



“Diseño de Barreras de Seguridad
Optoelectrónicas para Maquinaria de la Industria
del Calzado”



MAESTRÍA EN OPTOMECASTRÓNICA

Autor: Ing. Leandro Sosa Rivero
Asesor: M.I. Ricardo Valdivia Hernández

*Diciembre de 2015
León, Guanajuato, México*

Declaración de Autoridad

Por este medio doy a conocer que soy el único autor de esta Tesis de Maestría y autorizo al Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), así como a INDUSTRIAS SCALINI, a que hagan de este trabajo el uso que estimen pertinente.

Ing. Leandro Sosa Rivero
Autor

M.I. Ricardo Valdivia Hernández
Asesor

Dedicatoria

A mis padres...

Por su amor, educación, comprensión, e incondicionalidad; por haber sido el eslabón fundamental de mi formación para la vida y como profesional.

Agradecimientos

***A mi familia:** Por haber hecho tuyas mis preocupaciones, estando siempre pendientes de mis estudios, por su apoyo incondicional y la confianza que depositaron en mí; especialmente a Yolanda, mi abuelita querida.*

***A mi Tutor Ricardo Valdivia:** Por haberme dado la oportunidad de aprender de su experiencia, por brindarme sus consejos e infinidad de conocimientos; por su dedicación cada semana día a día a pesar de sus tantas responsabilidades.*

***A mis Profesores:** Por impartirme sus conocimientos y transferirme su experiencia, en especial a Enrique Noé, Diego y Adrián, que no dudaron nunca en brindarme su ayuda incondicional en todo.*

***A mis amigos/as:** Por compartir tantos momentos agradables y por tenerme siempre presente, especialmente a “Mi Negro” (el Rafa), que estuvo siempre apoyándome y ayudándome en todo lo que pudo de una forma u otra; igualmente me gustaría agradecerle a Lore por haberse encontrado siempre ahí para mí de manera incondicional y ofreciéndome sus buenos consejos.*

***En general:** A todos/as los que, de una forma u otra, contribuyeron a la realización de este trabajo.*

Resumen

El presente trabajo aborda el procedimiento de diseño, construcción y validación de dos prototipos de detectores de presencia basados en sensores ópticos y emisores de luz láser infrarroja; los cuales tienen la finalidad de funcionar como barreras de seguridad optoelectrónicas. Primeramente se realiza el diseño de los diagramas esquemáticos de ambos prototipos, haciendo uso del *software ISIS Profesional V7.8 SP2* y se implementa la programación lógica, en *Code Composer Studio V6.1*, del microcontrolador utilizado para vigilar el comportamiento de ambas barreras de seguridad. Posteriormente se despliega su proceso de construcción y se detallan los experimentos que se realizaron para validar su correcto funcionamiento; presentándose los resultados obtenidos con ambos prototipos. Se concluye el trabajo con el análisis de factibilidad económica del proyecto y con la discusión de la relación costo-beneficio de la inversión.

Índice

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN	IV
ÍNDICE	V
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 INTRODUCCIÓN.	8
1.2 ANTECEDENTES.	9
1.3 PROBLEMA.	9
1.4 HIPÓTESIS PRELIMINAR.	10
1.5 OBJETO DE ESTUDIO.	10
1.6 OBJETIVOS.	10
1.6.1 <i>Objetivo General.</i>	10
1.6.2 <i>Objetivos específicos.</i>	10
1.7 ALCANCE DEL TRABAJO.	11
1.8 ESTRUCTURA DEL TRABAJO.	11
CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LOS PROTOTIPOS.	12
2.1 INTRODUCCIÓN.	12
2.2 ESQUEMA FUNCIONAMIENTO.....	13
2.2.1 <i>Generación de la señal de control.</i>	13
2.2.2 <i>Etapa de detección.</i>	13
2.2.3 <i>Procesamiento de la señal de control.</i>	14
2.3 PARTES DE LOS CIRCUITOS DEL PRIMER PROTOTIPO.	14
2.3.1 <i>Barra emisora.</i>	14
2.3.1.1 Emisores láseres infrarrojos.....	15
2.3.1.2 Resistencias.....	16
2.3.1.3 Conectores de tres pines.	17
2.3.2 <i>Barra detectora.</i>	17
2.3.2.1 Regulador.....	17
2.3.2.2 Detectores.....	19
2.3.2.3 Microcontrolador.....	20

2.3.2.4	LED de verificación	23
2.3.2.5	Compuerta lógica AND.....	23
2.3.2.6	Transistor.....	23
2.3.2.7	Capacitores.....	24
2.3.2.8	Resistencias.....	24
2.3.2.9	Jumper.....	24
2.3.2.10	Conectores de tres pines.....	24
2.4	PARTES DE LOS CIRCUITOS DEL SEGUNDO PROTOTIPO.....	25
2.4.1	Barra 1.....	25
2.4.2	Barra 2.....	26
2.4.3	Nuevos componentes.....	26
2.4.3.1	Emisores LED láseres infrarrojos.....	26
2.4.3.2	Conectores.....	27
2.4.4	Componentes comunes.....	28
2.5	CÁLCULOS.....	28
2.5.1	Cálculos requeridos para el primer prototipo.....	29
2.5.1.1	Cálculo de la resistencia de los emisores.....	29
2.5.1.2	Cálculo de la resistencia para la base del transistor.....	30
2.5.1.3	Cálculo del diámetro del área de emisión, para separación requerida entre la barra emisora y la barra receptora.....	32
2.5.2	Cálculos requeridos para el segundo prototipo.....	34
2.5.2.1	Cálculo de la resistencia de los emisores.....	34
2.5.2.2	Cálculo del diámetro del área de emisión, para separación requerida entre la barra 1 y la barra 2.....	34
2.6	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL PRIMER PROTOTIPO.....	36
2.6.1	Diagrama esquemático de la barra emisora.....	37
2.6.2	Diagrama esquemático de la barra detectora.....	37
2.7	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SEGUNDO PROTOTIPO.....	39
2.7.1	Diagrama esquemático de la barra 1.....	39
2.7.2	Diagrama esquemático de la barra 2.....	39
2.8	CONCLUSIONES.....	42
CAPÍTULO 3. CONSTRUCCIÓN DE LOS PROTOTIPOS.....		43
3.1	INTRODUCCIÓN.....	43
3.2	ETAPAS DE CONFECCIÓN.....	43
3.2.1	Elaboración de los PCB de ambos prototipos.....	44
3.2.2	Desarrollo de la programación de ambos prototipos.....	50

3.2.2.1	Programación del primer prototipo.....	51
3.2.2.1.1	Pseudocódigo.....	51
3.2.2.2	Programación del segundo prototipo.....	51
3.2.2.2.1	Pseudocódigo.....	51
3.2.3	<i>Elaboración de las mascarillas de ambos prototipos.....</i>	52
3.2.3.1	Mascarillas para el primer prototipo.....	53
3.2.3.2	Mascarillas para el segundo prototipo.....	54
3.3	EXPERIMENTOS REALIZADOS.....	56
3.3.1	<i>Primer prototipo.....</i>	58
3.3.2	<i>Segundo prototipo.....</i>	59
3.4	LOCALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE LAS PRINCIPALES FALLAS EN LOS PROTOTIPOS.....	60
3.4.1	<i>Dispersión de la señal.....</i>	60
3.4.2	<i>Interferencia por radiación solar.....</i>	61
3.4.3	<i>Interferencia electromagnética.....</i>	61
3.4.4	<i>Alineación.....</i>	63
3.5	RESULTADOS.....	64
3.6	CONCLUSIONES.....	65
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.....		66
4.1	INTRODUCCIÓN.....	66
4.2	INTRODUCCIÓN TEÓRICA AL CÁLCULO DEL COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN.....	66
4.2.1	<i>Cálculo de costo total de la inversión.....</i>	68
4.3	INTRODUCCIÓN TEÓRICA AL CÁLCULO DEL PRECIO DEL PROYECTO.....	71
4.3.1	<i>Cálculo del precio del proyecto.....</i>	71
4.4	RELACIÓN COSTO-BENEFICIO.....	72
4.5	CONCLUSIONES.....	72
CONCLUSIONES.....		73
RECOMENDACIONES.....		74
BIBLIOGRAFÍA.....		75
APÉNDICES.....		77
ANEXOS.....		119

Capítulo 1. **Introducción.**

1.1 Introducción.

La tendencia en la industria hoy día se encuentra dirigida hacia el sector de la automatización, debido a la necesidad que existe de mejorar los procesos productivos, haciéndolos más eficientes cada vez; tendencia que se ha ido desarrollando e implementado gracias a la intervención y al conocimiento humano.

Sin embargo, cabe señalar que el ser humano no es infalible y, con frecuencia, por negligencia, falta de información, o sencillamente por descuido, comete errores que confluyen en daños tanto materiales (a la producción), como físicos (a ellos mismos).

Es por eso que, para implementar mecanismos que ofrezcan un mayor nivel de protección al personal operativo y al producto, se continúan buscando nuevos métodos y soluciones que refuercen la seguridad del operario y de la utilidad en cada proceso productivo.

Una de las soluciones generadas, a fin de mantener una seguridad fiable, la constituyen las Barreras de Seguridad Optoelectrónicas; ya que ofrecen un excelente nivel de seguridad a los operarios a la vez que permiten un proceso de producción continuo y sin interrupciones.

Existían muchas preocupaciones respecto a la fiabilidad en la protección que brindaban, desconcierto por la presencia de puntos muertos generados por los no perfeccionados procesos de producción existentes para la confección de las mismas, e incluso, por lo endeble que resultaba un sistema de seguridad como este ante las inclemencias del tiempo (aire, polvo, humedad, etc.).

Hoy en día, estas preocupaciones son parte del pasado, debido a la incuestionable protección que dispositivos de seguridad como este ofrecen en la robustez de su acabado y la precisión de su fabricación.

1.2 Antecedentes.

INDUSTRIAS SCALINI es una empresa emprendedora que nació en 1987 por la inquietud de tres ingenieros en electrónica que notaron el potencial crecimiento que existía en México en la industria del calzado; razón por la cual decidieron ubicar su empresa en la Ciudad de León (Guanajuato), la Capital Mundial del Calzado (como también se le conoce), y destinarla entonces completamente a la fabricación y diseño de maquinaria para la confección de calzado.

La primera máquina que se fabricó fue construida para producir zapato de guante, después se fabricó otra para activar suela con lámparas de cuarzo a la que le siguieron otras con diferentes fines.

Con el aumento en la producción devinieron también, paralelamente, ciertos problemas para garantizar la seguridad del operario de algunos de los modelos de máquinas que se producían. Es por eso que la empresa se encuentra investigando nuevas alternativas para poder dar solución a tales inconvenientes. Se busca minimizar el riesgo de accidentes a los operarios mediante el diseño e instalación de diferentes sistemas de seguridad (mecánicos, electrónicos, por estandarización de procesos manuales, entre otros) para cada máquina que fabrican.

A partir de todo lo anteriormente expuesto nos encontramos entonces ante la siguiente situación problemática: **algunos modelos de máquinas producidos por INDUSTRIAS SCALINI no garantizan totalmente la seguridad del operario final.**

1.3 Problema.

A uno de los modelos de máquinas producido por INDUSTRIAS SCALINI se le instalaba un módulo de seguridad comercial consistente en una barra emisora y una barra detectora que detecta presencia. Sin embargo, este módulo dejó de producirse, por lo que INDUSTRIAS SCALINI se vio en la necesidad de implementar un diseño propio.

Por la razón expuesta, buscó la colaboración con el CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ÓPTICA para desarrollar, con un esquema similar al anteriormente utilizado, un detector de presencia eficiente que continúe funcionando como sistema de seguridad en dicha máquina.

Las evidencias presentadas permiten asumir el siguiente problema científico:
Necesidad de perfeccionar el sistema de seguridad que se instala en algunos modelos de máquinas producidas por INDUSTRIAS SCALINI.

1.4 Hipótesis preliminar.

El diseño y desarrollo de un prototipo propio de detector de presencia que funcione como Barrera Optoelectrónica de Seguridad, anularía en gran medida el riesgo por accidentes al operario que, en su proceso productivo, requiera utilizar las máquinas producidas por la empresa INDUSTRIAS SCALINI.

1.5 Objeto de estudio.

Proceso de diseño y desarrollo de Barreras Optoelectrónicas de Seguridad.

1.6 Objetivos.

Los objetivos perseguidos en este proyecto de tesis de maestría se definen a continuación como:

1.6.1 Objetivo General.

Desarrollar un prototipo de Barrera de Seguridad Optoelectrónica a instalar en una de las máquinas producidas por INDUSTRIAS SCALINI, que garantice la seguridad del operario mientras la manipule.

