetitividad de una medida. Por ejemplo, si se mide la misma variable física con el mismo valor, el sensor siempre deberá entregar exactamente la misma salida cada vez. (Graf, 1984).

Exactitud:

La exactitud se define como la diferencia máxima entre la salida actual del sensor y el valor real de la variable medida. Por lo común, la

exactitud de un sensor se expresa de manera porcentual. En general, la mayoría de los sensores presenta una distribución alrededor del valor real de la variable física que está censando, sin importar que el valor real no cambie. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014)

Linealidad estática:

La linealidad estática de un sensor depende de modo principal de factores ambientales, por lo que se define como la desviación que presenta el sensor entre la curva proporcionada por el fabricante en condiciones controladas y la curva de salida actual. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

Offset:

El offset en un sensor se define como un corrimiento en el eje y de la curva de salida, el cual se caracteriza por ser siempre igual en ciertas condiciones de operación. De manera alternativa, el offset constituye la salida que presenta un sensor cuando en realidad esta debería ser cero. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

Resolución:

La resolución de un sensor se define como el cambio más pequeño en la variable física que le es posible registrar. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

Error estático:

Cuando una variable física es censada o cuantificada siempre existe la posibilidad de cometer un error en la medición. En general, los errores estáticos en los sensores se deben a problemas en las lecturas. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

2.1.3 Características dinámicas

Tiempo de respuesta:

El tiempo de respuesta se define como el periodo que transcurre desde que la variable censada presenta un cambio de estado y el sensor lo registra. El tiempo de respuesta depende del tipo de magnitud que se esté midiendo y del sensor utilizado.

Histéresis:

La histéresis en un sensor es la capacidad que tiene el sensor para seguir a la curva de salida ideal debido a la tendencia de los cambios de la variable física; la principal diferencia entre la histéresis y la linealidad es que cuando un sensor presenta histéresis significa que la tendencia de salida cruza en ambos sentidos a la curva de salida ideal.

Linealidad dinámica:

La linealidad dinámica de un sensor es la capacidad que tiene este para seguir correctamente la curva de salida dada por el fabricante cuando la variable física experimenta cambios repentinos y muy rápidos.

Error dinámico:

Un error dinámico en un sensor puede ser causado por varias razones, y entre las más comunes destacan las cargas inducidas en el sensor debido a los aparatos de medición.

2.2 Los transductores

2.2.1 ¿Qué son los transductores?

Un transductor se define como aquel dispositivo que es capaz de convertir una variable física en otra que tiene un dominio diferente. De acuerdo con esta definición, es posible afirmar que un transductor forma parte de un sensor o de un actuador; pero la diferencia entre un sensor, un actuador y un transductor radica en que el transductor simplemente cambia el dominio de la variable, mientras que el sensor

proporciona una salida útil para ser usada como variable de entrada a un sistema de procesamiento de la información y el actuador se encarga de ejecutar la acción determinada por el sistema de procesamiento de la información. Por ende, de manera general, se dice que un transductor cambia la variable física medida a una señal eléctrica; sin embargo, esto no siempre se cumple. Por ejemplo, piénsese en una báscula, como se sabe las hay electrónicas y mecánicas, para el caso de las básculas electrónicas el transductor tiene la tarea de transformar el peso de un objeto en una señal eléctrica que es interpretada posteriormente, mientras que en la báscula mecánica el transductor convierte el peso del objeto en una señal mecánica que recorre un indicador. Entonces, de manera general, se dice que un transductor es capaz de convertir una variable física en un movimiento, en presión, en flujo, en una señal eléctrica, etcétera. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

2.2.2 ¿Como funcionan?

Los traductores se dividen en dos ramas:

Transductores de Entrada: Cuando el transductor se usa como parte de un sistema de censado, se dice que el transductor es de entrada. Por tanto, un transductor de entrada es aquel que se usa para medir una variable física cuya salida es utilizada por un sistema de procesamiento de la información.

Transductores de salida: cuando el transductor es parte de un sistema de actuación se dice que este es un transductor de salida. Así, un transductor de salida es aquel dispositivo que convierte la señal del sistema de procesamiento de la información en una acción tangible en el entorno; por ejemplo, el movimiento de un motor, la activación de una válvula, etcétera.

2.2.3 Principios de traducción

Para llevar a cabo su función, un traductor se vale de algún principio físico de transformación de la energía, al que se denomina principio de traducción, como los que se muestran a continuación (Ilustración 1).

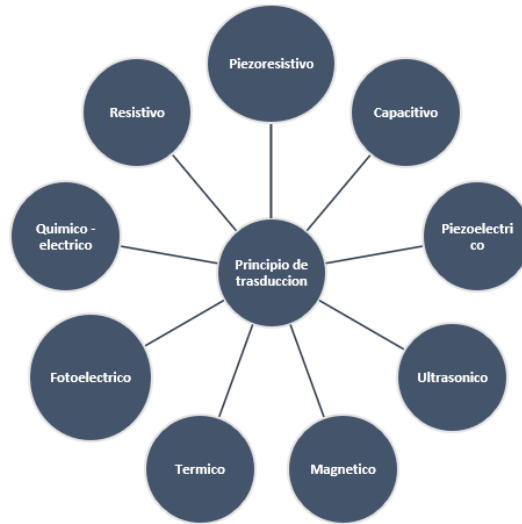


Ilustración 1. Diagrama principio de transducción.

2.2.4 Principio de traducción Piezoresistivo

La piezoresistividad se define como la relación entre la resistencia eléctrica y la deformación. Por ejemplo, en un material en estado de reposo, los átomos que lo conforman están en estado de equilibrio, pero si en un instante dado dicho material sufre una deformación, los átomos de la celda unitaria presentarán un movimiento relativo, modificando su resistividad, denominándolo, por esa razón, como material piezoresistivo. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

Cabe aclarar que la diferencia entre la resistencia de un material y su resistividad es que la resistencia depende del volumen del material a tratar, mientras que la resistividad es una característica intrínseca que está relacionada con el hecho de cómo están acomodados los átomos

en la celda unitaria que conforma a dicho material). Por tanto, es posible afirmar, de manera general, que la variación en la resistividad de un material debido a una deformación es lineal, siempre y cuando la deformación sea relativamente pequeña. Para utilizar este tipo de principio de transducción, el material piezoresistivo comúnmente se conecta en forma de una resistencia dentro de un circuito eléctrico. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014)

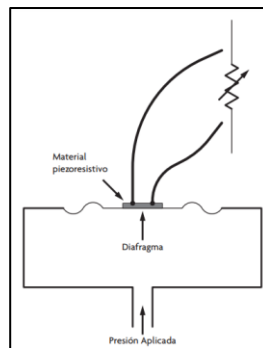


Ilustración 2. Diagrama de la arquitectura base para transductores piezo resistivos.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

Por lo que al aplicar una diferencia de potencial al circuito es posible medir un voltaje entre las terminales del material piezoresistivo. Si se considera que la corriente que circula a través de este circuito es constante, el voltaje entre sus terminales variará si se deforma el material. En general, la deformación en el material se induce por la aplicación de una presión, ya que este tipo de materiales se usa primordialmente en sensores de presión. Para mejorar el desempeño en este tipo de transducción, se suele conectar la resistencia variable en un puente de Wheatstone.

2.2.5 Transductor capacitivo

El principio de transducción capacitivo es muy usado debido a que tiene claras ventajas, entre las que destacan resolución infinita, bajo consumo de energía, es capaz de detectar casi cualquier tipo de material, tiene baja dependencia a la temperatura, soporta

desalineaciones mecánicas y es fácilmente aislable de ruido de campos eléctricos, comparado con un principio de transducción magnético. Debido a estas importantes características, el principio de transducción capacitivo ha desplazado, poco a poco, a los principios piezoeléctricos y piezoresistivos. No obstante, algunas de las desventajas de este tipo de principio de transducción es que requiere de circuitos de lectura muy especializados, además de las dificultades que implica el acoplamiento entre los circuitos de lectura y las estructuras capacitivas, ya que este acoplamiento debe realizarse durante el proceso de fabricación, para evitar la presencia de capacitancias parásitas, implícitas a una conexión eléctrica.

El principio básico de su funcionamiento consiste, en el caso de sensores de proximidad, en medir un cambio de capacitancia inducido por el movimiento relativo entre el sensor y un objeto, mientras que en el caso de sensores inerciales dicho principio básico consiste en el desplazamiento de una estructura móvil con respecto a una fija.

Para utilizar el principio de transducción capacitivo se necesita una estructura que esté constituida por uno o varios capacitores, donde un capacitor es un elemento que está formado básicamente por dos electrodos (o placas) y un medio dieléctrico entre estos (Ilustración 3).

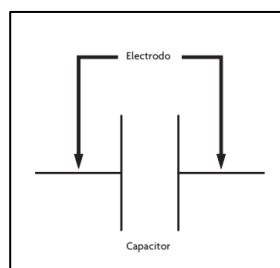


Ilustración 3. Capacitor.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

Las estructuras típicas más importantes para transductores capacitivos se muestran:

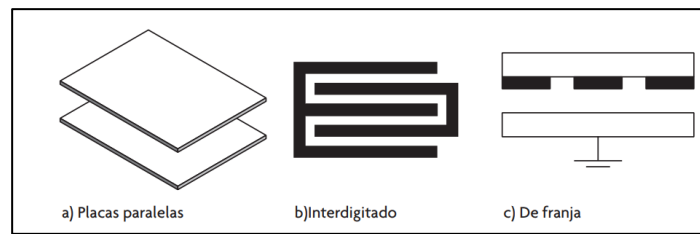


Ilustración 4. Estructuras Capacitivas.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

El capacitor de placas paralelas es capaz de medir el desplazamiento en dirección normal a la superficie de la placa móvil respecto a las placas fijas. Además, esta configuración es comúnmente utilizada para medir desplazamientos en dirección tangencial a la superficie de la placa móvil, lo cual se traduce en una variación del área efectiva o de traslape que existe entre las placas (Ilustración 5). Este tipo de configuración se usa con regularidad para transductores de presión a energía eléctrica. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

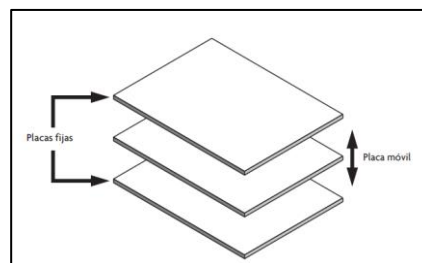


Ilustración 5. Capacitor con Placas Paralelas.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

Capacitor Inter digitado, la placa móvil consta de "dedos", misma que se desplaza al aplicársele una fuerza externa. En el caso de esta estructura, los dedos de la placa móvil forman capacitores con los dedos fijos, de tal forma que cuando la placa se desplaza en dirección

Y, el capacitor formado entre las placas superiores será mayor con respecto al capacitor formado en las placas inferiores (de cada dedo); lo mismo

sucede a la inversa, esto es, cuando la placa móvil experimenta un desplazamiento en dirección Y-, el capacitor formado entre el dedo móvil y la placa fija de abajo (de cada dedo) tendrá un mayor valor de capacitancia con respecto al capacitor formado del lado inverso. Esta configuración se usa de modo principal en sensores MEMS inerciales (Ilustración 6). (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

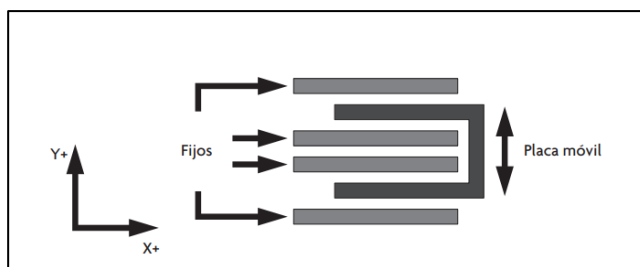


Ilustración 6. Capacitor Inter digitado.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

Capacitor de franja, (figura 7) se forma con un capacitor interdigitado, que está implementado en el mismo sustrato que el electrodo 2, de tal forma que, si dicho electrodo se desplaza sobre el eje Y, el capacitor interdigitado se acerca o se aleja del electrodo 1, con lo que se logra variar la capacitancia. Este tipo de configuración se usa en sensores de proximidad. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

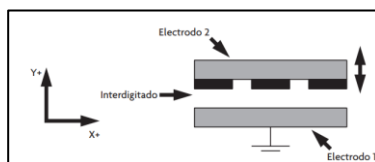


Ilustración 7. Capacitor de Franja.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

En términos geométricos, un capacitor puede calcularse mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A_t}{d}$$

Ecuación 1. Cálculo de capacitancia.

Donde:

C = Capacitancia.

ϵ_0 = Permeabilidad del vacío.

ϵ_r = Primalidad relativa del medio.

A_t = Área de traslape entre los electrodos.

d = Distancia entre los electrodos.

En general, el principio de transducción capacitivo usa esta relación geométrica para determinar cambios, ya sea de distancia entre electrodos o del área de traslape. Por lo común, la relación geométrica se usa de manera diferencial; esto significa que siempre que se tenga un capacitor que aumenta, existe otro que disminuye; por tanto, la diferencia entre estos deberá ser calculada.

2.2.6 Transductor piezoeléctrico

Este tipo de materiales tiene la peculiaridad de generar carga eléctrica cuando una presión externa es aplicada sobre estos. El término piezoelectricidad relaciona estos dos importantes conceptos: electricidad y presión, de tal manera que la piezoelectricidad significa: electricidad derivada de la presión. Esta transducción está basada en el cambio de polarización del material debido a la deformación generada por una fuerza aplicada. Los materiales piezoeléctricos constituyen un subconjunto de los materiales ferroeléctricos, cuya característica principal es tener una polarización neta, incluso sin un campo aplicado.

Un material piezoeléctrico no solo puede realizar el proceso de generar una diferencia de potencial debido a una presión aplicada, sino que también puede llevar a cabo el proceso inverso. Este tipo de materiales se utiliza con mucha frecuencia dada la naturaleza reversible del efecto piezoeléctrico.

Imagínese un trozo de material piezoeléctrico (Ilustración 8).

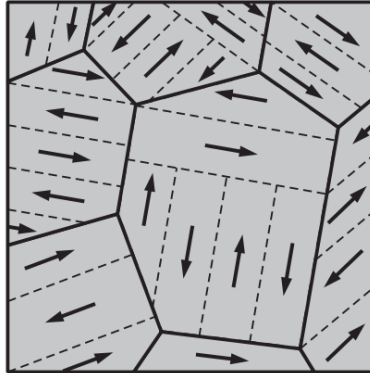


Ilustración 8. Representación de material piezoeléctrico en estado normal.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

En este, cada elemento que conforma el material está formado por un dipolo, esto significa que cada elemento que conforma el material está polarizado, que un extremo es más negativo que el otro. Cuando el material experimenta una deformación (ya sea de extensión o de contracción), los dipolos se alinean de tal forma que es posible medir un voltaje.

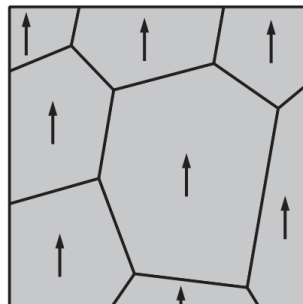


Ilustración 9. Representación de material piezoeléctrico polarizado.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

Por el contrario, si el material está en estado de reposo y se conecta una batería a este, el campo eléctrico que genera la batería provoca una deformación en el material, ya sea que este se contraiga o se extienda, dependiendo del sentido de polaridad de la batería (Ilustración 10).

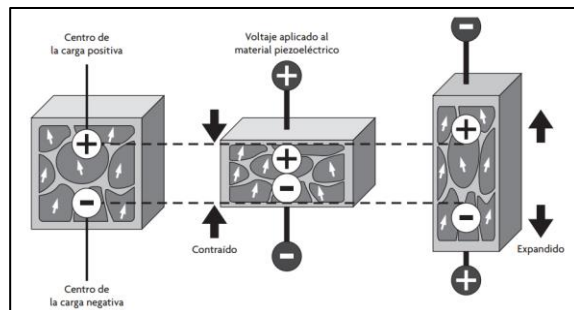


Ilustración 10. Material Piezoeléctrico polarizado a la inversa.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

2.2.7 Transductor Ultrasónico

Una onda ultrasónica se define como aquella que se encuentra por encima de la frecuencia audible. Las ondas ultrasónicas son útiles para detectar y evaluar objetos en medios gaseosos, líquidos e, incluso, en medios sólidos. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014).

El principio de transducción ultrasónico se basa en la conversión de la energía mecánica que posee la onda ultrasónica en otro tipo de energía; por tanto, si esta onda mecánica incide sobre un objeto, una parte de esta será absorbida, otra reflejada y otra transmitida (Ilustración 11). Debido a este fenómeno, los transductores ultrasónicos se utilizan principalmente para medir la velocidad con la que la onda regresa, el tiempo de su propagación, su atenuación o si la onda reflejada es o no interrumpida por algún objeto.

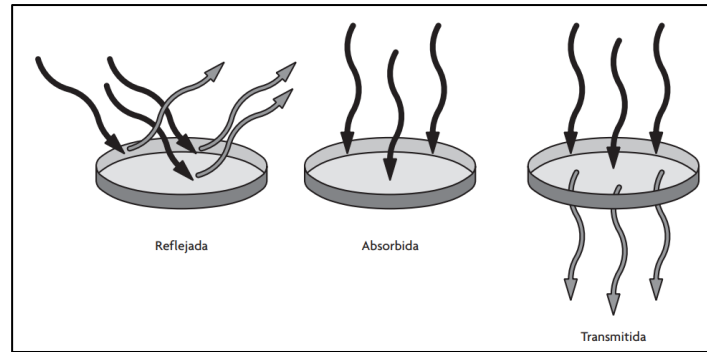


Ilustración 11. Representación del comportamiento de las ondas de ultrasonido.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

La base de los transductores ultrasónicos es el principio conocido como efecto Doppler, que es aquel que se produce cuando en un medio ultrasónico existe un aparente cambio en la frecuencia de radiación de la onda debido a un movimiento relativo entre la fuente emisora de dicha onda y el receptor (Ilustración 12). En el caso de los transductores ultrasónicos, cuando el emisor y el receptor se acercan, la frecuencia aparente aumenta, mientras que cuando estos se alejan, la frecuencia aparente disminuye.

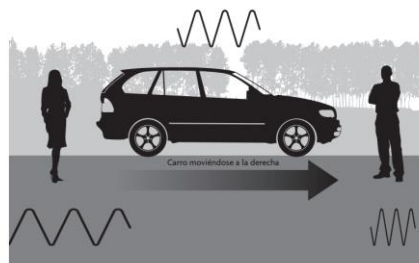


Ilustración 12. Representación del efecto Doppler.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

Además de utilizar el principio de efecto Doppler, los transductores ultrasónicos también necesitan de un transductor piezoeléctrico para su funcionamiento, de tal manera que la onda mecánica se encarga de

excitar al piezoeléctrico, provocando que este se comprima o se tense para producir una

señal eléctrica variable (Ilustración 13). Algunas configuraciones usuales en los sensores ultrasónicos incluyen un emisor de las ondas ultrasónicas y un receptor, ambos colocados de forma contigua; esta configuración, por lo común, se usa para medir la proximidad o la velocidad de un objeto respecto a una referencia. En cambio, si el emisor y el receptor se colocan uno opuesto con respecto al otro, es posible detectar la interferencia de algún objeto o la velocidad de un fluido.

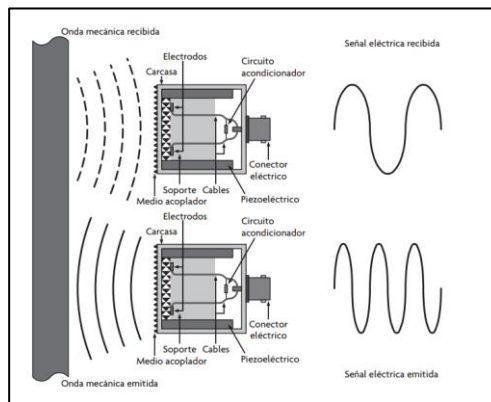


Ilustración 13. Principio de traducción ultrasónica.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

2.3 Clasificación de los sensores

Según su funcionamiento los sensores se pueden clasificar en diversos tipos.

Según su aporte de energía se pueden dividir en moduladores (activos) y generadores (pasivos), donde los primeros se caracterizan por utilizar una fuente de energía auxiliar para alimentar la señal de salida y los pasivos donde la energía de la señal de salida es suministrada por la entrada. Otra clasificación se hace según el tipo de señal a ser sensada la cual puede ser analógica o digital. En los

sensores analógicos la salida varía de manera continua, encontrándose la información en la amplitud y algunas veces en la frecuencia.

En cambio, los sensores digitales proporcionan una salida discreta.

En el siguiente punto se dará una breve descripción de distintos sensores que se emplean para medir diversas magnitudes físicas.

2.3.1 Sensor reflectivo

Los sensores de objetos por reflexión están basados en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser, etc.) y una célula receptora del reflejo de esta señal, que puede ser un fotodiodo, un fototransistor, LDR, incluso chips especializados, como los receptores de control remoto. Con elementos ópticos similares, es decir emisor-receptor, existen los sensores "de ranura", donde se establece un haz directo entre el emisor y el receptor, con un espacio entre ellos que puede ser ocupado por un objeto. (Graf, 1984).

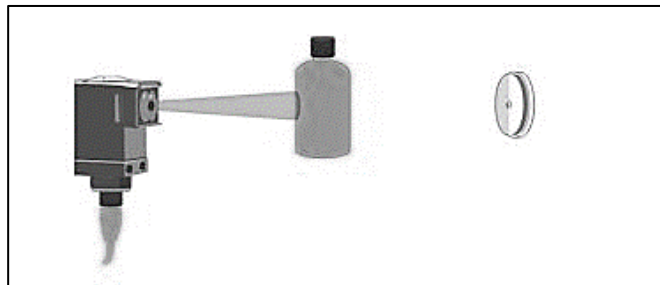


Ilustración 14. Sensor Reflectivo.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

2.3.2 Sensor LDR

Un LDR es un resistor que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él. Se le llama, también, fotorresistor o fotorresistencia. El valor de resistencia

eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (en algunos casos puede descender a tan

bajo como 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (puede ser de varios megaohms). (Graf, 1984).

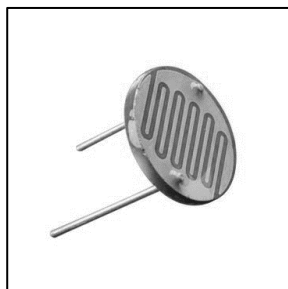


Ilustración 15.Sensor L.D.R.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.3.4 Sensor Micro interruptor

La función del sensor de microinterruptor es bastante fácil de entender. Es una característica de los microinterruptores que les hace detectar cambios que ocurren en los componentes de un dispositivo. Es una forma de detectar cambios en los dispositivos y luego mantener un contacto abierto o cerrado. (Graf, 1984).



Ilustración 16.Micro interruptores.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.3.5 Sensor de presión

En la industria hay un amplísimo rango de sensores de presión de gases o líquidos, la mayoría orientados a medir la presión de un fluido sobre una membrana. un **sensor de presión** es un instrumento compuesto por un elemento detector de presión con el que se determina la presión real aplicada al sensor (utilizando distintos principios de funcionamiento) y otros componentes que convierten esta información en una señal de salida. (Leonel G. Corona Ramírez, 2014)



Ilustración 17. Sensor de Presión.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.3.6 Sensor Infrarrojo

El sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para el ojo humano, pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible. (Graf, 1984).



Ilustración 18. Sensor Infrarrojo.

Nota: imagen tomada de libro Sensores y Actuadores.

2.3.7 Sensor RTD (Termorresistencias)

Los sensores RTD (Resistance Temperature Detector), basados en un conductor de platino y otros metales, se utilizan para medir temperaturas por contacto o inmersión, y en especial para un rango de temperaturas elevadas, donde no se pueden utilizar semiconductores u otros materiales sensibles. Su funcionamiento está basado en el hecho de que, en un metal, cuando sube la temperatura, aumenta la resistencia eléctrica.



Ilustración 19. Sensor de Temperatura.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.3.8 Sensor de Campo Magnético

Los sensores de campo magnético miden un campo magnético externo de manera absolutamente eléctrica. Los sensores magnéticos llamados también inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo. (Nieves, 2011)



Ilustración 20. Sensores de Campo Magnético.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.3.9 Sensor IO Link

IO-Link permite una perfecta comunicación y transferencia de datos digitales desde el nivel de control hasta el nivel de sensor. Con IO-Link, los dispositivos inteligentes pueden utilizarse en todo su potencial, allanando el camino para Industria 4.0 en el campo de la tecnología de la automatización. La interfaz reconocida como estándar internacional proporciona valor en todas las etapas, desde el diseño de la planta hasta la instalación, pasando por el funcionamiento y el mantenimiento, reduciendo costes de manera sostenible y aumentando la eficiencia.

La alimentación del sensor y la transmisión de la señal se realiza mediante un cable de 3 hilos que es un standard en las instalaciones de campo. Inicialmente la comunicación se lleva a cabo de forma convencional, sin IO-Link, en el también llamado modo SIO (modo standard IO). Pasado un cierto tiempo, llamado "wake up" (despertador), el master emite un comando predefinido y entonces se establece la comunicación IO-Link.

La comunicación IO-Link es bidireccional gracias un protocolo serie que permite intercambiar paquetes de datos normalizados. Los parámetros con la configuración del sensor pueden ser transmitidos remotamente al sensor desde la central; a su vez los valores medidos por el sensor,

así como la información de diagnóstico también son transmitidos del sensor a la central.

La funcionalidad IO-Link de un determinado sensor está definida mediante un archivo IODD (IO-Link Device Description, archivo xml) que debe ser grabado en el IO-Interprete Tool utilizad. (Ortiz, 2017).



Ilustración 21. Sensores IO LINK.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.3.10 Sensor Capacitivo

El sensor capacitivo es un interruptor electrónico que trabajan sin contacto. Estos sensores aprovechan el efecto que tienen los materiales como el papel, vidrio, plástico, aceite, agua, así como de los metales, de aumentar la capacidad del sensor cuando se encuentran dentro del campo eléctrico generado.

Constan de un condensador que genera un campo eléctrico. Este condensador forma parte de un circuito resonador, de manera que cuando un objeto se acerca a este campo, la capacidad aumente y el circuito empieza a resonar. (Graf, 1984).

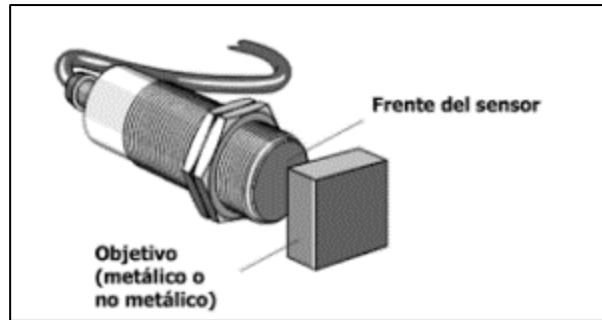


Ilustración 22. Sensor Capacitivo.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.4 Instrumentación y control

2.4.1 Fuentes de alimentación

Una fuente de alimentación es un componente esencial de cualquier dispositivo electrónico ya que es quien se encarga de darle vida. En cualquier equipo, por pequeño que sea, siempre hay una fuente de alimentación, aunque no la veamos.

En la industria, cuando requerimos usar sensores, relés inteligentes o cualquier tipo de dispositivo de medición y/o control todos tienen un componente que se encarga de hacer lo que una fuente de alimentación hace, que es gestionar la entrada de energía desde la red y adaptarla para darle energía al equipo. Una fuente de alimentación, por lo tanto, es un dispositivo que se encarga proporcionar la corriente justa y necesaria a un equipo electrónico.

Existen cuatro tipos diferentes de fuentes de alimentación, cada una de ellas responde a las necesidades de diferentes redes y dispositivos.

- Fuente de alimentación AC/DC: es la fuente de alimentación utilizada en la mayoría de los dispositivos que utilizamos diariamente, como los cargadores de los teléfonos móviles. La fuente de alimentación convierte la corriente alterna de la red

en corriente continua y ajusta la tensión a las necesidades del dispositivo.

- Fuente de alimentación DC/DC: es la fuente de alimentación utilizada en electrónica. Cambia la tensión de la corriente y puede, si es necesario, cambiar la forma de onda.
- Fuente de alimentación AC/AC: se utiliza en aplicaciones muy específicas, como en algunos amplificadores de audio. Permite reducir la tensión de red.
- Fuente de alimentación de laboratorio: permite alterar los diferentes parámetros de corriente eléctrica para testar los equipos eléctricos. (Nieves, 2011)

2.4.2 Indicador LED

Dispositivo utilizado para señalar de forma visual la realización de alguna función dentro de una maquinaria industrial.

Existen diversidad de pilotos indicadores led, que varían desde los tamaños, colores y voltajes de funcionamiento y dependerá en sí de la aplicación industrial que esta requiera.

Convencionalmente, los colores están estandarizados de la siguiente forma:

- Color verde: Un indicador verde normalmente nos da a entender que la máquina está en funcionamiento.



Ilustración 23. Indicador LED Verde.

Nota: imagen tomada de la WEB.

- Color Rojo: Indica que la máquina se encuentra en estado detenido o STOP.



Ilustración 24. Indicador LED Rojo.

Nota: imagen tomada de la WEB.

- Color Azul: Indica que la máquina está en estado RESET.



Ilustración 25. Indicador LED Azul.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.4.3 Relé

Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

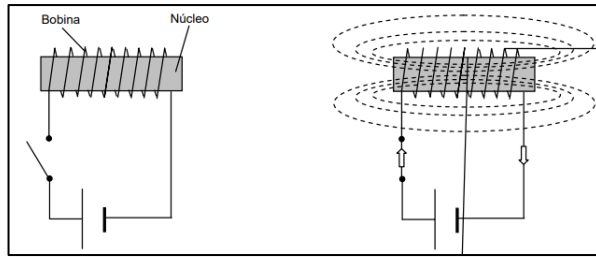


Ilustración 26. Funcionamiento de Relé.

Nota: imagen tomada de la WEB.

El relé más sencillo está formado por un electroimán como el descrito anteriormente y un interruptor de contactos (Fig. 3). Al pasar una pequeña corriente por la bobina, el núcleo se imanta y atrae al inducido por uno de sus extremos, empujando por el otro a uno de los contactos hasta que se juntan, permitiendo el paso de la corriente a través de ellos. Esta corriente es, normalmente, mucho mayor que la que pasa por la bobina. (Graf, 1984)

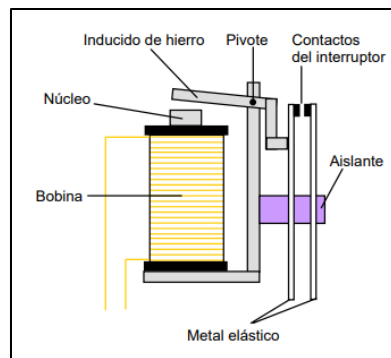


Ilustración 27. Partes de un Relé

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.5 Elementos de instrumentación y control

2.5.1 Instrumentación Y Control

Definición: Los instrumentos de control empleados en las industrias de proceso tales como química, petroquímica, alimenticia, metalúrgica, energética, textil, papel, etc., tienen su propia terminología; los términos empleados definen las características propias de medida y de

control y las estácas y dinámicas de los diversos instrumentos utilizados:

- Indicadores, registradores, controladores, transmisores y válvulas de control.

La terminología empleada se ha unificado con el fin de que los fabricantes, los usuarios y los organismos o entidades que intervienen directa o indirectamente en el campo de la instrumentación industrial empleen el mismo lenguaje. Las definiciones de los términos empleados se relacionan con las sugerencias hechas por ANSI/ISA-S51.1-1979 (R 1993) aprobadas el 26 de mayo de 1995. Se representan en la figura 1.3 y son las siguientes (figuran entre paréntesis los términos ingleses equivalentes (Graf, 1984)).

Conceptos Básicos

Campo de medida:

El campo de medida (rango) es el espectro o conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida, de recepción o de transmisión del instrumento. Viene expresado estableciendo los dos valores extremos. Ejemplo: un manómetro de intervalo de medida 0- 10 bar, un transmisor de presión

electrónico de 0-25 bar con señal de salida 4-20 mA c.c. o un instrumento de temperatura de 100-300 °C.

Alcance (span):

Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento. En los ejemplos anteriores es de 10 bar para el manómetro, de 25 bar para el transmisor de presión y de 200 °C para el instrumento de temperatura.

Símbolos Para Control PID

Un controlador o regulador PID es un dispositivo que permite controlar un sistema en lazo cerrado para que alcance el estado de salida deseado. El controlador PID está compuesto de tres elementos que proporcionan una acción Proporcional, Integral y Derivativa. Estas tres acciones son las que dan nombre al controlador PID.

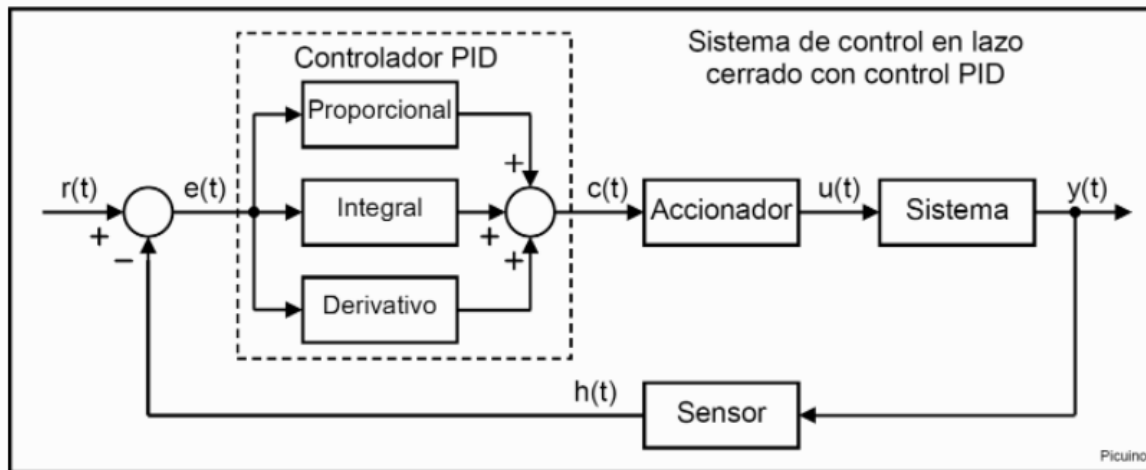


Ilustración 28. Sistema PID.

Señal De Referencia Y Señal De Error

La señal $r(t)$ se denomina **referencia** e indica el estado que se desea conseguir en la salida del sistema $y(t)$. En un sistema de control de temperatura, la referencia $r(t)$ será la temperatura deseada y la salida $y(t)$ será la temperatura real del sistema controlado.

Como puede verse en el esquema anterior, la entrada controlador PID es la señal de **error** $e(t)$. Esta señal indica al controlador la diferencia que existe entre el estado que se quiere conseguir o referencia $r(t)$ y el estado real del sistema medido por el sensor, señal $h(t)$.

Si la señal de error es grande, significa que el estado del sistema se encuentra lejos del estado de referencia deseado. Si por el contrario

el error es pequeño, significa que el sistema ha alcanzado el estado deseado.

Acción De Control Proporcional

Como su nombre indica, esta acción de control es proporcional a la señal de error $e(t)$. Internamente la acción proporcional multiplica la señal de error por una constante K_p .

Esta acción de control intenta minimizar el error del sistema. Cuando el error es grande, la acción de control es grande y tiende a minimizar este error.

Aumentar la acción proporcional K_p tiene los siguientes efectos:

1. Aumenta la velocidad de respuesta del sistema.
2. Disminuye el error del sistema en régimen permanente.
3. Aumenta la inestabilidad del sistema.

Los dos primeros efectos son positivos y deseables. El último efecto es negativo y hay que intentar minimizarle. Por lo tanto, al aumentar la acción proporcional existe un punto de equilibrio en el que se consigue suficiente rapidez de respuesta del sistema y reducción del error, sin que el sistema sea demasiado inestable. Aumentar la acción proporcional más allá de este punto producirá una inestabilidad indeseable. Reducir la acción proporcional, reducirá la velocidad de respuesta del sistema y aumentará su error permanente. (Ortiz, 2017).

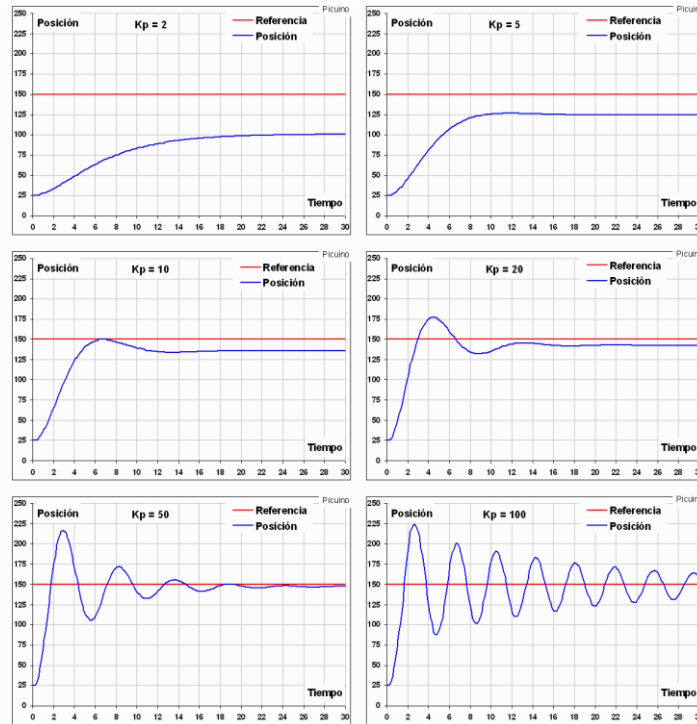


Ilustración 29. Control Proporcional.