1.6.2 Objetivos específicos.

- Diseñar esquemas de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas, con los emisores y detectores funcionando linealmente, y donde los emisores y detectores estarán cruzados.

- Desarrollar la programación de estos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas.
- Construir prototipos funcionales de los esquemas diseñados.

1.7 Alcance del trabajo.

El proyecto de tesis de maestría se despliega hasta el diseño de los esquemas de prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas; incluyendo su programación y la construcción de los mismos.

1.8 Estructura del trabajo.

La presente investigación se estructura en cinco capítulos, conclusiones generales y recomendaciones; más apéndices y anexos que complementan el trabajo. Los capítulos están distribuidos de la siguiente manera:

Capítulo I. Se realiza una introducción general al tema a abordar, mencionándose los antecedentes del problema existente a resolver para la realización de este proyecto. Igualmente se describen los objetivos e hipótesis preliminares del trabajo, especificándose su alcance.

Capítulo II. Se describen tanto las etapas funcionales, como las partes y componentes electrónicos utilizados para generar el diseño de ambos prototipos; así como los cálculos necesarios para realizar las conexiones de estos componentes al sistema. Se realiza además el diseño de los diagramas esquemáticos de los prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas.

Capítulo III. Se desarrolla la construcción de los prototipos describiéndose sus distintas etapas de confección, las pruebas que se realizaron para validar su funcionalidad, y la implementación de su programación; se exponen también los resultados finales obtenidos.

Capítulo IV. Se hace el análisis de la factibilidad económica de la implementación del proyecto, teniendo en cuenta la relación costo-beneficio.

Capítulo 2. **Diseño de los Prototipos.**

2.1 Introducción.

Los ingenieros formulan planes para la realización física de máquinas, dispositivos y sistemas. Estos procesos son comunes a todas las disciplinas en el campo del diseño en ingeniería. Diseñar es formular un plan para satisfacer una demanda humana. Dicha necesidad particular que habrá de satisfacerse, puede estar completamente bien definida desde el principio, o puede ser tan confusa e indefinida, que se requiere de un esfuerzo mental y físico considerable para enunciar un problema que exige solución.

Todo proceso de diseño siempre está sujeto a determinadas restricciones para su resolución. Un diseño tiene un propósito específico: la obtención de un resultado final, al que se llega mediante una acción determinada o por la creación física de algo. El diseño en ingeniería es el proceso en el que se utilizan principios científicos y métodos técnicos (matemáticos, computacionales, electrónicos, métodos gráficos, simulaciones y lenguaje común) para llevar a cabo un plan que cubrirá cierta necesidad o demanda.

Es por ello que este capítulo se encuentra enfocado a desglosar la metodología utilizada para diseñar (y posteriormente desarrollar) dos prototipos destinados a cumplir la misma función: la de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas. En las secciones siguientes se describirán las etapas claves para la realización de dicho diseño, las partes y componentes electrónicos seleccionados (después de haber realizado las pruebas necesarias para validar su idoneidad en esta aplicación) para integrar el circuito; y los diagramas esquemáticos desarrollados para generar la simulación y probar el correcto funcionamiento de ambos prototipos.

2.2 Esquema funcionamiento.

En el diagrama de bloques que se muestra a continuación se explica, de forma muy resumida y sencilla, el funcionamiento de ambos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas; el cual consta, como podrá observarse, de tres etapas fundamentales:

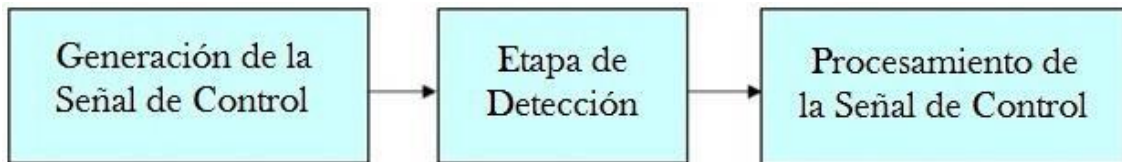


Figura 2.1 Esquema funcional de ambos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas.

2.2.1 Generación de la señal de control.

Se utiliza un microcontrolador MSP430F2274 de *Texas Instruments* para generar la señal de 1khz para envolver y modular la frecuencia de 35khz (generada también por el microcontrolador) a la que se encontrará emitiendo el circuito emisor. Igualmente, en uno de los prototipos, éste microcontrolador es el encargado de controlar el *delay*¹ en los tiempos de activación para la detección entre una barrera y otra.

2.2.2 Etapa de detección.

Esta etapa consiste en detectar, principalmente, la presencia de las manos del operario dentro de la zona de riesgo protegida por la Barrera de Seguridad Optoelectrónica. La detección ocurre cuando el haz de radiación infrarroja que se encuentra generando el circuito emisor hacia el circuito receptor, es obstruido por algún objeto.

¹*Delay*: que traducido al español significa retardo, se utiliza en electrónica para referirse a la demora de cualquier dispositivo en cambiar de estado (por ejemplo: en el parpadeo de un *LED*).

2.2.3 Procesamiento de la señal de control.

Luego de realizarse la detección, nos encontramos entonces en la última de las etapas, la cual se utiliza para controlar el funcionamiento de ambos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas al recibir el microcontrolador la señal de detección e interpretarla; convirtiéndola en la señal de salida binaria de estos prototipos de sensores, con el propósito de que se logre realizar el posterior control requerido en la máquina en la que vayan a ser instalados posteriormente.

2.3 Partes de los circuitos del primer prototipo.

Para la realización del primer prototipo de sensor, el esquema funcional a desarrollar quedó tal y como se muestra en el siguiente diagrama de bloques:

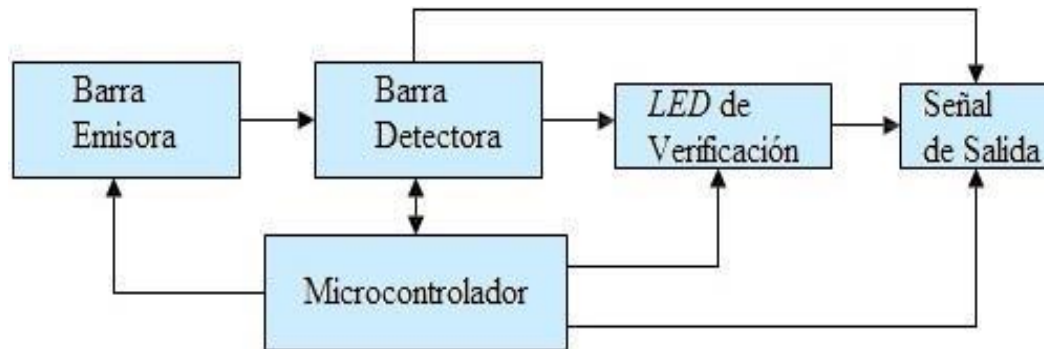


Figura 2.2 Diagrama lógico funcional del primer prototipo de Barrera de Seguridad Optoelectrónica.

Cabe mencionar que en este modelo, tanto el *LED* de verificación, como el microcontrolador y la emisión de la señal de salida, se encuentran contenidos físicamente dentro de la barra detectora.

2.3.1 Barra emisora.

Esta barra cuenta con unas dimensiones de 370mm de largo por 30mm de ancho y se alimenta con una tensión directa de 3.3V. Posee un diseño muy optimizado (tal y como se puede observar en la Figura 2.3), el cual sólo contiene tres tipos de elementos circuitales:



Figura 2.3 Barra emisora.

2.3.1.1 Emisores láseres infrarrojos.

Para cumplir con las especificaciones del diseño que se desarrolló para la realización de este proyecto, se escogieron ledes infrarrojos del tipo OPV332 (ver Figura 2.4), debido a sus características (ver [Anexo 1](#) para detalles más específicos sobre sus propiedades electro-ópticas, curvas de comportamiento, etc.): [1]

- Alta fiabilidad.
- Encapsulado en forma de lente, que genera un estrecho ángulo de emisión de solo 4°.
- Gran intensidad radiante con baja corriente de alimentación.
- Cumple con la directiva *RoHS*²
- Una longitud de onda pico de 850nm.
- Trabajan con baja tensión en polarización directa.

²*RoHS*: del acrónimo en inglés *Restriction of Hazardous Substances*: restricción de ciertas sustancias peligrosas; se refiere a la directiva 2002/95/CE en aparatos eléctricos y electrónicos, adoptada en febrero de 2003 por la Unión Europea.

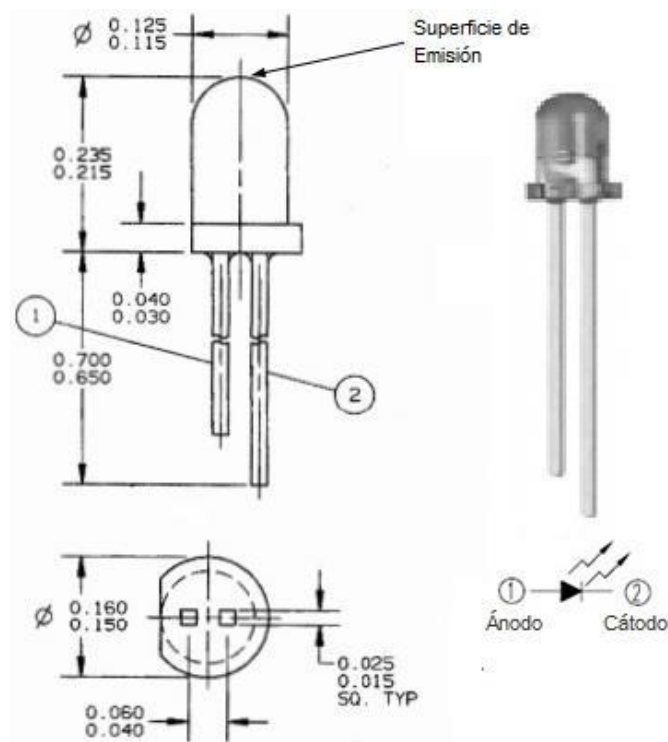


Figura 2.4 Diodo *LED* láser infrarrojo OPV332 y símbolo electrónico (todas las dimensiones están en mm). [1]

Se colocaron ocho de estos emisores en la placa de la barra emisora, separados equidistantemente a 47.98mm uno del otro. Siendo los encargados de transmitir una señal modulada de 1kHz que envuelve a la portadora de 35kHz (ambas generadas por el microcontrolador), para hacer operar a los receptores de la barra detectora de una manera continua, precisa y con la menor interferencia posible.

2.3.1.2 Resistencias.

Como protección, ningún tipo de *LED* debe ser conectado directo a la fuente de tensión de la que se alimentará, sino que necesitará de una resistencia que controle el flujo de corriente con la que este trabajará. Por tanto, se colocaron ocho resistencias de 330Ω cada una en esta barra (valor suficiente para generar la potencia deseada en el emisor, y el cual se determinó mediante cálculos que serán detallados más adelante en este capítulo); una para cada emisor.



Figura 2.5 Resistencias de 330Ω utilizadas en la barra emisora.

2.3.1.3 Conectores de tres pines.

Esta barra contiene un conector básico de tres pines, el cual se utiliza para recibir la señal de frecuencia para los emisores y alimentar esta barra (un pin de señal para la emisión y los otros dos de V_{CC} y GND ³ respectivamente).

2.3.2 Barra detectora.

Contiene las mismas dimensiones (370mm x 30mm) y la misma alimentación (3.3V) que la barra emisora, pero posee un diseño un tanto más complejo (mostrado en la figura 3.3.2.1); ya que dispone de una mayor cantidad de componentes electrónicos:



Figura 2.6 Barra emisora.

2.3.2.1 Regulador.

Como el diseño de las Barreras de Seguridad Optoelectrónicas está destinado para que éstas se instalen posteriormente en las máquinas de pegado por presión

³*GND*: abreviatura en inglés de *Ground*: tierra; utilizada en electrónica como tensión de referencia ó 0V para circuitos alimentados con CA o VDC.

que produce INDUSTRIAS SCALINI, no fue necesario diseñar una fuente de alimentación para el circuito; se requirió únicamente de acondicionar el voltaje de entrada que ofrece la fuente de alimentación de la máquina en donde se instalarán las barreras (5V), a los 3.3V de entrada de corriente directa necesarios para poner en funcionamiento el microcontrolador y suficientes para los demás componentes que conforman las barras.

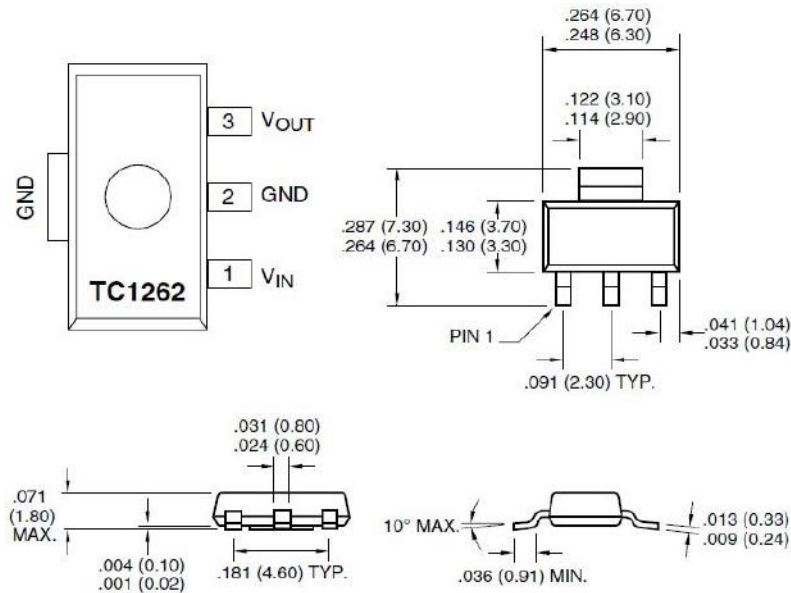


Figura 2.7 Regulador lineal TC1262-33VDB (encapsulado tipo 3-Pin SOT-223) y sus dimensiones (todas las dimensiones están en mm). [2]

El regulador elegido fue el TC1262-33VDB (de montaje superficial), ya que resultaba adecuado para cumplir con las especificaciones (convertir los 5V de entrada en los 3.3V requeridos) del diseño sin inconveniente alguno. Este regulador fue conectado al circuito según la configuración recomendada por el fabricante en su *datasheet*⁴, la cual puede observarse en la Figura 2.8 (ver otras características y especificaciones de este regulador en el [Anexo 2](#)).

⁴*Datasheet*: que traducido al español significa hoja de datos. Es un documento que resume el funcionamiento y características de un componente electrónico (generalmente), para que este pueda ser utilizado por un ingeniero.

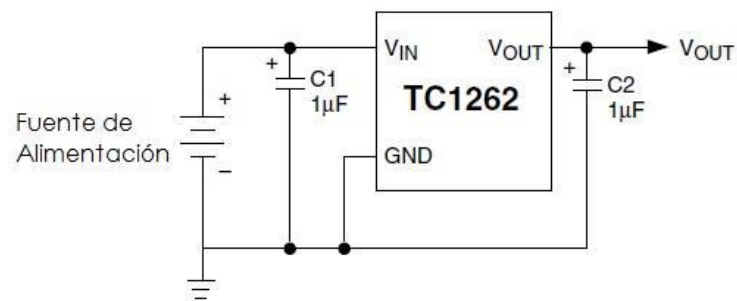


Figura 2.8 Conexión de regulador TC1262-33VDB recomendada por el fabricante.

[2]

2.3.2.2 Detectores

Se realizaron pruebas de rangos de frecuencia de operación y grado de sensibilidad a diversos detectores. Se optó finalmente por utilizar los detectores GP1UE26RK0VF, principalmente por trabajar a la frecuencia que originalmente utilizaba INDUSTRIAS SCALINI en sus anteriores sensores, evitando así problemas de compatibilidad con la señal de salida del sensor en la máquina donde finalmente se instalarán estas Barreras de Seguridad Optoelectrónicas (ver [Anexo 3](#) para detalles más específicos sobre sus propiedades electro-ópticas, sus condiciones recomendadas de operación, etc.).

Fueron utilizados en esta barra un total de ocho detectores equidistantes (47.98mm uno del otro), debido a que el tipo de detección que realizaría este prototipo sería de tipo lineal (a cada emisor le corresponde un detector).

Como puede observarse en la Figura 2.9, estos detectores no cuentan con una estructura interna sencilla. Su interior lo conforman varios componentes electrónicos encargados, en su conjunto, de filtrar y decodificar (o demodular) la señal lumínica infrarroja que recibe directamente de los emisores, para que ésta sea interpretada correctamente.

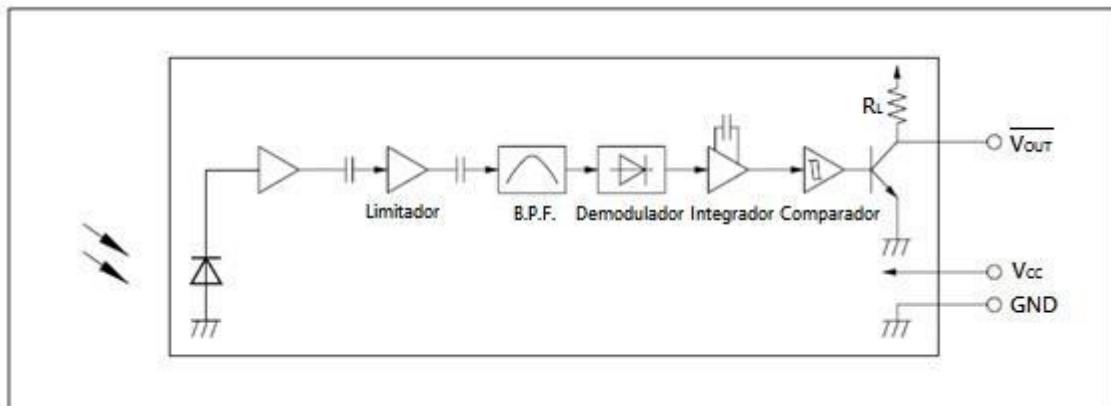


Figura 2.9 Diagrama en bloques representativo de la estructura interna de un detector GP1UE26RK0VF. [3]

Para la conexión de este dispositivo a la barra detectora se utilizó la configuración básica recomendada por el fabricante en su *datasheet*. Este recomienda conectar a la terminal de alimentación (V_{CC}) una resistencia de 47Ω y, entre esta misma terminal y la tierra (GND), utilizar un capacitor de $47\mu F$.

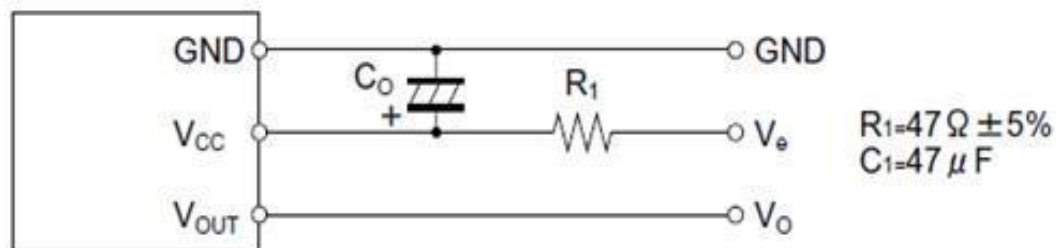


Figura 2.10 Conexión de detector GP1UE26RK0VF recomendada por el fabricante. [3]

2.3.2.3 Microcontrolador.

El MSP430F2274 de *Texas Instruments*, pertenece a una serie de microcontroladores con potencias ultra bajas de señal combinada, dos temporizadores de 16bits y 16 registros también de 16bits. Una potente CPU 16-bit RISC y generadores de constantes que contribuyen a la máxima eficiencia del código. Una interfaz universal de comunicación serie, un convertidor A/D de 10-bit con referencia integrada y controlador de transferencia de datos (DTC). Dos amplificadores operacionales de propósito general, 32 pines de E/S y un oscilador

controlado digitalmente (*DCO*) que permite despertar de los modos de bajo consumo al modo activo en menos de 1 μ s. [4]

Algunas de sus principales características las podemos encontrar de manera más detallada en la siguiente tabla (ver otras características en [Anexo 4](#)):

<i>CPU</i>	Arquitectura	16-bit <i>RISC</i>
Set de Instrucciones	Cantidad	51 instrucciones; 3 formatos; 7 modos de dirección
Modos de Operación	Cantidad	1 modo activo, 5 modos de bajo consumo
Vector de Interrupción	Contiene	Direcciones de 16bits (0FFFFh-0FFC0h)
Reloj	Frecuencia Máxima de Operación	32768Hz
Memoria	Memoria <i>FLASH</i>	512b (010FFh-01000h)
	Memoria <i>RAM</i>	1kb (05FFh-0200h)
	Memoria <i>ROM</i>	1kb (0FFFh-0C00h)
Periféricos	Módulos <i>Timers/WDT</i>	2-16bit; 1- <i>WDT</i>
	Comunicación Serial	<i>USCI</i>
	Convertidor A/D	1-10bit
Pines	Entrada y Salida (E/S)	32
Condiciones Recomendadas de Operación	Rango de Voltaje para Ejecución del Programa	1.8V-3.6V
	Rango de Voltaje para Programación/borrado de la <i>FLASH</i>	2.2V-3.6V

Tabla 2.1 Características principales del microcontrolador MSP430F2274M.

Resulta necesario conocer la distribución de los 32 pines E/S que dispone el microcontrolador para poder realizar posteriormente las conexiones requeridas por el diseño que se planea realizar. Dicha distribución la podemos observar en la Figura 2.11.

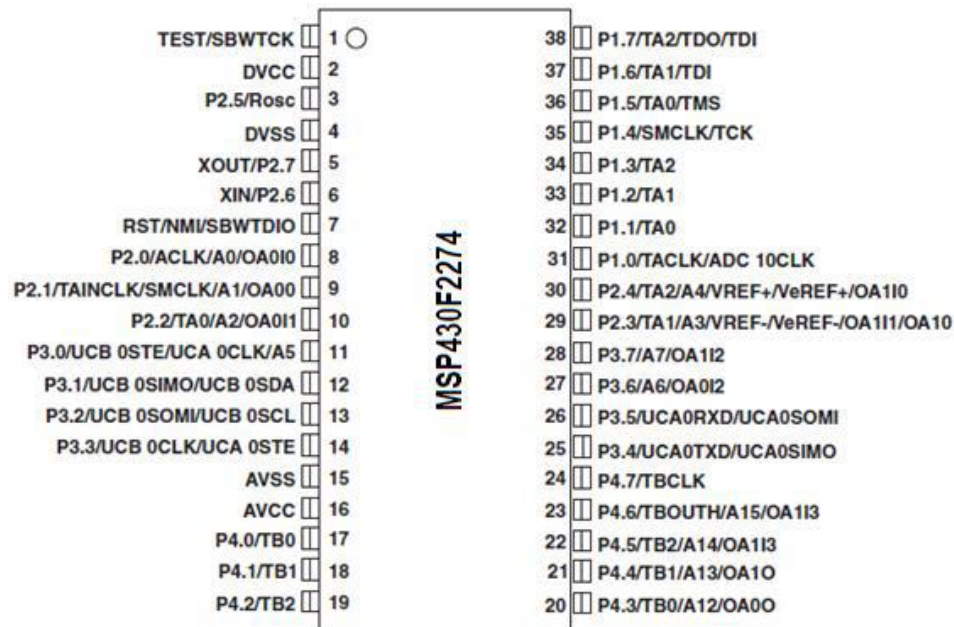


Figura 2.11 Pines E/S del microcontrolador MSP430F2274M. [4]

Las características del MSP430F2274M, anteriormente mencionadas, resultan suficientes para cubrir las necesidades requeridas en el diseño de los prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas

Este microcontrolador recibe todas las señales de salida de los 8 detectores por el Puerto 1 (P1.0 - P1.7) y analiza constantemente, a través de la programación que se le realizó (la cual se detallará más adelante), cuando ocurre alguna interrupción del haz infrarrojo emitido por los ledes láser de la barra emisora.

La señal emitida por los ledes láser de la barra emisora, es generada por este microcontrolador; y se compone por una señal moduladora (enviada a través del Puerto P4.1/TB1) y otra portadora (enviada a través del Puerto P4.0/TB0), evitando así, interferencias ajenas al sistema.

Además, cuando el microcontrolador deja de recibir señal de los detectores, éste interpreta que se ha detectado presencia; generando una señal binaria (a través del Puerto P3.0/UCB 0STE/UCA 0CLK/A5), que enciende el *LED* de verificación y funciona como señal de salida lógica para cualquier actuador.

2.3.2.4 **LED de verificación.**

Este *LED* se enciende (salida lógica alta) cuando ha ocurrido una obstrucción del haz infrarrojo emitido de la barra emisora a la detectora; indicando así que se ha detectado presencia.

2.3.2.5 **Compuerta lógica *AND*⁵.**

Esta compuerta lógica es colocada en la barra detectora entre el microcontrolador y la señal enviada a los emisores, y su función es la de combinar la señal moduladora con la señal portadora; generando así la señal de frecuencia modulada de 35khz que emiten los ledes láser.