En los gráficos anteriores puede observarse el efecto de aumentar progresivamente la acción proporcional en un control de posición.

- Con una acción proporcional pequeña $K_p=2$, el sistema es lento, tardando 20 segundos en alcanzar la posición deseada y el error de posición es grande, de 50 milímetros. A medida que se aumenta la acción proporcional, el error disminuye y la velocidad de respuesta aumenta.
- Con una ganancia proporcional $K_p=20$ el sistema es más rápido, tardando 12 segundos en establecerse la posición permanente. Asimismo, el error se ha reducido hasta una décima parte, solo 5 milímetros. También se puede observar un sobre pulso en la respuesta, y el comienzo de cierta inestabilidad.

- Con ganancias mayores se consigue disminuir todavía más el error permanente, pero la velocidad de respuesta no aumenta porque el sistema se vuelve tan inestable que la posición tarda mucho en establecerse en su estado final.

En este ejemplo la acción proporcional se ha escalado de forma que sus valores se encuentren entre 0 y 100.

Llegado a este punto, puede verse que la acción proporcional no puede mejorar más la respuesta del sistema. La mejor opción con $K_p=20$ presenta un sobre pulso de unos 30 milímetros y un error permanente de 5 milímetros. Si se desea mejorar esta respuesta hay que incorporar otro tipo de control. Aquí es dónde el control derivativo puede ayudar a mejorar la respuesta del sistema.

Acción De Control Derivativa

Como su nombre indica, esta acción de control es proporcional a la derivada de la señal de error $e(t)$. La derivada del error es otra forma de llamar a la "velocidad" del error. A continuación, se verá porqué es tan importante calcular esta velocidad. En las gráficas anteriores, cuando la posición se encuentra por debajo de 150mm, la acción de control proporcional siempre intenta aumentar la posición. El problema viene al tener en cuenta las inercias. Cuando el sistema se mueve a una velocidad alta hacia el punto de referencia, el sistema se pasará de largo debido a su inercia. Esto produce un sobre pulso y oscilaciones en torno a la referencia. Para evitar este problema, el controlador debe reconocer la velocidad a la que el sistema se acerca a la referencia para poder frenarle con antelación a medida que se acerque a la referencia deseada y evitar que la sobrepase. (Ortiz, 2017).

Aumentar la constante de control derivativa K_d tiene los siguientes efectos:

- Aumenta la estabilidad del sistema controlado.

- Disminuye un poco la velocidad del sistema.
- El error en régimen permanente permanecerá igual.

Esta acción de control servirá por lo tanto para estabilizar una respuesta que oscile demasiado.

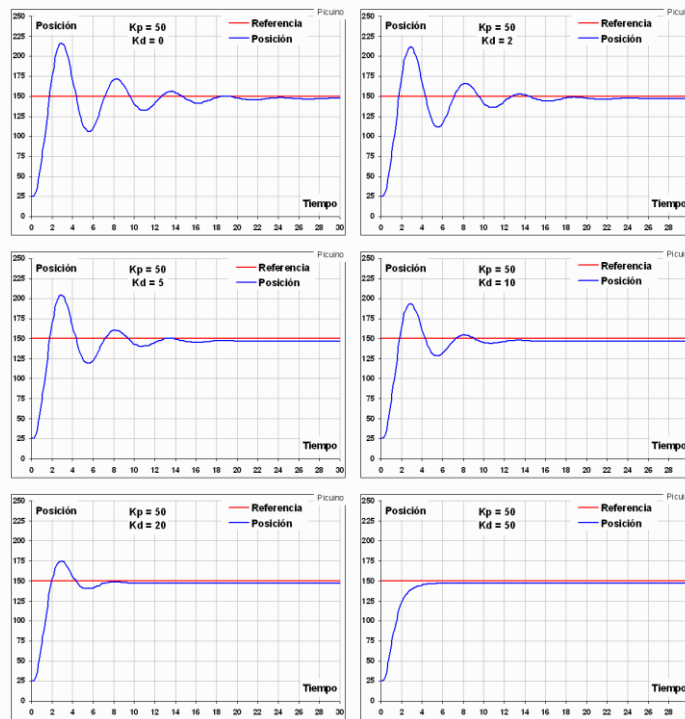


Ilustración 30. Control Derivativo.

En los gráficos anteriores puede verse como, al aumentar la acción derivativa K_d , se consigue disminuir las oscilaciones hasta el punto de que desaparecen para $K_d=50$. También puede apreciarse cómo la respuesta se hace un poco más lenta al aumentar la constante derivativa. Con $K_d=0$ el sistema tarda 1.8 segundos en subir hasta el valor de referencia. Con $K_d=20$ el sistema tarda 2 segundos en subir hasta el valor de referencia. En este ejemplo la acción derivativa se ha escalado de forma que sus valores se encuentren entre 0 y 100.

Un problema que presenta el control derivativo consiste en que amplifica las señales que varían rápidamente, por ejemplo, el ruido de alta frecuencia. Debido a este efecto, el ruido de la señal de error aparece amplificado en el accionamiento de la planta. Para poder

reducir este efecto es necesario reducir el ruido de la señal de error mediante un filtro paso bajos antes de aplicarla al término derivativo. Con este filtro la acción derivativa se encuentra limitada, por lo que es deseable reducir el ruido de la señal de error por otros medios antes de recurrir a un filtro paso bajos.

Llegado a este punto, el sistema es rápido y estable, pero mantiene todavía un pequeño error en régimen permanente. Esto significa que la posición real del sistema no es exactamente la posición deseada. Para poder reducir este error se recurre a la tercera acción del controlador PID, el control Integral.

Acción De Control Integral

Esta acción de control como su nombre indica, calcula la integral de la señal de **error $e(t)$** . La integral se puede ver como la suma o acumulación de la señal de error. A medida que pasa el tiempo pequeños errores se van sumando para hacer que la acción integral sea cada vez mayor. Con esto se consigue reducir el error del sistema en régimen permanente. La desventaja de utilizar la acción integral consiste en que esta añade una cierta inercia al sistema y por lo tanto le hace más inestable. (Ortiz, 2017).

Aumentar la acción integral **K_i** tiene los siguientes efectos:

1. Disminuye el error del sistema en régimen permanente.
2. Aumenta la inestabilidad del sistema.
3. Aumenta un poco la velocidad del sistema.

Esta acción de control servirá para disminuir el error en régimen permanente.

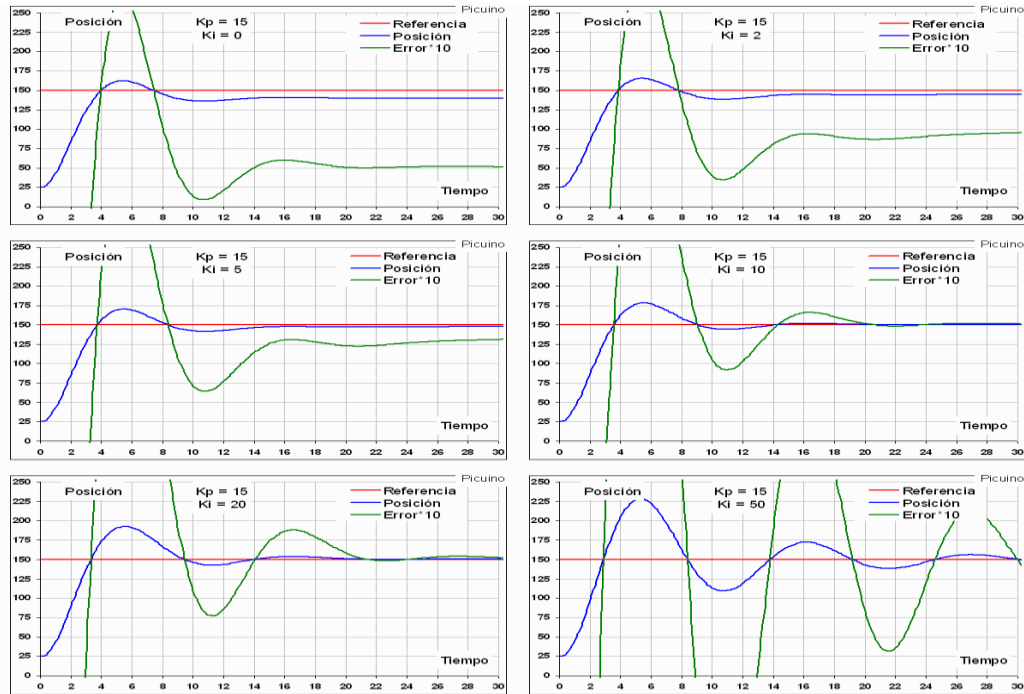


Ilustración 31. Control Integral.

En las gráficas anteriores se ha añadido una señal de error ampliada, de color verde, para apreciar mejor cómo se reduce el error a medida que aumenta la acción integral. Otro efecto visible es el aumento de la inestabilidad del sistema a medida que aumenta K_i . Por esta razón el control integral se suele combinar con el control derivativo para evitar las oscilaciones del sistema.

Sintonización Manual De Un Controlador PID

Después de ver las diferentes acciones proporcional, integral y derivativa de un control PID, se pueden aplicar unas reglas sencillas para sintonizar este controlador de forma manual.

1° - Acción Proporcional

Se aumenta poco a poco la acción proporcional para disminuir el error (diferencia entre el estado deseado y el estado conseguido) y para aumentar la velocidad de respuesta.

Si se alcanza la respuesta deseada en velocidad y error, el PID ya está sintonizado. (Ortiz, 2017).

Si el sistema se vuelve inestable antes de conseguir la respuesta deseada, se debe aumentar la acción derivativa.

2° - Acción Derivativa

Si el sistema es demasiado inestable, se aumentará poco a poco la constante derivativa K_d para conseguir de nuevo estabilidad en la respuesta. (Ortiz, 2017).

3° - Acción Integral

En el caso de que el error del sistema sea mayor que el deseado, se aumentará la constante integral K_i hasta que el error se minimice con la rapidez deseada.

Si el sistema se vuelve inestable antes de conseguir la respuesta deseada, se debe aumentar la acción derivativa.

Con estas sencillas reglas es sencillo afinar poco a poco el controlador PID hasta conseguir la respuesta deseada. (Ortiz, 2017).

Ecuación referente a un control PID

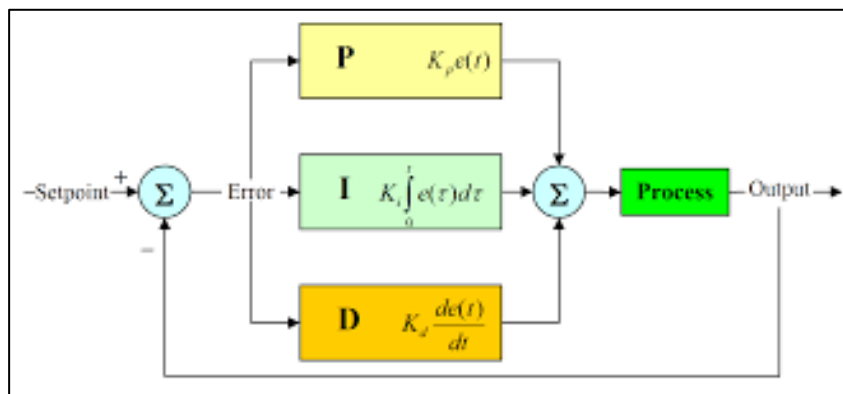


Ilustración 32. Representación de un PID.

Nota: imagen tomada de la WEB.

Saturación Y Límites Del Controlador PID

En los sistemas reales existen limitaciones que reducen la capacidad del controlador para conseguir la respuesta deseada. Por mucho que se aumente la acción proporcional, llegará un momento en el que el accionador se saturará y no podrá dar más de sí. Por ejemplo, en un sistema de control de temperatura, la resistencia calefactora podrá suministrar potencia hasta los 2000 vatios. Si el controlador intenta entregar más potencia para conseguir más velocidad de calentamiento, no se podrá y el sistema no conseguirá mayor rapidez. Aunque se aumente la acción de control proporcional el límite del accionador de 2000 vatios limita la velocidad máxima de calentamiento.

Por lo tanto, hay que tener en cuenta que la velocidad de respuesta de los sistemas reales tiene ciertos límites que el control no podrá superar.

Clases De Instrumentos

Los instrumentos de medición y de control son relevante complejos y su función puede comprenderse bien si están incluidos dentro de una clasificación adecuada. Como es lógico, pueden existir varias formas para clasificar los instrumentos, cada una de ellas con sus propias ventajas y limitaciones. Se considerarán dos clasificaciones básicas: la primera relacionada con la función del instrumento y la segunda con la variable del proceso.



Ilustración 33. Instrumentos de Medición.

Nota: imagen tomada de la WEB.

2.6 El aprendizaje

Según su definición el aprendizaje es la adquisición del conocimiento de algo por medio del estudio, el ejercicio o la experiencia, en especial de los conocimientos necesarios para aprender algún arte u oficio; el presente caso se enfocará en la obtención de conocimientos de los estudiantes de ingeniería en Mecatrónica de ITCA-FEPADE sede central mediante la manipulación supervisada y guiada de sensores comúnmente utilizados en la industria salvadoreña.

2.7 Estrategias y métodos de enseñanza y aprendizaje

- Estrategias pre instruccionales
- Estrategias constructivas
- Estrategias post instruccionales.

Se hará uso de las estrategias pre instruccionales ya que son las que mejores resultados pueden presentar en el proceso de enseñanza de los alumnos. Se utilizará el Método Robinson o EPL2R el cual es un método popular utilizado en todo el mundo para diversos ámbitos educativos.

El método Robinson cuenta con 5 fases las cuales son:

- Explorar
- Preguntar
- Leer
- Recitar
- Repasar

Se brindarán una serie de guías de trabajo para el uso de los módulos de sensores a presentar, estas se realizarán siguiendo el método de Robinson de la siguiente manera:

- **Explorar:** El alumno recibirá instrucciones de leer la guía completa previo a la manipulación de los módulos.
- **Preguntar:** En la parte inferior de la guía se indicará que el alumno puede exponer las dudas que tenga luego de la lectura de la guía.
- **Leer:** Se resaltarán con negrita las palabras clave e importantes de la practica para que el alumno tenga una mejor noción del rumbo de esta.
- **Recitar:** El supervisor de la practica fomentará la lectura de la guía en voz alta por los alumnos para que todos avancen de manera uniforme.
- **Repasar:** Luego de calificadas las practicas el docente dará retroalimentación en los errores para que los estudiantes puedan rectificarlos.

CAPITULO III

Descripción del Proyecto

Capítulo III

3.0 Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en la creación, diseño y fabricación de 4 módulos didácticos para facilitar el aprendizaje de las aplicaciones de los distintos tipos de sensores, en esta ocasión seleccionamos los siguientes en base a nuestra experiencia adquirida en el entorno industrial:

- Sensor Inductivo
- Sensor Capacitivo
- Sensor Reflectivo

El diseño está compuesto por un Gabinete de control dentro de cual el alumno podrá aprender a conectar de forma intuitiva y guiado por el manual de usuario que se propondrá más adelante, cada uno de los sensores que se mencionaban anteriormente, además de los módulos relé y pulsadores para distintas aplicaciones que se pudieran requerir para un mayor aprendizaje.

La conexión interna de los elementos será de forma ordenada cumpliendo con los estándares establecidos tanto en la distribución interna de componentes así también como en el etiquetado de tal forma que si se requiera hacer una mejora y/o ampliación en estos mismos sea lo más amigable posible con el futuro usuario.

Una vez dicho lo anterior, tenemos a bien presentar el diseño planteado:

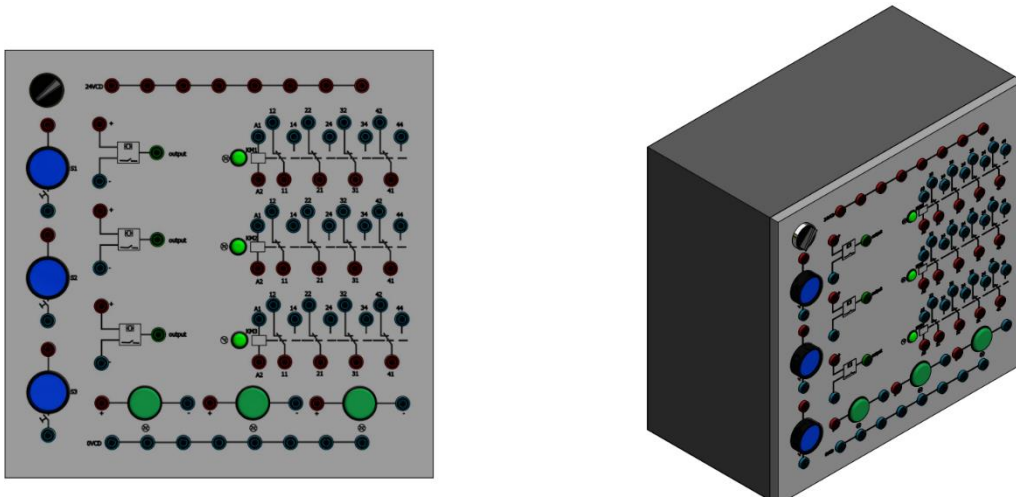


Ilustración 34. Prototipo.

3.1 Descripción de Diseño

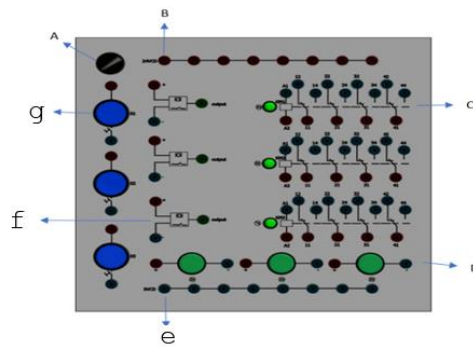


Ilustración 35. Diseño de tablero.

3.1.1 Alimentación

Maneta de dos posiciones que será la encargada de encender y apagar el módulo.



Ilustración 36. Maneta On/Off.

3.1.2 Alimentación 24 VDC

Se decidió utilizar una alimentación de corriente continua debido a que por ser un módulo para uso didáctico es más seguro para el usuario que el utilizar corriente alterna.

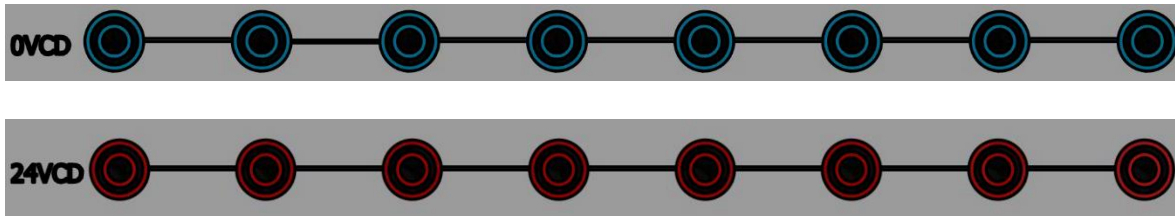


Ilustración 37. Fuente de Alimentación.

3.1.3 Módulo Relé

En total serán 3 módulos relé, uno para cada tipo de sensor dentro del cual podrán elegir entre 4 salidas, sean normalmente abiertas o cerradas con el objetivo de tener una mayor aplicación. Contará además con un indicador visual (LED) que nos podrá indicar de forma rápida si el relé está activo o no.

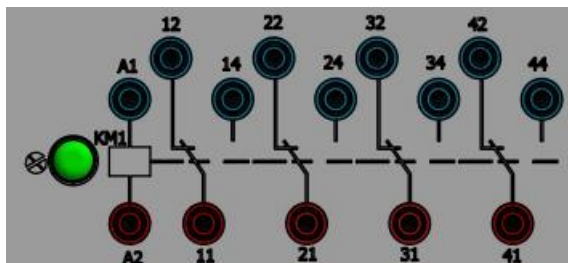


Ilustración 38. Conexiones Relé.

3.1.4 Indicador Visual

Cuenta con tres pilotos visuales para poder utilizarlos como aplicación, de ser requerido, según los sensores midan, accionen el pulsador o ambas condiciones.

3.1.5 Conexiones para sensor

Se usarán sensores de 3 hilos, con el objetivo de que dentro del módulo irán conectados a las bananas hembra, esto para que el usuario pueda

conectarlo de forma práctica desde el exterior con cable banana macho tanto como la alimentación y la salida.

3.1.6 Pulsador

Contará con tres pulsadores para poder generar distintos tipos de aplicaciones según sea la condición que se requiera.

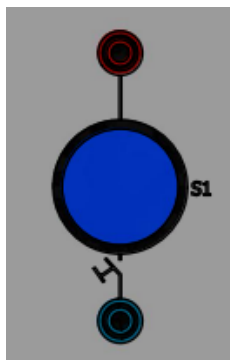


Ilustración 39. Pulsador.

3.2 Circuito Eléctrico

Viendo lo anterior, el circuito eléctrico queda de la siguiente manera:

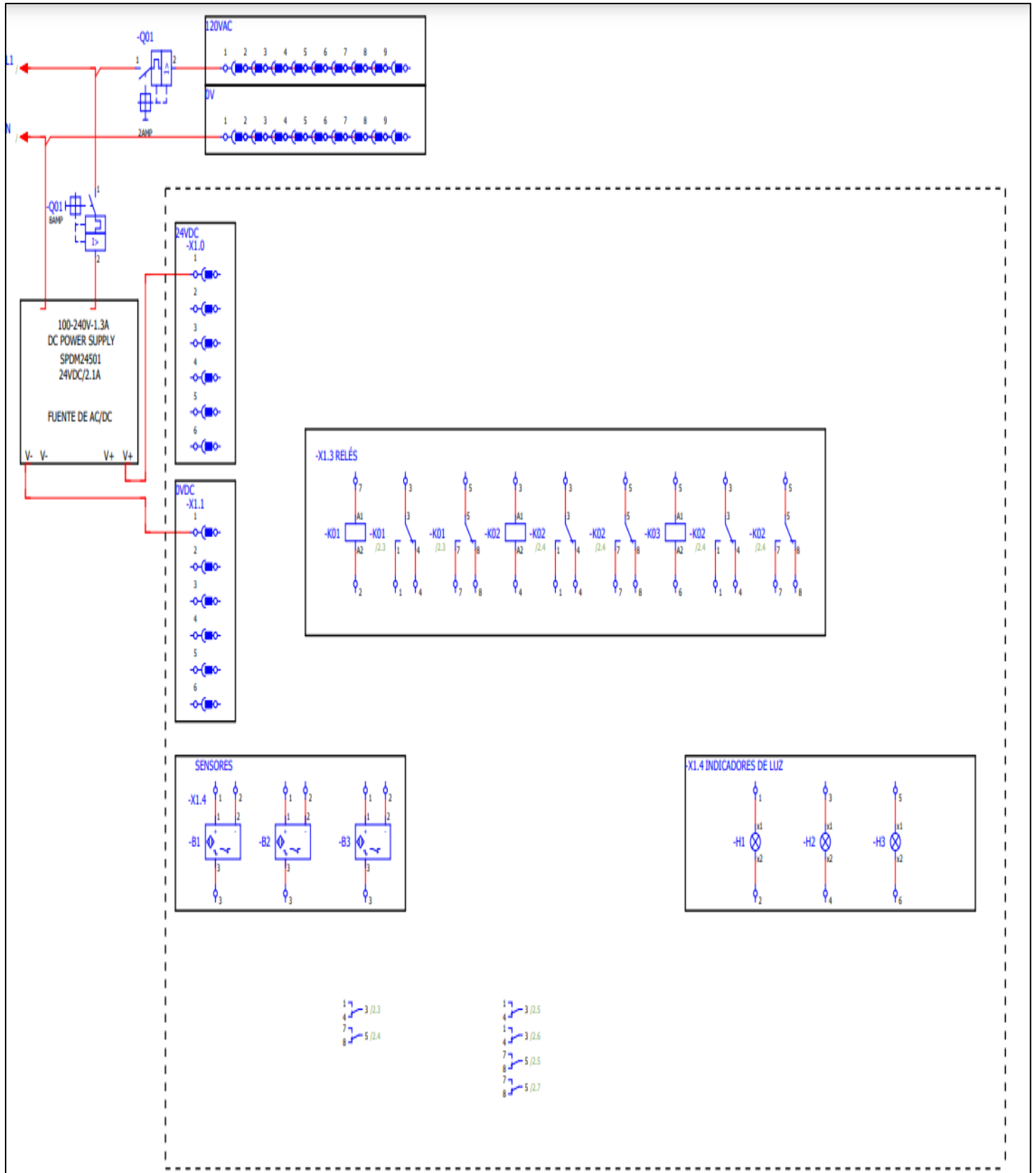


Ilustración 40 Circuito Eléctrico

Para el diseño de este circuito buscamos regirnos bajo tres conceptos:

A. Seguridad

B. Practicidad

C. Ergonomía

A. Seguridad: Se agregó protecciones tanto en la parte de voltaje DC como para la parte AC de tal forma que en caso llegue a existir por parte del futuro usuario un error en la operación, se garantice que no le pasará nada y el circuito se proteja.

B. Practicidad: Analizando el circuito y el diseño de 3D del módulo podemos notar que se diseñó un módulo que evite empalmes en conexión con el fin de que existan 0 accidentes, de tal forma que si lo usa una persona recién ingresada en el mundo de los sensores y electricidad no exista riesgo alguno, esto se logra al interconectar todo desde el exterior a través de cables banana.

C. Ergonomía: Crear un módulo que sea cómodo en todos los aspectos: uso, vista, tacto, etc. de forma que las prácticas en él sean dinámicas.

3.3 Listado de componentes

Una vez visto el diseño que se plantea realizar, tenemos que tomar en cuenta para su realización cada uno de los siguientes elementos:

3.3.1 Sensor Inductivo.

Sensor compuesto por tres hilos el cual reacciona cuando se pone en contacto con elementos de materiales ferrosos, con una frecuencia de 1KHz, distancia de sensado de 4mm y con tipo de salida PNP NO.



Ilustración 41. Sensor Inductivo.

3.3.2 Sensor Capacitivo

Sensor diseñado para detectar presencia/ausencia de diferentes tipos de materiales ya sean metales, plásticos, etc con distancia de sensado en un rango de 0-8mm, tipo de salida NPN NO.



Ilustración 42. Sensor Capacitivo.

3.3.3 Sensor reflectivo

Es un sensor fotoeléctrico reflectante, que contiene un transmisor y un receptor en una sola carcasa. El sensor emite un haz de luz hacia un objetivo distante, que actúa como un reflector, volviendo parte de la luz transmitida al sensor. Con un rango de detección ajustable desde 0-300mm con tipo de salida NPN NO.



Ilustración 43. Sensor Reflectivo.

3.3.4 Fuente de alimentación

Elemento encargado de suplir con energía eléctrica a todos los distintos dispositivos que contemplan el tablero, con un voltaje nominal de 24 VDC y 5 Amperios.

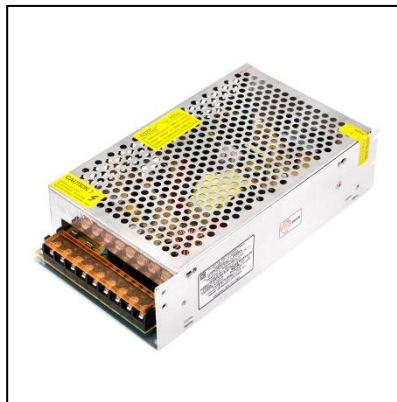


Ilustración 44. Fuente de Alimentación.

3.3.5 Módulo Relé

Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar distintos circuitos eléctricos. Encargado de hacer conmutar las salidas que tendrá el módulo de entrenamiento en base a las condiciones específicas por medio el accionamiento de los distintos tipos de sensores. Cuenta con 14 pines y es alimentado a 24 VDC.



Ilustración 45. Relé.

3.3.6 Base para Relé

Compuesta por 24 entradas hembras, aquí es donde se llevan las conexiones tanto de la alimentación hacia las bobinas del relé, las diferentes salidas según la aplicación (NO/NA).



Ilustración 46. Base para Relé.

3.3.7 Pilotos indicadores

Son elementos que se encargan de mostrar el estado en el cual se encuentra las salidas de nuestros módulos relés. Si la salida del relé se encuentra activa entonces se el piloto indicador se encenderá mostrando una. Estos pilotos son alimentados a 24 VDC y serán de color verde.



Ilustración 47. Pilotos Indicadores.

3.3.8 Maneta dos posiciones

Elemento de control el cual está formado por dos estados (ON/OFF) servirá con la función de encender o apagar el módulo de entrenamiento.

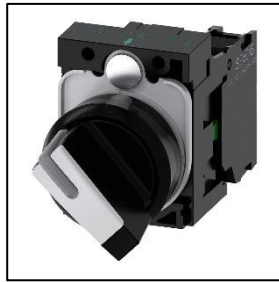


Ilustración 48. Maneta de dos posiciones.

3.3.9 Pulsadores

Son los encargados de permitir el paso de corriente a través del circuito, en este caso, será según sea la necesidad del ejercicio que se ponga a disposición en el tablero de entrenamiento.

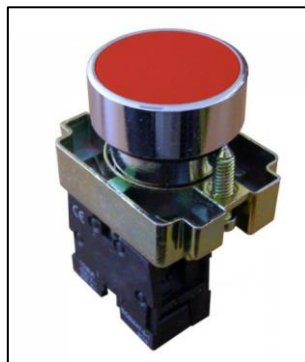


Ilustración 49. Pulsador.

3.3.10 Conector hembra/macho tipo banana

Debido a que el diseño del módulo está pensado que el estudiante de forma práctica pueda realizar las conexiones del tablero sin llegar en

principio a desconectar cables que estén al interno del tablero, sino desde el exterior, hemos decidido utilizar este tipo de conexión para que junto con los conectores tipo macho se puedan complementar y cerrar el circuito una vez sea necesario.



Ilustración 50. Conector Tipo banana.

3.3.11 Disyuntor

Componente el cual cumple con a función de evitar sobrecargas en el circuito, este irá conectado a la entrada de la fuente DC con el objetivo de garantizar la seguridad hacia el usuario. Este debe de ser de 2 polos y soportar una corriente máxima de 20 Amperios AC.



Ilustración 51. Disyuntor de 2 polos 20A.

3.4 Costos aproximados por la Inversión

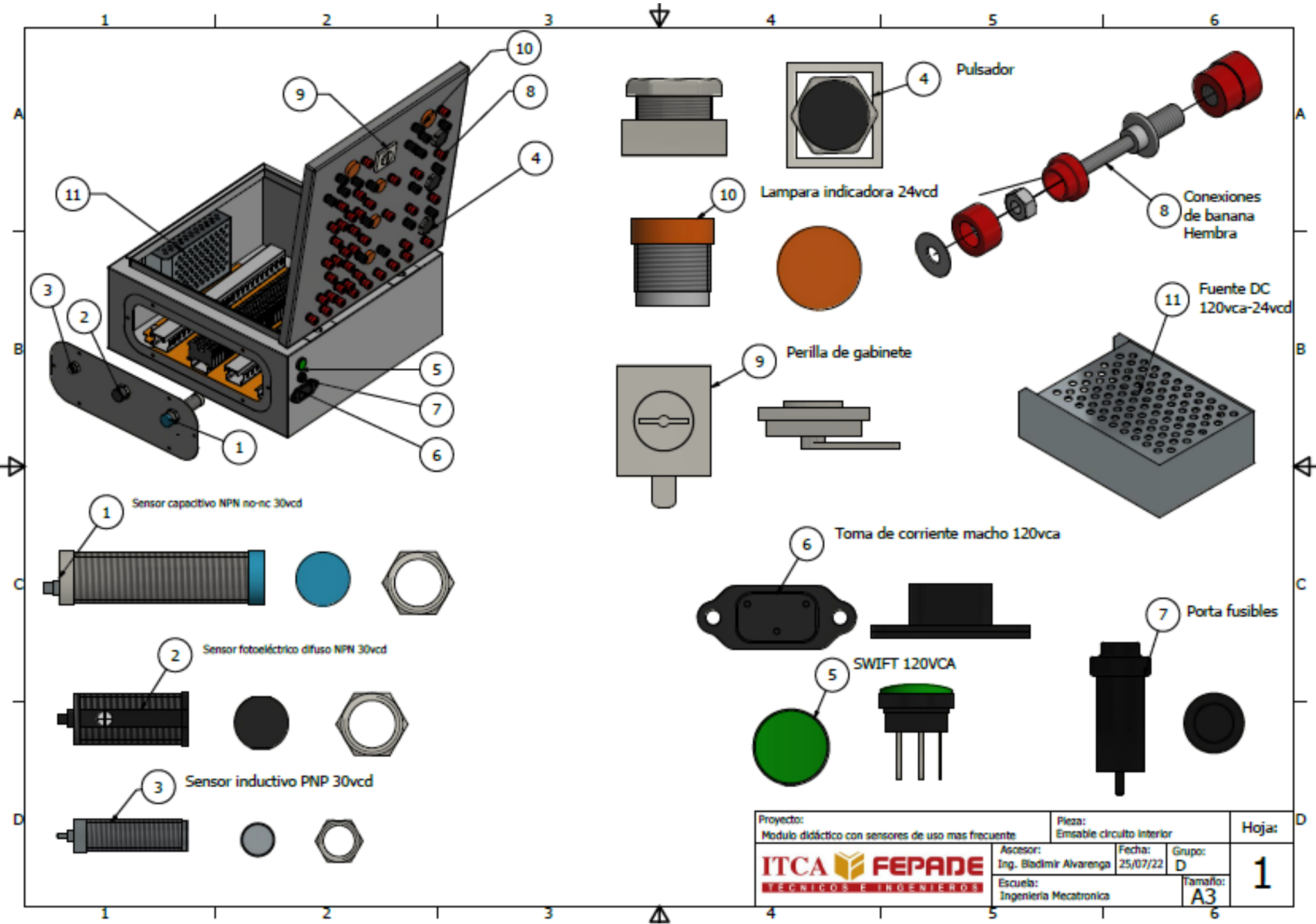
Se cotizó con diferentes proveedores los componentes que deben de estar presentes en el diseño, dejando un promedio de \$330 dólares por módulo, de la siguiente manera:

Cantidad	Elemento	Precio final unitario	Precio final total
4	Switch ON-OFF	\$ 0.63	\$ 2.50
12	Pulsador Color negro 22 mm	\$ 5.90	\$ 70.85
12	Rele 8 pines 24vdc	\$ 7.35	\$ 88.14
12	Base para rele 8 pines	\$ 2.83	\$ 33.90
1	Automato 6A 2 polos	\$ 10.68	\$ 10.68
3	Automato 4A 2 polos	\$ 7.91	\$ 23.73
4	Fuente 24VDC 2.1A	\$ 45.20	\$ 180.80
4	Sensor capacitivo NPN, NO-NC, 10-30VDC	\$ 45.20	\$ 180.80
4	Sensor fotoelectrico difuso reflectivo, NPN, 10-30VDC	\$ 24.86	\$ 99.44
4	Sensor inductivo PNP, NO-NC, 10-30VDC	\$ 11.30	\$ 45.20
14	Tapadera final	\$ 0.34	\$ 4.75
150	Borneras para cable TFF 18 (2.5mm ²)	\$ 0.55	\$ 82.50
60	Borneras para cable TFF 18 (2.5mm ²)	\$ 0.60	\$ 35.88
15	Cable Tff 18 Color rojo	\$ 0.35	\$ 5.25
15	Cable Tff 18 Color negro	\$ 0.37	\$ 5.58
5	Cable Tff 18 Color azul	\$ 0.37	\$ 1.86
12	Luz piloto naranja 16mm	\$ 2.26	\$ 27.12
12	Luz piloto naranja 22mm	\$ 2.54	\$ 30.50
150	Conector hembra tipo banana rojo 4 mm	\$ 0.20	\$ 30.00
150	Conector hembra tipo banana negro 4 mm	\$ 0.20	\$ 30.00
60	Conector macho tipo banana rojo 4mm	\$ 0.25	\$ 15.00
60	Conector macho tipo banana negro 4mm	\$ 0.25	\$ 15.00

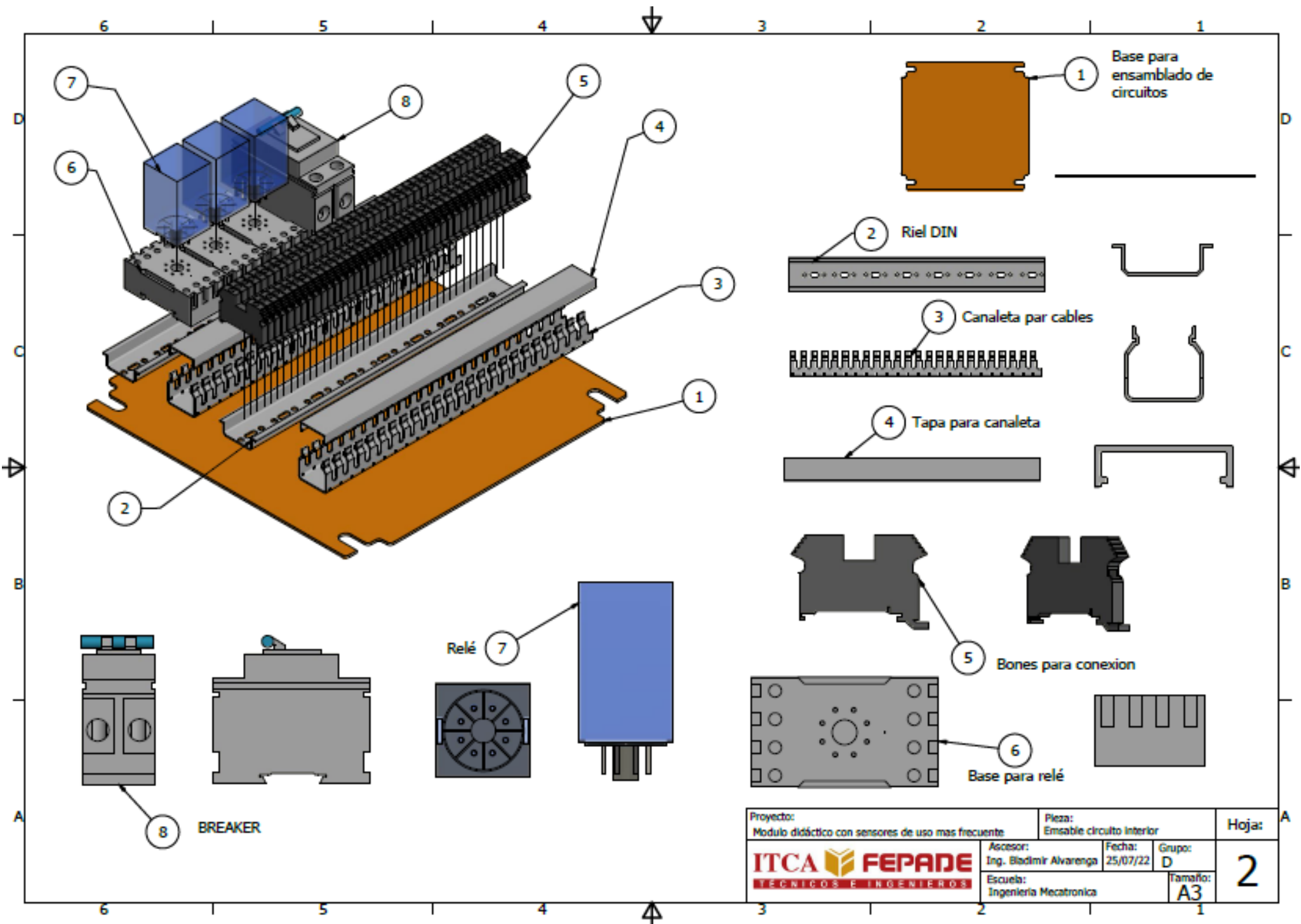
4	Caja metalica 30x30x15 cm	\$ 41.81	\$ 167.24
1	Canaleta plastica 30x25 mm	\$ 6.76	\$ 6.76
2	Riel din perforado	\$ 3.39	\$ 6.78
1	Brocas y tornilleria	\$ 28.80	\$ 28.80
4	Conector hembra para fuente	\$ 0.79	\$ 3.16
4	Cable para fuente de poder	\$ 2.80	\$ 11.20
4	Porta fusible	\$ 0.79	\$ 3.16
4	Fusible 2 ^a	\$ 0.12	\$ 0.48
2	Bolsa terminal tipo ojo (para cable 16-22)	\$ 5.65	\$ 11.30
5	Bolsa terminal tipo pin (para cable 16-22)	\$ 5.65	\$ 28.25
1	Dremel	\$ 26.95	\$ 26.95
1	Otros	\$ 30.00	\$ 30.00
		TOTAL	\$ 1,343.56

Tabla 1. Presupuesto de proyecto.