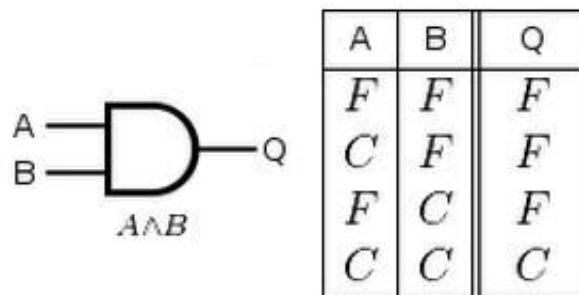


Figura 2.12 Símbolo de compuerta lógica *AND* y su tabla de verdad.

2.3.2.6 **Transistor.**

Para amplificar la señal modulada entregada por la compuerta lógica *AND* a los emisores, se utilizó un transistor NPN modelo 2N2222A.

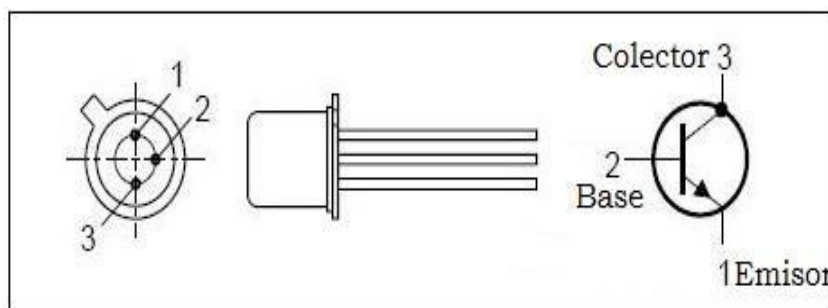


Figura 2.13 Transistor 2N2222A (encapsulado TO-18) y su símbolo.

⁵*AND*: compuerta lógica digital cuyo valor resulta cierto solo si todas sus entradas son verdaderas, y falso en cualquier otro caso.

2.3.2.7 Capacitores.

En la confección de esta barra detectora se utilizaron un total de 11 capacitores. Ocho de ellos de $47\mu\text{F}$, requeridos para el correcto funcionamiento de los detectores, y otros tres de $1\mu\text{F}$ para la correcta configuración del regulador lineal y del *reset* del microcontrolador.

2.3.2.8 Resistencias.

Fueron utilizadas un total de 10 resistencias. Ocho de ellas de 47Ω , requeridas para el correcto funcionamiento de los detectores, y otras dos de $1\text{k}\Omega$ y $47\text{k}\Omega$ para manejar la corriente que recibe el transistor que envía la señal de salida binaria de las barras (cálculo que se detallará más adelante en este capítulo) y para la correcta configuración del *reset* del microcontrolador respectivamente.

2.3.2.9 *Jumper*⁶.

Como estas Barreras de Seguridad Optoelectrónicas en un futuro podrían necesitar alguna actualización de su *firmware*⁷, o sencillamente alguna configuración diferente referente a su funcionamiento, esto implicaría que se tendría que reprogramar el microcontrolador. Es por ello que se pensó en la colocación de este *jumper* en esta barrera de detección para poder realizar esta operación de reprogramado de forma sencilla, efectiva y directa.

2.3.2.10 Conectores de tres pines.

Esta barra contiene dos conectores básicos de tres pines. Un conector es utilizado para enviar información a la barra emisora y alimentarla (un pin de señal para la

⁶*Jumper*: que traducido al español significa puente, es un elemento que permite interconectar dos terminales de manera temporal sin tener que efectuar una operación que requiera una herramienta adicional.

⁷*Firmware*: es un bloque de instrucciones de máquina para propósitos específicos, grabado en un chip, normalmente de lectura/escritura, que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo.

emisión y los otros dos de V_{CC} y GND respectivamente). Y el otro es utilizado para enviar la señal de salida binaria y alimentar esta barra (un pin de señal binaria de salida y los otros dos V_{CC} y GND respectivamente).

2.4 Partes de los circuitos del segundo prototipo.

Para el segundo prototipo de sensor, el esquema funcional a desarrollar quedó tal y como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.

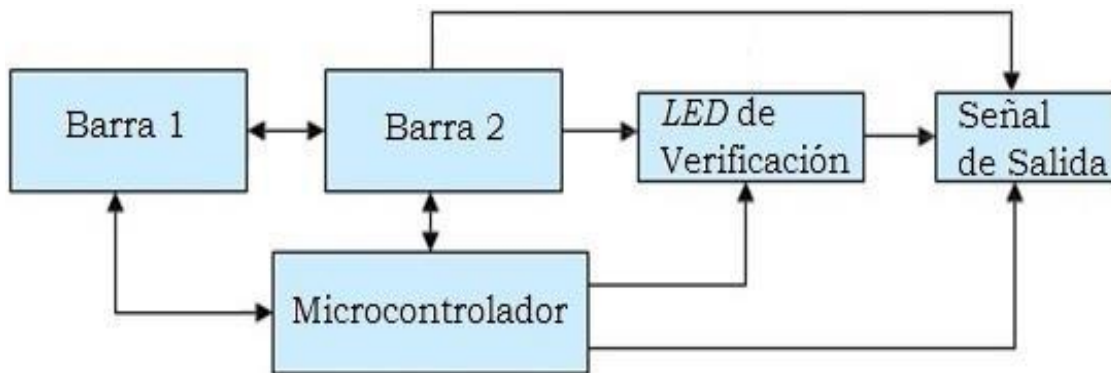


Figura 2.14 Diagrama lógico funcional del segundo prototipo de Barrera de Seguridad Optoelectrónica.

Cabe mencionar que en este modelo, tanto el *LED* de verificación, como el microcontrolador y la emisión de la señal de salida, se encuentran contenidos físicamente dentro de Barra 2.

A continuación se describen únicamente los nuevos modelos de componentes incorporados tanto en la barra 1 como en la barra 2, para lograr un esquema diferente de detección en este segundo prototipo de Barrera de Seguridad Optoelectrónica; y sólo se mencionan aquellos que son comunes entre uno y otro prototipo.

2.4.1 Barra 1.

Esta barra cuenta con unas dimensiones de 390mm de largo por 30mm de ancho y se alimenta con una tensión directa de 3.3V. Posee un diseño más sencillo que el de la barra 2 (tal y como se muestra en la Figura 2.15), el cual sólo contiene cinco tipos de elementos circuitales. Estos son: resistencias (alguna de las cuales

se necesitó determinar su valor mediante cálculos, los cuales se detallan más adelante en este capítulo), capacitores, detectores, conectores de tres y de ocho pines, y emisor (del cual se hablará más adelante).

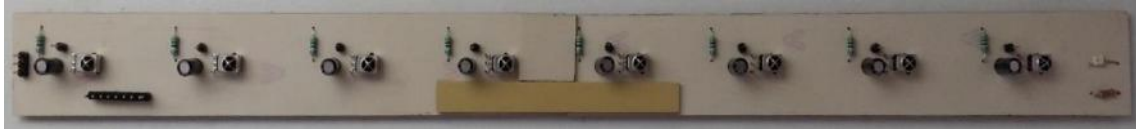


Figura 2.15 Barra 1.

2.4.2 Barra 2.

Cuenta con las mismas dimensiones (390mm x 30mm) y la misma alimentación (3.3V) que la barra 1, pero su diseño es un tanto más complejo porque dispone de una mayor cantidad de componentes electrónicos (Figura 2.16) ya que en esta barra se encuentran incorporados el resto de los elementos adicionales a los que ya posee la barra 1, que hacen que funcione correctamente este prototipo; estos elementos son el microcontrolador y la compuerta lógica *AND*.



Figura 2.16 Barra 2.

2.4.3 Nuevos componentes.

Buscando contar con un sistema de emisión en que un solo emisor fuese detectado por todos los receptores en la barra opuesta, se reemplazaron los ledes láser por otros cuyo ángulo de emisión es mucho mayor, logrando utilizar un solo emisor en cada una de las barras.

2.4.3.1 Emisores *LED* láseres infrarrojos.

Para cumplir con las especificaciones del nuevo esquema de detección, se sustituyeron los emisores que se habían utilizado en el primer prototipo. Por tanto, se escogieron ledes emisores infrarrojos del tipo SFH 4250S (ver Figura 2.17), debido a sus características (ver [Anexo 5](#) para detalles más específicos sobre sus propiedades electro-ópticas, sus curvas de comportamiento, etc.): [5]

- Alta fiabilidad.
- Amplio ángulo de emisión de 120°.
- Cumple con la directiva *RoHS*.
- Una longitud de onda pico de 860nm.
- Pequeños tiempos de conmutación.

Se colocó sólo un emisor de éstos en la parte superior de la placa de la barra 1, y otro en la parte inferior de la placa de la barra 2. Siendo los encargados de transmitir una señal modulada de 1kHz que envuelve a la portadora de 40kHz (ambas generadas por el microcontrolador), para hacer operar a los receptores de una manera continua y precisa; en la que lograra cubrir toda el área requerida de detección.

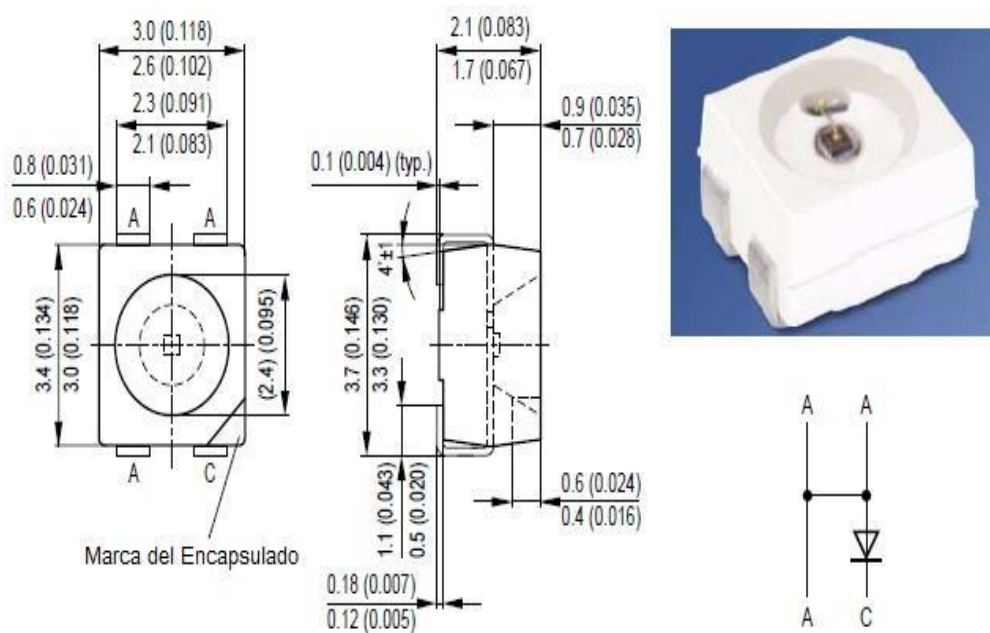


Figura 2.17 Diodo *LED* infrarrojo SFH 4250S y símbolo electrónico (todas las dimensiones están en mm). [5]

2.4.3.2 Conectores.

Para realizar las conexiones en este segundo prototipo, resultó necesario adicionar nuevos conectores de más pines a los anteriores de tres pines utilizados en el prototipo anterior.

La barra 1 necesitó un total de dos conectores. Uno de tres pines para recibir información de la barra 2 y alimentarla (un pin de señal para la emisión y los otros dos de V_{CC} y GND respectivamente). Y el otro de ocho pines para enviarle la lectura de los detectores al microcontrolador (ubicado en la barra 2).

La barra 2 necesitó también un total de tres conectores. Uno de tres pines para enviar información a la barra 1 y alimentarla (un pin de señal para la emisión y los otros dos de V_{CC} y GND respectivamente), uno para enviar la señal de salida binaria y alimentar esta barra (un pin de señal binaria de salida y los otros dos V_{CC} y GND respectivamente) y un tercero de ocho pines para recibir la lectura de todos los detectores de la barra 1.

2.4.4 Componentes comunes.

En este segundo prototipo se generó un diseño diferente al del primero, pero sobre la base de la reutilización de los mismos componentes circuitales. No obstante, para lograrlo, se hizo necesario introducir algunos nuevos componentes (los cuales ya se mencionaron anteriormente). Es decir, este nuevo prototipo cuenta con los mismos detectores, los mismos valores de capacitores y resistencias, la misma compuerta lógica *AND* y el mismo controlador que componen al primer prototipo.

2.5 Cálculos.

Todo diseño necesita de cálculos previos para realizar el correcto acoplamiento de los componentes circuitales; previniéndose así funcionamientos incorrectos, rupturas de componentes o resultados inesperados en el circuito final que desea desarrollarse.

A continuación se detallan los cálculos necesarios realizados en los diseños de ambos prototipos para generar el comportamiento deseado en cada uno de ellos.

2.5.1 Cálculos requeridos para el primer prototipo.

En el primer prototipo fue preciso realizar ciertos cálculos que aseguraran el correcto funcionamiento, tanto de la barra detectora, como de la barra emisora; teniendo siempre en cuenta la distancia a la que se requería que fueran colocadas una barra de la otra.

2.5.1.1 Cálculo de la resistencia de los emisores.

Para determinar el valor de las resistencias que controlarán el flujo de corriente a través de los emisores infrarrojos del primer prototipo, se realizaron los siguientes cálculos:

Conociendo que la corriente máxima que debe circular a través del *LED* emisor ($I_{f\text{máx}}$) es de 12mA (según su *datasheet*), se deberá entonces escoger un valor menor a éste límite definido; evitándose así acortar su tiempo de vida útil. Por lo tanto:

$$\frac{V_{in} - V_{LED}}{R} < I_{f\text{máx}} \quad (2.1)$$

donde:

$I_{f\text{máx}}$: corriente máxima que circulará por el emisor.

V_{in} : tensión de alimentación.

V_{LED} : tensión en el emisor.

R: resistencia.

Resolviendo la ecuación 2.1 para obtener el valor de resistencia, y sustituyendo para los otros valores, se obtiene:

$$R > \frac{3.3V - 1.2V}{12\text{mA}}$$

$$R > 175\Omega$$

Como se pudo observar, para tener el máximo valor de corriente soportado por el *LED*, necesitaríamos, en este caso, una resistencia 175Ω . Como no se requiere tanta potencia, se decidió utilizar el emisor a un poco más de la mitad de su capacidad, es decir, haciendo circular a través de él una corriente de 6.5mA . Por tanto, se requiere utilizar nuevamente la ecuación 2.1 para obtener el valor de resistencia requerido para mantener ese flujo de corriente deseado.

Formulando otra vez los mismos cálculos, pero ahora con la corriente deseada de 6.5mA como $I_{f\text{máx}}$, obtenemos entonces una $R = 323\Omega$, la cual se aproxima, para poderla utilizar prácticamente, a una $R = 330\Omega$; ya que ese es el valor comercial más cercano al resultado del cálculo teórico obtenido.

2.5.1.2 Cálculo de la resistencia para la base del transistor.

Para determinar el valor de la resistencia que permitirá que el transistor trabaje en sus regiones tanto de corte como de saturación, se realizaron los siguientes cálculos:

Se requiere de alimentar a 8 emisores, cada uno con una corriente de 6.5mA , lo que da como resultado un total de 52mA . Además, se tiene que el factor de ganancia (β) de este transistor es de 200 (especificada en su *datasheet*; ver [Anexo 6](#) para más detalles). La corriente que circulará por la base de este transistor (I_B) puede obtenerse a partir de la relación:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (2.2)$$

donde:

β : factor de ganancia transistor.

I_C : corriente del colector del transistor.

I_B : corriente de la base del transistor.

Resolviendo 2.2 para obtener la corriente que circulará por la base de transistor, y sustituyendo para los otros valores, se obtiene:

$$I_B = \frac{52\text{mA}}{200}$$

$$I_B = 260\mu\text{A}$$

Sin embargo, para garantizar la saturación del transistor, se selecciona una corriente diez veces mayor que la obtenida de manera teórica. Por lo tanto se usará una corriente de base $I_B = 2.6\text{mA}$.

Con este valor de corriente, se revisa en el *datasheet* la curva de V_{BESAT} vs I_C , en donde, para una $I_C = 52\text{mA}$, se obtiene aproximadamente un $V_{BESAT} = 0.76\text{V}$.

Habiendo calculado todos los valores anteriores, puede calcularse la resistencia para la base de transistor valiéndose de la siguiente relación:

$$R = \frac{V_{in} - V_{BESAT}}{I_B} \quad (2.3)$$

donde:

R: resistencia.

V_{in} : tensión de alimentación.

V_{LED} : tensión base-emisor de saturación del transistor.

I_B : corriente de la base del transistor.

Despejando en la ecuación 2.3 para obtener el valor de resistencia, y sustituyendo para los otros valores, nos queda:

$$R = \frac{3.3\text{V} - 0.76\text{V}}{2.6\text{mA}}$$

$$R = 977\Omega$$

Como se obtuvo una $R = 977\Omega$, esta se aproxima a $R = 1k\Omega$; ya que éste es el valor comercial más cercano al resultado del cálculo teórico realizado.

2.5.1.3 Cálculo del diámetro del área de emisión, para separación requerida entre la barra emisora y la barra receptora.

Entre la barra emisora y la barra detectora debe existir una distancia de 470mm; especificación requerida así por INDUSTRIAS SCALINI. Por tanto, para cumplir a cabalidad con estos requerimientos, resultó necesario comprobar que esta distancia no afectaría la detección en este prototipo.

Al ser este primer prototipo de tipo lineal, es sumamente importante que la detección se realice uno a uno, es decir, que cada emisor sea detectado solamente por el detector que le corresponda. Es por eso que se necesita corroborar que el diámetro del área de emisión no sea mayor que la distancia a la que se encuentran separados los detectores para evitar interferencias y falsas lecturas en su funcionamiento. Razón visualmente mejor aclarada con el siguiente esquema:

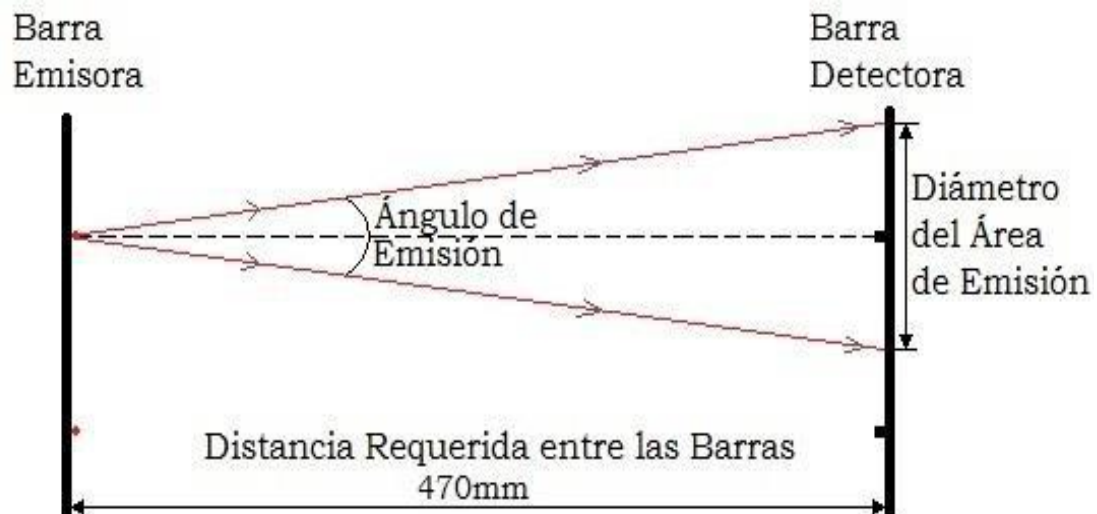


Figura 2.18 Esquema de emisión del primer prototipo.

Como se puede observar en la figura anterior, el diámetro del área de emisión puede ser calculado por trigonometría conociendo la distancia a la que se encontrarán separadas las barras, y también el ángulo de emisión del *LED* láser infrarrojo. Como se conocen ambos parámetros (la distancia de 470mm por las especificaciones requeridas, y el ángulo de emisión de 4° por el *datasheet* de *LED*), tenemos entonces que:

$$\tan\left(\theta/2\right) = \frac{D_{AE}/2}{D} \quad (2.4)$$

donde:

θ : ángulo de emisión.

D_{AE} : diámetro del área de emisión.

D: distancia entre barras.

Despejando en la ecuación 2.4 para obtener el valor que requerimos conocer del diámetro del área de emisión, y sustituyendo para los otros valores, nos queda:

$$D_{AE} = 2 \times \left[470 \times \tan\left(4/2\right) \right]$$

$$D_{AE} = 32.83\text{mm}$$

El resultado obtenido mediante los cálculos teóricos realizados se comprobó posteriormente de forma experimental mediante las pruebas realizadas a este prototipo en el laboratorio. Puede garantizarse entonces que a la distancia requerida de 470mm, un diámetro de área de emisión de 32.83mm, no representa forma de interferencia entre los detectores, ya que estos se encuentran separados a 47.98mm uno del otro.

2.5.2 Cálculos requeridos para el segundo prototipo.

Para el segundo prototipo también fue necesario realizar algunos cálculos, los cuales se mostrarán a continuación. Cabe mencionar que para los cálculos que requieran de las ecuaciones anteriormente enumeradas, solo se hará referencia al número correspondiente de la ecuación a utilizar, y el resto será explicado; mostrando los resultados obtenidos.

2.5.2.1 Cálculo de la resistencia de los emisores.

Para determinar el valor de las resistencias que controlarán el flujo de corriente a través de los emisores infrarrojos del segundo prototipo, se realizaron los siguientes cálculos:

Conociendo que la corriente máxima que debe circular a través del *LED* emisor ($I_{f\text{máx}}$) es de 100mA (según su *datasheet*), se despeja en la ecuación 3.1 para obtener el valor de resistencia y se sustituyen los demás valores; dando como resultado que $R > 21\Omega$.

Como no se requiere tanta potencia, se decidió utilizar el emisor a unos 4.5mA; suficientes para el correcto funcionamiento de este prototipo. Por tanto, se requiere utilizar nuevamente la ecuación 3.1 para obtener el valor de resistencia requerido para mantener el flujo de corriente deseado.

Formulando otra vez los mismos cálculos, pero ahora con la corriente deseada de 4.5mA como $I_{f\text{máx}}$, obtenemos entonces una $R = 467\Omega$, la cual se aproxima a $R = 470\Omega$; ya que ese es el valor comercial más cercano al resultado del cálculo teórico obtenido.

2.5.2.2 Cálculo del diámetro del área de emisión, para separación requerida entre la barra 1 y la barra 2.

Como se mencionó anteriormente, ya que así es requerido por INDUSTRIAS SCALINI, la distancia requerida entre la barra 1 y la barra 2 continuará siendo de

470mm. Se demostrará a continuación que dicha distancia tampoco afecta en la detección que realiza este prototipo.

Este segundo prototipo no es de tipo lineal como el anterior, sino que presenta un esquema de emisión al que se denominará como triangular (ver Figura 2.19), donde cada barra contiene un emisor y ocho detectores. En este prototipo los emisores se hallarán contrapuestos, es decir, si en la barra 1 el emisor está montado en su parte superior, entonces el emisor de la barra 2 se encontrará colocado en su parte inferior. Esta configuración da como resultado que cada emisor sea visto por todos los detectores de la barra contraria debido al amplio ángulo de emisión (120°) con que cuentan los emisores utilizados en este prototipo. Todo lo antes explicado, resultará visualmente mejor aclarado en el siguiente esquema:

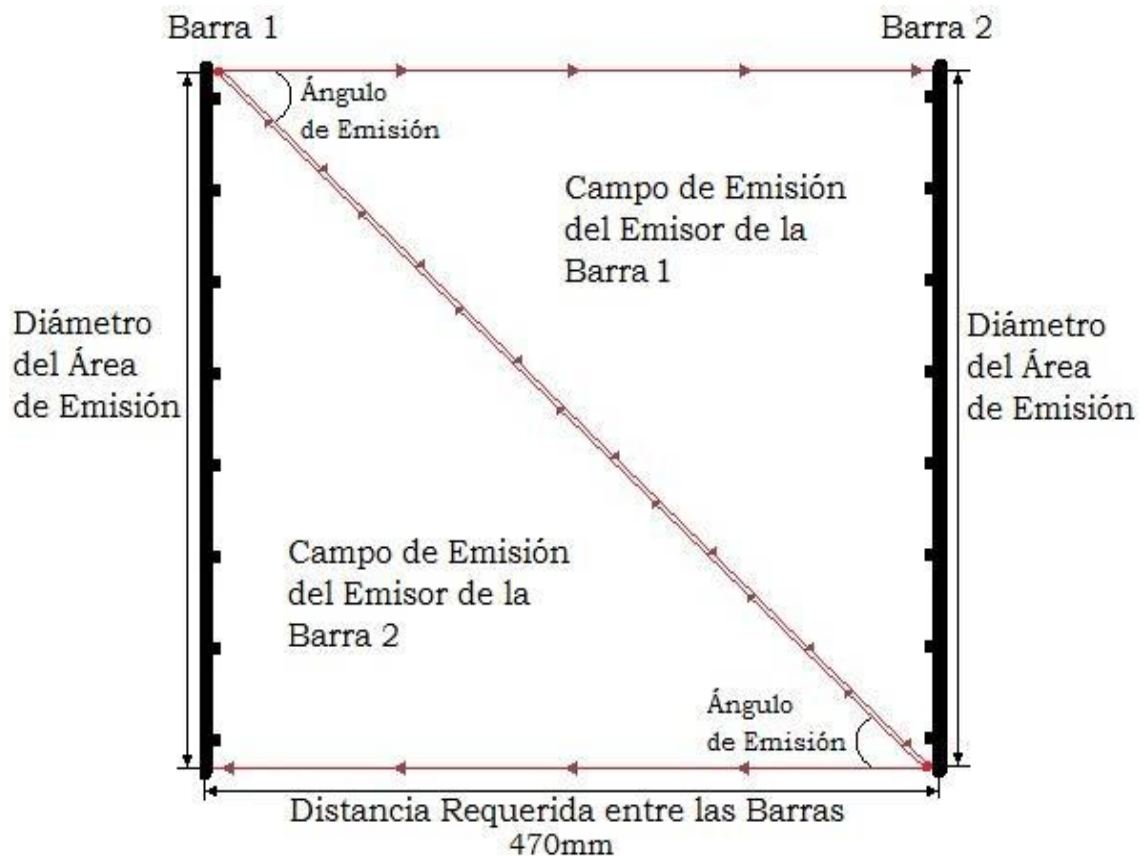


Figura 2.19 Esquema de emisión del segundo prototipo.