3.5 Planos



Proyecto: Modulo didáctico con sensores de uso mas frecuente		Pieza: Emsable circuito interior		Hoja:
Asesor: Ing. Bladimir Alvarenga		Fecha: 25/07/22	Grupo: D	1
Escuela: Ingeniería Mecatronica		Tamaño: A3		



Proyecto: Modulo didáctico con sensores de uso mas frecuente		Pieza: Ensamble circuito interior		Hoja:
ITCA FEPADE TECNICOS E INGENIEROS		Asesor: Ing. Bladimir Alvarenga	Fecha: 25/07/22	Grupo: D
Escuela: Ingenieria Mecatronica			Tamaño: A3	2

CAPITULO IV

Alcance y Análisis de los
Resultados

4.0. Alcances-Análisis de resultados

4.1. Alcances

Los módulos que se han elaborado son para fines prácticos, estarán bajo el cargo de la Escuela de Ingeniería en Mecatrónica, estos serán utilizados para desarrollar conocimientos y habilidades de los futuros técnicos e ingenieros Mecatrónicos.

Involucrar de primera instancia a nivel de introducción, algunos componentes que se encuentran habitualmente en la industria, tales como: tableros, estética, conexiones, sensores, actuadores, funcionamiento, aplicaciones, entre otros; nuestros tableros pueden transmitir una porción de cómo se inicia la automatización.

Desarrollar las guías prácticas que cumplen las competencias de conocimiento teórico y práctico; implementando a nivel práctico el trabajo en equipo.

CAPITULO V

Conclusiones y
Recomendaciones

5.0. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se diseñó un módulo de entrenamiento con el objetivo de dar a conocer algunos sensores que se utilizan en la industria de la automatización y el desarrollo de prácticas que amplíen el conocimiento de nuestros futuros técnicos e ingenieros.

Realizando el desarrollo de guías evaluativas, con el fin de que el académico pueda tener una mayor interacción con el uso de los diferentes tipos de sensores, haciendo uso de los módulos y a su vez cultivar en ellos una cultura autodidacta de investigación sobre los temas a desarrollar.

Implementamos los conocimientos adquiridos en automatización, sobre sensores, actuadores, entre otros, como también el uso de las herramientas de diseño para el desarrollo del prototipo y diagrama eléctrico, haciendo constar nuestro aprendizaje a lo largo de la carrera.

5.2. Recomendaciones

La frecuencia de mantenimiento preventivo que recomendamos es una vez al año.

Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo, siempre y cuando sea por el personal autorizado para poder ejecutarlo.

5.3 Glosario

5.3.1 Error

El error de la medida es la desviación que presentan las medidas prácticas de una variable de proceso con relación a las medidas teóricas o ideales, como resultado de las imperfecciones de los aparatos y de las variables parásitas que afectan al proceso.

5.3.2 Incertidumbre De La Medida

Cuando se realiza una operación de calibración, se compara el instrumento a calibrar con un aparato patrón para averiguar si el error (diferencia entre el valor leído por el instrumento y el verdadero valor medido con el aparato patrón) se encuentra dentro de los límites dados por el fabricante del instrumento. Como el aparato patrón no permite medir exactamente el valor verdadero (también tiene un error) y como además en la operación de comparación intervienen diversas fuentes de error, no es posible caracterizar la medida por un único valor, lo que da lugar a la llamada incertidumbre de la medida o incertidumbre.

5.3.3 Exactitud

La exactitud es la cualidad de un instrumento de medida por la que tiende a dar lecturas próximas al valor verdadero de la magnitud medida.

5.3.4 Precisión

La precisión (precisión) es la cualidad de un instrumento por la que tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras, es decir, es el grado de dispersión de estas. Un instrumento puede tener una pobre exactitud, pero una gran precisión

5.3.5 Sensibilidad

La sensibilidad (sensivity) es la razón entre el incremento de la señal de salida o de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo. Por ejemplo, si en un transmisor electrónico de 0-10 bar, la presión pasa de 5 a 5,5 bar y la señal de salida de 11,9 a 12,3 mA c.c., la sensibilidad es el cociente:

$$\frac{(12,3 - 11,9)/(20 - 4)}{(5,5 - 5)/10} = \mp 0,5 \text{mA C.C./BAR}$$

Ecuación 2. Calculo de sensibilidad de un sensor.

Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida. Si la sensibilidad del instrumento de temperatura de la figura 1.3 es de $\pm 0,05\%$, su valor será de $0,05 \times 200 = \pm 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

5.3.6 Repetibilidad

La repetibilidad se refiere la capacidad de reproducción de las posiciones de la pluma o del índice o de la señal de salida del instrumento, al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo. La repetibilidad es sinónimo de precisión. A mayor repetibilidad, es decir, a un menor valor numérico (por ejemplo, si en un instrumento es $0,05\%$ y en otro es $0,005\%$, este segundo tendrá más repetibilidad), los valores de la indicación o señal de salida estarán más concentrados, es decir, habrá menos dispersión y una mayor precisión.

5.3.7 Histéresis

La histéresis (hysteresis) es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o la pluma del instrumento o la señal de salida para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente.

5.3.8 Modulo didáctico

Un módulo educativo, también conocido como módulo instruccional es un material didáctico interactivo que contiene todos los elementos necesarios para el aprendizaje de conceptos y destrezas al ritmo del estudiante, sin el elemento presencial continuo del maestro, profesor o instructor.

5.4 Referencias Bibliográficas

Bibliografía

- Benitez, G. M. (2007). *El proceso de enseñanza y aprendizaje*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8929/Elprocesodeensenanza.pdf>
- Graf, R. F. (1984). *Diccionario de Electrónica*. Piramide, S.A.
- Leonel G. Corona Ramírez, G. S. (2014). *Sensores y actuadores aplicaciones con arduino*. MEXICO: PATRIA.
- Nieves, A. A. (2011). *Montaje y mantenimiento de los sistemas de control y regulación de parque eólico*. Vértice.
- Ortiz, C. A. (2017). *Modulo de prueba con sensores para la enseñanza de sistemas digitaes en la carrera de ingenieria* .

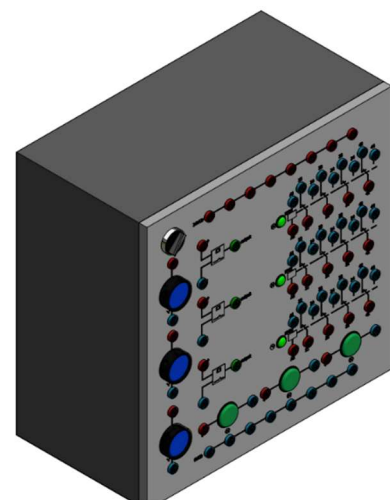
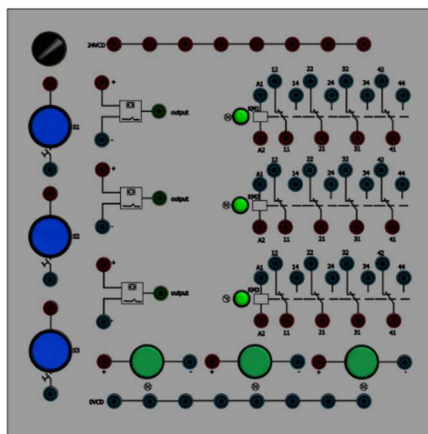
5.5 Anexos

Esta sección se divide en:

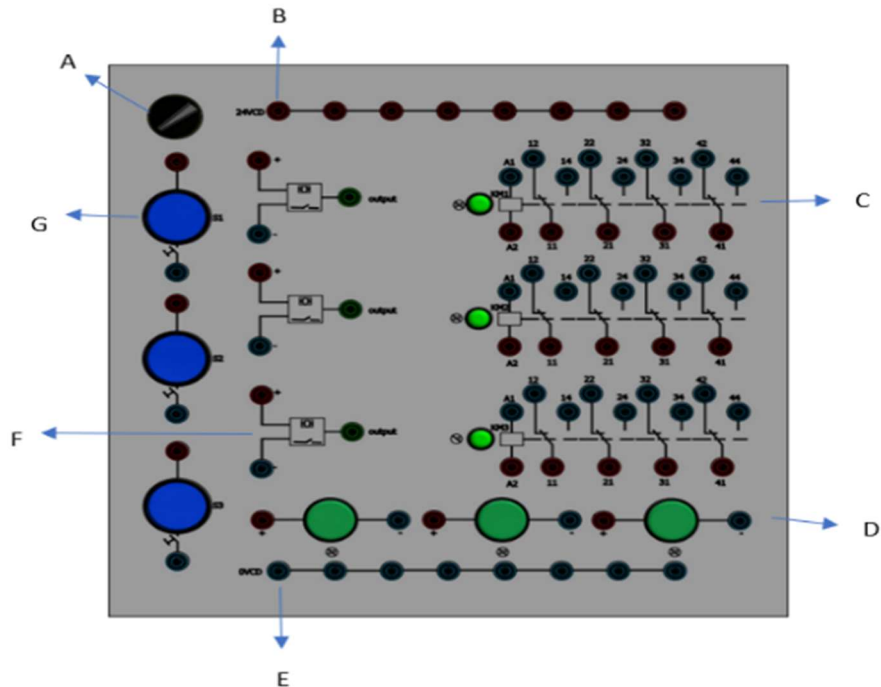
1. Manual de usuario y guías de práctica.
2. Hojas técnicas

MANUAL DE USUARIO

Módulo didáctico para uso de
sensores.



1.0 Descripción de Diseño



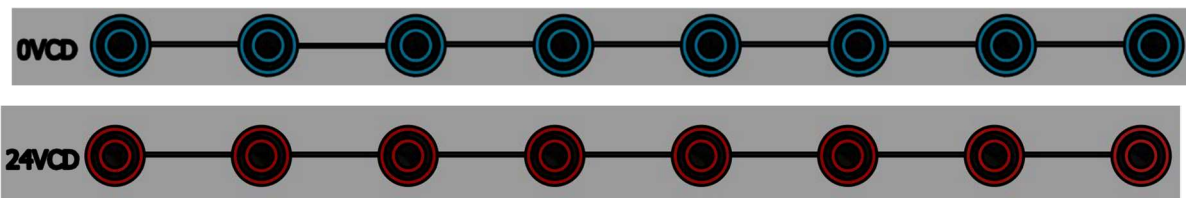
A Alimentación.

Maneta de dos posiciones que será la encargada de encender y apagar el módulo.



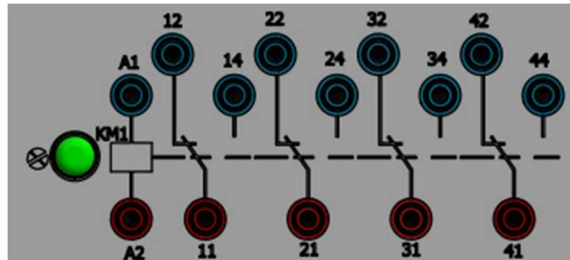
B Alimentación 24 VDC

Se decidió utilizar una alimentación de corriente continua debido a que por ser un módulo para uso didáctico es más seguro para el usuario que el utilizar corriente alterna.



C Módulo Relé

En total serán 3 módulos relé, uno para cada tipo de sensor dentro del cual podrán elegir entre 4 salidas, sean normalmente abiertas o cerradas con el objetivo de tener una mayor aplicación. Contará además con un indicador visual (LED) que nos podrá indicar de forma rápida si el relé esta activo o no.



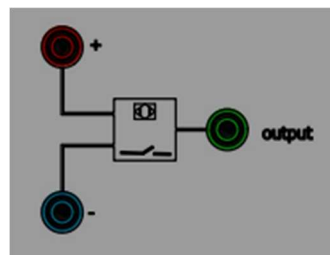
D Indicador Visual

Cuenta con tres pilotos visuales para poder utilizarlos como aplicación, de ser requerido, según los sensores midan, accionen el pulsador o ambas condiciones.



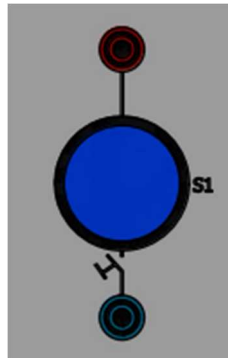
E Conexiones para sensor.

Existen 3 sensores, 2 de 3 hilos y uno de 4 hilos, con el objetivo de que dentro del módulo irán conectados a las bananas hembra (Véase imagen), esto para que el usuario pueda conectarlo de forma práctica desde el exterior con cable banana macho tanto como la alimentación y la salida.



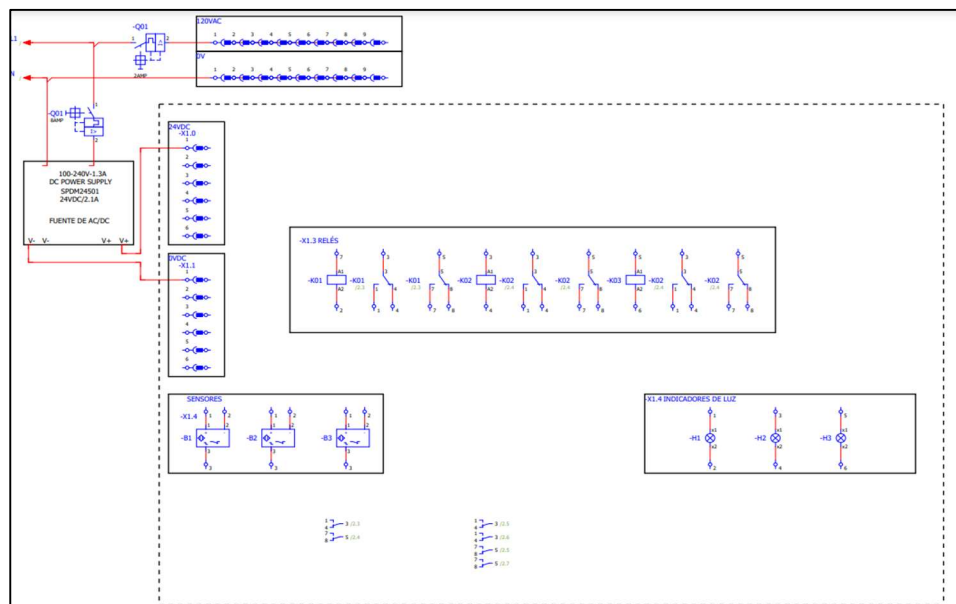
F Pulsador.

Cuenta con tres pulsadores para poder generar distintos tipos de aplicaciones según sea la condición que se requiera.



2.0 Circuito Eléctrico:

Viendo lo anterior, el circuito eléctrico queda de la siguiente manera:



3.0 Listado de componentes

Una vez visto el diseño que se plantea realizar, tenemos que tomar en cuenta para su realización cada uno de los siguientes elementos:

3.1 Sensor Inductivo.

Sensor compuesto por tres hilos el cual reacciona cuando se pone en contacto con elementos de materiales ferrosos, con una frecuencia de 1KHz, distancia de sensado de 2mm y con tipo de salida PNP NO con una corriente máxima de salida de 200 mA y un voltaje de alimentación de 10 a 30 VDC



3.2 Sensor Capacitivo

Sensor diseñado para detectar presencia/ausencia de diferentes tipos de materiales ya sean metales, plásticos, etc con distancia de sensado en un rango de 0-8mm con una salida máxima de 200 mA, tipo de salida PNP NO con una alimentación DC posible de 6 - 36 VDC y una capacidad de respuesta 150 Hz



3.1 Sensor reflectivo

es un sensor fotoeléctrico reflectante, que contiene un transmisor y un receptor en una sola carcasa. El sensor emite

un haz de luz hacia un objetivo distante, que actúa como un reflector, volviendo parte de la luz transmitida al sensor. Con un rango de detección ajustable desde 0-300mm con tipo de salida NPN NO, un voltaje de alimentación de 10 a 30 VDC



3.4 Fuente de alimentación.

Elemento encargado de suplir con energía eléctrica a todos los distintos dispositivos que contemplan el tablero, con un voltaje nominal de 24 VDC y 2 Amperios, cuenta con una protección de 2.1 A, tiene una distancia de censado de 100 mm, es NPN a 24 VDC



3.5 Módulo Relé

Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten

abrir o cerrar distintos circuitos eléctricos. Encargado de hacer conmutar las salidas que tendrá el módulo de entrenamiento en base a las condiciones específicas por medio el accionamiento de los distintos tipos de sensores. Cuenta con 14 pines y es alimentado a 24 VDC con una salida máxima de 10 A



3.6 Base para Relé

Compuesta por 24 entradas hembras, aquí es donde se llevan las conexiones tanto de la alimentación hacia las bobinas del relé, las diferentes salidas según la aplicación (NO/NA).



Figura 3.3.6 Base para relé

3.3.7 Pilotos indicadores.

Son elementos que se encargan de mostrar el estado en el cual se encuentra las salidas de nuestros módulos relés. Si la salida del relé se encuentra activa entonces se el piloto indicador se encenderá mostrando una. Estos pilotos son alimentados a 24 VDC.

Así también cuenta con indicadores los cuales cumplen la función de accionamiento.



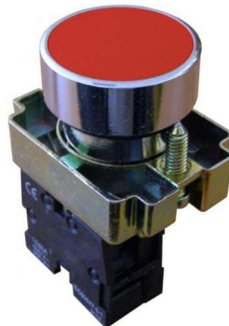
3.3.8 Maneta dos posiciones.

Elemento de control el cual esta formado por dos estados (ON/OFF) la cual servirá con la función de encender o apagar el módulo de entrenamiento, funcionan a 24 VDC



3.9 Pulsadores.

Son los encargados de permitir el paso de corriente a través del circuito, en este caso, será según sea la necesidad del ejercicio que se ponga a disposición en el tablero de entrenamiento, el voltaje de alimentación es 24 VDC



3.10 Conector hembra/macho tipo banana.

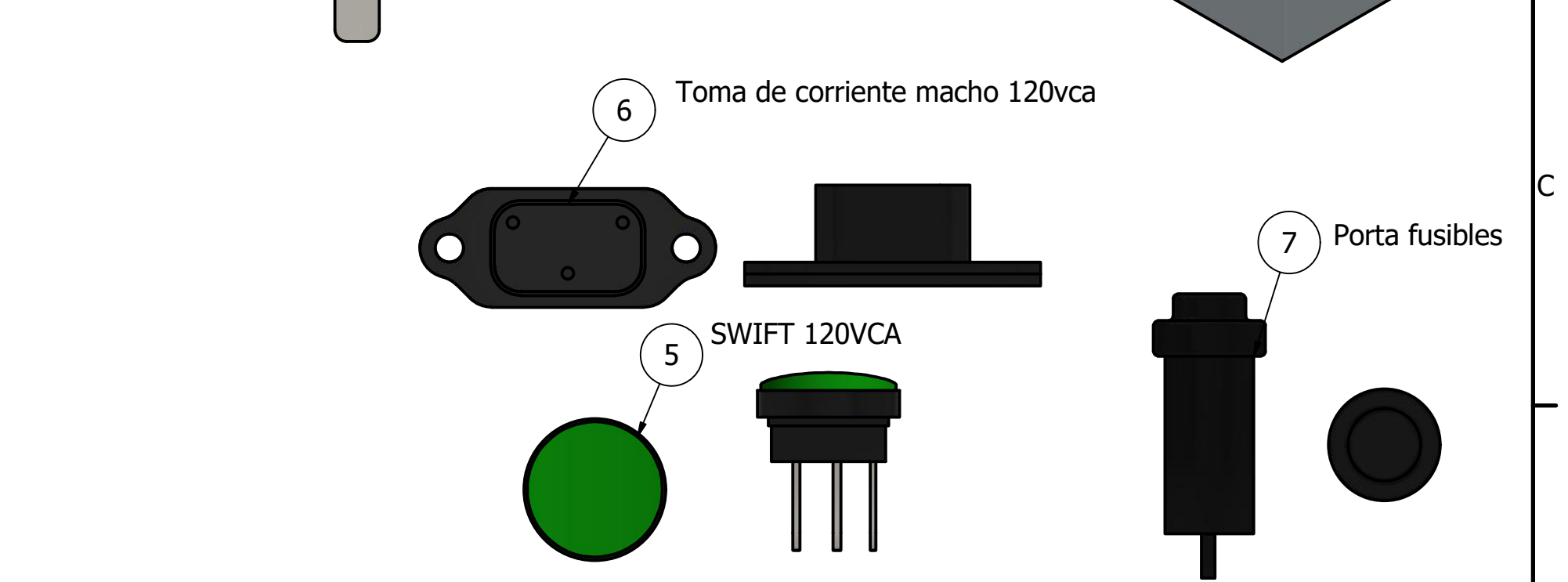
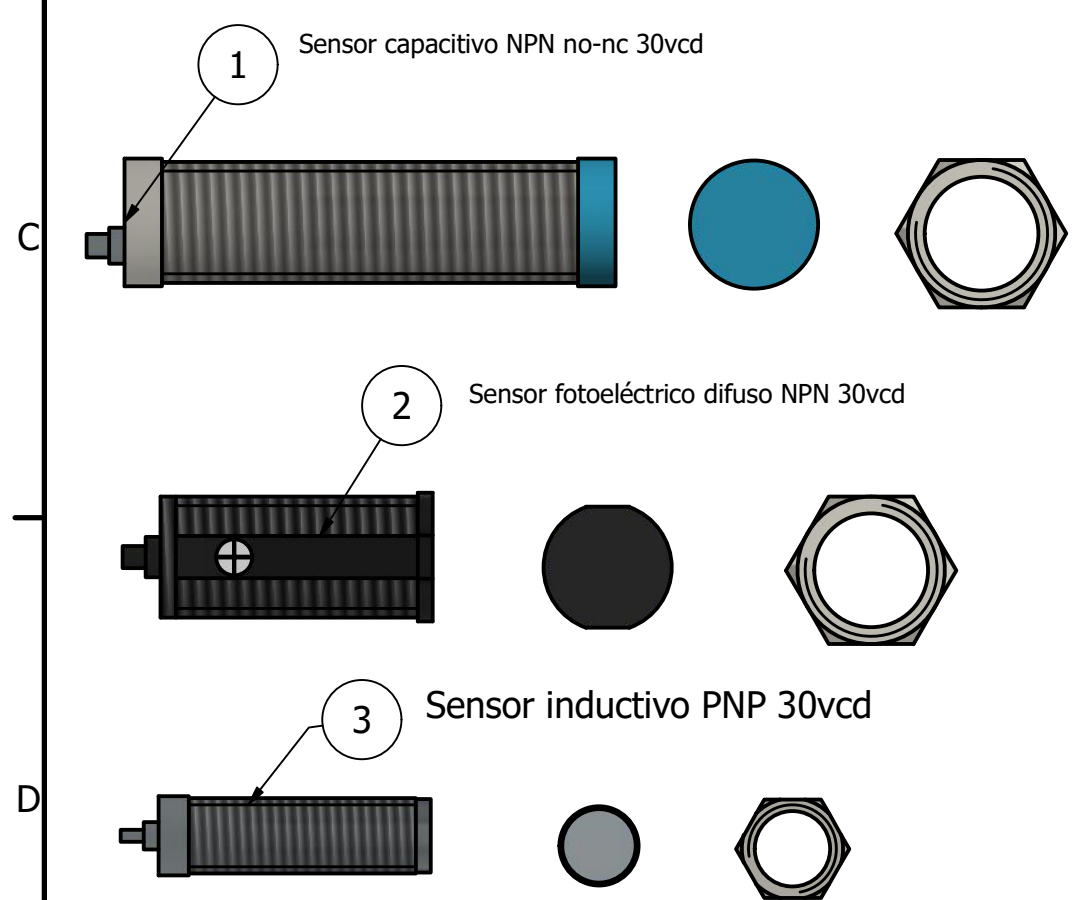
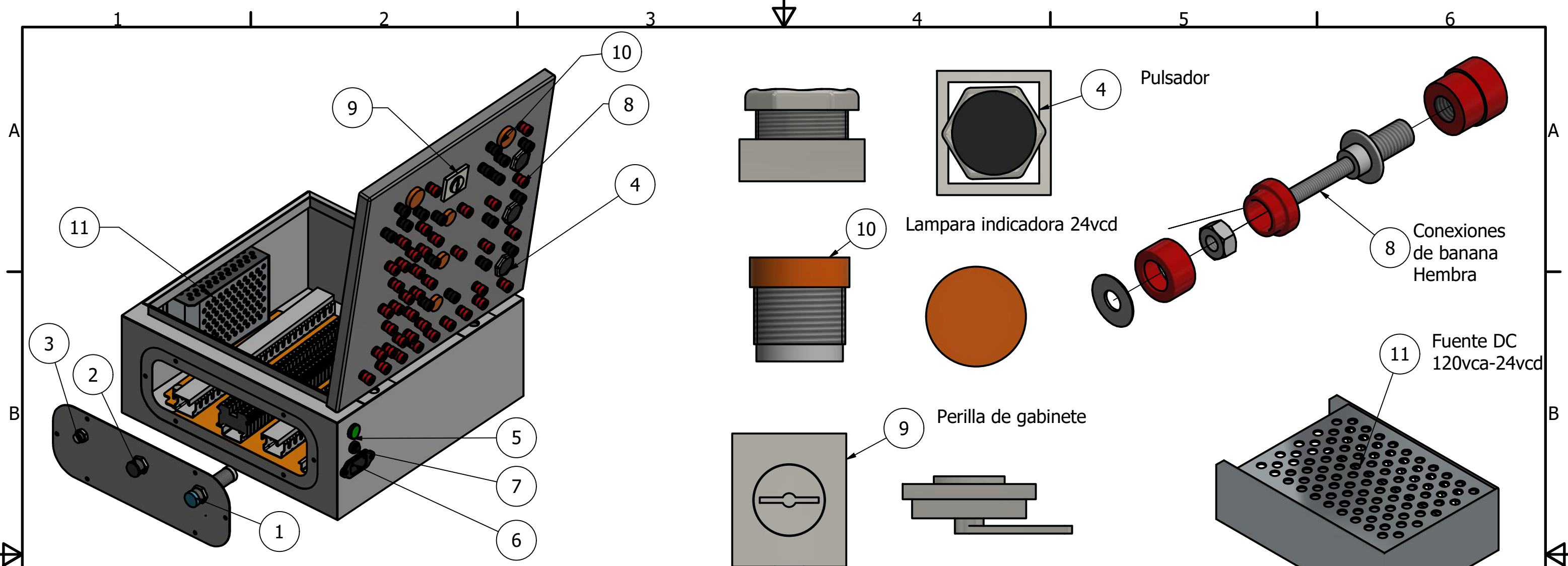
Debido a que el diseño del módulo está pensado que el estudiante de forma práctica pueda realizar las conexiones del tablero sin llegar en principio a desconectar cables que estén al interno del tablero, sino desde el exterior, hemos decidido utilizar este tipo de conexión para que junto con los conectores tipo macho se puedan complementar y cerrar el circuito una vez sea necesario, voltaje nominal de 24 VDC



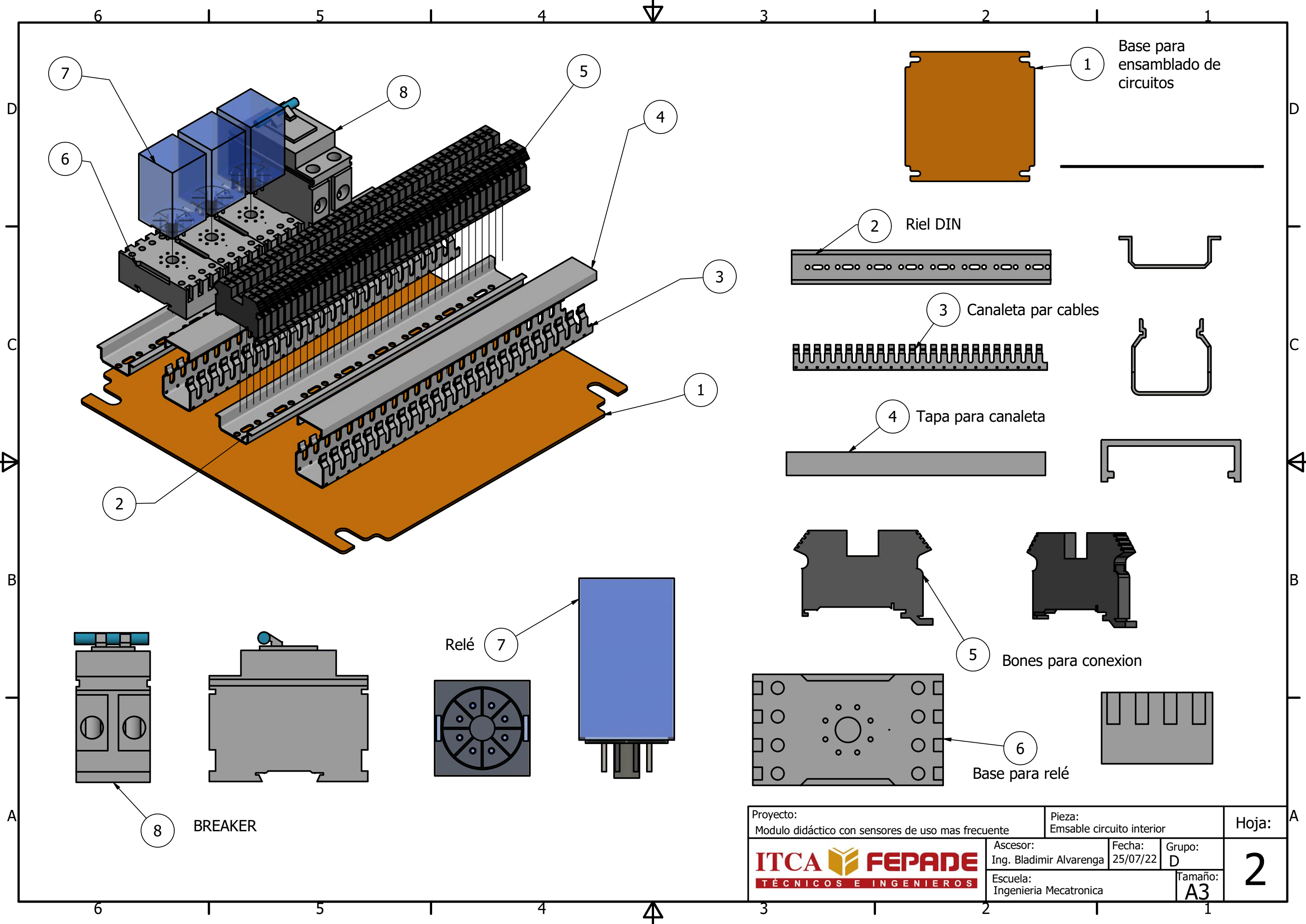
3.11 Disyuntor

Componente el cual cumple con a función de evitar sobrecargas en el circuito, este irá conectado a la entrada de la fuente DC con el objetivo de garantizar la seguridad hacia el usuario. Este debe de ser de 2 polos y soportar una corriente máxima de 20 Amperios AC.





Proyecto: Modulo didáctico con sensores de uso mas frecuente		Pieza: Emsable circuito interior		Hoja:
ITCA FEPADE TÉCNICOS E INGENIEROS		Asesor: Ing. Bladimir Alvarenga	Fecha: 25/07/22	Grupo: D
Escuela: Ingenieria Mecatronica			Tamaño: A3	1



1 Base para ensamblado de circuitos

2 Riel DIN

3 Canaleta par cables

4 Tapa para canaleta

5 Bones para conexion

6 Base para relé

8 BREAKER

Relé 7

Proyecto: Modulo didáctico con sensores de uso mas frecuente		Pieza: Emsable circuito interior		Hoja: 2
ITCA FEPADE TÉCNICOS E INGENIEROS		Asesor: Ing. Bladimir Alvarenga	Fecha: 25/07/22	Grupo: D
Escuela: Ingenieria Mecatronica			Tamaño: A3	

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA FEPADE

ESCUELA DE INGENIERIA EN MECATRONICA

Guia 1 Conexión de sensores

Objetivo: Aprender a utilizar los sensores fotoelectrico y capacitivo con usos practicos.

La practica tendrá como objetivo el uso de los diferentes sensores para encender las luminarias del módulo de trabajo.

Materiales necesarios:

Módulo de trabajo

Conectores para bornes

Descripción del trabajo (Sensor fotoeléctrico)

1. Identificar los bornes de alimentación del módulo.
2. Conectar cable en bornera de entrada del pulsador S1 y conectar su salida al sensor fotoeléctrico (NPN).
3. Conectar la salida del sensor a la entrada del interruptor normalmente abierto (14).
4. Conectar la salida del interruptor NO (11) a la luminaria del módulo.
5. Solicitar verificación del docente en las conexiones y luego alimentar el módulo de trabajo. La luz del módulo debería de encenderse cada vez que el sensor fotoeléctrico detecte la interrupción de su haz de luz.

Descripción del trabajo (Sensor capacitivo)

1. Identificar los bornes de alimentación del módulo.

2. Conectar cable en bornera de entrada del pulsador S2 y conectar su salida al sensor capacitivo (NPN).
3. Conectar la salida normalmente cerrada (NC) del sensor a la entrada del sensor normalmente abierto (14).
4. Conectar la salida del interruptor NO (11) a la luminaria del módulo.
5. Solicitar verificación del docente en las conexiones y luego alimentar el módulo de trabajo. La luz del módulo debería apagarse cada vez que el sensor capacitivo detecte la presencia de algún material frente a él.

Guia 2 Combinación uso de sensores

Objetivo: Aprender cómo hacer combinaciones de sensores y el uso de contactos electrónicos.

En esta práctica se hará uso de 2 sensores diferentes simulando procesos de la industria.

Materiales necesarios:

Módulo de trabajo

Conectores para bornes

Descripción del trabajo (ejercicio 1)

El ejercicio simula el encendido automático de una luminaria en el área de trabajo, la luminaria enciende al detectar movimiento con un sensor ubicado en el techo apuntando a la entrada o con un sensor al nivel del suelo que detecta la entrada de una persona.