De la Figura 2.19, resulta evidente que el diámetro del área de emisión puede ser calculado por trigonometría, conociendo la distancia a la que se encontrarán separadas las barras, y también el ángulo de emisión del *LED* láser infrarrojo. Al conocer ambos parámetros, se despejan y sustituyen los valores en la ecuación 3.4 para obtener el valor del diámetro del área de emisión, resultando ser de $D_{AE} = 1628\text{mm}$.

El resultado obtenido mediante los cálculos teóricos realizados se comprobó posteriormente de forma experimental mediante las pruebas realizadas a este prototipo en el laboratorio. Se asegura entonces que a la distancia requerida de 470mm, un diámetro de área de emisión de 1628mm, resulta ser más que suficiente para cubrir toda una barra completa, es decir, para que el campo de emisión de un solo emisor abarque todos los detectores de la barra contraria; ya que las barras poseen unas dimensiones de solo 370mm de largo.

2.6 Diagrama esquemático del primer prototipo.

Antes de desarrollar cualquier circuito electrónico, por sencillo que éste sea, es recomendable realizar cálculos teóricos que aseguren el correcto acople y conexión de sus componentes. Posteriormente, antes de pasar a la etapa de construcción, se necesita una etapa previa de diseño y simulación de dicho circuito, la cual, si transcurre sin problemas, es un buen indicador de que el circuito que se planea desarrollar va a funcionar según lo deseado y, por tanto, se puede proceder entonces con su construcción sin preocupaciones de mal funcionamiento del mismo.

Es en esta etapa de diseño donde se generan los diagramas esquemáticos del circuito o dispositivo a desarrollar. Diagramas que funcionan para los ingenieros electrónicos (o cualquier otro profesional que se dedique a la fabricación de circuitos electrónicos), como los mapas, a los exploradores o marineros. Son guías que indican, paso a paso, como construir dicho circuito o dispositivo electrónico.

Seguidamente se reflejan los diagramas esquemáticos en los que posteriormente se basó la construcción de ambos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas.

2.6.1 Diagrama esquemático de la barra emisora.

Consta solamente de tres elementos circuitales, tal y como se muestra en la siguiente figura. Su función se basa en emitir un haz de luz infrarroja hacia la barra detectora de manera constante e ininterrumpida.

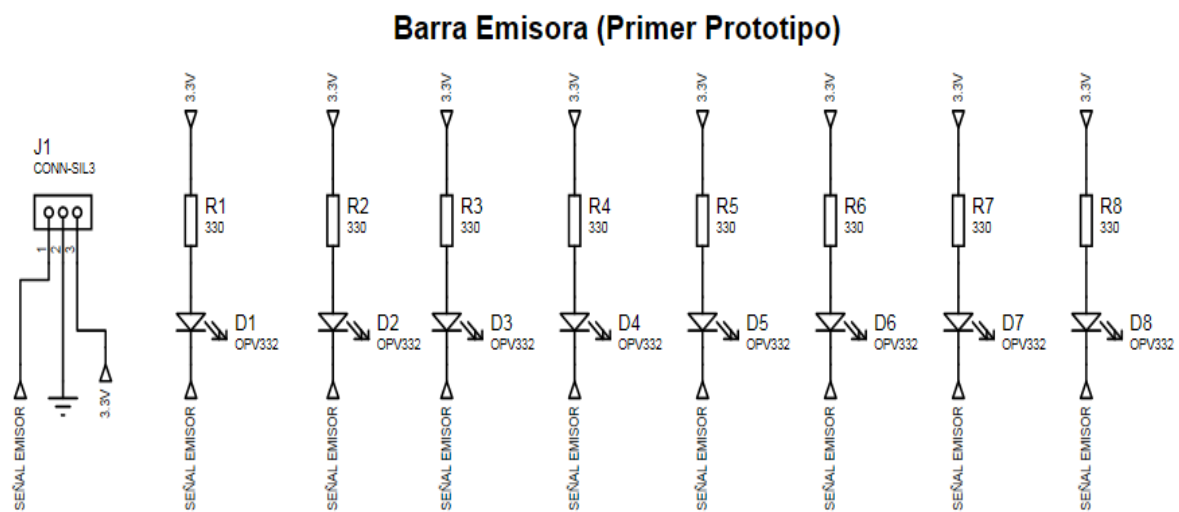


Figura 2.20 Diagrama esquemático de la barra emisora del primer prototipo.

2.6.2 Diagrama esquemático de la barra detectora.

Conformada por un diseño más complejo, consta con un número mayor de componentes y elementos circuitales que la barra emisora; tal y como se muestra en la Figura 2.21. Su función consiste en estar recibiendo constantemente el haz de luz infrarroja que emite la barra emisora, para dar indicación de presencia cuando ocurra alguna interrupción de dicho haz.

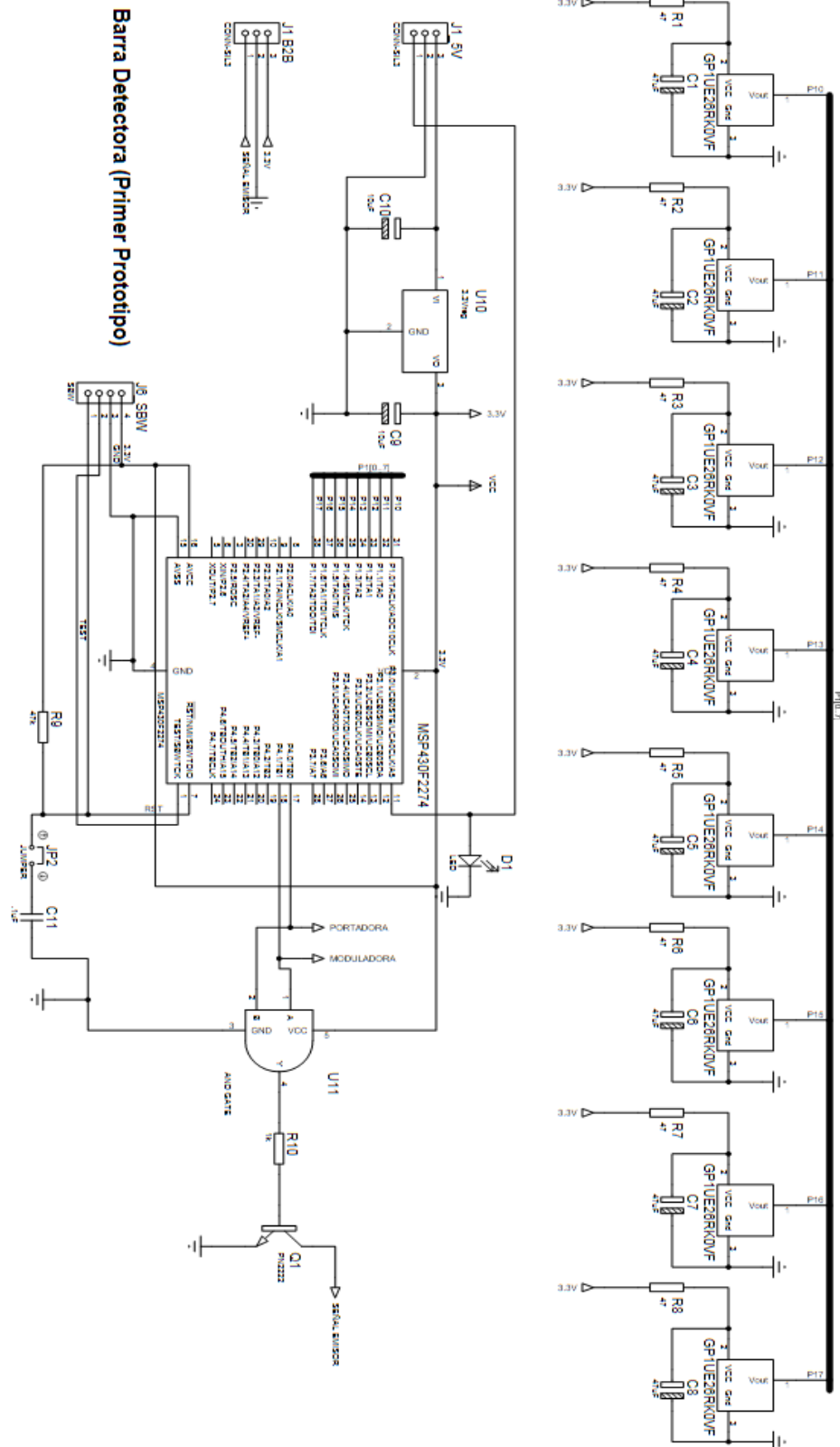


Figura 2.21 Diagrama esquemático de la barra detectora del primer prototipo.

2.7 Diagrama esquemático del segundo prototipo.

Este segundo prototipo consta, al igual que el anterior, también de dos barras. La barra 1 contiene un diseño un tanto más sencillo. En cambio, la barra 2 posee, en comparación, un diseño más complejo; pues es la que aloja la mayoría de los componentes que dan funcionalidad a este prototipo. A continuación se muestran los diagramas esquemáticos de las barras que lo componen. Los cuales fueron igualmente realizados mediante el *software ISIS Profesional V7.8 SP2*.

2.7.1 Diagrama esquemático de la barra 1.

Consta solamente de cinco elementos circuitales, tal y como se muestra en la siguiente figura. Su función se basa en emitir un haz de luz infrarroja hacia la barra 2, de manera constante e ininterrumpida; de forma que su campo de emisión abarque todos los receptores que contiene esa barra. Y también debe de detectar recíprocamente, de la misma forma, el haz que será emitido entonces desde el emisor que contiene la barra 2. De manera más clara y concreta, posee la doble función de emitir y detectar indistintamente (ver Figura 2.22).

2.7.2 Diagrama esquemático de la barra 2.

Conformada por un diseño más complejo, consta con un número mayor de componentes y elementos circuitales que la barra 1; tal y como se muestra en la siguiente figura. Como su función es exactamente la misma que la de la barra 1, no será necesario explicarla nuevamente (ver Figura 2.23).