1. Se debe presionar S1 para iniciar con la secuencia
2. La luminaria se debe encender al detectar movimiento dentro del área de trabajo (sensor 1)
3. La luminaria deberá encender al detectar el ingreso al área de trabajo (sensor 2)

Descripción del trabajo (ejercicio 2)

El ejercicio simula el arranque de 2 bandas, al detectar componentes en el inicio de la banda esta se enciende a medida avanza sobre la misma se encuentra con otro sensor el cual energiza el siguiente segmento de esta.

1. Presionar el interruptor S1 para poner en marcha el módulo, si este no se presiona no debe de iniciar la secuencia.
2. Al detectar el sensor fotoeléctrico movimiento este encenderá una luminaria.
3. Al encender la primera luminaria se energizará el sensor capacitivo.
4. Cuando el sensor capacitivo se active se encenderá una segunda luminaria, la luminaria solo deberá encender si la primera está activa.
5. Al apagarse la primera luminaria la segunda debe apagarse de igual manera

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA FEPADE

ESCUELA DE INGENIERIA EN MECATRONICA

Guia 3 Combinación uso de sensores

Objetivo: Aprender cómo hacer combinaciones de sensores y el uso de contactos electrónicos.

En esta práctica se hará uso de 2 sensores diferentes simulando procesos de la industria.

Materiales necesarios:

Módulo de trabajo

Conectores para bornes

Descripción del trabajo (ejercicio 1)

El ejercicio simula un llenado de silo, cuando el nivel del silo es muy bajo se inicia el llenado de granos automáticamente, el proceso de llenado se detiene cuando se alcanza el nivel máximo del silo.

1. Se debe presionar el interruptor S1 para iniciar la secuencia.
2. Cuando el primer sensor no esté activo (nivel del silo muy bajo) se debe encender una luminaria.
3. Cuando se active el segundo sensor (nivel máximo del silo) se deberá apagar la luminaria.

Descripción del trabajo (ejercicio 2)

El ejercicio simula la activación de una guillotina, se debe tener ambas manos en un lugar seguro para que esta se active, si ambas manos no están en su lugar la guillotina no se activa y un indicador luminoso le muestra al usuario que no se puede iniciar el corte.

1. Al presionar el interruptor S1 se inicia la secuencia de trabajo.
2. Si solo uno de los sensores está activado la luminaria derecha deberá estar encendida.
3. Cuando ambos sensores estén activados la luminaria de la derecha deberá apagarse y se encenderá la luminaria izquierda (ambas luminarias no pueden estar encendidas a la vez).
4. Si ninguno de los sensores está activado ninguna luminaria debe estar encendida.
5. Si el interruptor S1 no está activado ninguna de las luminarias debe de estar encendida.

Guia 4 Combinación uso de sensores

Objetivo: Aprender cómo hacer combinaciones de sensores y el uso de contactos electrónicos.

En esta práctica se hará uso de 3 sensores diferentes simulando procesos de la industria.

Materiales necesarios:

Módulo de trabajo

Conectores para bornes

Luminaria compatible con modulo

Descripción del trabajo (ejercicio 1)

El ejercicio simula la separación de piezas en una banda transportadora, un sensor detecta la pieza en la posición inicial y enciende la banda, si la pieza es metálica se deberá activar una paleta que mueva la pieza a la izquierda de la banda, si la pieza es de plástico se debe mover la pieza a la derecha.

1. Al presionar S1 se inicia la secuencia, cuando el primer sensor se active se debe encender una luminaria.
2. Cuando el sensor detecte una pieza metálica se deberá encender una luminaria simulando el movimiento a la izquierda de la paleta.

3. Cuando el sensor detecte una pieza plástica se deberá encender una luminaria simulando el movimiento a la derecha de la paleta.

Descripción del trabajo (ejercicio 2)

El ejercicio simula un detector de metales en un llenado de silo, cuando el nivel del silo es muy bajo se inicia la secuencia de llenado la cual se detiene cuando se alcanza el nivel máximo del silo o cuando se detecta una pieza metálica en el llenado.

1. Al presionar S1 se inicia la secuencia, si el primer sensor no detecta granos se inicia encenderá una luminaria.
2. Cuando se alcance el nivel máximo del silo se apagará la luminaria de llenado.
3. Si se detecta una pieza metálica se deberá apagar la luminaria de llenado y se encenderá una luminaria para que se retire la pieza metálica.
4. Al retinar la pieza se debe apagar la luminaria de identificación de metales.

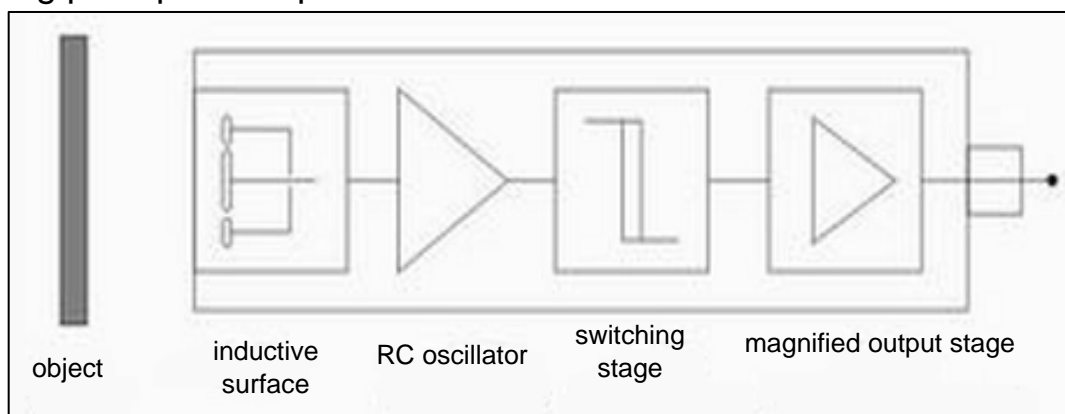
Capacitance Sensor

■ Model explanation of capacitance sensor

CM 18 - 30 05 N A □
 1 2 3 4 5 6 7

No.	Composition	Code and definition
1	Switch Category	LM: inductance type; CM: capacitance type;
		AM: safety explosion-proof type; XM: mimic linear type;
		SM: Hall type; HM: reed type
2	Appearance Code	□: cylinder type; F□: angular column type
3	Working Voltage	30: 6~36VDC; 310: 5~24VDC; 320: 12~60VDC;
		20: 90~250VAC; 210: 24~250VAC; 220: 380VAC;
		40: 12~240VDC/24~240VAC; 50: special voltage
4	Detection Distance	01: 1mm; 05: 5mm; 10: 10mm
5	Output Form	N: three-wire DC NPN output
		P: three-wire DC PNP output
		L: two-wire DC output □: AC two-wire output
		W: AC three-wire output J: relay contact output
		NP: NPN+PNP double output
6	Output State	A: normally open; B: normally close;
		C: NO+NC; MU: mimic voltage; MI: mimic current
7	Subsidiary Functions	T: with aviation connector; Y: water proof, oil proof;
		I: special requirement; H: high temp. resistance; R: ring type

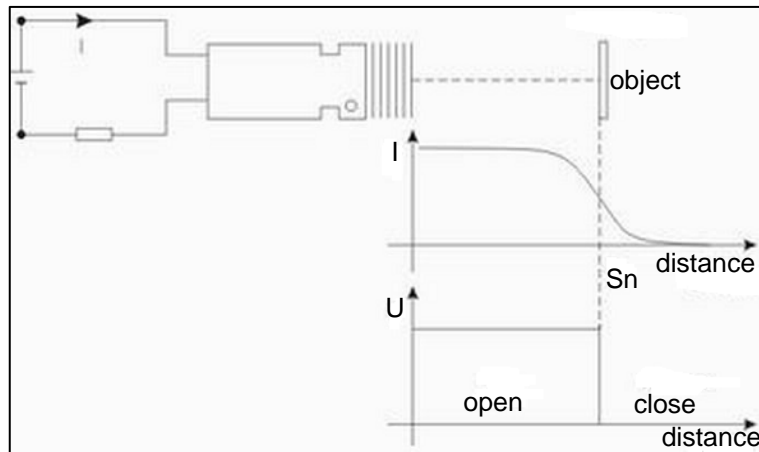
■ Working principle of capacitance sensor



The induction surface of capacitance sensor is composed of two coaxial metal electrodes, which form a capacitor and connected on RC oscillation circuit, just like an open capacitor electrode.

When connecting to power supply, RC oscillator does not work. When an object is close to capacitor electrode, the capacitor capacity will increase, and the oscillator will vibrate. Through the treatment of behind stage circuit, both signals of stop oscillation and oscillation will be converted to switch signs for checking the existence of object. This sensor can detect both metal and non-metal objects. For the metal object, the max. action distance can be obtained, but to nonmetal object, the action distance is determined by material dielectric constant, the more dielectric constant, the more action distance will be obtained.

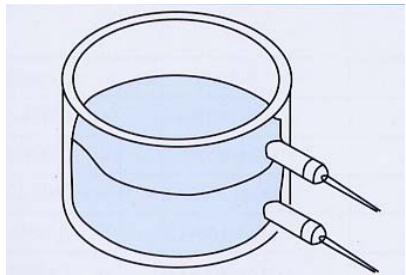
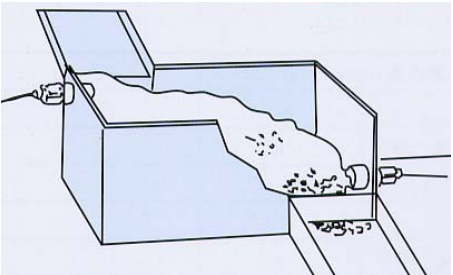
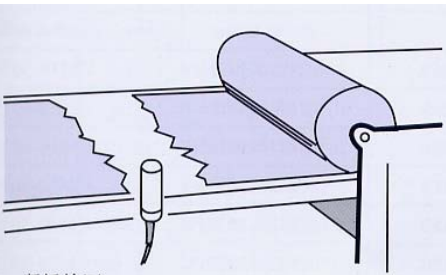
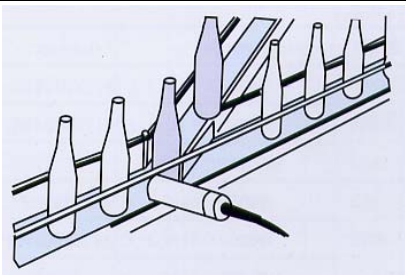
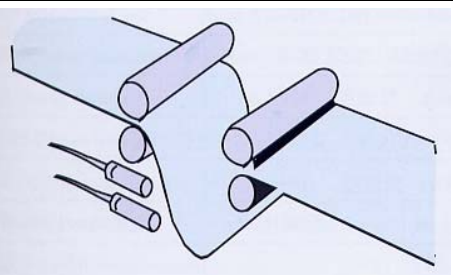
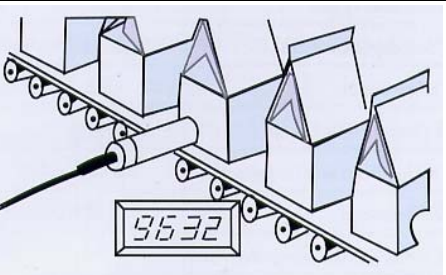
Capacitance Sensor







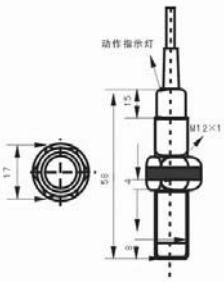
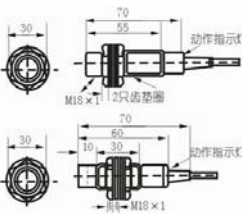
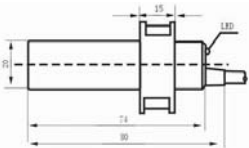
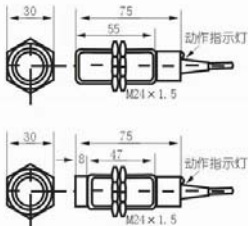
■ The dielectric constants for some important materials are as listed as below :

Materials	Dielectric constant	Materials	Dielectric constant	Materials	Dielectric constant
Solicon	2.8	Styrene	3	Alcohol	25.8
Mica	6	Porcelain	4.4	Glass	5
Ebonite	4	Earth wax	2.2	Cardboard	4.5
Marble	8	Quartz sand	4.5	Cable rubber compound	2.5
Paper	2.3	Quartz glass	3.7	Gasoline	2.2
Organic glass	3.2	Soft rubber	2.5	Polyvinyl	2.9
Chamber	2.7	Water	80	Synthetic resin adhesive	3.6





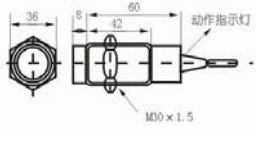
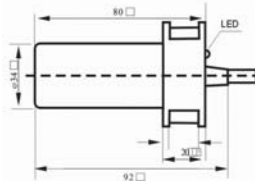
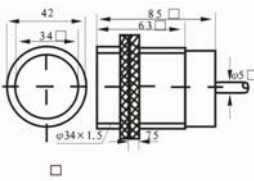
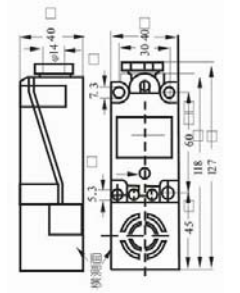
■ Application

 <p>Liquid Level Measurement (plastic or glass container)</p>	 <p>Material Level Measurement</p>	 <p>Checking Broken Board</p>
 <p>Count the Bottles</p>	 <p>Detect the Tightness of Conveyor Belt</p>	 <p>Count and Detect the Material Level</p>


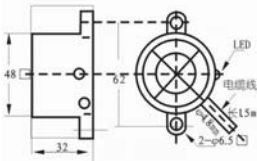
Capacitance Sensor

Code				CM12	CM18	CM20	CM24
Picture							
Dimensions							
Detection Distance					0-5mm		0-8mm
Flush	6~36 VDC	NPN	NO		CM18-3005NA		CM24-3008NA
			NC		CM18-3005NB		CM24-3008NB
			NO+NC		CM18-3005NC		CM24-3008NC
		PNP	NO		CM18-3005PA		CM24-3008PA
			NC		CM18-3005PB		CM24-3008PB
			NO+NC		CM18-3005PC		CM24-3008PC
90~ 250 VAC	SCR	NO		CM18-2005A		CM24-2008A	
		NC		CM18-2005B		CM24-2008B	
Detection Distance				0-4mm	0-8mm	0-10mm	0-12mm
Non-flush	6~36 VDC	NPN	NO	CM12-3004NA	CM18-3008NA	CM20-3010NA	CM24-3012NA
			NC	CM12-3004NB	CM18-3008NB	CM20-3010NB	CM24-3012NB
			NO+NC		CM18-3008NC	CM20-3010NC	CM24-3012NC
		PNP	NO	CM12-3004PA	CM18-3008PA	CM20-3010PA	CM24-3012PA
			NC	CM12-3004PB	CM18-3008PB	CM20-3010PB	CM24-3012PB
			NO+NC		CM18-3008PC	CM20-3010PC	CM24-3012PC
	90~ 250 VAC	SCR	NO		CM18-2008A	CM20-2010A	CM24-2012A
			NC		CM18-2008B	CM20-2010B	CM24-2012B
Detectable Object				conductor and dielectric body			
Consumption Current				DC=12V,I=8mA、DC=24V,I=15mA; AC:≤10mA			
Output Current		DC		200mA			
		AC		300mA			
Output voltage Drop				DC(NPN、PNP):≤3V; AC:≤7V			
Response Frequency		DC		50Hz			
		AC		10Hz			
Shell Material				Metal	ABS/Metal	ABS	Metal
Ambient Temperature				-25℃~70℃			
Insulation Resistance				50MΩ			
Protection Grade				IP54			

Capacitance Sensor

Code				CM30	CM34	CM35	CM37	
Picture								
Dimensions								
Flush	Detection Distance			0-10mm				
	6~36 VDC	NPN	NO	CM30-3010NA				
			NC	CM30-3010NB				
			NO+NC	CM30-3010NC				
	90~ 250 VAC	SCR	NO	CM30-2010A				
			NC	CM30-2010B				
Non-flush	Detection Distance			0-15mm	0-20mm	0-25mm	0-25mm	
	6~36 VDC	NPN	NO	CM30-3015NA	CM34-3020NA	CM35-3025NA	CMF37-3025NA	
			NC	CM30-3015NB	CM34-3020NB	CM35-3025NB	CMF37-3025NB	
			NO+NC	CM30-3015NC	CM34-3020NC	CM35-3025NC	CMF37-3025NC	
		PNP	NO	CM30-3015PA	CM34-3020PA	CM35-3025PA	CMF37-3025PA	
			NC	CM30-3015PB	CM34-3020PB	CM35-3025PB	CMF37-3025PB	
			NO+NC	CM30-3015PC	CM34-3020PC	CM35-3025PC	CMF37-3025PC	
	90~ 250 VAC	SCR	NO	CM30-3015A	CM34-2020A	CM35-2025A	CMF37-2025A	
			NC	CM30-3015B	CM34-2020B	CM35-2025B	CMF37-2025B	
	Detectable Object				conductor and dielectric body			
	Consumption Current				DC=12V,I=8mA、DC=24V,I=15mA; AC:≤10mA			
Output Current	DC			200mA				
	AC			300mA				
Output voltage Drop				DC(NPN、PNP):≤3V; AC:≤7V				
Response Frequency	DC			50Hz				
	AC			10Hz				
Shell Material				ABS/Metal		ABS		
Ambient Temperature				-25℃~70℃				
Insulation Resistance				50MΩ				
Protection Grade				IP54				

Capacitance Sensor


Code	CM48			
Picture				
Dimensions				
Flush	Detection Distance			
	6~36 VDC	NPN	NO	
			NC	
			NO+NC	
	90~ 250 VAC	PNP	NO	
			NC	
			NO+NC	
90~ 250 VAC	SCR	NO		
		NC		
Non-flush	Detection Distance		0-20mm	
	6~36 VDC	NPN	NO	CM48-3020NA
			NC	CM48-3020NB
			NO+NC	CM48-3020NC
		PNP	NO	CM48-3020PA
			NC	CM48-3020PB
			NO+NC	CM48-3020PC
	90~ 250 VAC	SCR	NO	CM48-2020A
			NC	CM48-2020B
	Detectable Object		conductor and dielectric body	
Consumption Current		DC=12V,I=8mA、dc=24V,I=15mA; AC:≤10mA		
Output Current	DC	200mA		
	AC	300mA		
Output voltage Drop		DC(NPN、PNP):≤3V; AC:≤7V		
Response Frequency	DC	50Hz		
	AC	10Hz		
Shell Material		ABS		
Ambient Temperature		-25℃~70℃		
Insulation Resistance		50MΩ		
Protection Grade		IP54		

E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

A new generation in sensing performance

- Simplicity
 - Simple selection
 - Simple installation
- One family for all
 - All standard applications covered
 - A wide variety of models
 - Models designed for special applications
- Non-stop detection
 - High quality and reliability
 - High EMC protection
 - High light immunity
 - Robust and waterproof housing



 Refer to *Safety Precautions* on page 15.

For the most recent information on models that have been certified for safety standards, refer to your OMRON website.

Features

Simplicity

Omron's compact E3FA series of photoelectric sensors is simple and quick to mount, as well as easy and intuitive to set-up. The large and robust adjuster makes life much easier for installers to adjust the sensor, as does the bright, high-power red LED, which is clearly visible for easy alignment, even over longer distances. Similarly, the sensor's LED status indicator can be viewed from long distances and wide angles.



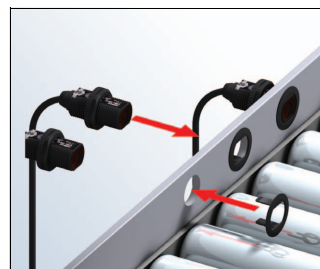
Compact size and shape. Can be installed almost anywhere.



Visible LED light for easy alignment.



Bright LED indicators for the easy operational status checking.



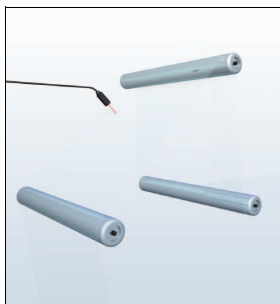
Flush mounting option for smooth installation.

One family for all

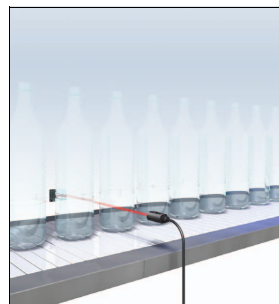
Typically installed in industrial plants ranging from food and beverage, textiles, ceramics and brick production, through to logistics, there's always an E3FA model to fit your application.

This extensive photoelectric sensor series with high reliability and enhanced performance includes through-beam, retroreflective and diffuse-reflective types in straight and radial versions. Straight versions are also available with background-suppression, limited-reflective detection, and transparent object detection types for special applications.

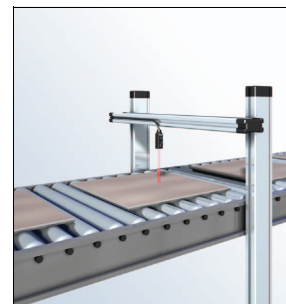
Application specific models



Limited-reflective types suitable for detecting transparent film to shiny, mirror film.



Transparent object detection types utilising Omron's unique technology for detecting objects with birefringent (double refraction) properties.



Background suppression types for the stable detection of different objects with various colours.

Non-stop detection

Especially designed for machines that never stop, the rugged E3FA series offers completely reliable sensing in a robust and waterproof housing that can withstand even high-pressure cleaning. Exceeding market standards, this series also has high EMC protection and light immunity. In addition, there is the added benefit of the high-power LED, which contributes to high sensing stability even in environments with dust or vibrations.






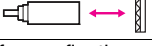

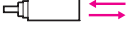






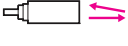


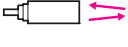
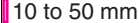

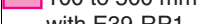

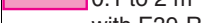
E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

Ordering Information



Sensors (E3FA Plastic housing) [Refer to Dimensions on page 16.]

 Red light  Infrared light

Sensor type	Sensing distance	Connection method	Model	
			NPN output	PNP output
Through-beam *1. 	 20 m	pre-wired	set E3FA-TN11 2M Emitter E3FA-TN11-L 2M Receiver E3FA-TN11-D 2M	set E3FA-TP11 2M Emitter E3FA-TP11-L 2M Receiver E3FA-TP11-D 2M
		M12 connector	set E3FA-TN21 Emitter E3FA-TN21-L Receiver E3FA-TN21-D	set E3FA-TP21 Emitter E3FA-TP21-L Receiver E3FA-TP21-D
	 15 m	pre-wired	set E3FA-TN12 2M Emitter E3FA-TN12-L 2M Receiver E3FA-TN12-D 2M	set E3FA-TP12 2M Emitter E3FA-TP12-L 2M Receiver E3FA-TP12-D 2M
		M12 connector	set E3FA-TN22 Emitter E3FA-TN22-L Receiver E3FA-TN22-D	set E3FA-TP22 Emitter E3FA-TP22-L Receiver E3FA-TP22-D
Retro-reflective with MSR function *2. 	 0.1 to 4 m with E39-R1S	pre-wired	E3FA-RN11 2M	E3FA-RP11 2M
		M12 connector	E3FA-RN21	E3FA-RP21
Coaxial Retro-reflective with MSR function *2. 	 0 to 500 mm with E39-R1S	pre-wired	E3FA-RN12 2M	E3FA-RP12 2M
		M12 connector	E3FA-RN22	E3FA-RP22
Diffuse-reflective 	 100 mm	pre-wired	E3FA-DN11 2M	E3FA-DP11 2M
		M12 connector	E3FA-DN21	E3FA-DP21
	 300 mm	pre-wired	E3FA-DN12 2M	E3FA-DP12 2M
		M12 connector	E3FA-DN22	E3FA-DP22
	 1 m	pre-wired	E3FA-DN13 2M	E3FA-DP13 2M
		M12 connector	E3FA-DN23	E3FA-DP23
	 100 mm	pre-wired	E3FA-DN14 2M	E3FA-DP14 2M
		M12 connector	E3FA-DN24	E3FA-DP24
	 300 mm	pre-wired	E3FA-DN15 2M	E3FA-DP15 2M
		M12 connector	E3FA-DN25	E3FA-DP25
	 1 m	pre-wired	E3FA-DN16 2M	E3FA-DP16 2M
		M12 connector	E3FA-DN26	E3FA-DP26
BGS (background suppression) 	 100 mm	pre-wired	E3FA-LN11 2M	E3FA-LP11 2M
		M12 connector	E3FA-LN21	E3FA-LP21
	 200 mm	pre-wired	E3FA-LN12 2M	E3FA-LP12 2M
		M12 connector	E3FA-LN22	E3FA-LP22
Limited distance reflective 	 10 to 50 mm	pre-wired	E3FA-VN11 2M	E3FA-VP11 2M
		M12 connector	E3FA-VN21	E3FA-VP21
Transparent detected with P-opaquist function *2. 	 100 to 500 mm with E39-RP1	pre-wired	E3FA-BN11 2M	E3FA-BP11 2M
		M12 connector	E3FA-BN21	E3FA-BP21
Transparent detected with P-opaquist function *2. 	 0.1 to 2 m with E39-RP1	pre-wired	E3FA-BN12 2M	E3FA-BP12 2M
		M12 connector	E3FA-BN22	E3FA-BP22

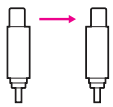

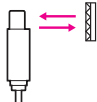

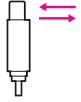



*1. The set type includes the emitter and receiver.

*2. The Reflector is sold separately. Select the Reflector model most suited to the application.



Sensors (E3RA Plastic housing) [Refer to Dimensions on page 16.]

Red light

Sensor type	Sensing distance	Connection method	Model	
			NPN output	PNP output
Through-beam *1. 	 15 m	pre-wired	set E3RA-TN11 2M Emitter E3RA-TN11-L 2M Receiver E3RA-TN11-D 2M	set E3RA-TP11 2M Emitter E3RA-TP11-L 2M Receiver E3RA-TP11-D 2M
		M12 connector	set E3RA-TN21 Emitter E3RA-TN21-L Receiver E3RA-TN21-D	set E3RA-TP21 Emitter E3RA-TP21-L Receiver E3RA-TP21-D
Retro-reflective with MSR function *2. 	 0.1 to 3 m with E39-R1S	pre-wired	E3RA-RN11 2M	E3RA-RP11 2M
		M12 connector	E3RA-RN21	E3RA-RP21
Diffuse-reflective 	 100 mm	pre-wired	E3RA-DN11 2M	E3RA-DP11 2M
		M12 connector	E3RA-DN21	E3RA-DP21
	 300 mm	pre-wired	E3RA-DN12 2M	E3RA-DP12 2M
		M12 connector	E3RA-DN22	E3RA-DP22
	 700 mm	pre-wired	E3RA-DN13 2M	E3RA-DP13 2M
		M12 connector	E3RA-DN23	E3RA-DP23

*1. The set type includes the emitter and receiver.







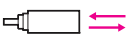



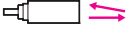


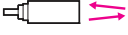


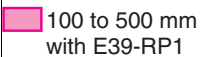

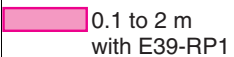
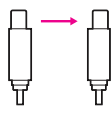

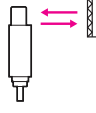

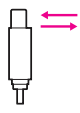



*2. The Reflector is sold separately. Select the Reflector model most suited to the application.

E3FA/E3RA/E3FB/E3RB



Sensors (E3FB/E3RB Metal housing) [Refer to Dimensions on page 17.]

 Red light



Sensor type	Sensing distance	Connection method	Model	
			NPN output	PNP output
Through-beam *1. 	 20 m	pre-wired	set E3FB-TN11 2M Emitter E3FB-TN11-L 2M Receiver E3FB-TN11-D 2M	set E3FB-TP11 2M Emitter E3FB-TP11-L 2M Receiver E3FB-TP11-D 2M
		M12 connector	set E3FB-TN21 Emitter E3FB-TN21-L Receiver E3FB-TN21-D	set E3FB-TP21 Emitter E3FB-TP21-L Receiver E3FB-TP21-D
Retro-reflective with MSR function *2. 	 0.1 to 4 m with E39-R1S	pre-wired	E3FB-RN11 2M	E3FB-RP11 2M
		M12 connector	E3FB-RN21	E3FB-RP21
Coaxial Retro-reflective with MSR function *2. 	 0 to 500 mm with E39-R1S	pre-wired	E3FB-RN12 2M	E3FB-RP12 2M
		M12 connector	E3FB-RN22	E3FB-RP22
Diffuse-reflective 	 100 mm	pre-wired	E3FB-DN11 2M	E3FB-DP11 2M
		M12 connector	E3FB-DN21	E3FB-DP21
	 300 mm	pre-wired	E3FB-DN12 2M	E3FB-DP12 2M
		M12 connector	E3FB-DN22	E3FB-DP22
	 1 m	pre-wired	E3FB-DN13 2M	E3FB-DP13 2M
		M12 connector	E3FB-DN23	E3FB-DP23
BGS (background suppression) 	 100 mm	pre-wired	E3FB-LN11 2M	E3FB-LP11 2M
		M12 connector	E3FB-LN21	E3FB-LP21
	 200 mm	pre-wired	E3FB-LN12 2M	E3FB-LP12 2M
		M12 connector	E3FB-LN22	E3FB-LP22
Limited distance reflective 	 10 to 50 mm	pre-wired	E3FB-VN11 2M	E3FB-VP11 2M
		M12 connector	E3FB-VN21	E3FB-VP21
Transparent detected with P-opaqing function *2. 	 100 to 500 mm with E39-RP1	pre-wired	E3FB-BN11 2M	E3FB-BP11 2M
		M12 connector	E3FB-BN21	E3FB-BP21
Transparent detected with P-opaqing function *2. 	 0.1 to 2 m with E39-RP1	pre-wired	E3FB-BN12 2M	E3FB-BP12 2M
		M12 connector	E3FB-BN22	E3FB-BP22
Through-beam *1. 	 15 m	pre-wired	set E3RB-TN11 2M Emitter E3RB-TN11-L 2M Receiver E3RB-TN11-D 2M	set E3RB-TP11 2M Emitter E3RB-TP11-L 2M Receiver E3RB-TP11-D 2M
		M12 connector	set E3RB-TN21 Emitter E3RB-TN21-L Receiver E3RB-TN21-D	set E3RB-TP21 Emitter E3RB-TP21-L Receiver E3RB-TP21-D
Retro-reflective with MSR function *2. 	 0.1 to 3 m with E39-R1S	pre-wired	E3RB-RN11 2M	E3RB-RP11 2M
		M12 connector	E3RB-RN21	E3RB-RP21
Diffuse-reflective 	 100 mm	pre-wired	E3RB-DN11 2M	E3RB-DP11 2M
		M12 connector	E3RB-DN21	E3RB-DP21
	 300 mm	pre-wired	E3RB-DN12 2M	E3RB-DP12 2M
		M12 connector	E3RB-DN22	E3RB-DP22
	 700 mm	pre-wired	E3RB-DN13 2M	E3RB-DP13 2M
		M12 connector	E3RB-DN23	E3RB-DP23

*1. The set type includes the emitter and receiver.

*2. The Reflector is sold separately. Select the Reflector model most suited to the application.

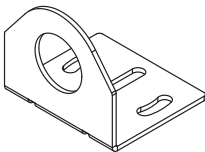

Reflectors *[Refer to Dimensions on page 18.]*

Reflectors required for Retro-reflective Sensors: A Reflector is not provided with the Sensor. Be sure to order a Reflector separately.

Sensor	Sensing distance	Appearance	Model	Quantity	Remarks
E3FA-R□1 E3FB-R□1	0.1 to 4 m		E39-R1S	1	for E3FA-R□, E3RA-R□, E3FB-R□ and E3RB-R□
E3FA-R□2 E3FB-R□2	0 to 500 mm				
E3FA-B□1 E3FB-B□1	100 to 500 mm		E39-RP1	1	for E3FA-B□ and E3FB-B□
E3FA-B□2 E3FB-B□2	0.1 to 2 m				



Mounting brackets *[Refer to Dimensions on page 18.]*

A Mounting Bracket is not enclosed with the Sensor. Order a Mounting Bracket separately if required.

Sensor	Appearance	Model (Material)	Quantity	Remarks
all types		E39-L183 (SUS304)	1	Mounting bracket
E3FA-□ E3RA-□		E39-L182 (POM)	1	Flush mounting bracket

Sensor I/O connectors

Models for Connectors: A Connector is not provided with the Sensor. Be sure to order a Connector separately.

Sensor	Size	Cable	Appearance	Cable type	Model
M12 connector types	M12	Standard	Straight 	2 m	XS2F-M12PVC4S2M
				5 m	XS2F-M12PVC4S5M
			Angle 	2 m	XS2F-M12PVC4A2M
				5 m	XS2F-M12PVC4A5M

Model Number Legend

E3□-□□□□-(□)□
1 2 3 4 5 6 7

1. Series name

FA: Cylindrical, Straight type, Plastic housing
 RA: Cylindrical, Radial type, Plastic housing
 FB: Cylindrical, Straight type, Metal housing
 RB: Cylindrical, Radial type, Metal housing

2. Sensing method

T: Through-beam
 R: Retro-reflective with MSR function
 D: Diffuse-reflective
 L: Background suppression
 V: Limited distance reflective
 B: Transparent detected with P-opaqing function

3. Output

P: PNP
 N: NPN

4. Connection

1: Cable
 2: Connector, M12, 4-pin

5. Difference of sensing distance, difference of light source

Sequential number

6. Emitter/Receiver

D: Receiver
 L: Emitter

7. Cable length

Blank: Connector type

e.g., E3FA-TP11 2M;

Cylindrical, Straight type, Plastic housing/ Through-beam/ PNP/ Cable/ Difference of Sensing distance/ Cable length of 2M

E3RA-TN12-D;

Cylindrical, Radial type, Plastic housing/ Through-beam/ NPN/ Connector, M12, 4-pin/ Difference of Sensing distance/ Receiver/ Connector type

E3FA-VP12;

Cylindrical, Straight type, Plastic housing/ Limited distance reflective/ PNP/ Connector, M12, 4-pin/ Difference of Sensing distance/ Connector type

E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

Ratings and Specifications

Straight type (E3FA/E3FB)

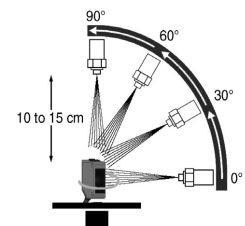
Model	Sensing method		Through-beam		Retro-reflective with MSR function	Coaxial Retro-reflective with MSR function
	NPN output	Pre-wired M12 Connector	E3F□-TN11 2M	E3FA-TN12 2M	E3F□-RN11 2M	E3F□-RN12 2M
Item	PNP output	Pre-wired M12 Connector	E3F□-TP11 2M	E3FA-TP12 2M	E3F□-RP11 2M	E3F□-RP12 2M
			E3F□-TP21	E3FA-TP22	E3F□-RP21	E3F□-RP22
Sensing distance			20 m	15 m	0.1 to 4 m (with E39-R1S)	0 to 500 mm (with E39-R1S)
Spot diameter (reference value)			—			
Standard sensing object			Opaque: 7 mm dia.min.		Opaque: 75 mm dia.min.	
Differential travel			—			
Directional angle			2° min.			
Light source (wavelength)			Red LED (624 nm)	Infrared LED (850 nm)	Red LED (624 nm)	
Power supply voltage			10 to 30 VDC (include voltage ripple of 10%(p-p) max.)			
Current consumption			40 mA max. (Emitter 25 mA max. Receiver 15 mA max.)		25 mA max.	
Control output			NPN/PNP (open collector) Load current: 100 mA max. (Residual voltage: 3 V max.), Load power supply voltage: 30 VDC max.			
Operation mode			Light-ON/Dark-ON selectable by wiring			
Indicator			Operation indicator (orange) Stability indicator (green) Power indicator (green): only Emitter of Through-beam			
Protection circuits			Power supply reverse polarity protection, Output short-circuit protection, and Output reverse polarity protection			
Response time			0.5 ms			
Sensitivity adjustment			One-turn adjuster			
Ambient illumination (Receiver side)			Incandescent lamp: 3,000 lx max./ Sunlight: 10,000 lx max.			
Ambient temperature range			Operating: -25 to 55°C/ Storage: -30 to 70°C (with no icing or condensation)			
Ambient humidity range			Operating: 35 to 85%/ Storage: 35 to 95% (with no condensation)			
Insulation resistance			20 MΩ min. at 500 VDC			
Dielectric strength			1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min. between current-carrying parts and case			
Vibration resistance			Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions			
Shock resistance			Destruction: 500 m/s ² 3 times each in X, Y and Z directions			
Degree of protection			IEC: IP67, DIN 40050-9: IP69K *			
Weight (packed state/only sensor)	Pre-wired cable (2M)		E3FA: Approx. 110 g/ Approx. 50 g, respectively, E3FB: Approx. 175 g/ Approx. 65 g, respectively		E3FA: Approx. 60 g/ Approx. 50 g, E3FB: Approx. 95 g/ Approx. 65 g	
	Connector		E3FA: Approx. 30 g/ Approx. 10 g, respectively, E3FB: Approx. 85 g/ Approx. 20 g, respectively		E3FA: Approx. 20 g/ Approx. 10 g, E3FB: Approx. 50 g/ Approx. 20 g	
Material	Case		E3FA: ABS, E3FB: Nickel-brass			
	Lens and Display		PMMA			
	Adjuster		POM			
	Nut		E3FA: POM, E3FB: Nickel-brass			
Accessories			Instruction sheet M18 nuts (4 pcs)		Instruction sheet M18 nuts (2 pcs)	

* IP69K Degree of Protection Specifications

IP69K is a protection specification stipulated by DIN 40050 Part 9 of the German standards.

The test item is sprayed with 80°C water from a nozzle of a specified shape at a water pressure of 80 to 100 bar. The amount of water is 14 to 16 liters per minute.

The distance between the test item and the nozzle is 10 to 15 cm. The water is discharged at angles of 0°, 30°, 60°, and 90° from the horizontal plane for 30 seconds at each angle while the test item is rotated horizontally.



Straight type (E3FA/E3FB)

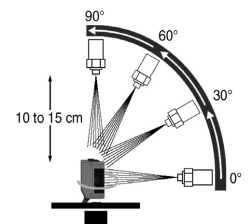
Model	Sensing method		Diffuse-reflective					
	NPN output	Pre-wired M12 Connector	E3F□-DN11 2M	E3F□-DN12 2M	E3F□-DN13 2M	E3FA-DN14 2M	E3FA-DN15 2M	E3FA-DN16 2M
Item	PNP output	Pre-wired M12 Connector	E3F□-DP11 2M	E3F□-DP12 2M	E3F□-DP13 2M	E3FA-DP14 2M	E3FA-DP15 2M	E3FA-DP16 2M
				E3F□-DP21	E3F□-DP22	E3F□-DP23	E3FA-DP24	E3FA-DP25
Sensing distance			100 mm (white paper: 300 × 300 mm)	300 mm (white paper: 300 × 300 mm)	1 m (white paper: 300 × 300 mm)	100 mm (white paper: 300 × 300 mm)	300 mm (white paper: 300 × 300 mm)	1 m (white paper: 300 × 300 mm)
Spot diameter (reference value)			40 × 45 mm Sensing distance of 100 mm	40 × 50 mm Sensing distance of 300 mm	120 × 150 mm Sensing distance of 1 m	40 × 45 mm Sensing distance of 100 mm	40 × 50 mm Sensing distance of 300 mm	120 × 150 mm Sensing distance of 1 m
Standard sensing object			—					
Differential travel			20% max.					
Directional angle			—					
Light source (wavelength)			Red LED (624 nm)			Infrared LED (850 nm)		
Power supply voltage			10 to 30 VDC (include voltage ripple of 10%(p-p) max.)					
Current consumption			25 mA max.					
Control output			NPN/PNP (open collector) Load current: 100 mA max. (Residual voltage: 3 V max.), Load power supply voltage: 30 VDC max.					
Operation mode			Light-ON/Dark-ON selectable by wiring					
Indicator			Operation indicator (orange) Stability indicator (green)					
Protection circuits			Power supply reverse polarity protection, Output short-circuit protection, and Output reverse polarity protection					
Response time			0.5 ms					
Sensitivity adjustment			One-turn adjuster					
Ambient illumination (Receiver side)			Incandescent lamp: 3,000 lx max./ Sunlight: 10,000 lx max.					
Ambient temperature range			Operating: -25 to 55°C/ Storage: -30 to 70°C (with no icing or condensation)					
Ambient humidity range			Operating: 35 to 85%/ Storage: 35 to 95% (with no condensation)					
Insulation resistance			20 MΩ min. at 500 VDC					
Dielectric strength			1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min. between current-carrying parts and case					
Vibration resistance			Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions					
Shock resistance			Destruction: 500 m/s ² 3 times each in X, Y and Z directions					
Degree of protection			IEC: IP67, DIN 40050-9: IP69K *					
Weight (packed state/only sensor)	Pre-wired cable (2M)	E3FA: Approx. 60 g/ Approx. 50 g, E3FB: Approx. 95 g/ Approx. 65 g						
	Connector	E3FA: Approx. 20 g/ Approx. 10 g, E3FB: Approx. 50 g/ Approx. 20 g						
Material	Case	E3FA: ABS, E3FB: Nickel-brass						
	Lens and Display	PMMA						
	Adjuster	POM						
	Nut	E3FA: POM, E3FB: Nickel-brass						
Accessories			Instruction sheet M18 nuts (2 pcs)					

* IP69K Degree of Protection Specifications

IP69K is a protection specification stipulated by DIN 40050 Part 9 of the German standards.

The test item is sprayed with 80°C water from a nozzle of a specified shape at a water pressure of 80 to 100 bar. The amount of water is 14 to 16 liters per minute.

The distance between the test item and the nozzle is 10 to 15 cm. The water is discharged at angles of 0°, 30°, 60°, and 90° from the horizontal plane for 30 seconds at each angle while the test item is rotated horizontally.



E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

Straight type (E3FA/E3FB)

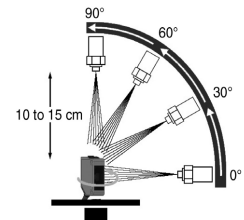
Model	Sensing method		BGS (Background suppression)		Limited distance reflective	Transparent detected with P-opaquiring function	
	NPN output	Pre-wired M12 Connector	E3F□-LN11 2M	E3F□-LN12 2M	E3F□-VN11 2M	E3F□-BN11 2M	E3F□-BN12 2M
Item	PNP output	Pre-wired	E3F□-LP11 2M	E3F□-LP12 2M	E3F□-VP11 2M	E3F□-BP11 2M	E3F□-BP12 2M
		M12 Connector	E3F□-LP21	E3F□-LP22	E3F□-VP21	E3F□-BP21	E3F□-BP22
Sensing distance			100 mm (white paper: 300 × 300 mm)	200 mm (white paper: 300 × 300 mm)	10 to 50 mm (glass(t = 1.0 mm): 150 × 150 mm)	100 to 500 mm (with E39-RP1)	0.1 to 2 m (with E39-RP1)
Spot diameter (reference value)			10 × 10 mm Sensing distance of 100 mm	10 × 15 mm Sensing distance of 200 mm	10 × 10 mm Sensing distance of 50 mm	—	
Standard sensing object			—			glass(t = 1.0 mm): 150 × 150 mm	
Differential travel			20% max.		—		
Directional angle			—				
Light source (wavelength)			Red LED (624 nm)				
Power supply voltage			10 to 30 VDC (include voltage ripple of 10%(p-p) max.)				
Current consumption			25 mA max.				
Control output			NPN/PNP (open collector) Load current: 100 mA max. (Residual voltage: 3 V max.), Load power supply voltage: 30 VDC max.				
Operation mode			Light-ON/Dark-ON selectable by wiring				
Indicator			Operation indicator (orange) Stability indicator (green)				
Protection circuits			Power supply reverse polarity protection, Output short-circuit protection, and Output reverse polarity protection				
Response time			0.5 ms				
Sensitivity adjustment			Fixed		One-turn adjuster		
Ambient illumination (Receiver side)			Incandescent lamp: 3,000 lx max./ Sunlight: 10,000 lx max.				
Ambient temperature range			Operating: -25 to 55°C/ Storage: -30 to 70°C (with no icing or condensation)				
Ambient humidity range			Operating: 35 to 85%/ Storage: 35 to 95% (with no condensation)				
Insulation resistance			20 MΩ min. at 500 VDC				
Dielectric strength			1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min. between current-carrying parts and case				
Vibration resistance			Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions				
Shock resistance			Destruction: 500 m/s ² 3 times each in X, Y and Z directions				
Degree of protection			IEC: IP67, DIN 40050-9: IP69K *				
Weight (packed state/only sensor)	Pre-wired cable (2M)		E3FA: Approx. 60 g/ Approx. 50 g, E3FB: Approx. 95 g/ Approx. 65 g				
	Connector		E3FA: Approx. 20 g/ Approx. 10 g, E3FB: Approx. 50 g/ Approx. 20 g				
Material	Case		E3FA: ABS, E3FB: Nickel-brass				
	Lens and Display		PMMA				
	Adjuster		POM				
	Nut		E3FA: POM, E3FB: Nickel-brass				
Accessories			Instruction sheet M18 nuts (2 pcs)				

* IP69K Degree of Protection Specifications

IP69K is a protection specification stipulated by DIN 40050 Part 9 of the German standards.

The test item is sprayed with 80°C water from a nozzle of a specified shape at a water pressure of 80 to 100 bar. The amount of water is 14 to 16 liters per minute.

The distance between the test item and the nozzle is 10 to 15 cm. The water is discharged at angles of 0°, 30°, 60°, and 90° from the horizontal plane for 30 seconds at each angle while the test item is rotated horizontally.



Radial type (E3RA/E3RB)

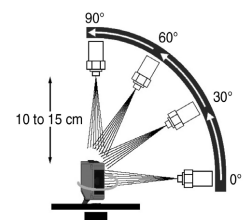
Model	Sensing method		Through-beam	Retro-reflective with MSR function	Diffuse-reflective			
	NPN output	Pre-wired M12 Connector	E3R□-TN11 2M	E3R□-RN11 2M	E3R□-DN11 2M	E3R□-DN12 2M	E3R□-DN13 2M	
Item	PNP output	Pre-wired M12 Connector	E3R□-TP11 2M	E3R□-RP11 2M	E3R□-DP11 2M	E3R□-DP12 2M	E3R□-DP13 2M	
			E3R□-TP21	E3R□-RP21	E3R□-DP21	E3R□-DP22	E3R□-DP23	
Sensing distance			15 m	0.1 to 3 m (with E39-R1S)	100 mm (white paper: 300 × 300 mm)	300 mm (white paper: 300 × 300 mm)	700 mm (white paper: 300 × 300 mm)	
Spot diameter (reference value)			—		35 × 40 mm Sensing distance of 100 mm	40 × 45 mm Sensing distance of 300 mm	90 × 120 mm Sensing distance of 700 mm	
Standard sensing object			Opaque: 7 mm dia.min.	Opaque: 75 mm dia.min.	—			
Differential travel			—				20% max.	
Directional angle			2° min.				—	
Light source (wavelength)			Red LED (624 nm)					
Power supply voltage			10 to 30 VDC (include voltage ripple of 10%(p-p) max.)					
Current consumption			40mA max. (Emitter 25 mA max. Receiver 15 mA max.)	25 mA max.				
Control output			NPN/PNP (open collector) Load current: 100 mA max. (Residual voltage: 2 V max.), Load power supply voltage: 30 VDC max.					
Operation mode			Light-ON/Dark-ON selectable by wiring					
Indicator			Operation indicator (orange) Stability indicator (green) Power indicator (green): only Emitter of Through-beam					
Protection circuits			Power supply reverse polarity protection, Output short-circuit protection, and Output reverse polarity protection					
Response time			0.5 ms					
Sensitivity adjustment			One-turn adjuster					
Ambient illumination (Receiver side)			Incandescent lamp: 3,000 lx max./ Sunlight: 10,000 lx max.					
Ambient temperature range			Operating: -25 to 55°C/ Storage: -30 to 70°C (with no icing or condensation)					
Ambient humidity range			Operating: 35 to 85%/ Storage: 35 to 95% (with no condensation)					
Insulation resistance			20 MΩ min. at 500 VDC					
Dielectric strength			1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min. between current-carrying parts and case					
Vibration resistance			Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions					
Shock resistance			Destruction: 500 m/s ² 3 times each in X, Y and Z directions					
Degree of protection			IEC: IP67, DIN 40050-9: IP69K *					
Weight (packed state/only sensor)	Pre-wired cable (2M)		E3RA: Approx. 110 g/ Approx. 50 g, respectively, E3RB: Approx. 175 g/ Approx. 65 g, respectively	E3RA: Approx. 60 g/ Approx. 50 g, E3RB: Approx. 95 g/ Approx. 65 g				
	Connector		E3RA: Approx. 30 g/ Approx. 10 g, respectively, E3RB: Approx. 85 g/ Approx. 20 g, respectively	E3RA: Approx. 20 g/ Approx. 10 g, E3RB: Approx. 50 g/ Approx. 20 g				
Material	Case		E3RA: ABS, E3RB: Nickel-brass					
	Lens and Display		PMMA					
	Adjuster		POM					
	Nut		E3RA: POM, E3RB: Nickel-brass					
Accessories			Instruction sheet M18 nuts (4 pcs)	Instruction sheet M18 nuts (2 pcs)				

* IP69K Degree of Protection Specifications

IP69K is a protection specification stipulated by DIN 40050 Part 9 of the German standards.

The test item is sprayed with 80°C water from a nozzle of a specified shape at a water pressure of 80 to 100 bar. The amount of water is 14 to 16 liters per minute.

The distance between the test item and the nozzle is 10 to 15 cm. The water is discharged at angles of 0°, 30°, 60°, and 90° from the horizontal plane for 30 seconds at each angle while the test item is rotated horizontally.



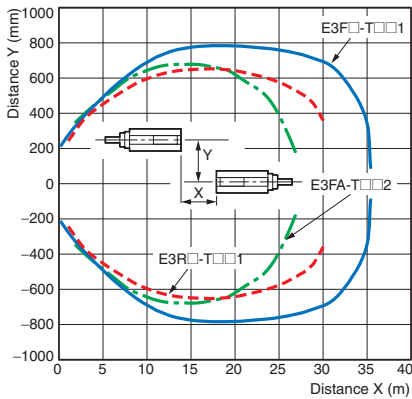
E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

Engineering Data (Reference Value)

Parallel Operating Range

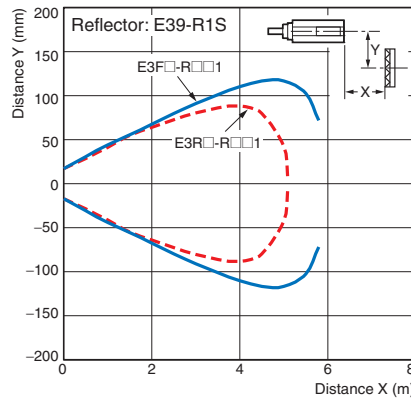
Through-beam Models

E3F□-T□, E3R□-T□

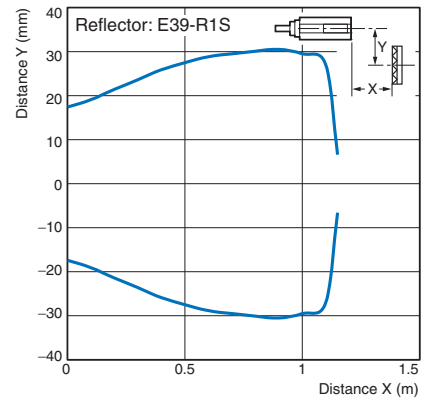


Retro-reflective Models (with MSR function)

E3F□-R□1, E3R□-R□1

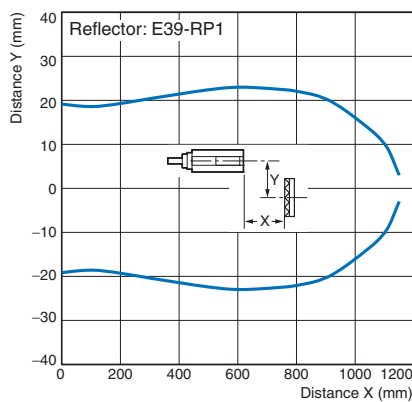


E3F□-R□2

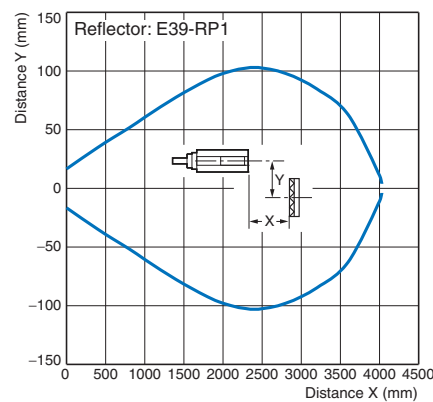


Transparent detected with P-opaqing function

E3F□-B□1



E3F□-B□2

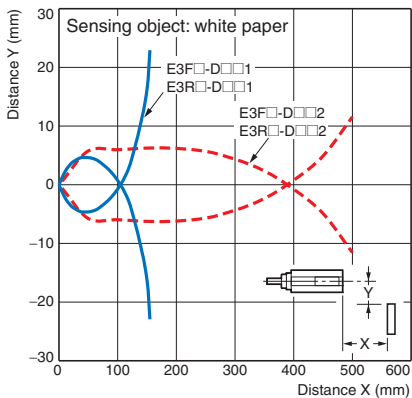


Operating Range

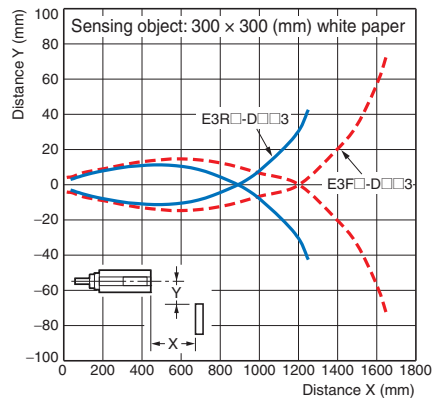
Diffuse-reflective Models

E3F□-D□1, E3F□-D□2

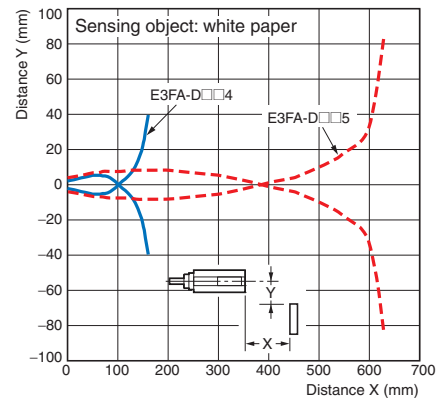
E3R□-D□1, E3R□-D□2



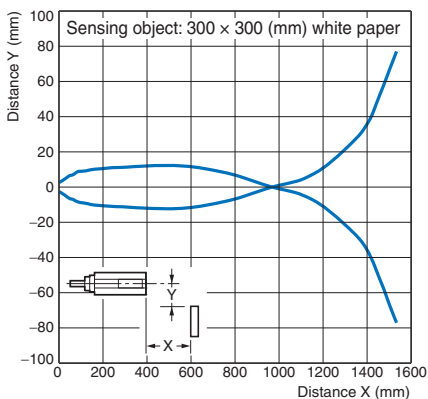
E3F□-D□3, E3R□-D□3



E3FA-D□4, E3FA-D□5

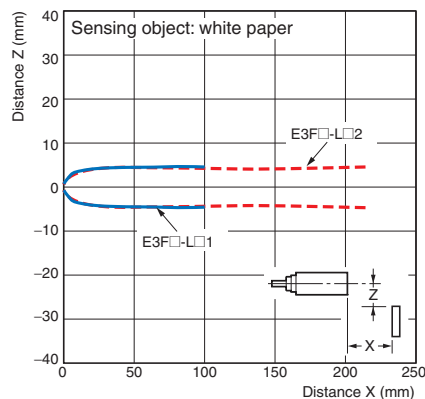


E3FA-D□6



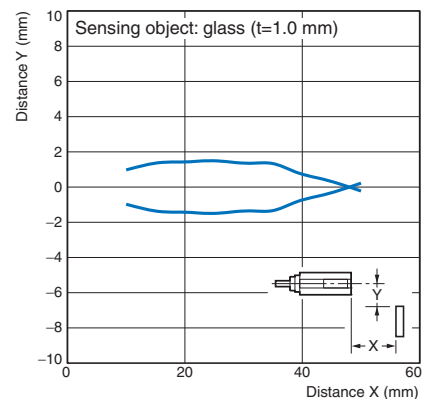
BGS Models

E3F□-L□1, E3F□-L□2



Limited distance reflective

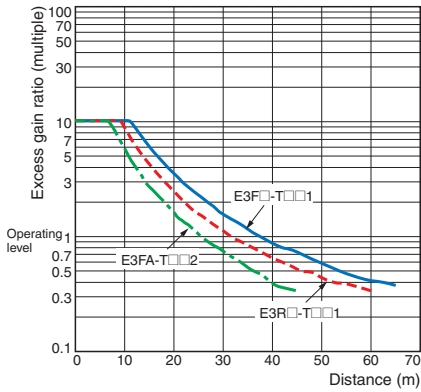
E3F□-V□



Excess Gain vs. Distance

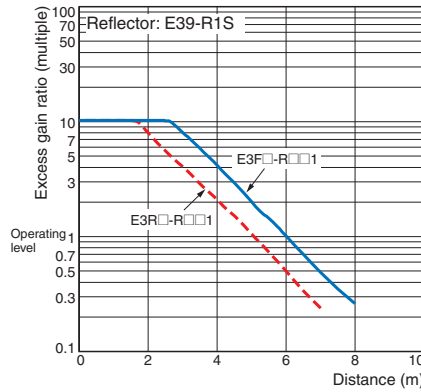
Through-beam Models

E3F□-T□, E3R□-T□

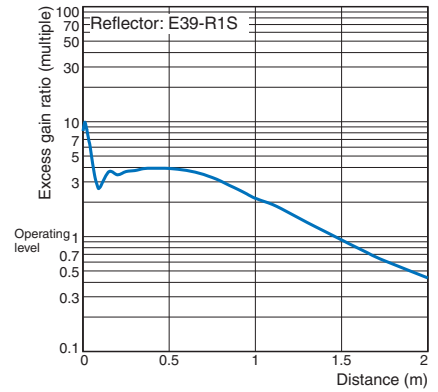


Retro-reflective Models (with MSR function)

E3F□-R□1, E3R□-R□1



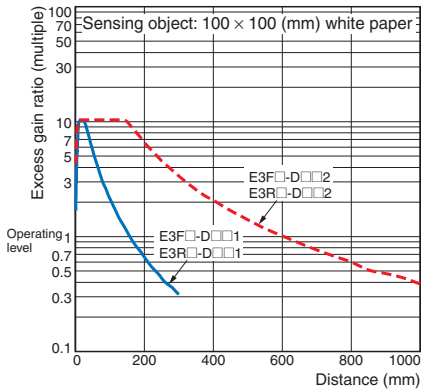
E3F□-R□2



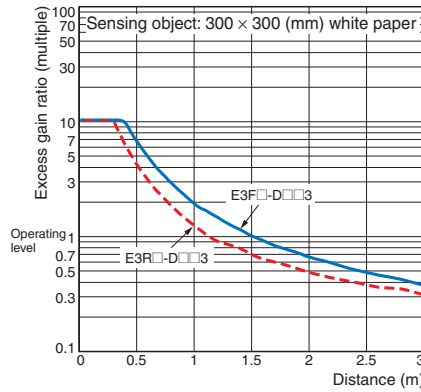
Diffuse-reflective Models

E3F□-D□1, E3F□-D□2

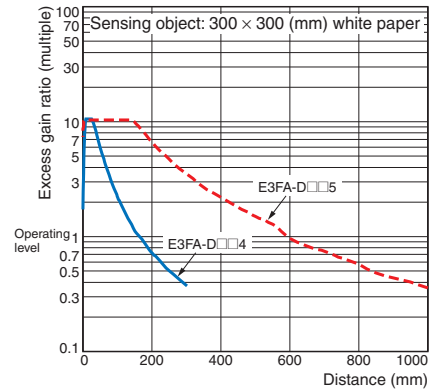
E3R□-D□1, E3R□-D□2



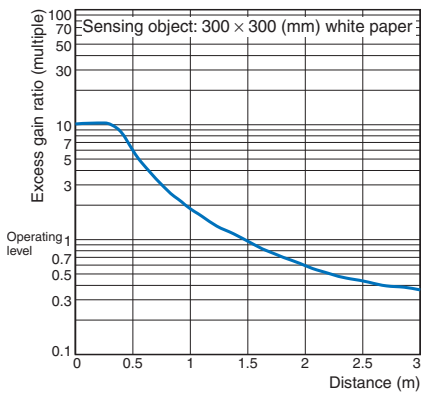
E3F□-D□3, E3R□-D□3



E3FA-D□4, E3FA-D□5

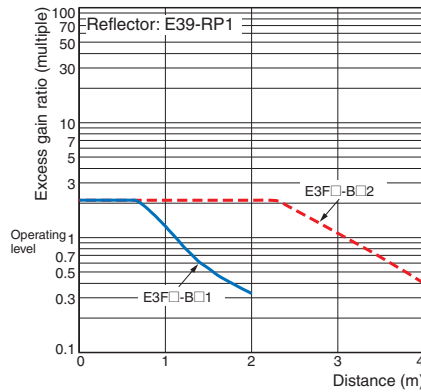


E3FA-D□6



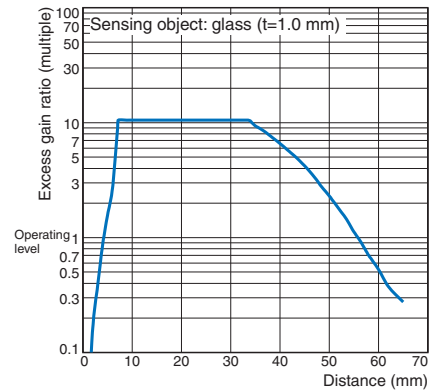
Transparent detected with P-opaquiring function

E3F□-B□1, E3F□-B□2



Limited distance reflective

E3F□-V□

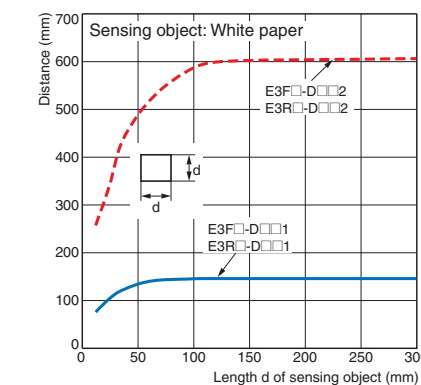


Sensing Object Size vs. Distance

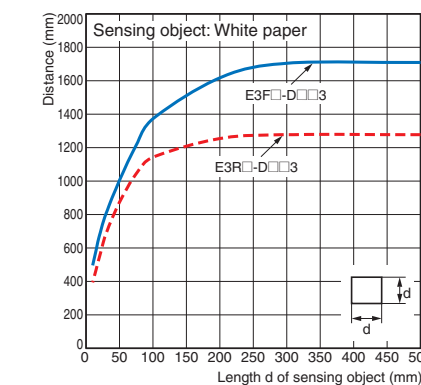
Diffuse-reflective Models

E3F□-D□1, E3F□-D□2

E3R□-D□1, E3R□-D□2

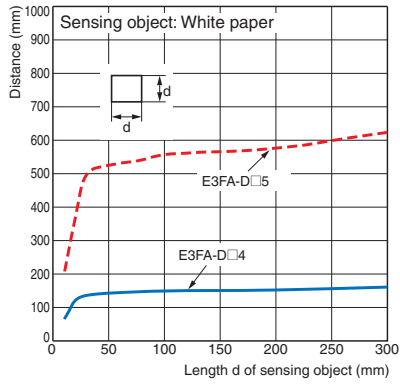


E3F□-D□3, E3R□-D□3

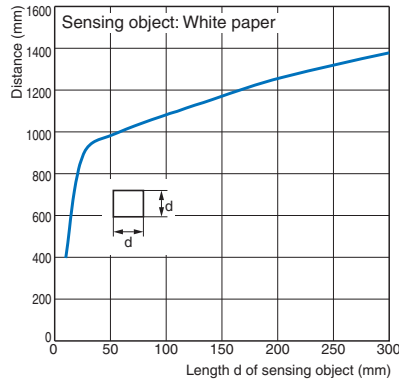


E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

E3FA-D□4, E3FA-D□5



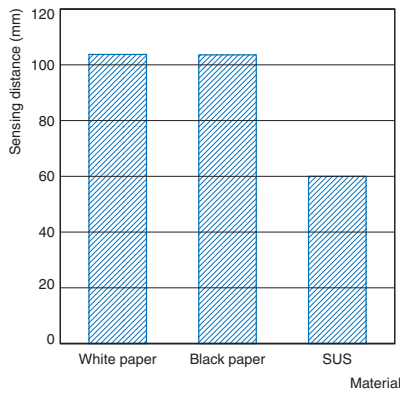
E3FA-D□6



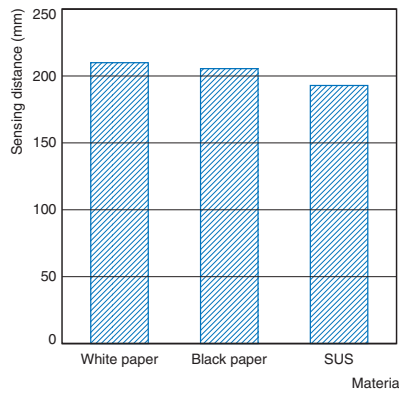
Sensing Distance vs. Sensing Object Material

BGS Models

E3F□-L□1



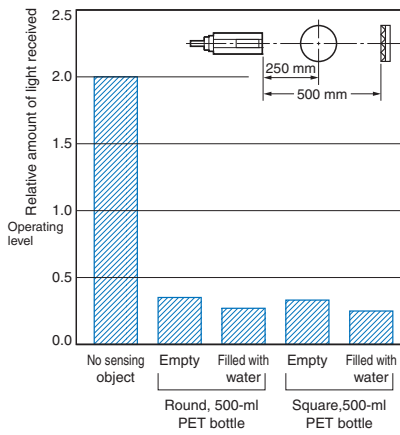
E3F□-L□2



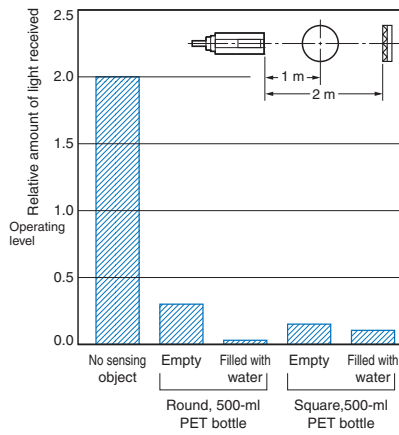
Dark Excess Gain vs. Sensing Object Characteristics

Transparent detected with P-opaqing function

E3F□-B□1



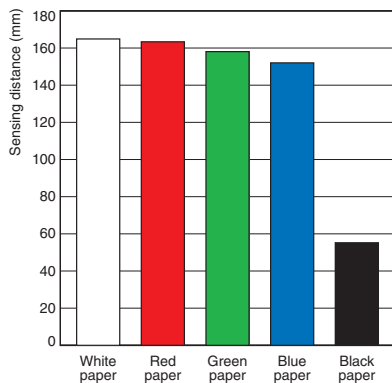
E3F□-B□2



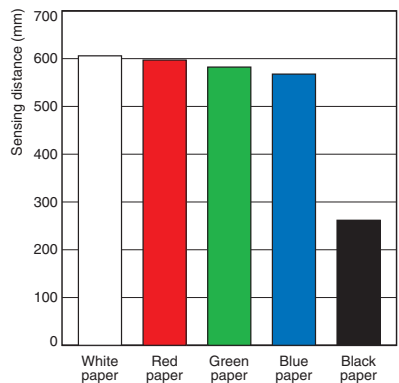
Object Surface Color vs. Sensing Distance

Diffuse-reflective Models

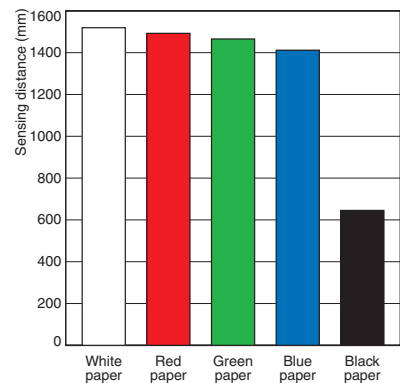
E3FA-D□4



E3FA-D□5



E3FA-D□6



Output circuit diagram

PNP Output

Model	Operation mode	Timing charts	Operation selector	Output circuit
E3F□-TP□ E3F□-RP□ E3F□-DP□ E3F□-VP□ E3F□-BP□ E3R□-TP□ E3R□-RP□ E3R□-DP□	Light-ON		Connect the pink wire (Pin(2)) to the brown (Pin(1))	<p>Through-beam Receivers, Retro-reflective Models, Diffuse-reflective Models, Limited reflective Models. Transparent detected with P-opaquing function.</p>
	Dark-ON		Connect the pink wire (Pin(2)) to the blue (Pin(3)) or open the pink wire (Pin(2))	
<p>Through-beam Emitter</p>				
E3F□-LP□	Light-ON		Connect the pink wire (Pin(2)) to the brown (Pin(1))	<p>Background suppression.</p>
	Dark-ON		Connect the pink wire (Pin(2)) to the blue (Pin(3)) or open the pink wire (Pin(2))	

E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

NPN Output

Model	Operation mode	Timing charts	Operation selector	Output circuit
E3F□-TN□ E3F□-RN□ E3F□-DN□ E3F□-VN□ E3F□-BN□ E3R□-TN□ E3R□-RN□ E3R□-DN□	Light-ON		Connect the pink wire (Pin(2)) to the brown (Pin(1)) or open the pink wire (Pin(2))	<p>Through-beam Receivers, Retro-reflective Models, Diffuse-reflective Models, Limited reflective Models. Transparent detected with P-opaqing function.</p>
	Dark-ON		Connect the pink wire (Pin(2)) to the blue (Pin(3))	
<p>Through-beam Emitter</p>				
E3F□-LN□	Light-ON		Connect the pink wire (Pin(2)) to the brown (Pin(1)) or open the pink wire (Pin(2))	<p>Background suppression.</p>
	Dark-ON		Connect the pink wire (Pin(2)) to the blue (Pin(3))	

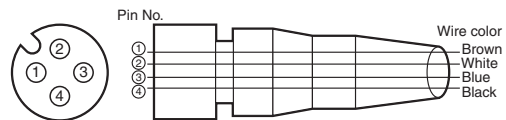
Connector Pin Arrangement

M12 Connector Pin Arrangement



Connectors (Sensor I/O connectors)

M12 4-wire Connectors



Classification	Wire color	Connector pin No.	Application
DC	Brown	①	Power supply (+V)
	White	②	L/on · D/on selectable
	Blue	③	Power supply (0 V)
	Black	④	Output

Nomenclature

Straight type, Plastic housing

with an adjuster:

E3FA-T□-D

E3FA-R□

E3FA-D□

E3FA-V□

E3FA-B□

without an adjuster:

E3FA-T□-L *

E3FA-L□



* The Emitter has two Power indicators (Green) instead of the Stability indicator (Green) and the Operation indicator (Orange).

Radial type, Plastic housing

with an adjuster:

E3RA-T□-D

E3RA-R□

E3RA-D□

without an adjuster:

E3RA-T□-L *



Straight type, Metal housing

with an adjuster:

E3FB-T□-D

E3FB-R□

E3FB-D□

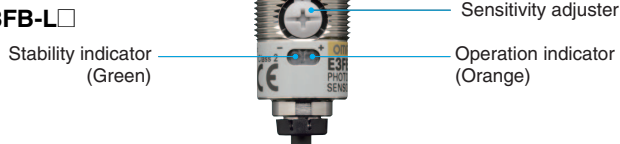
E3FB-V□

E3FB-B□

without an adjuster:

E3FB-T□-L *

E3FB-L□



* The Emitter has two Power indicators (Green) instead of the Stability indicator (Green) and the Operation indicator (Orange).

Radial type, Metal housing

with an adjuster:

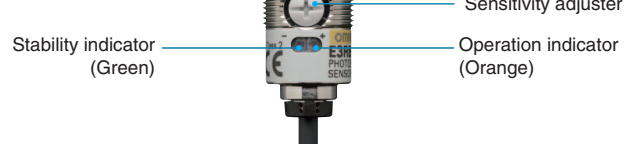
E3RB-T□-D

E3RB-R□

E3RB-D□

without an adjuster:

E3RB-T□-L *



Safety Precautions

Refer to *Warranty and Limitations of Liability*.

WARNING

This product is not designed or rated for directly or indirectly ensuring safety of persons. Do not use it for such a purpose.



CAUTION

Never use the product with an AC power supply. Do not use the product with voltage in excess of the rated voltage.



Do not use the product with incorrect wiring. Otherwise, explosion, fire, malfunction may result.



Precautions for Safe Use

Be sure to follow the safety precautions below for added safety.

1. Do not use the sensor under the environment with explosive, flammable or corrosive gas.
2. Do not use the sensor under the oil or chemical environment.
3. Do not use the sensor in the water, rain or outdoors.
4. Do not use the sensor in the environment where humidity is high and condensation may occur.

5. Do not use the sensor under the environment under the other conditions in excess of rated.
6. Do not use the sensor in place that is exposed by direct sunlight.
7. Do not use the sensor in place where the sensor may receive direct vibration or shock.
8. Do not use the thinner, alcohol, or other organic solvents.
9. Never disassemble, repair nor tamper with the sensor.
10. Please process it as industrial waste.

Precautions for Correct Use

1. Laying Sensor wiring in the same conduit or duct as high-voltage wires or power lines may result in malfunction or damage due to conduit or use shielded cable.
2. Do not pull on the cable with excessive force.
3. If a commercial switching regulator is used, ground the FG (frame ground) terminal.
4. The sensor will be available 100 ms after the power supply is tuned ON. Start to use the sensor 100 ms or more after turning ON the power supply. If the load and the sensor are connected to separate power supplies, be sure to turn ON the sensor first.
5. Output pulses may be generated even when the power supply is OFF. Therefore, it is recommended to first turn OFF the power supply for the load or the load line.
6. The sensor must be mounted using the provided nuts. The proper tightening torque range of E3FA/E3RA plastic housing series is between 0.4 and 0.5 N·m. The proper tightening torque of E3FB/E3RB metal housing series is 20 N·m max..