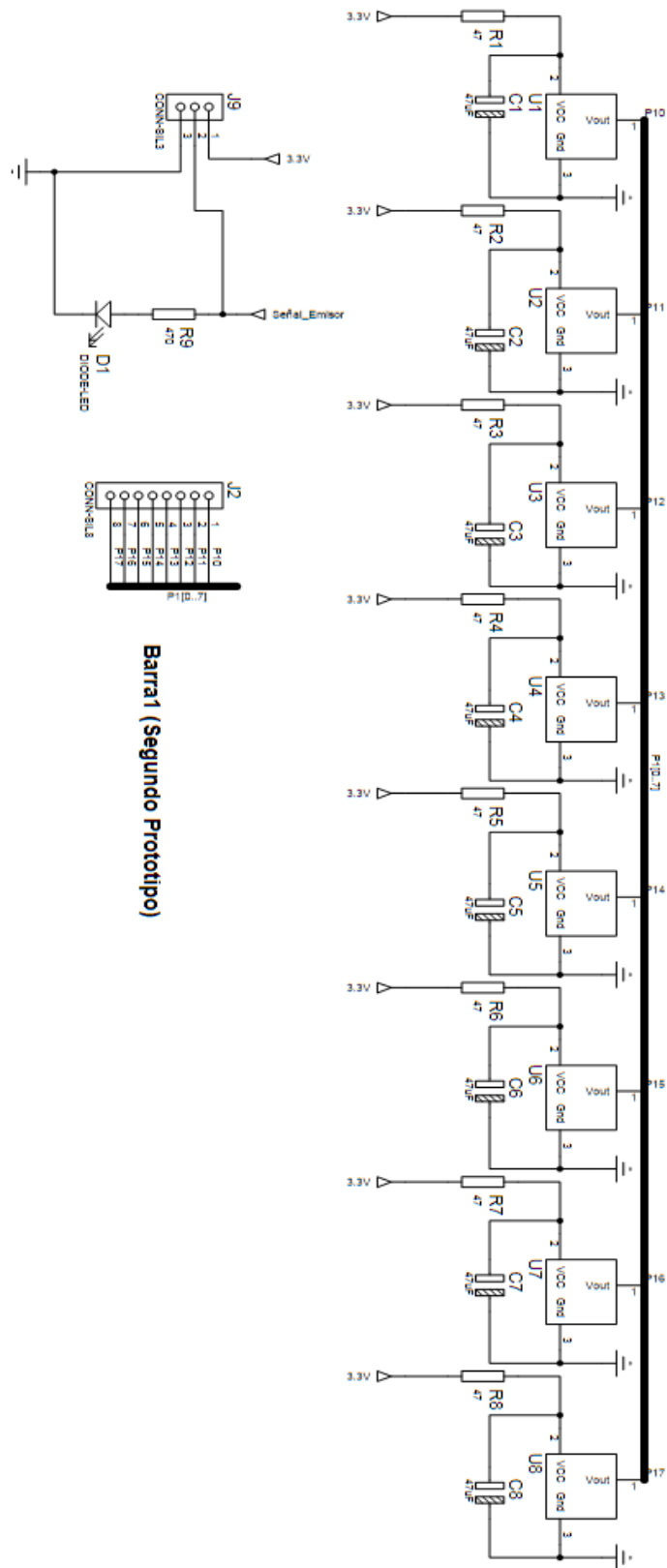


Figura 2.22 Diagrama esquemático de la barra 1 del segundo prototipo.

2.8 Conclusiones.

- Fueron concebidas las etapas funcionales de cada prototipo de forma satisfactoria.
- Los cálculos realizados permitieron comprobar la idoneidad de los componentes seleccionados para integrar los circuitos de las barras en ambos prototipos.
- Los diagramas esquemáticos generados permitirán proceder con la construcción de los prototipos posteriormente.

Capítulo 3. **Construcción de los Prototipos.**

3.1 Introducción.

Tras haberse superado las etapas de diseño (con los cálculos que implica realizar), y las etapas de modelados y simulaciones del diseño que se pretende finalmente desarrollar, comienza entonces la etapa de construcción. Aquí es donde finalmente se le da vida a ese circuito, o cualquier otro dispositivo electrónico que se dese construir, para utilizarlo con un fin determinado en alguna aplicación específica.

Esta es una etapa donde no basta con solo lograr físicamente el circuito; ya que luego del proceso de fabricación, se necesita realizar pruebas al circuito desarrollado para comprobar su correcta funcionabilidad (a través del análisis de los resultados que estas arrojen) con la finalidad de corroborar si éste cumple o no con el propósito por el cual se pensó en desarrollarlo inicialmente.

Es por eso que este capítulo se enfoca hacia la construcción de los prototipos, describiéndose sus distintas etapas de confección, y los experimentos que se realizaron para comprobar el comportamiento de su funcionabilidad; así como también se exponen los resultados finales obtenidos con ambos prototipos.

3.2 Etapas de confección.

Los dispositivos electrónicos no son construidos completamente de una vez (sobre todo cuando cuentan con un diseño un tanto complejo), sino que se van desarrollando por partes; las cuales son luego correctamente acopladas entre sí, para dar vida al dispositivo que pretende crearse. A continuación se describirá cómo se desarrollaron las diferentes etapas de confección de cada uno de los prototipos.

3.2.1 Elaboración de los PCB⁸ de ambos prototipos.

Para desarrollar las barras de ambos prototipos (emisora y receptora en el primer prototipo, y barra 1 y barra 2 en el segundo), el método que se utilizó fue el de atacado a la placa virgen. Donde inicialmente se comienza realizando el diseño de las pistas, el cual se realiza generalmente mediante algún *software* de diseño de circuitos, aunque también podría realizarse de forma manual, para posteriormente utilizar ácidos o corrosivos que eliminen el cobre excedente de la placa fenólica; generando así las pistas de conexión del circuito que interconectarán los componentes que serán colocados en éste.

En este caso se realizó el diseño por *software* (*ISIS Profesional V7.8 SP2*), debido a que este nos brinda las ventajas de poder simular el circuito que se desea generar y nos indica si en él existe algún problema de cortocircuito, malas conexiones, mala colocación de los componentes, etc. Además de que varias de las pistas en todas las barras que conformaban a ambos prototipos tenían que ser de dimensiones inferiores a 2mm, y de que todo el diseño tenía que caber en las placas de forma rectangular con las dimensiones especificadas por INDUSTRIAS SCALINI (370mm x 30mm para el primer prototipo y 390mm x 30mm para el segundo).

Tras este proceso de diseño, se genera, a través del *software* *ARES* de *Proteus*, un diagrama (o plano) de conexiones de cada esquema eléctrico creado (para las diferentes barras de cada prototipo), que contempla la colocación y posición de los componentes, los puntos de interconexión, contactos, entradas y salidas del circuito, entre otros; tal y como puede observarse en las siguientes Figuras 3.1-3.4.

⁸PCB: del acrónimo en inglés *Printed Circuit Board*: placa de circuito impreso; es una base para sostener un circuito electrónico, conformada por un aislante y pistas conductoras que forman el sistema de conexiones entre los dispositivos electrónicos.

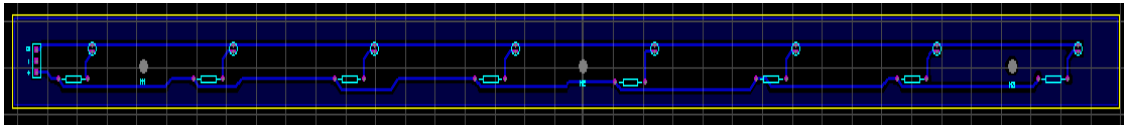


Figura 3.1 Diagrama de conexiones de la barra emisora del primer prototipo.



Figura 3.2 Diagrama de conexiones de la barra detectora del primer prototipo.



Figura 3.3 Diagrama de conexiones de la barra 1 del segundo prototipo.

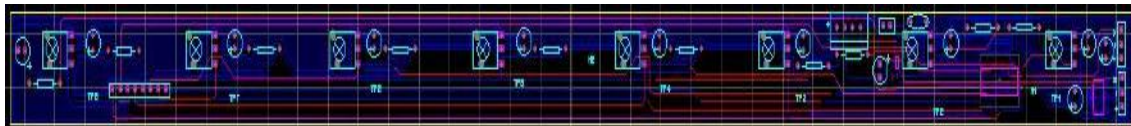


Figura 3.4 Diagrama de conexiones de la barra 2 del segundo prototipo.

Estos planos de conexiones se imprimen (con una impresora láser, ya que ésta utiliza tóner e imprime a altas temperaturas) en una hoja fotostática transparente (ver Figura 3.5), para posteriormente utilizar diferentes químicos que adhieran este diseño a la placa.



Figura 3.5 Diagrama de conexiones impreso en hoja fotostática.

Con los planos de conexiones ya impresos, se procede a colocar entonces una capa de *photoresist*⁹ líquido (con un gotero) sobre la parte de cobre de la placa fenólica donde se pretende generar el circuito; tal y como se muestra a continuación.



Figura 3.6 Placa fenólica cubierta por capa de *photoresist*.

Debido a las propiedades del *photoresist* (que resulta sensible a la luz), cuando este es colocado sobre la placa fenólica y se seca, se tiene rápidamente que colocar todo el conjunto en una caja cerrada que lo aisle y proteja de los rayos ultra violetas para poder transportarlo hacia el horno de laboratorio (ver Figura 3.7); dentro del cual se dejará la placa fenólica cubierta de *photoresist* durante 20~25 minutos; calentándose a una temperatura de 70° Celsius, para lograr que el *photoresist* se adhiera fuertemente a la parte de cobre de la placa fenólica.



Figura 3.7 Horno de laboratorio utilizado para calentar la placa fenólica cubierta por capa de *photoresist*.

⁹*Photoresist*: es un material sensible a la luz utilizado en varios procesos industriales para formar un recubrimiento de estampado sobre una superficie cualquiera.

Transcurrido el tiempo de cocción en el horno de laboratorio, se prosigue a sacar la placa fenólica cubierta de *photoresist* del mismo, y se coloca nuevamente dentro de la caja; evitando así que el *photoresist* adherido pierda sus propiedades.

Con todo ya listo (la hoja fotostática impresa con el diseño deseado del circuito a crear, y la placa fenólica cubierta por la capa de *photoresist* preparada para utilizarse después de su pasada por el horno de laboratorio), se coloca entonces la hoja fotostática sobre la placa con *photoresist* (alineada y fijada correctamente para evitar que se corra por alguna razón y se dañe la impresión), y se expone al Sol (o cualquier otra fuente de luz ultra violeta disponible) durante 10~15 minutos (ver Figura 3.8). Después de transcurrido este tiempo, el contenido de la hoja fotostática debe haberse quedado impreso, en su totalidad, en la placa con *photoresist*.



Figura 3.8 Hoja fotostática fijada sobre placa fenólica cubierta por capa de *photoresist* expuesta a fuente de luz ultra violeta (Sol).

Una vez impreso en la placa fenólica el diseño del circuito, se procede a poner a calentar una disolución de cloruro férrico (ver Figura 3.9), en lo que se va sumergiendo la placa en una solución reveladora durante unos 5 minutos. Retirando así el excedente de *photoresist* en la placa fenólica, y logrando que la impresión se revele de forma bien marcada y definida sobre la placa; tal y como se muestra en la Figura 3.10.



Figura 3.9 Disolución de cloruro férrico calentándose para su posterior utilización.



Figura 3.10 Placas sumergidas en solución reveladora.

Una vez revelado el diseño, y con la disolución de cloruro férrico ya calentada, ésta es vertida dentro de un recipiente, donde también se coloca la placa, la cual se mantendrá sumergida hasta que la disolución de cloruro férrico retire todo el excedente de cobre de la placa y queden solo las pistas de conexiones de los componentes; tal y como se muestra a continuación.



Figura 3.11 Placa sumergida en solución de cloruro férrico.

Una vez se verifique que el diseño ha quedado correctamente impregnado en la placa fenólica, ésta se retira del recipiente, se enjuaga en el chorro de agua para quitarle los residuos de cloruro férrico que quedan en ella y luego se seca con papel para las manos. Una vez secada, el *photoresist* excedente sobre las pistas se limpia con un algodón (o trapo) empapado en alcohol isopropílico.

Posteriormente se procede a verificar, mediante la utilización de un multímetro, que no existiesen cortocircuitos o pistas dañadas entre las pistas de los *PCB* y los propios componentes, y que estuviesen bien conectados los buses de datos que transfieren y reciben información desde y hacia el microcontrolador; evitándose así problemas posteriores.

El siguiente paso consiste en realizar las perforaciones pertinentes en la placa, las cuales permitirán que se cubran con estaño las pistas usando un cautín a baja potencia para que no ocurran desprendimientos de las pistas. De esta manera queda listo el *PCB* para comenzar a soldar los componentes.



Figura 3.12 *PCB* terminada.

3.2.2 Desarrollo de la programación de ambos prototipos.

Sin la correcta programación, la electrónica con la que cuentan ambos prototipos, por sí sola, no lograría realizar eficientemente el control en la forma de detección que se requiere. Razón por la cual se trabajó minuciosamente en este aspecto, con el objetivo de implementar la mejor y más eficiente lógica de programación posible (mediante el *software Code Composer Studio V6.1*), para que los prototipos cumplan las expectativas deseadas con un elevado nivel de desempeño.