E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

Dimensions

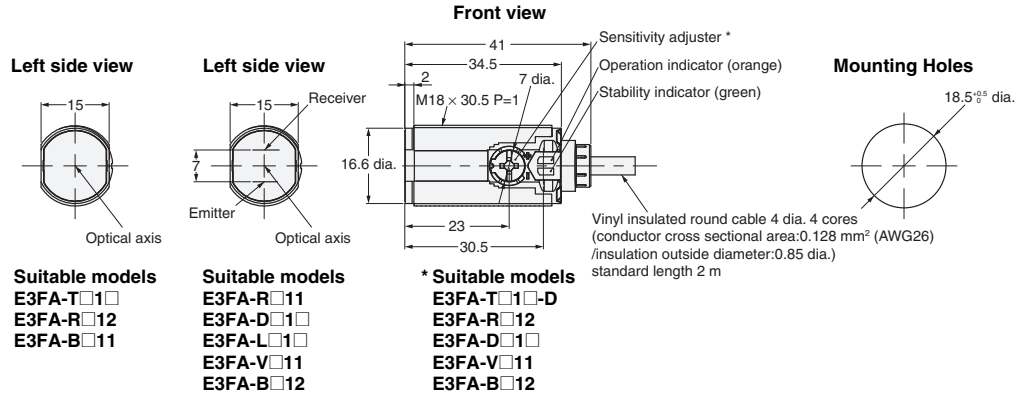
(Unit: mm)
Tolerance class IT16 applies to dimensions in this data sheet unless otherwise specified.

Sensors (E3FA/E3RA Plastic housing)

E3FA series

Pre-wired Models

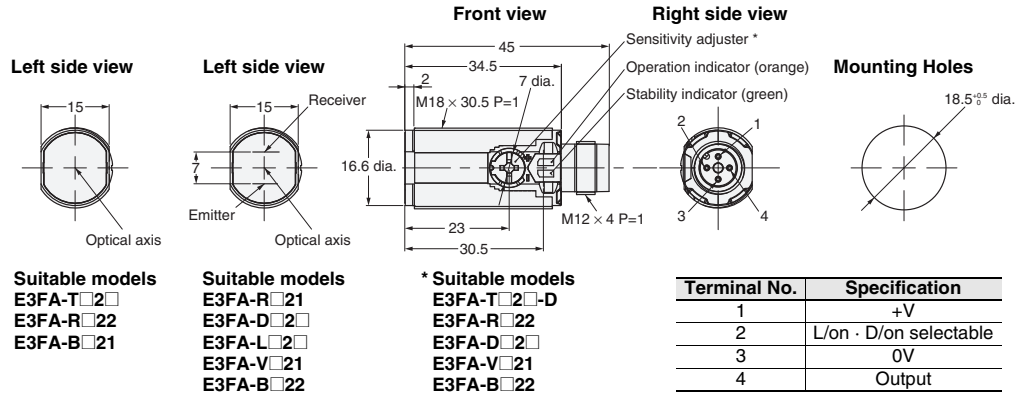
- E3FA-T□1□
- E3FA-R□1□
- E3FA-D□1□
- E3FA-L□1□
- E3FA-V□11
- E3FA-B□1□



E3FA series

M12 Connector Models

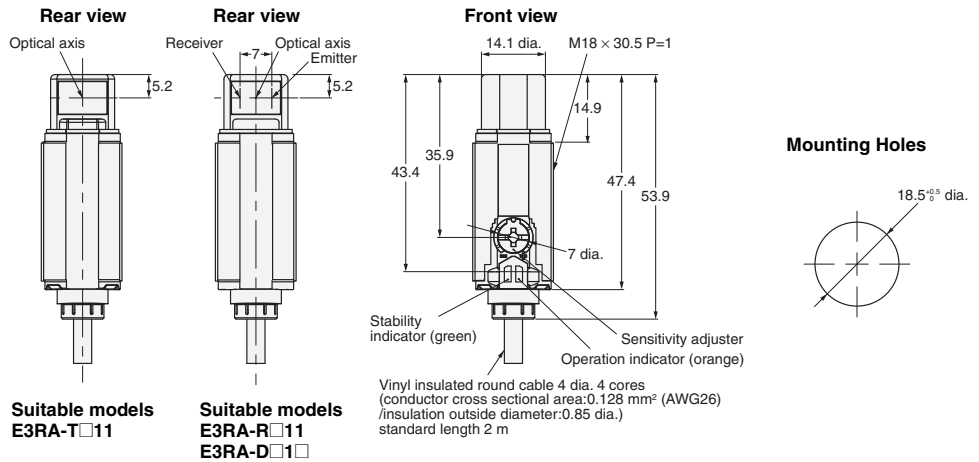
- E3FA-T□2□
- E3FA-R□2□
- E3FA-D□2□
- E3FA-L□2□
- E3FA-V□21
- E3FA-B□2□



E3RA series

Pre-wired Models

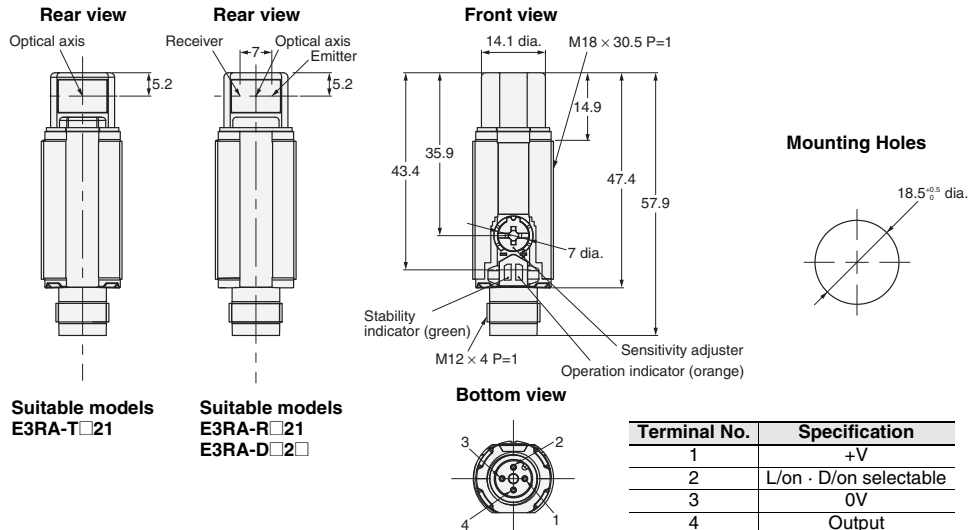
- E3RA-T□11
- E3RA-R□11
- E3RA-D□1□



E3RA series

M12 Connector Models

- E3RA-T□21
- E3RA-R□21
- E3RA-D□2□

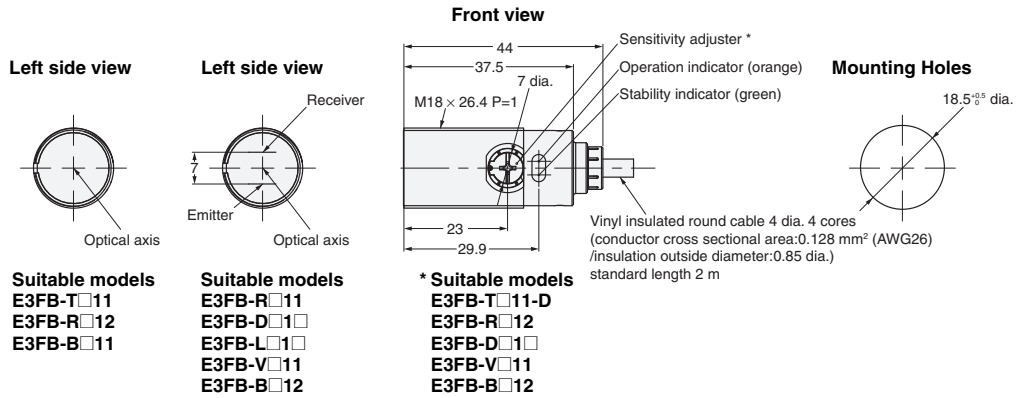


Sensors (E3FB/E3RB Metal housing)

E3FB series

Pre-wired Models

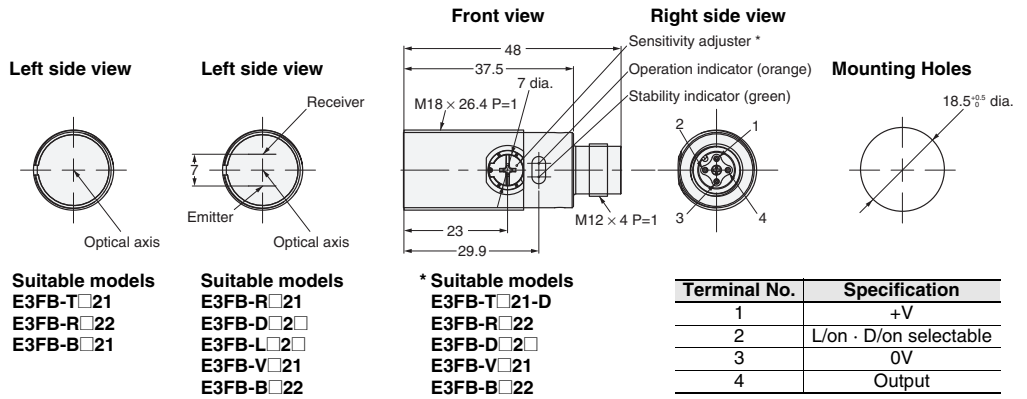
- E3FB-T□11
- E3FB-R□1□
- E3FB-D□1□
- E3FB-L□1□
- E3FB-V□11
- E3FB-B□1□



E3FB series

M12 Connector Models

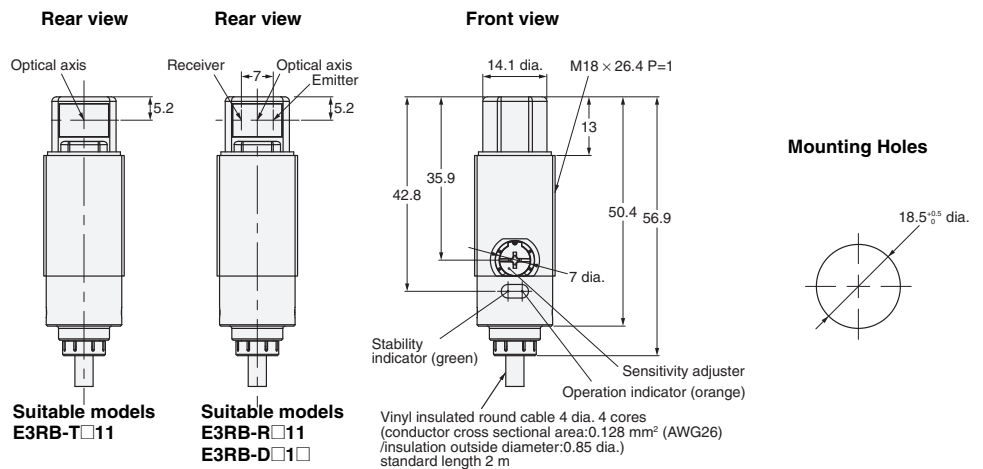
- E3FB-T□21
- E3FB-R□2□
- E3FB-D□2□
- E3FB-L□2□
- E3FB-V□21
- E3FB-B□2□



E3RB series

Pre-wired Models

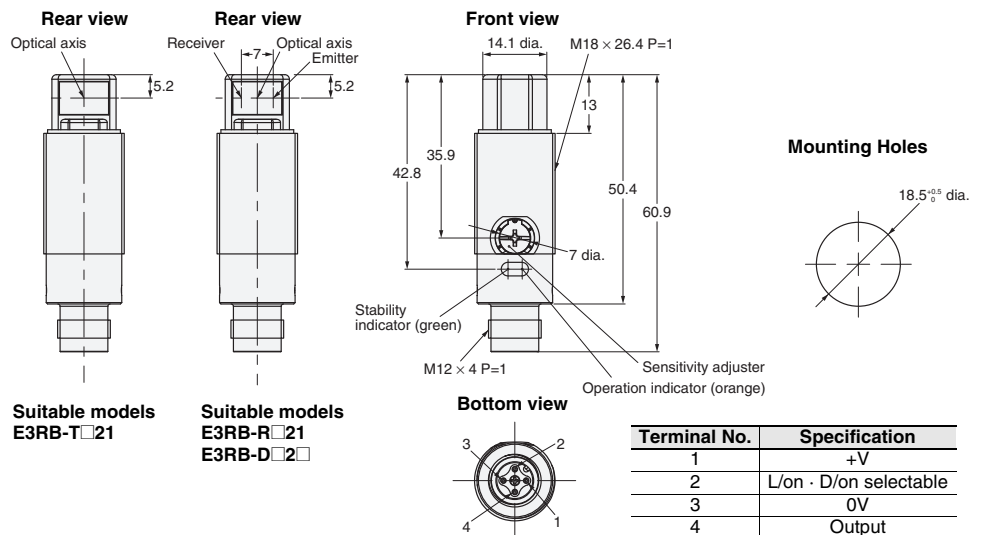
- E3RB-T□11
- E3RB-R□11
- E3RB-D□1□



E3RB series

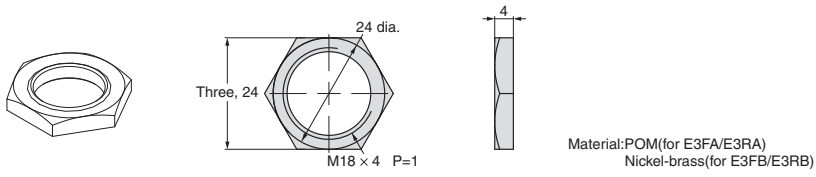
M12 Connector Models

- E3RB-T□21
- E3RB-R□21
- E3RB-D□2□



E3FA/E3RA/E3FB/E3RB

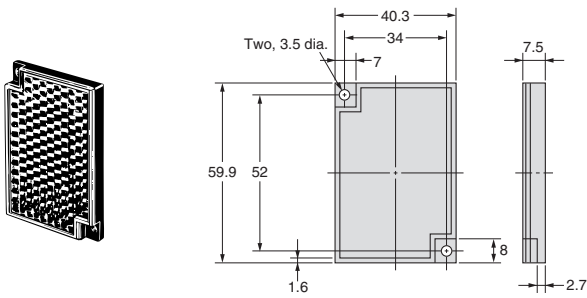
Attached nut



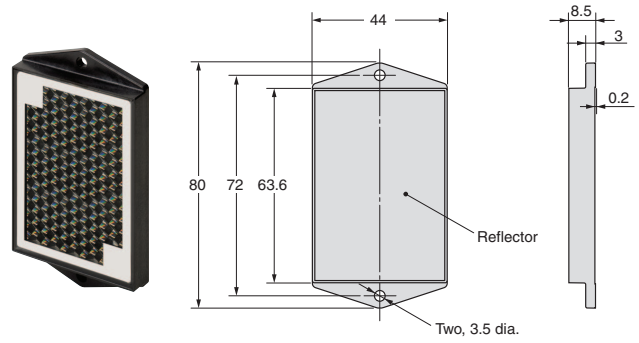
Accessories (Order Separately)

Reflectors

E39-R1S

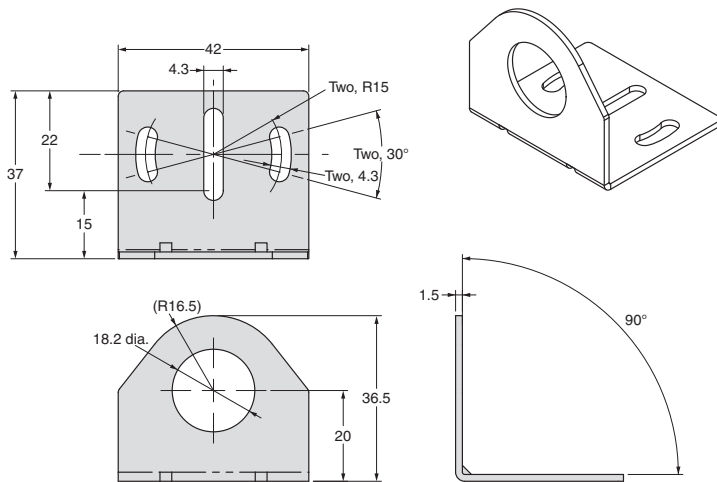


E39-RP1



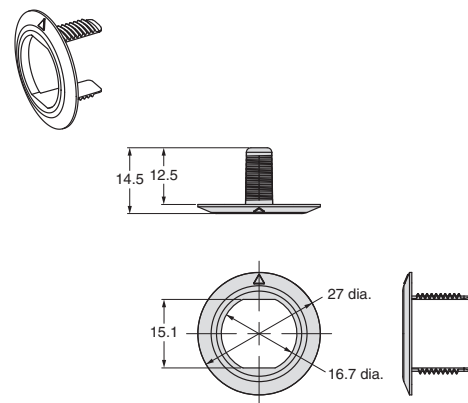
Mounting brackets

E39-L183



Mounting brackets

E39-L182



Terms and Conditions Agreement

Read and understand this catalog.

Please read and understand this catalog before purchasing the products. Please consult your OMRON representative if you have any questions or comments.

Warranties.

- (a) Exclusive Warranty. Omron's exclusive warranty is that the Products will be free from defects in materials and workmanship for a period of twelve months from the date of sale by Omron (or such other period expressed in writing by Omron). Omron disclaims all other warranties, express or implied.
- (b) Limitations. OMRON MAKES NO WARRANTY OR REPRESENTATION, EXPRESS OR IMPLIED, ABOUT NON-INFRINGEMENT, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OF THE PRODUCTS. BUYER ACKNOWLEDGES THAT IT ALONE HAS DETERMINED THAT THE PRODUCTS WILL SUITABLY MEET THE REQUIREMENTS OF THEIR INTENDED USE.

Omron further disclaims all warranties and responsibility of any type for claims or expenses based on infringement by the Products or otherwise of any intellectual property right. (c) Buyer Remedy. Omron's sole obligation hereunder shall be, at Omron's election, to (i) replace (in the form originally shipped with Buyer responsible for labor charges for removal or replacement thereof) the non-complying Product, (ii) repair the non-complying Product, or (iii) repay or credit Buyer an amount equal to the purchase price of the non-complying Product; provided that in no event shall Omron be responsible for warranty, repair, indemnity or any other claims or expenses regarding the Products unless Omron's analysis confirms that the Products were properly handled, stored, installed and maintained and not subject to contamination, abuse, misuse or inappropriate modification. Return of any Products by Buyer must be approved in writing by Omron before shipment. Omron Companies shall not be liable for the suitability or unsuitability or the results from the use of Products in combination with any electrical or electronic components, circuits, system assemblies or any other materials or substances or environments. Any advice, recommendations or information given orally or in writing, are not to be construed as an amendment or addition to the above warranty.

See <http://www.omron.com/global/> or contact your Omron representative for published information.

Limitation on Liability; Etc.

OMRON COMPANIES SHALL NOT BE LIABLE FOR SPECIAL, INDIRECT, INCIDENTAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, LOSS OF PROFITS OR PRODUCTION OR COMMERCIAL LOSS IN ANY WAY CONNECTED WITH THE PRODUCTS, WHETHER SUCH CLAIM IS BASED IN CONTRACT, WARRANTY, NEGLIGENCE OR STRICT LIABILITY.

Further, in no event shall liability of Omron Companies exceed the individual price of the Product on which liability is asserted.

Suitability of Use.

Omron Companies shall not be responsible for conformity with any standards, codes or regulations which apply to the combination of the Product in the Buyer's application or use of the Product. At Buyer's request, Omron will provide applicable third party certification documents identifying ratings and limitations of use which apply to the Product. This information by itself is not sufficient for a complete determination of the suitability of the Product in combination with the end product, machine, system, or other application or use. Buyer shall be solely responsible for determining appropriateness of the particular Product with respect to Buyer's application, product or system. Buyer shall take application responsibility in all cases.

NEVER USE THE PRODUCT FOR AN APPLICATION INVOLVING SERIOUS RISK TO LIFE OR PROPERTY OR IN LARGE QUANTITIES WITHOUT ENSURING THAT THE SYSTEM AS A WHOLE HAS BEEN DESIGNED TO ADDRESS THE RISKS, AND THAT THE OMRON PRODUCT(S) IS PROPERLY RATED AND INSTALLED FOR THE INTENDED USE WITHIN THE OVERALL EQUIPMENT OR SYSTEM.

Programmable Products.

Omron Companies shall not be responsible for the user's programming of a programmable Product, or any consequence thereof.

Performance Data.

Data presented in Omron Company websites, catalogs and other materials is provided as a guide for the user in determining suitability and does not constitute a warranty. It may represent the result of Omron's test conditions, and the user must correlate it to actual application requirements. Actual performance is subject to the Omron's Warranty and Limitations of Liability.

Change in Specifications.

Product specifications and accessories may be changed at any time based on improvements and other reasons. It is our practice to change part numbers when published ratings or features are changed, or when significant construction changes are made. However, some specifications of the Product may be changed without any notice. When in doubt, special part numbers may be assigned to fix or establish key specifications for your application. Please consult with your Omron's representative at any time to confirm actual specifications of purchased Product.

Errors and Omissions.

Information presented by Omron Companies has been checked and is believed to be accurate; however, no responsibility is assumed for clerical, typographical or proofreading errors or omissions.

ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS.

To convert millimeters into inches, multiply by 0.03937. To convert grams into ounces, multiply by 0.03527.

OMRON Corporation Industrial Automation Company
Tokyo, JAPAN

Contact: www.ia.omron.com

Regional Headquarters

OMRON EUROPE B.V.
Sensor Business Unit
Carl-Benz-Str. 4, D-71154 Nufringen, Germany
Tel: (49) 7032-811-0/Fax: (49) 7032-811-199

OMRON ELECTRONICS LLC
One Commerce Drive Schaumburg,
IL 60173-5302 U.S.A.
Tel: (1) 847-843-7900/Fax: (1) 847-843-7787

OMRON ASIA PACIFIC PTE. LTD.
No. 438A Alexandra Road # 05-05/08 (Lobby 2),
Alexandra Technopark,
Singapore 119967
Tel: (65) 6835-3011/Fax: (65) 6835-2711

OMRON (CHINA) CO., LTD.
Room 2211, Bank of China Tower,
200 Yin Cheng Zhong Road,
PuDong New Area, Shanghai, 200120, China
Tel: (86) 21-5037-2222/Fax: (86) 21-5037-2200

Authorized Distributor:

© OMRON Corporation 2012 All Rights Reserved.
In the interest of product improvement,
specifications are subject to change without notice.

CSM_1_6_1013
Cat. No. **E424-E1-03**

Printed in Japan
1013(1112)



Perfect fit for standard environments

- Embody two seemingly contradictory characteristics: value-for-money and high reliability
- All 372 Models
- Four different sizes: M8, M12, M18 and M30
- Single and double sensing distances, Shielded and unshielded
- A choice of short and long bodies, two connecting methods and four output types
- Operating temperature: -25°C to 70°C
- Water resistance: IP67
- With an all-round 360° visible indicator

Refer to *Safety Precautions* on page 20.



For the most recent information on models that have been certified for safety standards, refer to your OMRON website.

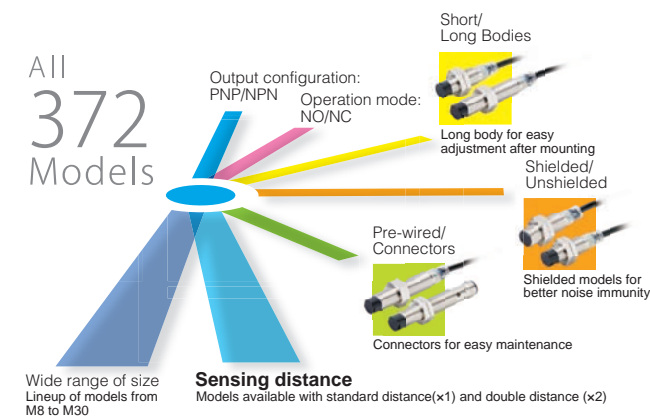
Features

Wide Variation

“Double Distance” Close at Hand

Perfect Fit to Your Application Needs

With no less than 372 models in the family. You can choose the one that exactly meets your needs. E2B series can save cost & your time via single source.



Reliable Performance

360-degree indication

Easy visibility for 360° even in dark locations so you can mount the sensor in any direction.

* The 360-degree indication is only for Pre-wired Models of M12, M18, and M30.

* The other models (Pre-wired Models of M8 and all the Connector Models) have 4 LEDs at 90-degree intervals, which realize clear visibility from a 360-degree angle.

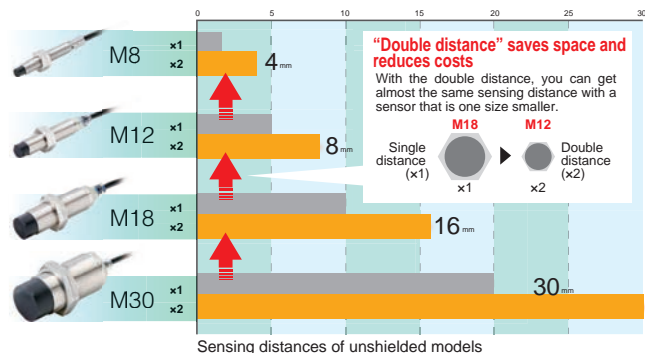


Oil-mist environment resistant!



IP67

We have performed not only a specified test for rating the degree of protection (IP67) for catalogs, but also tests with oil mist which appears onsite. Simulation tests has been performed with attachment of high concentration of oil mist.



Degree of Protection	E2B	E2E (M8/M12/M18/M30 size)	Small Dia E2E (3 dia./4 dia./6.5 dia./M4/M5)
Water resistance	IP67	IP67 IP69K *1	IP67
Oil resistance	In oil-mist of soluble cutting oil diluted, 250 hours, the temperature of atmosphere is 23°C	Soaked in oil (soluble type and insoluble) 500 hours, temperature of oil 50°C	Soaked in insoluble oil 250 hours, temperature of oil 50°C

*1. There are so many kinds of E2E, not all IP69K rated. In detailed part#, please contact your OMRON representative.

E2B

Ordering Information

Size		Sensing distance	Connecting method (See note 1.)	Body length	Output configuration	Operation mode NO	Operation mode NC	
M8 (Stainless steel) (See note 2.)	Single	Shielded	1.5 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-S08KS01-WP-B1 2M	E2B-S08KS01-WP-B2 2M
						NPN	E2B-S08KS01-WP-C1 2M	E2B-S08KS01-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-S08LS01-WP-B1 2M	E2B-S08LS01-WP-B2 2M
					NPN	E2B-S08LS01-WP-C1 2M	E2B-S08LS01-WP-C2 2M	
				M8 Connector (3-pin)	Short	PNP	E2B-S08KS01-MC-B1	E2B-S08KS01-MC-B2
						NPN	E2B-S08KS01-MC-C1	E2B-S08KS01-MC-C2
		Long	PNP		E2B-S08LS01-MC-B1	E2B-S08LS01-MC-B2		
			NPN	E2B-S08LS01-MC-C1	E2B-S08LS01-MC-C2			
		Unshielded	2 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-S08KN02-WP-B1 2M	E2B-S08KN02-WP-B2 2M
						NPN	E2B-S08KN02-WP-C1 2M	E2B-S08KN02-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-S08LN02-WP-B1 2M	E2B-S08LN02-WP-B2 2M
					NPN	E2B-S08LN02-WP-C1 2M	E2B-S08LN02-WP-C2 2M	
	M8 Connector (3-pin)			Short	PNP	E2B-S08KN02-MC-B1	E2B-S08KN02-MC-B2	
					NPN	E2B-S08KN02-MC-C1	E2B-S08KN02-MC-C2	
		Long	PNP	E2B-S08LN02-MC-B1	E2B-S08LN02-MC-B2			
		NPN	E2B-S08LN02-MC-C1	E2B-S08LN02-MC-C2				
	Double	Shielded	2 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-S08KS02-WP-B1 2M	E2B-S08KS02-WP-B2 2M
						NPN	E2B-S08KS02-WP-C1 2M	E2B-S08KS02-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-S08LS02-WP-B1 2M	E2B-S08LS02-WP-B2 2M
					NPN	E2B-S08LS02-WP-C1 2M	E2B-S08LS02-WP-C2 2M	
				M8 Connector (3-pin)	Short	PNP	E2B-S08KS02-MC-B1	E2B-S08KS02-MC-B2
						NPN	E2B-S08KS02-MC-C1	E2B-S08KS02-MC-C2
		Long	PNP		E2B-S08LS02-MC-B1	E2B-S08LS02-MC-B2		
			NPN	E2B-S08LS02-MC-C1	E2B-S08LS02-MC-C2			
Unshielded		4 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-S08KN04-WP-B1 2M	E2B-S08KN04-WP-B2 2M	
					NPN	E2B-S08KN04-WP-C1 2M	E2B-S08KN04-WP-C2 2M	
				Long	PNP	E2B-S08LN04-WP-B1 2M	E2B-S08LN04-WP-B2 2M	
				NPN	E2B-S08LN04-WP-C1 2M	E2B-S08LN04-WP-C2 2M		
	M8 Connector (3-pin)		Short	PNP	E2B-S08KN04-MC-B1	E2B-S08KN04-MC-B2		
				NPN	E2B-S08KN04-MC-C1	E2B-S08KN04-MC-C2		
Long		PNP	E2B-S08LN04-MC-B1	E2B-S08LN04-MC-B2				
	NPN	E2B-S08LN04-MC-C1	E2B-S08LN04-MC-C2					

Note: 1. Pre-wired Models are available in the cable lengths of 2 m and 5 m.

2. Material specifications for stainless steel housing case: 1.4305 (W.-No.), SUS 303 (AISI), 2346 (SS).

Size		Sensing distance	Connecting method (See note 1.)	Body length	Output configuration	Operation mode NO	Operation mode NC	
M12 (Brass)	Single	Shielded	2 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M12KS02-WP-B1 2M	E2B-M12KS02-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M12KS02-WP-C1 2M	E2B-M12KS02-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M12LS02-WP-B1 2M	E2B-M12LS02-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M12LS02-WP-C1 2M	E2B-M12LS02-WP-C2 2M	
				M12 Connector	Short	PNP	E2B-M12KS02-M1-B1	E2B-M12KS02-M1-B2
						NPN	E2B-M12KS02-M1-C1	E2B-M12KS02-M1-C2
		Long	PNP		E2B-M12LS02-M1-B1	E2B-M12LS02-M1-B2		
			NPN	E2B-M12LS02-M1-C1	E2B-M12LS02-M1-C2			
		Unshielded	5 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M12KN05-WP-B1 2M	E2B-M12KN05-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M12KN05-WP-C1 2M	E2B-M12KN05-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M12LN05-WP-B1 2M	E2B-M12LN05-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M12LN05-WP-C1 2M	E2B-M12LN05-WP-C2 2M	
	M12 Connector			Short	PNP	E2B-M12KN05-M1-B1	E2B-M12KN05-M1-B2	
					NPN	E2B-M12KN05-M1-C1	E2B-M12KN05-M1-C2	
		Long	PNP	E2B-M12LN05-M1-B1	E2B-M12LN05-M1-B2			
		NPN	E2B-M12LN05-M1-C1	E2B-M12LN05-M1-C2				
	Double	Shielded (See note 2.)	4 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M12KS04-WP-B1 2M	E2B-M12KS04-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M12KS04-WP-C1 2M	E2B-M12KS04-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M12LS04-WP-B1 2M	E2B-M12LS04-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M12LS04-WP-C1 2M	E2B-M12LS04-WP-C2 2M	
				M12 Connector	Short	PNP	E2B-M12KS04-M1-B1	E2B-M12KS04-M1-B2
						NPN	E2B-M12KS04-M1-C1	E2B-M12KS04-M1-C2
		Long	PNP		E2B-M12LS04-M1-B1	E2B-M12LS04-M1-B2		
			NPN	E2B-M12LS04-M1-C1	E2B-M12LS04-M1-C2			
Unshielded		8 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M12KN08-WP-B1 2M	E2B-M12KN08-WP-B2 2M	
					NPN	E2B-M12KN08-WP-C1 2M	E2B-M12KN08-WP-C2 2M	
				Long	PNP	E2B-M12LN08-WP-B1 2M	E2B-M12LN08-WP-B2 2M	
				NPN	E2B-M12LN08-WP-C1 2M	E2B-M12LN08-WP-C2 2M		
	M12 Connector		Short	PNP	E2B-M12KN08-M1-B1	E2B-M12KN08-M1-B2		
				NPN	E2B-M12KN08-M1-C1	E2B-M12KN08-M1-C2		
Long		PNP	E2B-M12LN08-M1-B1	E2B-M12LN08-M1-B2				
	NPN	E2B-M12LN08-M1-C1	E2B-M12LN08-M1-C2					

Note: 1. Pre-wired Models are available in the cable lengths of 2 m and 5 m.

2. There are restrictions that apply to Shielded sensors.

Please refer to "Effects of Surrounding Metal" on page 20.

Size		Sensing distance	Connecting method (See note 1.)	Body length	Output configuration	Operation mode NO	Operation mode NC	
M18 (Brass)	Single	Shielded	5 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M18KS05-WP-B1 2M	E2B-M18KS05-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M18KS05-WP-C1 2M	E2B-M18KS05-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M18LS05-WP-B1 2M	E2B-M18LS05-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M18LS05-WP-C1 2M	E2B-M18LS05-WP-C2 2M	
				M12 Connector	Short	PNP	E2B-M18KS05-M1-B1	E2B-M18KS05-M1-B2
						NPN	E2B-M18KS05-M1-C1	E2B-M18KS05-M1-C2
		Long	PNP		E2B-M18LS05-M1-B1	E2B-M18LS05-M1-B2		
			NPN	E2B-M18LS05-M1-C1	E2B-M18LS05-M1-C2			
		Unshielded	10 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M18KN10-WP-B1 2M	E2B-M18KN10-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M18KN10-WP-C1 2M	E2B-M18KN10-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M18LN10-WP-B1 2M	E2B-M18LN10-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M18LN10-WP-C1 2M	E2B-M18LN10-WP-C2 2M	
	M12 Connector			Short	PNP	E2B-M18KN10-M1-B1	E2B-M18KN10-M1-B2	
					NPN	E2B-M18KN10-M1-C1	E2B-M18KN10-M1-C2	
		Long	PNP	E2B-M18LN10-M1-B1	E2B-M18LN10-M1-B2			
		NPN	E2B-M18LN10-M1-C1	E2B-M18LN10-M1-C2				
	Double	Shielded (See note 2.)	8 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M18KS08-WP-B1 2M	E2B-M18KS08-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M18KS08-WP-C1 2M	E2B-M18KS08-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M18LS08-WP-B1 2M	E2B-M18LS08-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M18LS08-WP-C1 2M	E2B-M18LS08-WP-C2 2M	
				M12 Connector	Short	PNP	E2B-M18KS08-M1-B1	E2B-M18KS08-M1-B2
						NPN	E2B-M18KS08-M1-C1	E2B-M18KS08-M1-C2
		Long	PNP		E2B-M18LS08-M1-B1	E2B-M18LS08-M1-B2		
			NPN	E2B-M18LS08-M1-C1	E2B-M18LS08-M1-C2			
Unshielded		16 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M18KN16-WP-B1 2M	E2B-M18KN16-WP-B2 2M	
					NPN	E2B-M18KN16-WP-C1 2M	E2B-M18KN16-WP-C2 2M	
				Long	PNP	E2B-M18LN16-WP-B1 2M	E2B-M18LN16-WP-B2 2M	
				NPN	E2B-M18LN16-WP-C1 2M	E2B-M18LN16-WP-C2 2M		
	M12 Connector		Short	PNP	E2B-M18KN16-M1-B1	E2B-M18KN16-M1-B2		
				NPN	E2B-M18KN16-M1-C1	E2B-M18KN16-M1-C2		
Long		PNP	E2B-M18LN16-M1-B1	E2B-M18LN16-M1-B2				
	NPN	E2B-M18LN16-M1-C1	E2B-M18LN16-M1-C2					

Note: 1. Pre-wired Models are available in the cable lengths of 2 m and 5 m.

2. There are restrictions that apply to Shielded sensors.

Please refer to "Effects of Surrounding Metal" on page 20.

Size		Sensing distance	Connecting method (See note 1.)	Body length	Output configuration	Operation mode NO	Operation mode NC	
M30 (Brass)	Single	Shielded	10 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M30KS10-WP-B1 2M	E2B-M30KS10-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M30KS10-WP-C1 2M	E2B-M30KS10-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M30LS10-WP-B1 2M	E2B-M30LS10-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M30LS10-WP-C1 2M	E2B-M30LS10-WP-C2 2M	
				M12 Connector	Short	PNP	E2B-M30KS10-M1-B1	E2B-M30KS10-M1-B2
						NPN	E2B-M30KS10-M1-C1	E2B-M30KS10-M1-C2
		Long	PNP		E2B-M30LS10-M1-B1	E2B-M30LS10-M1-B2		
			NPN	E2B-M30LS10-M1-C1	E2B-M30LS10-M1-C2			
		Unshielded	20 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M30KN20-WP-B1 2M	E2B-M30KN20-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M30KN20-WP-C1 2M	E2B-M30KN20-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M30LN20-WP-B1 2M	E2B-M30LN20-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M30LN20-WP-C1 2M	E2B-M30LN20-WP-C2 2M	
	M12 Connector			Short	PNP	E2B-M30KN20-M1-B1	E2B-M30KN20-M1-B2	
					NPN	E2B-M30KN20-M1-C1	E2B-M30KN20-M1-C2	
		Long	PNP	E2B-M30LN20-M1-B1	E2B-M30LN20-M1-B2			
		NPN	E2B-M30LN20-M1-C1	E2B-M30LN20-M1-C2				
	Double	Shielded (See note 2.)	15 mm	Pre-wired	Short	PNP	E2B-M30KS15-WP-B1 2M	E2B-M30KS15-WP-B2 2M
						NPN	E2B-M30KS15-WP-C1 2M	E2B-M30KS15-WP-C2 2M
					Long	PNP	E2B-M30LS15-WP-B1 2M	E2B-M30LS15-WP-B2 2M
					NPN	E2B-M30LS15-WP-C1 2M	E2B-M30LS15-WP-C2 2M	
				M12 Connector	Short	PNP	E2B-M30KS15-M1-B1	E2B-M30KS15-M1-B2
						NPN	E2B-M30KS15-M1-C1	E2B-M30KS15-M1-C2
		Long	PNP		E2B-M30LS15-M1-B1	E2B-M30LS15-M1-B2		
			NPN	E2B-M30LS15-M1-C1	E2B-M30LS15-M1-C2			
Unshielded		30 mm	Pre-wired	Long	PNP	E2B-M30LN30-WP-B1 2M	E2B-M30LN30-WP-B2 2M	
					NPN	E2B-M30LN30-WP-C1 2M	E2B-M30LN30-WP-C2 2M	
				M12 Connector	Long	PNP	E2B-M30LN30-M1-B1	E2B-M30LN30-M1-B2
				NPN	E2B-M30LN30-M1-C1	E2B-M30LN30-M1-C2		

Note: 1. Pre-wired Models are available in the cable lengths of 2 m and 5 m.

2. There are restrictions that apply to Shielded sensors.

Please refer to "Effects of Surrounding Metal" on page 20.

Accessories (Order Separately)

Sensor I/O Connectors

Size	Cable	Shape	Cores	Cable length (m)	Model
M8 (3-pin)	PVC	Straight	3	2	XS3F-M8PVC3S2M
				5	XS3F-M8PVC3S5M
		Right-angle		2	XS3F-M8PVC3A2M
				5	XS3F-M8PVC3A5M
	PVC Robot	Straight		2	XS3F-M321-302-R
				5	XS3F-M321-305-R
		Right-angle		2	XS3F-M322-302-R
				5	XS3F-M322-305-R
M12 (4-pin)	PVC	Straight	4	2	XS2F-M12PVC4S2M
				5	XS2F-M12PVC4S5M
		Right-angle		2	XS2F-M12PVC4A2M
				5	XS2F-M12PVC4A5M
	PVC Robot	Straight		2	XS2F-D421-D80-F
				5	XS2F-D421-G80-F
		Right-angle		2	XS2F-D422-D80-F
				5	XS2F-D422-G80-F

Model Number Legend

E2B-□□□□□□-□-□□□□
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Example: E2B-M12LS04-M1-B1

E2B-S08KN02-WP-C2 5M

M12, Brass, Long body, Shielded, Sn = 4 mm, M12 connector, PNP, NO

M8, stainless steel, Short body, Unshielded, Sn = 2 mm, Pre-wired PVC cable, NPN, NC,
 Cable length = 5 m

1. Basic name

E2B

2. Housing shape and material

M: Cylindrical, metric threaded, brass

S: Cylindrical, metric threaded, stainless steel

3. Housing size

08: 8 mm

12: 12 mm

18: 18 mm

30: 30 mm

4. Barrel length

K: Short body

L: Long body

5. Shield

S: Shielded

N: Unshielded

6. Sensing distance

Numeral: Sensing distance:

01 = 1.5 mm, 02 = 2 mm, 04 = 4 mm, 05 = 5 mm,
 08 = 8 mm, 10 = 10 mm, 15 = 15 mm, 16 = 16 mm,
 20 = 20 mm, 30 = 30 mm

7. Kind of connection

WZ: Pre-wired, PVC, dia 4 mm

Conductor cross section : 0.3 mm²

Insulator diameter : 1.3 mm

(See note 1.)

WP: Pre-wired, PVC, dia 4 mm

Conductor cross section : 0.141 mm²

Insulator diameter : 0.85 mm

M1: M12 connector

MC: M8 connector (3 pin)

(See note 2.)

8. Power source and output

B: PNP

C: NPN

9. Operation mode

1: NO (Normally open)

2: NC (Normally closed)

10. Cable length

Blank: Connector type

Numeral: Cable length (2M and 5M are available.)

Note: 1. Only M12, M18, M30 type.

2. "WP", "M1" and "MC" are listed products of UL.

E2B

Ratings and Specifications

Item	Size	M8			
	Sensing distance	Single		Double	
	Type	Shielded	Unshielded	Shielded	Unshielded
	Model	E2B-S08□S01	E2B-S08□N02	E2B-S08□S02	E2B-S08□N04
Sensing distance		1.5 mm ± 10%	2 mm ± 10%	2 mm ± 10%	4 mm ± 10%
Setting distance		0 to 1.2 mm	0 to 1.6 mm	0 to 1.6 mm	0 to 3.2 mm
Differential travel		10% max. of sensing distance			
Detectable object		Ferrous metal (The sensing distance decreases with non-ferrous metal.)			
Standard sensing object (mild steel ST37)		8 × 8 × 1 mm	8 × 8 × 1 mm	8 × 8 × 1 mm	12 × 12 × 1 mm
Response frequency (See note 1.)		2,000 Hz	1,000 Hz	1,500 Hz	1,000 Hz
Power supply voltage		10 to 30 VDC. (including 10% ripple (p-p))			
Current consumption		10 mA max.			
Output type		-B models: PNP open collector -C models: NPN open collector			
Control output	Load current (See note 2.)	200 mA max. (30 VDC max.)			
	Residual voltage	2 V max. (under load current of 200 mA with cable length of 2 m)			
Indicator		Operation indicator (Yellow LED)			
Operation mode (with sensing object approaching)		-B1/-C1 models: NO -B2/-C2 models: NC			
Protection circuit		Output reverse polarity protection, Power source circuit reverse polarity protection, Surge suppressor, Short-circuit protection			
Ambient air temperature		Operation and storage : -25 to 70°C (with no icing or condensation)			
Temperature influence (See note 2.)		±10% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -10 to 55°C ±15% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -25 to 70°C			
Ambient humidity		Operation and Storage: 35 to 95%			
Voltage influence		±1% max. of sensing distance in 24 VDC ±15%			
Insulation resistance		50 MΩ min. (at 500 VDC) between current-carrying parts and case			
Dielectric strength		1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min between current-carrying parts and case			
Vibration resistance		10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions			
Shock resistance		500 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions			
Standard and listings		(1) IP67 (IEC60529) (2) EMC (EN60947-5-2)			
Connecting method		Pre-wired models (standard is 4 mm dia. PVC cable with length = 2 m, 5 m). Connector models (M8-3pin)			
Weight (packaged)	Pre-wired model	Short body: Approx. 65 g, Long body: Approx. 65 g			
	Connector model	Short body: Approx. 20 g, Long body: Approx. 20 g			
Material	Case	Stainless steel (1.4305 (W.-No.), SUS 303 (AISI), 2346 (SS).)			
	Sensing surface	PBT			
	Cable	Standard cable is 4 mm dia. PVC.			
	Clamping nut	Brass-nickel plated			
	Toothed washer	Zinc-plated iron			

Note: 1. The response frequency is an average value. Measurement conditions are as follows: standard sensing object, a distance of twice the standard sensing object between sensing objects, and a setting distance of half the sensing distance.

2. When using any model of M8 size at an ambient temperature between -25°C and 60°C, use a load current of 200mA max., at an ambient temperature between 60°C and 70°C, use a load current of 100 mA max.

Item	Size	M12							
	Sensing distance	Single		Double					
	Type	Shielded	Unshielded	Shielded	Unshielded				
	Model	E2B-M12□S02	E2B-M12□N05	E2B-M12□S04	E2B-M12□N08				
Sensing distance	2 mm ± 10%		5 mm ± 10%		4 mm ± 10%		8 mm ± 10%		
Setting distance	0 to 1.6 mm		0 to 4 mm		0 to 3.2 mm		0 to 6.4 mm		
Differential travel	10% max. of sensing distance								
Detectable object	Ferrous metal (The sensing distance decreases with non-ferrous metal.)								
Standard sensing object (mild steel ST37)	12 × 12 × 1 mm		15 × 15 × 1 mm		12 × 12 × 1 mm		24 × 24 × 1 mm		
Response frequency (See note 1.)	1,500 Hz		800 Hz		1,000 Hz		800 Hz		
Power supply voltage	10 to 30 VDC. (including 10% ripple (p-p))								
Current consumption	10 mA max.								
Output type	-B models: PNP open collector -C models: NPN open collector								
Control output	Load current	200 mA max. (30 VDC max.)							
	Residual voltage	2 V max. (under load current of 200 mA with cable length of 2 m)							
Indicator	Operation indicator (Yellow LED)								
Operation mode (with sensing object approaching)	-B1/-C1 models: NO -B2/-C2 models: NC								
Protection circuit	Output reverse polarity protection, Power source circuit reverse polarity protection, Surge suppressor, Short-circuit protection								
Ambient air temperature	Operation and storage : -25 to 70°C (with no icing or condensation)								
Temperature influence	±10% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -10 to 55°C ±15% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -25 to 70°C								
Ambient humidity	Operation and Storage: 35 to 95%								
Voltage influence	±1% max. of sensing distance in 24 VDC ±15%								
Insulation resistance	50 MΩ min. (at 500 VDC) between current-carrying parts and case								
Dielectric strength	1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min between current-carrying parts and case								
Vibration resistance	10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions								
Shock resistance	1,000 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions								
Standard and listings	(1) IP67 (IEC60529) (2) EMC (EN60947-5-2)								
Connecting method	Pre-wired models (standard is 4 mm dia. PVC cable with length = 2 m, 5 m). Connector models (M12-4pin)								
Weight (packaged)	Pre-wired model	Short body: Approx. 75 g, Long body: Approx. 80 g (See note 2.)							
	Connector model	Short body: Approx. 35 g, Long body: Approx. 40 g							
Material	Case	Brass-nickel plated							
	Sensing surface	PBT							
	Cable	Standard cable is 4 mm dia. PVC.							
	Clamping nut	Brass-nickel plated							
	Toothed washer	Zinc-plated iron							

Note: 1. The response frequency is an average value. Measurement conditions are as follows: standard sensing object, a distance of twice the standard sensing object between sensing objects, and a setting distance of half the sensing distance.

2. In case of 'WP' cable type.

Item	Size	M18			
	Sensing distance	Single		Double	
	Type	Shielded	Unshielded	Shielded	Unshielded
	Model	E2B-M18□S05	E2B-M18□N10	E2B-M18□S08	E2B-M18□N16
Sensing distance		5 mm ± 10%	10 mm ± 10%	8 mm ± 10%	16 mm ± 10%
Setting distance		0 to 4 mm	0 to 8 mm	0 to 6.4 mm	0 to 12.8 mm
Differential travel		10% max. of sensing distance			
Detectable object		Ferrous metal (The sensing distance decreases with non-ferrous metal.)			
Standard sensing object (mild steel ST37)		18 × 18 × 1 mm	30 × 30 × 1 mm	24 × 24 × 1 mm	48 × 48 × 1 mm
Response frequency (See note 1.)		600 Hz	400 Hz	500 Hz	400 Hz
Power supply voltage		10 to 30 VDC. (including 10% ripple (p-p))			
Current consumption		10 mA max.			
Output type		-B models: PNP open collector -C models: NPN open collector			
Control output	Load current	200 mA max. (30 VDC max.)			
	Residual voltage	2 V max. (under load current of 200 mA with cable length of 2 m)			
Indicator		Operation indicator (Yellow LED)			
Operation mode (with sensing object approaching)		-B1/-C1 models: NO -B2/-C2 models: NC			
Protection circuit		Output reverse polarity protection, Power source circuit reverse polarity protection, Surge suppressor, Short-circuit protection			
Ambient air temperature		Operation and storage : -25 to 70°C (with no icing or condensation)			
Temperature influence		±10% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -10 to 55°C ±15% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -25 to 70°C			
Ambient humidity		Operation and Storage: 35 to 95%			
Voltage influence		±1% max. of sensing distance in 24 VDC ±15%			
Insulation resistance		50 MΩ min. (at 500 VDC) between current-carrying parts and case			
Dielectric strength		1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min between current-carrying parts and case			
Vibration resistance		10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions			
Shock resistance		1,000 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions			
Standard and listings		(1) IP67 (IEC60529) (2) EMC (EN60947-5-2)			
Connecting method		Pre-wired models (standard is 4 mm dia. PVC cable with length = 2 m, 5 m). Connector models (M12-4pin)			
Weight (packaged)	Pre-wired model	Short body: Approx. 95 g, Long body: Approx. 110 g (See note 2.)			
	Connector model	Short body: Approx. 60 g, Long body: Approx. 80 g			
Material	Case	Brass-nickel plated			
	Sensing surface	PBT			
	Cable	Standard cable is 4 mm dia. PVC.			
	Clamping nut	Brass-nickel plated			
	Toothed washer	Zinc-plated iron			

Note: 1. The response frequency is an average value. Measurement conditions are as follows: standard sensing object, a distance of twice the standard sensing object between sensing objects, and a setting distance of half the sensing distance.

2. In case of 'WP' cable type.

Item	Size	M30						
	Sensing distance	Single		Double				
	Type	Shielded	Unshielded	Shielded	Unshielded			
	Model	E2B-M30□S10	E2B-M30□N20	E2B-M30□S15	E2B-M30□N30			
Sensing distance	10 mm ± 10%		20 mm ± 10%		15 mm ± 10%		30 mm ± 10%	
Setting distance	0 to 8 mm		0 to 16 mm		0 to 11.25 mm		0 to 22.5 mm	
Differential travel	10% max. of sensing distance							
Detectable object	Ferrous metal (The sensing distance decreases with non-ferrous metal.)							
Standard sensing object (mild steel ST37)	30 × 30 × 1 mm		60 × 60 × 1 mm		45 × 45 × 1 mm		90 × 90 × 1 mm	
Response frequency (See note 1.)	400 Hz		100 Hz		250 Hz		100 Hz	
Power supply voltage	10 to 30 VDC. (including 10% ripple (p-p))							
Current consumption	10 mA max.							
Output type	-B models: PNP open collector -C models: NPN open collector							
Control output	Load current	200 mA max. (30 VDC max.)						
	Residual voltage	2 V max. (under load current of 200 mA with cable length of 2 m)						
Indicator	Operation indicator (Yellow LED)							
Operation mode (with sensing object approaching)	-B1/-C1 models: NO -B2/-C2 models: NC							
Protection circuit	Output reverse polarity protection, Power source circuit reverse polarity protection, Surge suppressor, Short-circuit protection							
Ambient air temperature	Operation and storage : -25 to 70°C (with no icing or condensation)							
Temperature influence	±10% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -10 to 55°C ±15% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -25 to 70°C							
Ambient humidity	Operation and Storage: 35 to 95%							
Voltage influence	±1% max. of sensing distance in 24 VDC ±15%							
Insulation resistance	50 MΩ min. (at 500 VDC) between current-carrying parts and case							
Dielectric strength	1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min between current-carrying parts and case							
Vibration resistance	10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions							
Shock resistance	1,000 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions							
Standard and listings	(1) IP67 (IEC60529) (2) EMC (EN60947-5-2)							
Connecting method	Pre-wired models (standard is 4 mm dia. PVC cable with length = 2 m, 5 m). Connector models (M12-4pin)							
Weight (packaged)	Pre-wired model	Short body: Approx. 160 g, Long body: Approx. 210 g (See note 2.)						
	Connector model	Short body: Approx. 140 g, Long body: Approx. 160 g						
Material	Case	Brass-nickel plated						
	Sensing surface	PBT						
	Cable	Standard cable is 4 mm dia. PVC.						
	Clamping nut	Brass-nickel plated						
	Toothed washer	Zinc-plated iron						

Note: 1. The response frequency is an average value. Measurement conditions are as follows: standard sensing object, a distance of twice the standard sensing object between sensing objects, and a setting distance of half the sensing distance.

2. In case of 'WP' cable type.

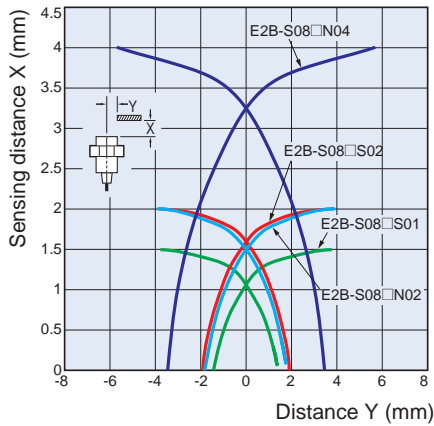
E2B

Engineering Data (Reference Value)

Operating Range

M8

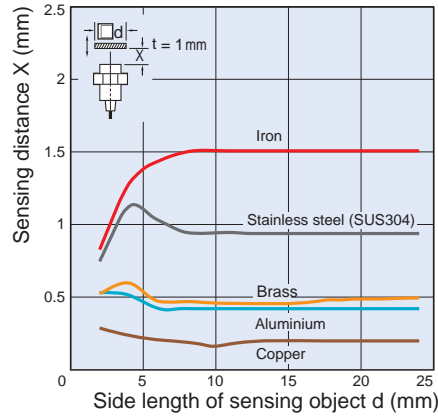
E2B-S08



Influence of Sensing Object Size and Materials

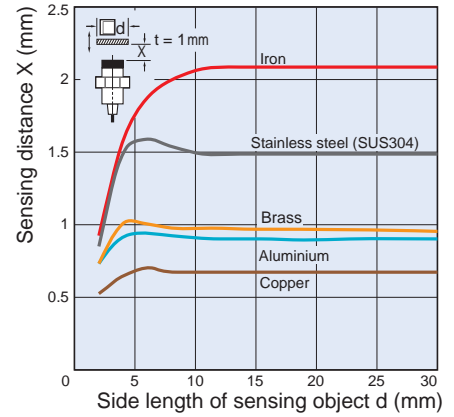
Shielded Models

E2B-S08□S01

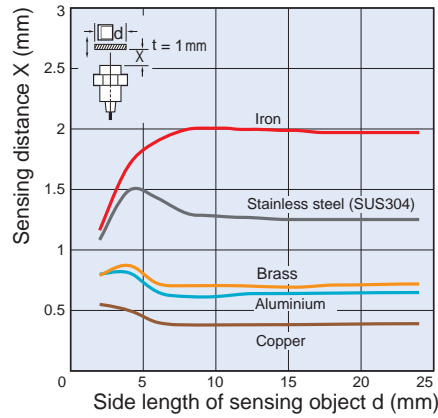


Unshielded Models

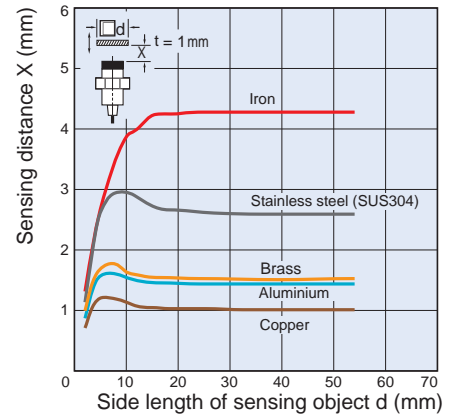
E2B-S08□N02



E2B-S08□S02



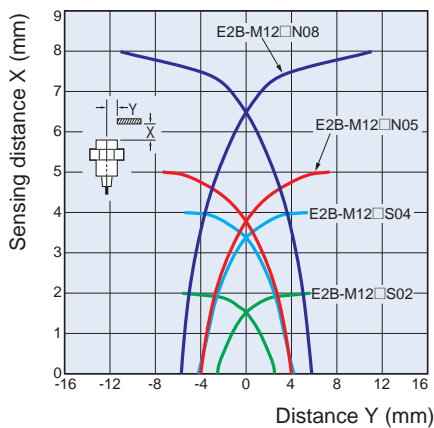
E2B-S08□N04



Operating Range

M12

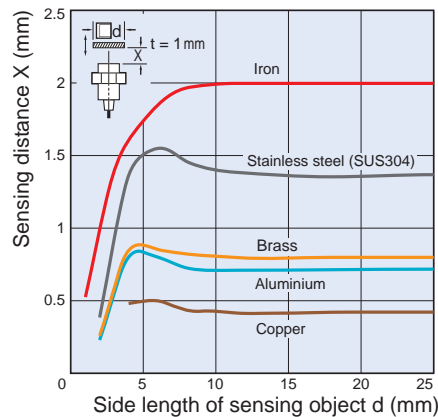
E2B-M12



Influence of Sensing Object Size and Materials

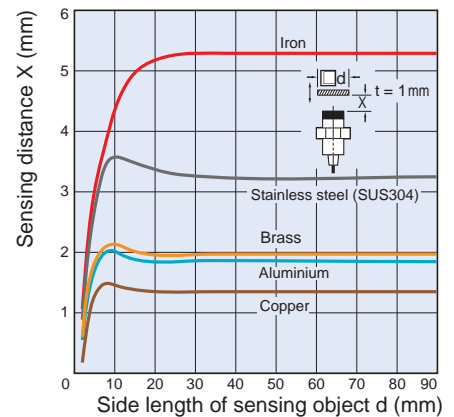
Shielded Models

E2B-M12□S02

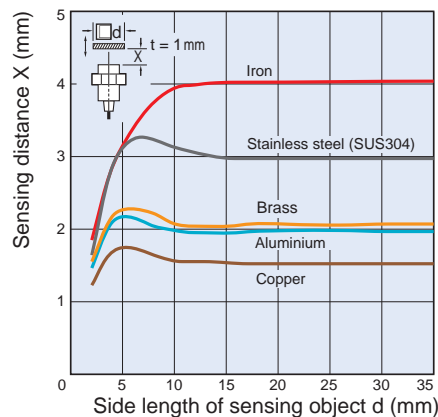


Unshielded Models

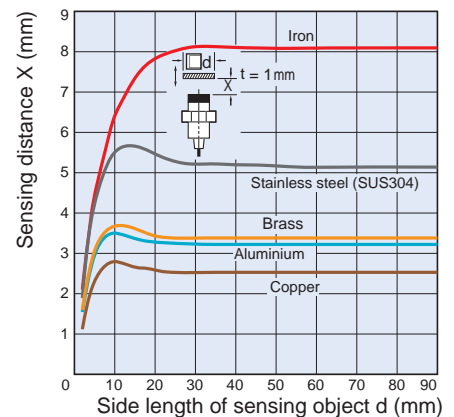
E2B-M12□N05



E2B-M12□S04



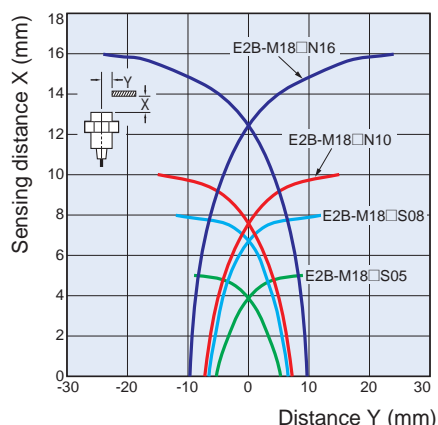
E2B-M12□N08



Operating Range

M18

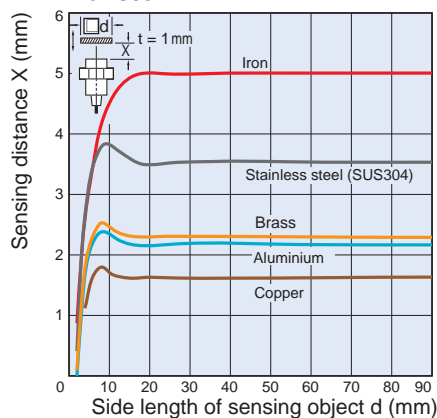
E2B-M18



Influence of Sensing Object Size and Materials

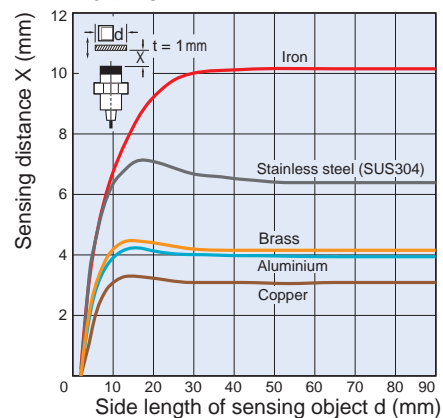
Shielded Models

E2B-M18□S05

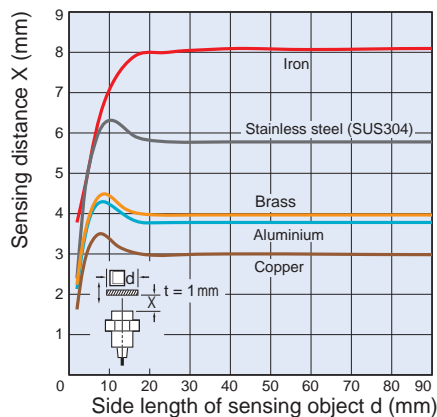


Unshielded Models

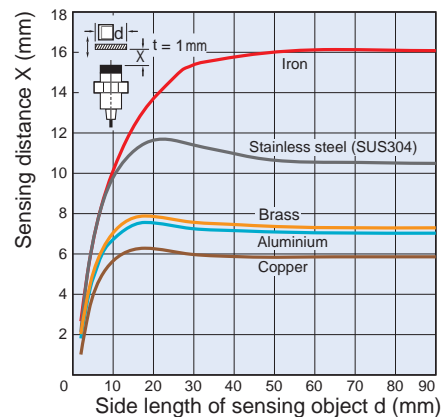
E2B-M18□N10



E2B-M18□S08



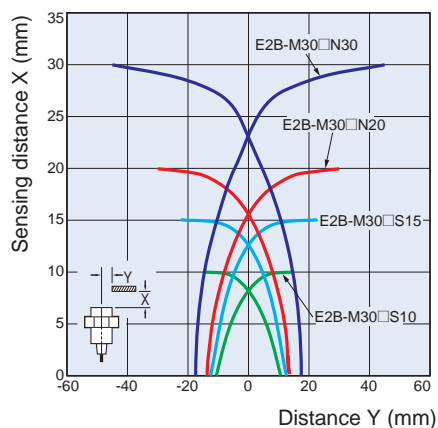
E2B-M18□N16



Operating Range

M30

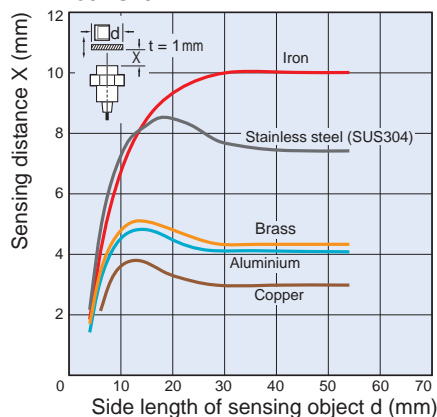
E2B-M30



Influence of Sensing Object Size and Materials

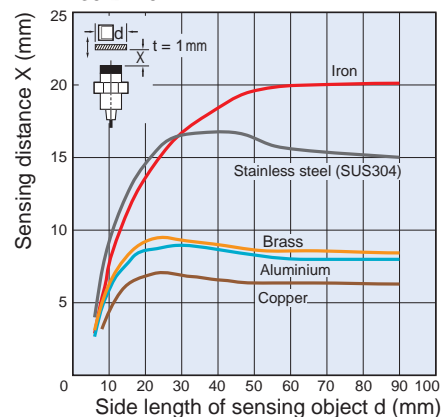
Shielded Models

E2B-M30□S10

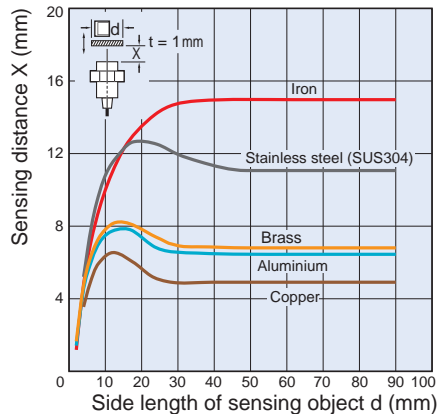


Unshielded Models

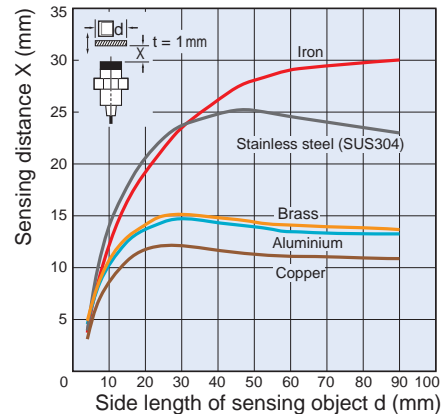
E2B-M30□N20



E2B-M30□S15



E2B-M30□N30



E2B

I/O Circuit Diagrams

PNP Output

Operation mode	Model	Timing chart	Output circuit
NO	E2B-S08□-□-B□	<p>Non-sensing zone Sensing zone Proximity Sensor</p> <p>Sensing object</p> <p>(%) 100 0</p> <p>Rated sensing distance</p> <p>ON OFF Yellow indicator</p> <p>ON OFF Control output</p>	<p>main circuits</p> <p>Brown ①</p> <p>Black ④</p> <p>Blue ③</p> <p>Load</p> <p>10 to 30 VDC</p>
NC		<p>Non-sensing zone Sensing zone Proximity Sensor</p> <p>Sensing object</p> <p>(%) 100 0</p> <p>Rated sensing distance</p> <p>ON OFF Yellow indicator</p> <p>ON OFF Control output</p>	<p>M8 connector (3 pin) Pin Arrangement</p>
NO	E2B-M12□-□-B□ E2B-M18□-□-B□ E2B-M30□-□-B□	<p>Non-sensing zone Sensing zone Proximity Sensor</p> <p>Sensing object</p> <p>(%) 100 0</p> <p>Rated sensing distance</p> <p>ON OFF Yellow indicator</p> <p>ON OFF Control output</p>	<p>main circuits</p> <p>Brown ①</p> <p>Black ④ or ②</p> <p>Blue ③</p> <p>Load</p> <p>10 to 30 VDC</p> <p>④ : NO ② : NC</p>
NC		<p>Non-sensing zone Sensing zone Proximity Sensor</p> <p>Sensing object</p> <p>(%) 100 0</p> <p>Rated sensing distance</p> <p>ON OFF Yellow indicator</p> <p>ON OFF Control output</p>	<p>M12 Connector (4 pin) Pin Arrangement</p>

NPN Output

Operation mode	Model	Timing chart	Output circuit
NO	E2B-S08□-□-□-□-□	<p>Non-sensing zone Sensing zone Proximity Sensor</p> <p>Sensing object</p> <p>(%) 100 0</p> <p>Rated sensing distance</p> <p>ON OFF Yellow indicator</p> <p>ON OFF Control output</p>	<p>Brown ①</p> <p>Load</p> <p>Black ④</p> <p>Blue ③</p> <p>10 to 30 VDC</p>
NC		<p>Non-sensing zone Sensing zone Proximity Sensor</p> <p>Sensing object</p> <p>(%) 100 0</p> <p>Rated sensing distance</p> <p>ON OFF Yellow indicator</p> <p>ON OFF Control output</p>	<p>M8 connector (3 pin) Pin Arrangement</p>
NO	E2B-M12□-□-□-□-□ E2B-M18□-□-□-□-□ E2B-M30□-□-□-□-□	<p>Non-sensing zone Sensing zone Proximity Sensor</p> <p>Sensing object</p> <p>(%) 100 0</p> <p>Rated sensing distance</p> <p>ON OFF Yellow indicator</p> <p>ON OFF Control output</p>	<p>Brown ①</p> <p>Load</p> <p>Black ④ or ②</p> <p>Blue ③</p> <p>10 to 30 VDC</p> <p>④: NO ②: NC</p>
NC		<p>Non-sensing zone Sensing zone Proximity Sensor</p> <p>Sensing object</p> <p>(%) 100 0</p> <p>Rated sensing distance</p> <p>ON OFF Yellow indicator</p> <p>ON OFF Control output</p>	<p>M12 Connector (4 pin) Pin Arrangement</p>

E2B

Dimensions

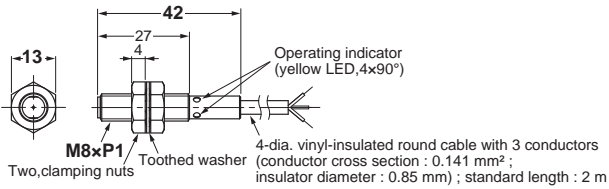
Note: All units are in millimeters unless otherwise indicated.

M8 Size

Pre-wired Models (Shielded)

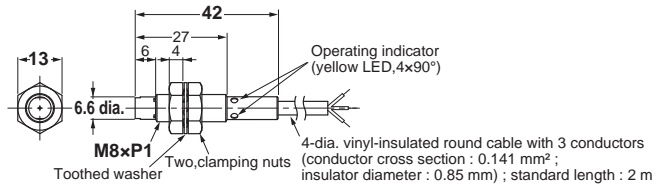
Short Body

E2B-S08KS01-WP-□□/E2B-S08KS02-WP-□□



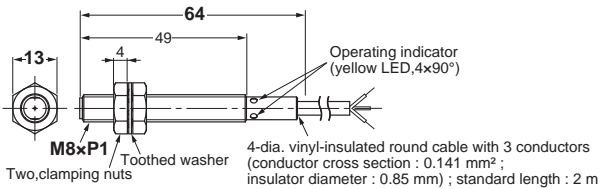
Pre-wired Models (Unshielded)

E2B-S08KN02-WP-□□/E2B-S08KN04-WP-□□

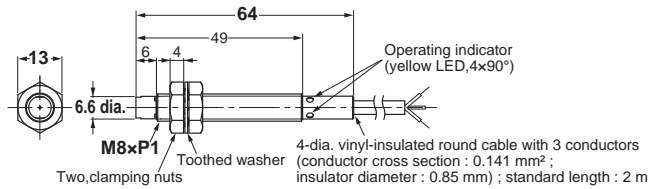


Long Body

E2B-S08LS01-WP-□□/E2B-S08LS02-WP-□□



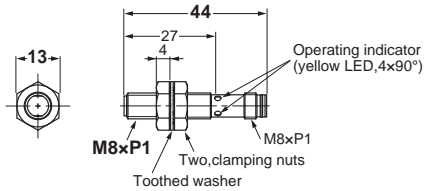
E2B-S08LN02-WP-□□/E2B-S08LN04-WP-□□



Connector Models (Shielded)

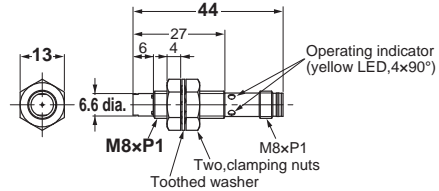
Short Body

E2B-S08KS01-MC-□□/E2B-S08KS02-MC-□□



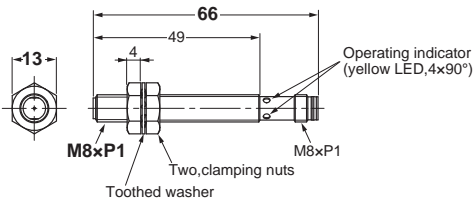
Connector Models (Unshielded)

E2B-S08KN02-MC-□□/E2B-S08KN04-MC-□□

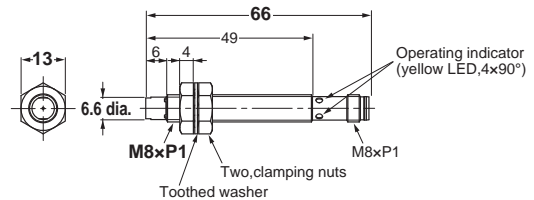


Long Body

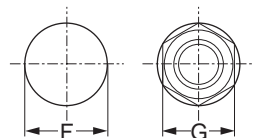
E2B-S08LS01-MC-□□/E2B-S08LS02-MC-□□



E2B-S08LN02-MC-□□/E2B-S08LN04-MC-□□



Mounting Hole Cutout Dimensions



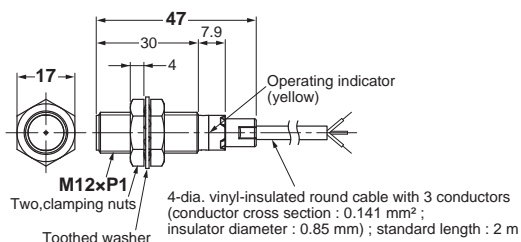
External diameter of Proximity Sensor	Dimension F (mm)	Dimension G (mm)
M8	8.5 dia. ^{+0.5} ₀	13

M12 Size

Pre-wired Models (Shielded)

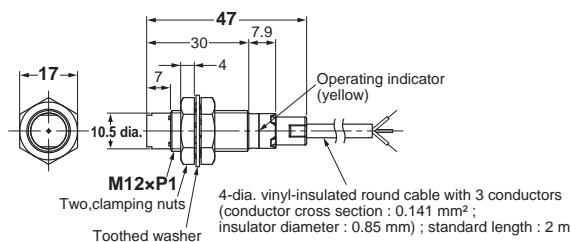
Short Body

E2B-M12KS02-WP-□□/E2B-M12KS04-WP-□□



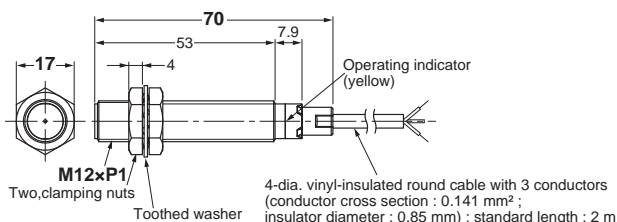
Pre-wired Models (Unshielded)

E2B-M12KN05-WP-□□/E2B-M12KN08-WP-□□

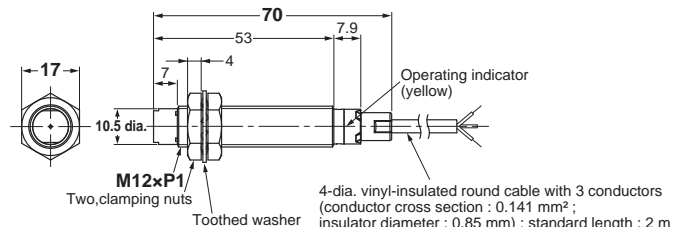


Long Body

E2B-M12LS02-WP-□□/E2B-M12LS04-WP-□□



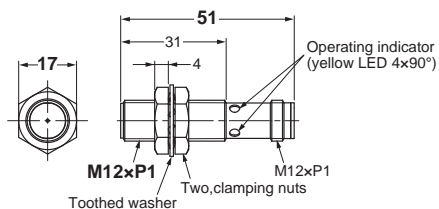
E2B-M12LN05-WP-□□/E2B-M12LN08-WP-□□



Connector Models (Shielded)

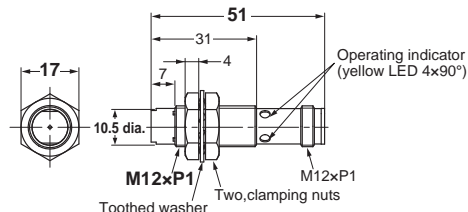
Short Body

E2B-M12KS02-M1-□□/E2B-M12KS04-M1-□□



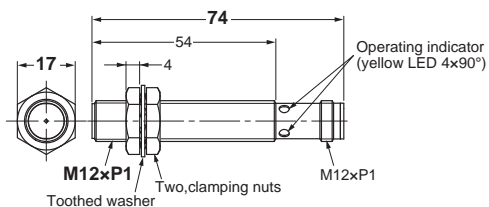
Connector Models (Unshielded)

E2B-M12KN05-M1-□□/E2B-M12KN08-M1-□□

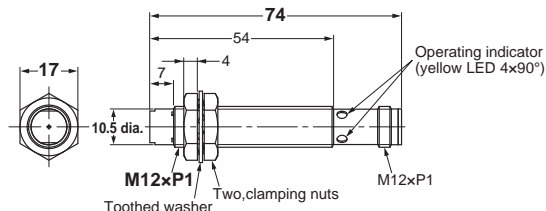


Long Body

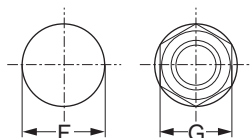
E2B-M12LS02-M1-□□/E2B-M12LS04-M1-□□



E2B-M12LN05-M1-□□/E2B-M12LN08-M1-□□



Mounting Hole Cutout Dimensions



External diameter of Proximity Sensor	Dimension F (mm)	Dimension G (mm)
M12	12.5 dia. ^{+0.5} ₀	17

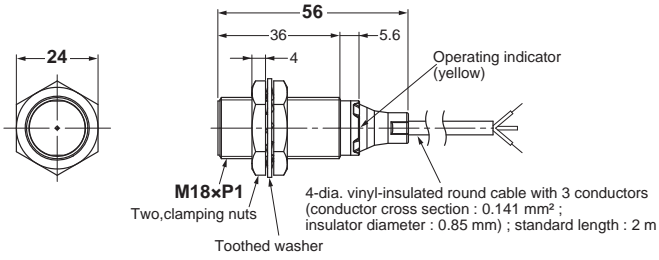
E2B

M18 Size

Pre-wired Models (Shielded)

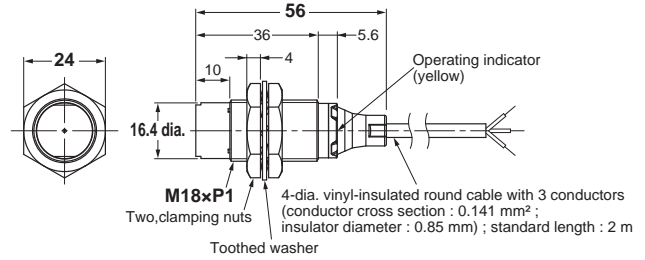
Short Body

E2B-M18KS05-WP-□□/E2B-M18KS08-WP-□□



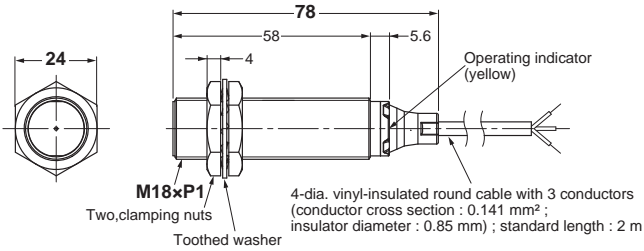
Pre-wired Models (Unshielded)

E2B-M18KN10-WP-□□/E2B-M18KN16-WP-□□

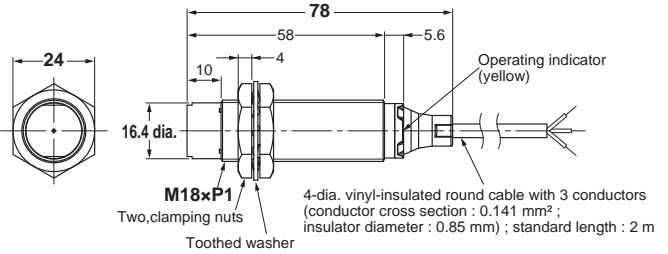


Long Body

E2B-M18LS05-WP-□□/E2B-M18LS08-WP-□□



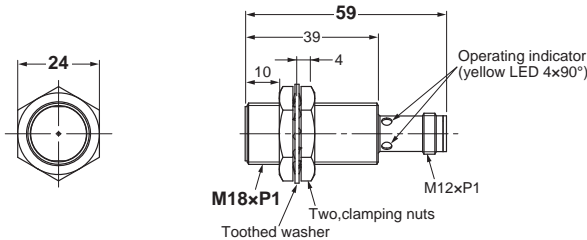
E2B-M18LN10-WP-□□/E2B-M18LN16-WP-□□



Connector Models (Shielded)

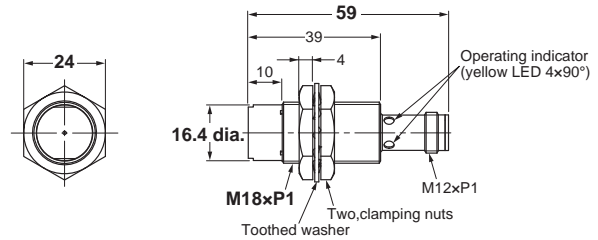
Short Body

E2B-M18KS05-M1-□□/E2B-M18KS08-M1-□□



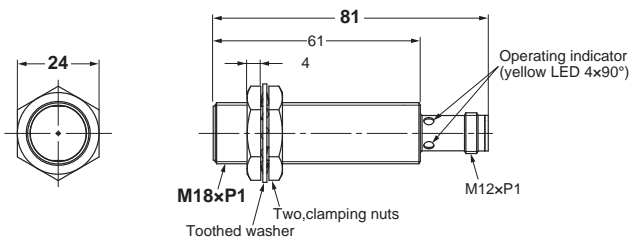
Connector Models (Unshielded)

E2B-M18KN10-M1-□□/E2B-M18KN16-M1-□□

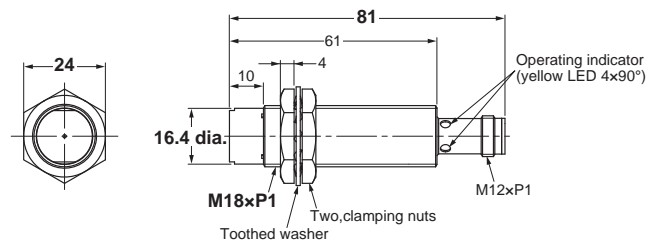


Long Body

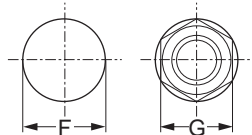
E2B-M18LS05-M1-□□/E2B-M18LS08-M1-□□



E2B-M18LN10-M1-□□/E2B-M18LN16-M1-□□



Mounting Hole Cutout Dimensions



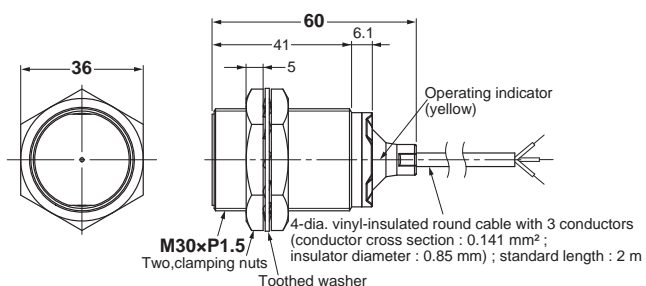
External diameter of Proximity Sensor	Dimension F (mm)	Dimension G (mm)
M18	18.5 dia. ^{+0.5} ₀	24

M30 Size

Pre-wired Models (Shielded)

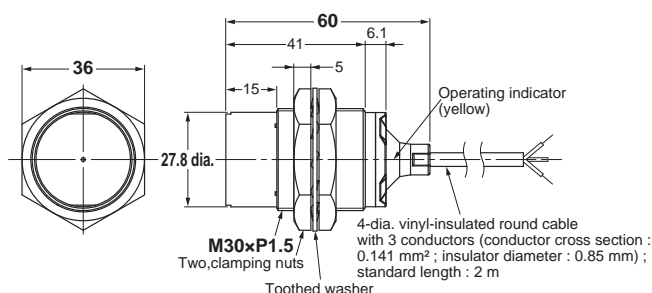
Short Body

E2B-M30KS10-WP-□□/E2B-M30KS15-WP-□□



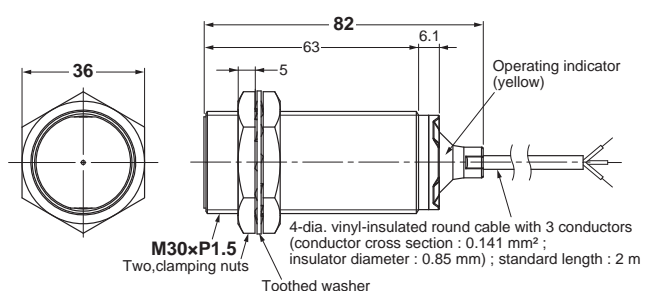
Pre-wired Models (Unshielded)

E2B-M30KN20-WP-□□

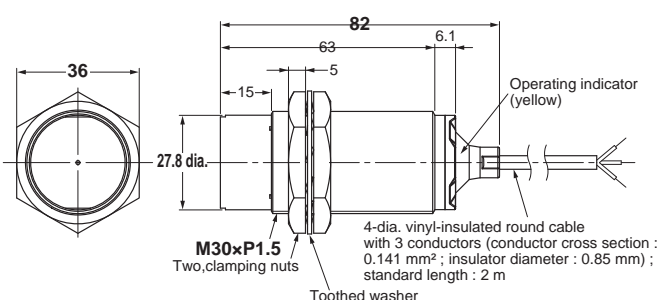


Long Body

E2B-M30LS10-WP-□□/E2B-M30LS15-WP-□□



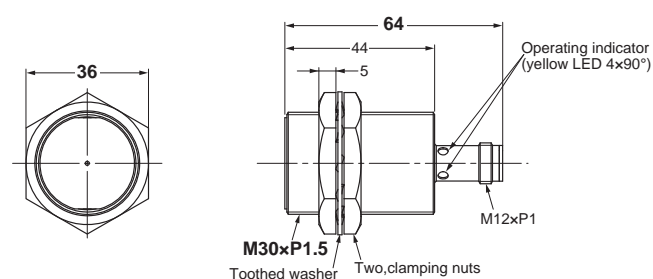
E2B-M30LN20-WP-□□/E2B-M30LN30-WP-□□



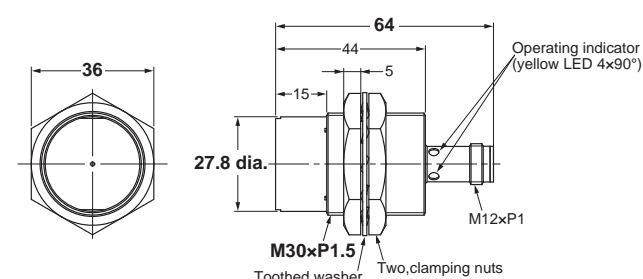
Connector Models (Shielded)

Short Body

E2B-M30KS10-M1-□□/E2B-M30KS15-M1-□□

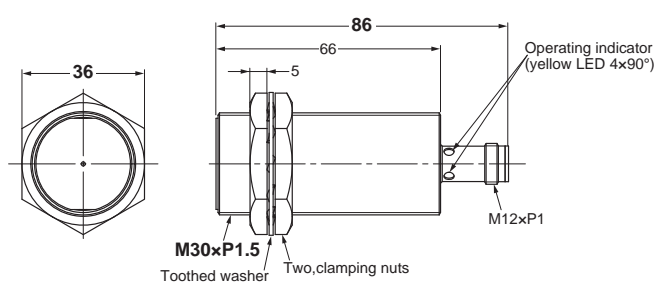


E2B-M30KN20-M1-□□

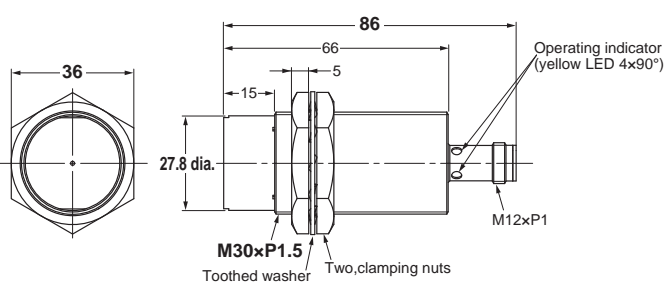


Long Body

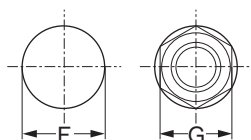
E2B-M30LS10-M1-□□/E2B-M30LS15-M1-□□



E2B-M30LN20-M1-□□/E2B-M30LN30-M1-□□



Mounting Hole Cutout Dimensions



External diameter of Proximity Sensor	Dimension F (mm)	Dimension G (mm)
M30	30.5 dia. ^{+0.5} ₀	36

E2B

Accessories (Order Separately)

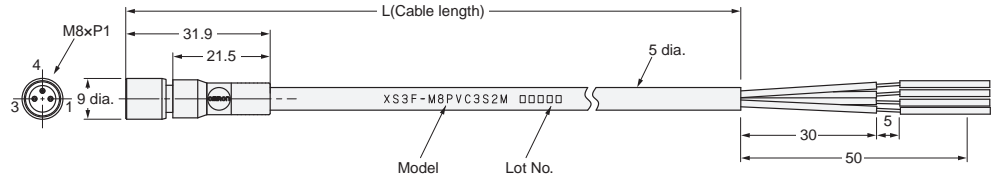
Sensor I/O Connectors
M8 Connector (3 pin)

PVC Type

(Unit: mm)

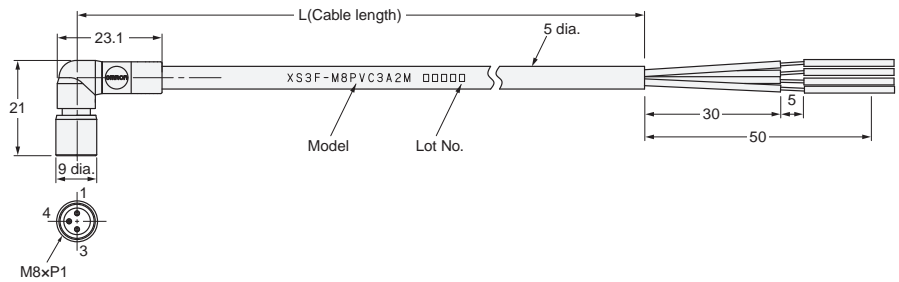
Straight

XS3F-M8PVC3S2M (L = 2 m)
XS3F-M8PVC3S5M (L = 5 m)



Right-angle

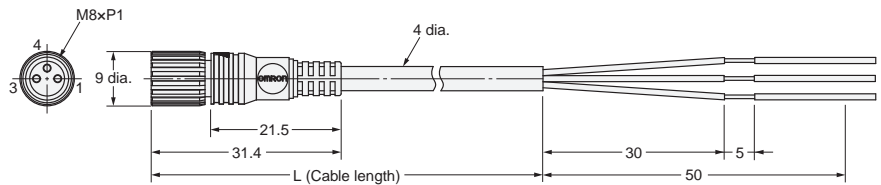
XS3F-M8PVC3A2M (L = 2 m)
XS3F-M8PVC3A5M (L = 5 m)



PVC Robot Type

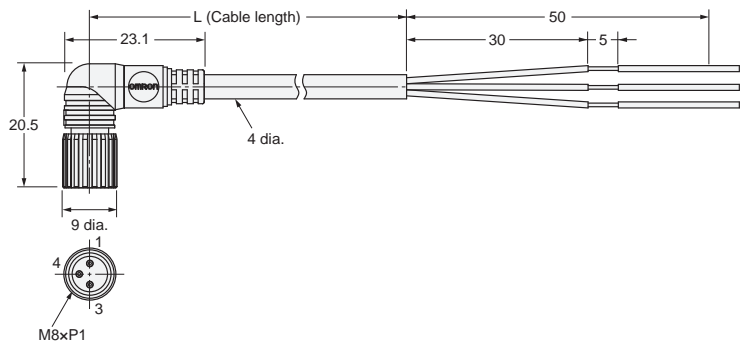
Straight

XS3F-M321-302-R (L = 2 m)
XS3F-M321-305-R (L = 5 m)

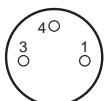


Right-angle

XS3F-M322-302-R (L = 2 m)
XS3F-M322-305-R (L = 5 m)



Pin arrangement



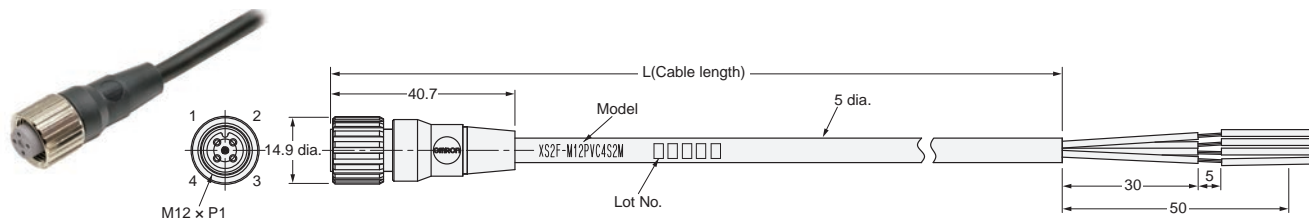
1-Brown
3-Blue
4-Black

Sensor I/O Connectors
M12 Connector (4 pin)

PVC Type

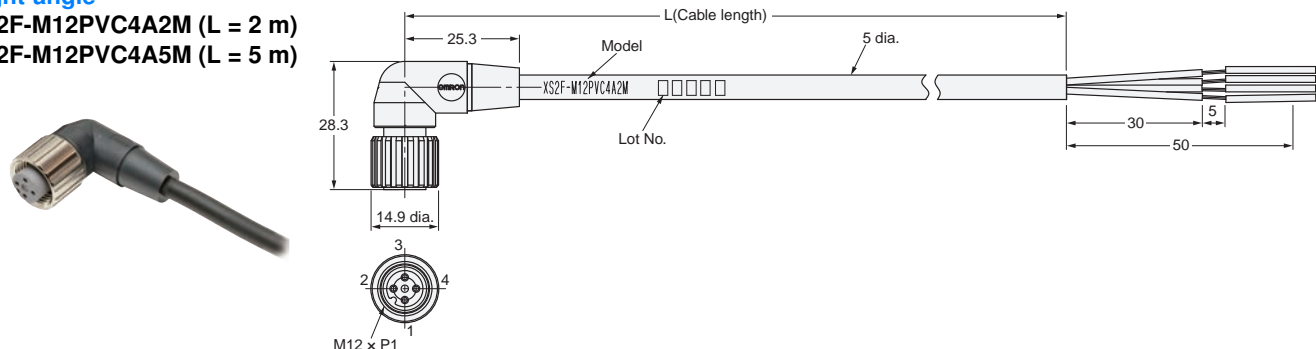
Straight

XS2F-M12PVC4S2M (L = 2 m)
XS2F-M12PVC4S5M (L = 5 m)



Right-angle

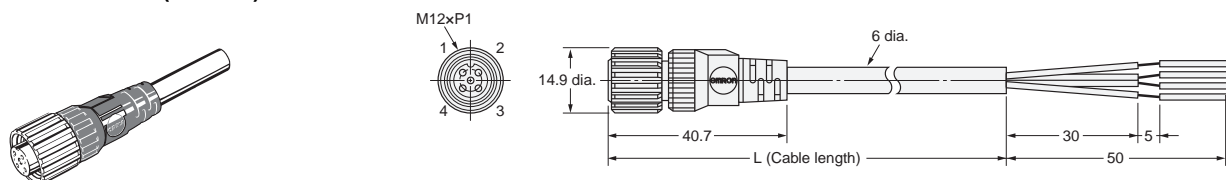
XS2F-M12PVC4A2M (L = 2 m)
XS2F-M12PVC4A5M (L = 5 m)



PVC Robot Type

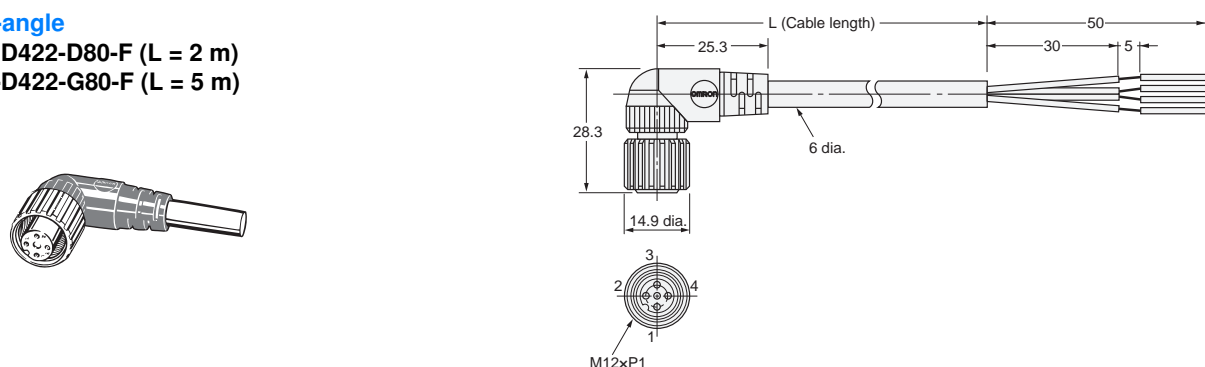
Straight

XS2F-D421-D80-F (L = 2 m)
XS2F-D421-G80-F (L = 5 m)



Right-angle

XS2F-D422-D80-F (L = 2 m)
XS2F-D422-G80-F (L = 5 m)



Pin arrangement



- 1-Brown
- 2-White
- 3-Blue
- 4-Black

E2B

Precautions

WARNING

This product is not designed or rated for ensuring safety of persons. Do not use it for such purpose.



Never use this product with an AC power supply. Otherwise, explosion may result.



Safety Precautions

Load Short-circuit

Do not short-circuit the load, or the E2B may be damaged. The E2B's short-circuit protection function will be valid if the polarity of the supply voltage imposed is correct and within the rated voltage range.

Correct Use

Designing

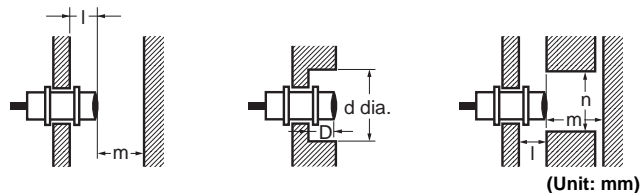
Power Reset Time

The Proximity Sensor is ready to operate within 100 ms after power is supplied. If power supplies are connected to the Proximity Sensor and load respectively, be sure to supply power to the Proximity Sensor before supplying power to the load.

Effects of Surrounding Metal

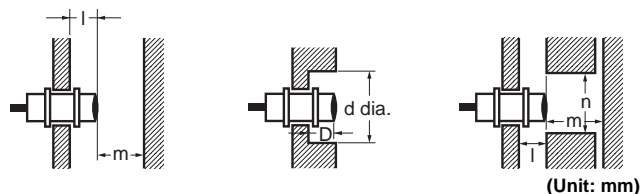
When mounting the proximity sensor within a metal panel, ensure that the clearances given in the Table1 are maintained. Failure to maintain these distance may cause deterioration in the performance of the sensor.

Table 1
Single Sensing Distance Type
<Shielded>



Item	Size	M8	M12	M18	M30
l		0	0	0	0
d		8	12	18	30
D		0	0	0	0
m		4.5	8	20	40
n		12	18	27	45

Double Sensing Distance Type
<Shielded>



Item	Size	M8	M12	M18	M30
l		0	2.4	3.6	6
d		8	18	27	45
D		0	2.4	3.6	6
m		4.5	12	24	45
n		12	18	27	45

Wiring

Be sure to wire the E2B and load correctly, otherwise it may be damaged.

Connection with No Load

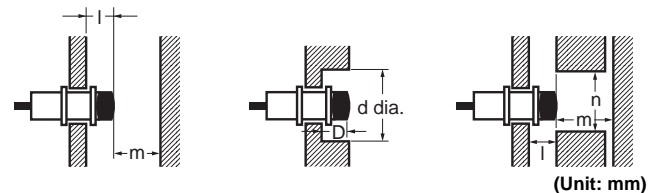
Be sure to insert loads when wiring. Make sure to connect a proper load to the E2B in operation, otherwise it may damage internal elements.

Do not expose the product to flammable or explosive gases.

Do not disassemble, repair, or modify the product.

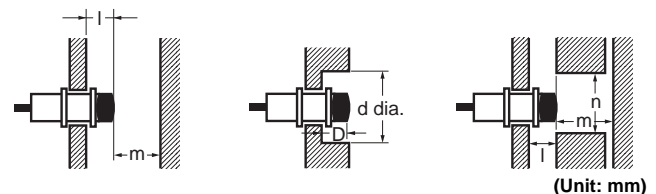
When provided with the UL Listing Mark, the E2B series with M1 or MC suffix shall be used with a Listed cable/connector assembly rated minimum 30V, minimum 200mA, in the final installation.

<Unshielded>



Item	Size	M8	M12	M18	M30
l		6	15	22	30
d		24	40	55	90
D		6	15	22	30
m		8	20	40	70
n		24	36	54	90

<Unshielded>



Item	Size	M8	M12	M18	M30
l		12	15	25	45
d		24	40	70	140
D		12	15	25	45
m		8	20	48	90
n		24	40	70	140

Power OFF

The Proximity Sensor may output a pulse signal when it is turned OFF. Therefore, it is recommended that the load be turned OFF before turning OFF the Proximity Sensor.

Power Supply Transformer

When using a DC power supply, make sure that the DC power supply has an insulated transformer. Do not use a DC power supply with an auto-transformer.

Mutual Interference

When installing two or more proximity sensors face to face or side by side, ensure that the minimum distances given in the Table 2 are maintained.

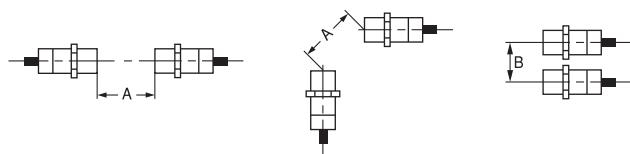


Table 2

Unit: (mm)

Size	M8				M12				M18				M30			
Type	Shielded		Unshielded		Shielded		Unshielded		Shielded		Unshielded		Shielded		Unshielded	
Model E2B-()	S08□S01	S08□S02	S08□N02	S08□N04	M12□S02	M12□S04	M12□N05	M12□N08	M18□S05	M18□S08	M18□N10	M18□N16	M30□S10	M30□S15	M30□N20	M30□N30
A	20	20	80	80	30	30	120	120	50	60	200	200	100	110	300	350
B	15	15	60	60	20	20	100	100	35	35	110	120	70	90	200	300

Wiring

High-tension Lines

Wiring through Metal Conduit:

If there is a power or high-tension line near the cable of the Proximity Sensor, wire the cable through an independent metal conduit to prevent against Proximity Sensor damage or malfunctioning.

Cable Extension

Standard cable length is less than 200 m.
The tractive force is 50 N.

Mounting

Do not tighten the sensor mounting nuts with excessive force.

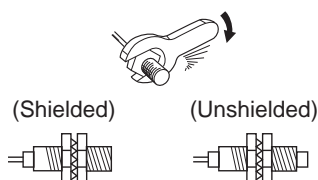


Table 3

Size	Torque
M8	7 N·m
M12	12 N·m
M18	30 N·m
M30	50 N·m

Maintenance and Inspection

Periodically perform the following checks to ensure stable operation of the Proximity Sensor over a long period of time.

1. Check for mounting position, dislocation, looseness, or distortion of the Proximity Sensor and sensing objects.
2. Check for loose wiring and connections, improper contacts, and line breakage.
3. Check for attachment or accumulation of metal powder or dust.
4. Check for abnormal temperature conditions and other environmental conditions.
5. Check for proper lighting of indicators (for models with a set indicator.)

Never disassemble or repair the Sensor.

Environment

Water Resistivity

The Proximity Sensors are tested intensively on water resistance, but in order to ensure maximum performance and life expectancy avoid immersion in water and provide protection from rain or snow.

Operating Environment

Ensure storage and operation of the Proximity Sensor within the given specifications.

Inrush Current

A load that has a large inrush current (e.g., a lamp or motor) will damage the Proximity Sensor, in which case connect the load to the Proximity Sensor through a relay.

<SUITABILITY FOR USE>

OMRON shall not be responsible for conformity with any standards, codes, or regulations that apply to the combination of the products in the customer's application or use of the products.

Take all necessary steps to determine the suitability of the product for the systems, machines, and equipment with which it will be used.

<CHANGE IN SPECIFICATIONS>

Product specifications and accessories may be changed at any time based on improvements and other reasons. Consult with your OMRON representative at any time to confirm actual specifications of purchased product.

READ AND UNDERSTAND THIS DOCUMENT

Please read and understand this document before using the products. Please consult your OMRON representative if you have any questions or comments.

WARRANTY

OMRON's exclusive warranty is that the products are free from defects in materials and workmanship for a period of one year (or other period if specified) from date of sale by OMRON.

OMRON MAKES NO WARRANTY OR REPRESENTATION, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING NON-INFRINGEMENT, MERCHANTABILITY, OR FITNESS FOR PARTICULAR PURPOSE OF THE PRODUCTS. ANY BUYER OR USER ACKNOWLEDGES THAT THE BUYER OR USER ALONE HAS DETERMINED THAT THE PRODUCTS WILL SUITABLY MEET THE REQUIREMENTS OF THEIR INTENDED USE. OMRON DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED.

LIMITATIONS OF LIABILITY

OMRON SHALL NOT BE RESPONSIBLE FOR SPECIAL, INDIRECT, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, LOSS OF PROFITS OR COMMERCIAL LOSS IN ANY WAY CONNECTED WITH THE PRODUCTS, WHETHER SUCH CLAIM IS BASED ON CONTRACT, WARRANTY, NEGLIGENCE, OR STRICT LIABILITY.

In no event shall responsibility of OMRON for any act exceed the individual price of the product on which liability is asserted.

IN NO EVENT SHALL OMRON BE RESPONSIBLE FOR WARRANTY, REPAIR, OR OTHER CLAIMS REGARDING THE PRODUCTS UNLESS OMRON'S ANALYSIS CONFIRMS THAT THE PRODUCTS WERE PROPERLY HANDLED, STORED, INSTALLED, AND MAINTAINED AND NOT SUBJECT TO CONTAMINATION, ABUSE, MISUSE, OR INAPPROPRIATE MODIFICATION OR REPAIR.

SUITABILITY FOR USE

THE PRODUCTS CONTAINED IN THIS DOCUMENT ARE NOT SAFETY RATED. THEY ARE NOT DESIGNED OR RATED FOR ENSURING SAFETY OF PERSONS, AND SHOULD NOT BE RELIED UPON AS A SAFETY COMPONENT OR PROTECTIVE DEVICE FOR SUCH PURPOSES. Please refer to separate catalogs for OMRON's safety rated products.

OMRON shall not be responsible for conformity with any standards, codes, or regulations that apply to the combination of products in the customer's application or use of the product.

At the customer's request, OMRON will provide applicable third party certification documents identifying ratings and limitations of use that apply to the products. This information by itself is not sufficient for a complete determination of the suitability of the products in combination with the end product, machine, system, or other application or use.

The following are some examples of applications for which particular attention must be given. This is not intended to be an exhaustive list of all possible uses of the products, nor is it intended to imply that the uses listed may be suitable for the products:

- Outdoor use, uses involving potential chemical contamination or electrical interference, or conditions or uses not described in this document.
- Nuclear energy control systems, combustion systems, railroad systems, aviation systems, medical equipment, amusement machines, vehicles, safety equipment, and installations subject to separate industry or government regulations.
- Systems, machines, and equipment that could present a risk to life or property.

Please know and observe all prohibitions of use applicable to the products.

NEVER USE THE PRODUCTS FOR AN APPLICATION INVOLVING SERIOUS RISK TO LIFE OR PROPERTY WITHOUT ENSURING THAT THE SYSTEM AS A WHOLE HAS BEEN DESIGNED TO ADDRESS THE RISKS, AND THAT THE OMRON PRODUCT IS PROPERLY RATED AND INSTALLED FOR THE INTENDED USE WITHIN THE OVERALL EQUIPMENT OR SYSTEM.

PERFORMANCE DATA

Performance data given in this document is provided as a guide for the user in determining suitability and does not constitute a warranty. It may represent the result of OMRON's test conditions, and the users must correlate it to actual application requirements. Actual performance is subject to the OMRON Warranty and Limitations of Liability.

CHANGE IN SPECIFICATIONS

Product specifications and accessories may be changed at any time based on improvements and other reasons.

It is our practice to change model numbers when published ratings or features are changed, or when significant construction changes are made. However, some specifications of the product may be changed without any notice. When in doubt, special model numbers may be assigned to fix or establish key specifications for your application on your request. Please consult with your OMRON representative at any time to confirm actual specifications of purchased products.

DIMENSIONS AND WEIGHTS

Dimensions and weights are nominal and are not to be used for manufacturing purposes, even when tolerances are shown.

ERRORS AND OMISSIONS

The information in this document has been carefully checked and is believed to be accurate; however, no responsibility is assumed for clerical, typographical, or proofreading errors, or omissions.

PROGRAMMABLE PRODUCTS

OMRON shall not be responsible for the user's programming of a programmable product, or any consequence thereof.

COPYRIGHT AND COPY PERMISSION

This document shall not be copied for sales or promotions without permission.

This document is protected by copyright and is intended solely for use in conjunction with the product. Please notify us before copying or reproducing this document in any manner, for any other purpose. If copying or transmitting this document to another, please copy or transmit it in its entirety.

ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS.
To convert millimeters into inches, multiply by 0.03937. To convert grams into ounces, multiply by 0.03527.

OMRON Corporation Industrial Automation Company
Tokyo, JAPAN

Contact: www.ia.omron.com

Regional Headquarters
OMRON EUROPE B.V.

Sensor Business Unit
Carl-Benz-Str. 4, D-71154 Nufringen, Germany
Tel: (49) 7032-811-0/Fax: (49) 7032-811-199

OMRON ELECTRONICS LLC

One Commerce Drive Schaumburg,
IL 60173-5302 U.S.A.
Tel: (1) 847-843-7900/Fax: (1) 847-843-7787

OMRON ASIA PACIFIC PTE. LTD.

No. 438A Alexandra Road # 05-05/08 (Lobby 2),
Alexandra Technopark,
Singapore 119967
Tel: (65) 6835-3011/Fax: (65) 6835-2711

OMRON (CHINA) CO., LTD.

Room 2211, Bank of China Tower,
200 Yin Cheng Zhong Road,
PuDong New Area, Shanghai, 200120, China
Tel: (86) 21-5037-2222/Fax: (86) 21-5037-2200

Authorized Distributor:

© OMRON Corporation 2013 All Rights Reserved.
In the interest of product improvement,
specifications are subject to change without notice.

CSM_1_5_0314
Cat. No. D116-E1-02

Printed in Japan
0314(0413)