A continuación se realiza una breve descripción de los registros mayormente utilizados en la programación de ambos prototipos, con el objetivo de facilitar el entendimiento de la posterior descripción del pseudocódigo del programa:

Registro	Descripción
<i>Timer_B</i>	Temporizador configurable a través de los registros <i>TBCCTLx</i> y <i>TBCTLx</i> (en sus diferentes modos).
<i>TBCCTLx</i>	Registro de Control de Comparación/Captura del <i>Timer_B</i> . Configurado en este caso en modo de salida <i>Toggle</i> (<i>label OUTMOD_4</i>).
<i>TBCTLx</i>	Registro de Control del <i>Timer_B</i> . Configurado en este caso para utilizar el reloj interno del microcontrolador (<i>SMCLK</i>) y habilitar interrupción.
<i>SMCLK</i>	Reloj interno del microcontrolador seleccionable a través del <i>bit TBSSELx</i> del registro de control <i>TBCTLx</i> .
<i>DCO</i>	Modulador de frecuencias capaz de mezclar dos frecuencias efectivas para extender la energía del reloj y reducir las interferencias electromagnéticas (<i>EMI</i>). Calibrado en este caso a 16Mhz (<i>label CALDCO_16MHZ</i>).

Tabla 3.1 Descripción de registros mayormente utilizados en la programación de ambos prototipos

3.2.2.1 Programación del primer prototipo.

El código generado para realizar el control en el primer prototipo resultó relativamente sencillo. Básicamente se centró en la ejecución de su ciclo principal, donde constantemente se revisan la interrupción generada por el temporizador y el puerto designado a la recepción de la señal de los detectores. Este puerto se activa en caso de detectarse presencia (obstrucción en la señal recibida por los detectores), el *LED* de verificación de detección.

3.2.2.1.1 Pseudocódigo.

- Configuración del Puerto 1 como entrada y para resistencias de *pull up*.
- Inicialización de las variables del programa (banderas utilizadas, *LED* indicador, etc.).
- Configuración del *Timer B* para realizar conteo continuo en modo *SMCLK* y con interrupción.
- Configuración del *DCO* a 16Mhz y con interrupciones generales.
- Chequeo de detección mediante comprobación del Puerto 1.
- Activación del *LED* de verificación en caso de detección.

3.2.2.2 Programación del segundo prototipo.

El código generado para realizar el control del segundo prototipo es, en esencia, como en el prototipo anterior, centrado igualmente en la ejecución de su ciclo principal. Este revisa constantemente la interrupción generada por el temporizador, y se monitorean indistintamente los puertos designados a la recepción de la señal de los detectores. Activándose, en caso de detectarse presencia (obstrucción en la señal recibida por los detectores) en cualquiera de ellos, el *LED* de verificación de detección.

3.2.2.2.1 Pseudocódigo.

- Configuración del Puerto 1 como entrada y para resistencias de *pull up*.
- Configuración del Puerto 2 como entrada y para resistencias de *pull up*.

- Inicialización de las variables del programa (banderas utilizadas, *LED* indicador, etc.).
- Configuración del *Timer B* para realizar conteo continuo en modo *SMCLK* y con interrupción.
- Configuración del *DCO* a 16Mhz y con interrupciones generales.
- Chequeo de detección mediante la indistinta comprobación del Puerto 1 y del Puerto 2.
- Activación del *LED* de verificación en caso de detección.

3.2.3 Elaboración de las mascarillas de ambos prototipos.

Ambos diseños de prototipos necesitaban, aparte de la elaboración de sus *PCB*, de una armazón (o estructura) que los recubriera y les brindara robustez y protección a sus componentes contra el polvo o suciedad del medio ambiente, e incluso, contra daños físicos que pudieran provocarles los operarios durante una mala manipulación o accidentalmente, pudiéndose así instalar de manera fácil y segura en las máquinas donde INDUSTRIAS SCALINI requiriera de su funcionamiento como Barreras de Seguridad Optoelectrónicas.

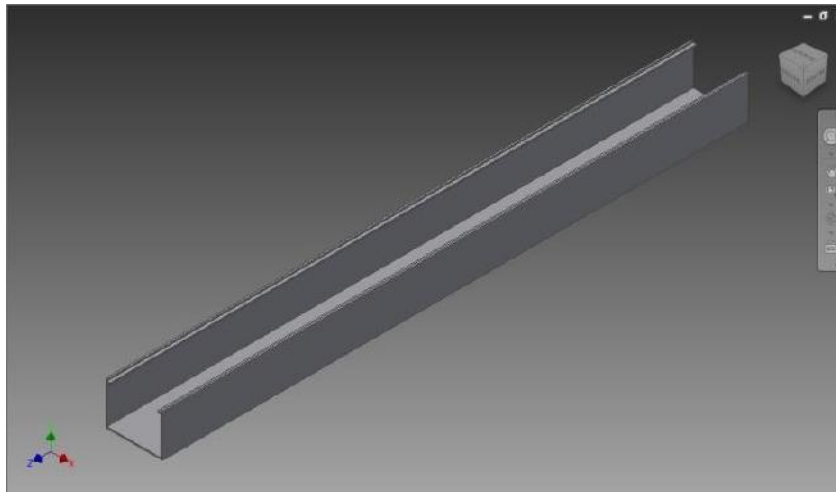


Figura 3.13 Armazón base para proteger y colocar mascarilla correspondiente en ambos prototipos.

A estas estructuras de recubrimiento de las barras, en ambos prototipos, se les colocó una especie de tapa que se denominó como mascarillas; ya que, además

de proveer seguridad a los elementos eléctricos que conforman ambos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas, estas cumplían también una misión de tipo óptica para cada prototipo. La misión consistía en direccionar el haz infrarrojo generado por los emisores directamente hacia su detector (o detectores) correspondiente/s (dependiendo del prototipo); evitando esparcimientos de la señal a zonas no deseadas y también interferencias en la lectura de otros detectores (del mismo prototipo, o de prototipos adyacentes o cercanos a éste).

3.2.3.1 Mascarillas para el primer prototipo.

En el primer prototipo, estas mascarillas se utilizaron en la barra emisora para asegurarnos que la emisión se realice uno a uno (ver Figura 3.14), es decir, que a cada emisor solamente corresponda un detector. Este tipo de emisión se perfeccionó gracias a la colocación de un *pinhole* de 2.5mm de diámetro que ayuda a reducir aún más el estrecho ángulo de emisión del *LED* láser ya utilizado (ver Figura 3.15). Con esto se logra hacer más direccional el haz de luz infrarroja emitido hacia el detector y evitando que un emisor sea visto por varios detectores a la vez; ya que se logró reducir así el diámetro del área de emisión (calculado en el capítulo anterior).



Figura 3.14 Tipo de emisión uno a uno en primer prototipo de Barrera de Seguridad Optoelectrónica.

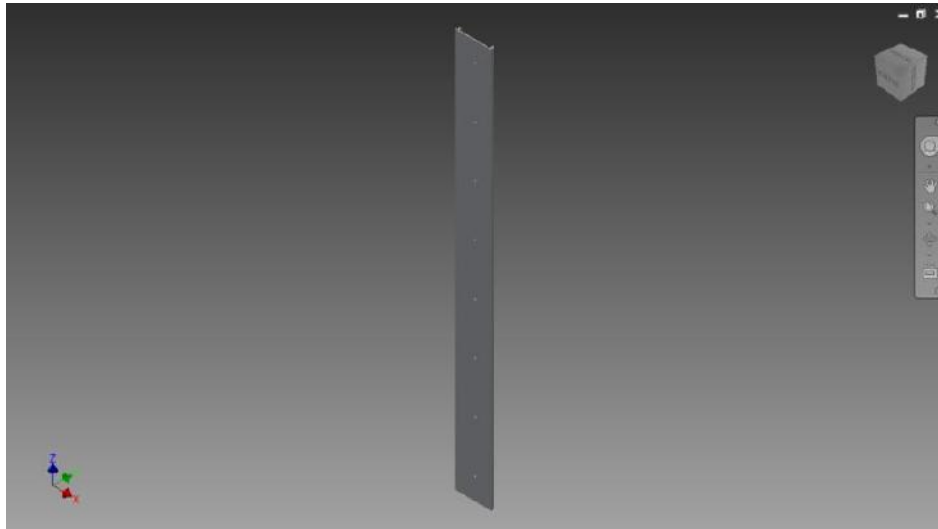


Figura 3.15 Mascarilla con *pinholes* de 2.5mm de diámetro diseñada para el primer prototipo.

Para la barra detectora también fue desarrollada una mascarilla similar, la cual realiza la función de filtro ante el paso de luces ajenas al sistema (lámparas de la fábrica, luz solar, entre otras) que pudieran provocar interferencias y distorsión en la señal emitida hacia los detectores; ya que restringió el campo de detección de éstos, a la abertura de 2.5mm de diámetro que posee el *pinhole* de la mascarilla.

3.2.3.2 Mascarillas para el segundo prototipo.

En este prototipo también fueron utilizadas mascarillas con un diseño diferente al del prototipo anterior. Ya que este prototipo no realiza emisión uno a uno (o lineal), sino que el emisor implementado en cada una de las barras será visto por todos los detectores de la barra contraria; a lo que nos referimos como emisión triangular (remitirse a explicación más detallada y ver la Figura 2.19 del capítulo anterior).

En ambas barras de este prototipo se instalaron mascarillas con una abertura en forma rectangular (ver Figura 3.16), con un ancho igual al diámetro del prototipo anterior de 2.5mm, y con un largo de 350.42mm (desde el emisor, hasta el detector más alejado de él).

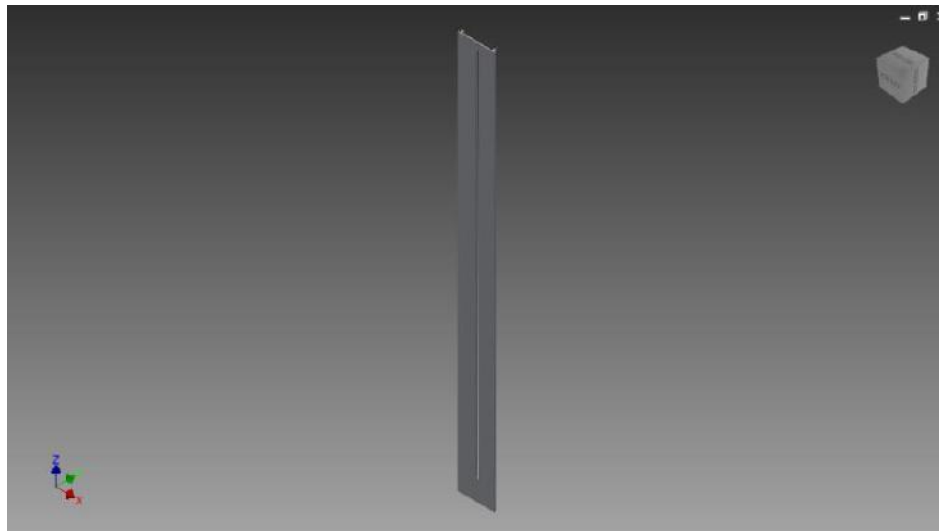


Figura 3.16 Mascarilla con abertura rectangular diseñada para el segundo prototipo.

Esta forma de mascarilla provoca una emisión más direccional y dirigida a los receptores en la barra en contraposición (ver Figura 3.18), sin emisiones hacia ambos lados de los detectores; las cuales podrían causar interferencias en caso de existir otras Barreras de Seguridad Optoelectrónicas colocadas cercanas a esta; tal y como se muestra en la Figura 3.17.

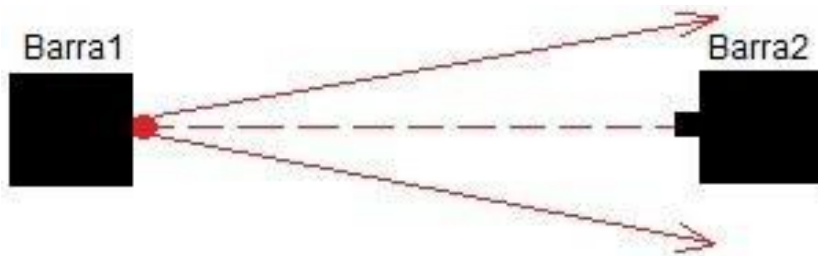


Figura 3.17 Vista superior del tipo de emisión no deseada.

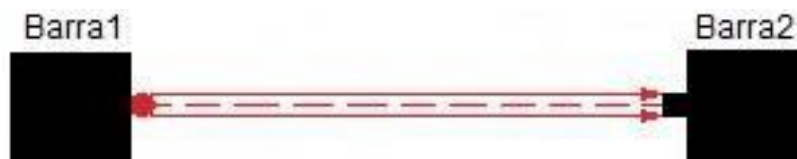


Figura 3.18 Vista superior del tipo de emisión deseada, obtenida gracias a la forma de la abertura de la mascarilla.

Igualmente, esta forma de perforación (o abertura), nos impide que existan emisiones hacia arriba (cuando el emisor se encuentra colocado en la parte superior de la barra), y hacia abajo (cuando el emisor se encuentra colocado en la parte inferior de la barra). Efecto muy positivo, y que genera este tipo de emisión que denominamos triangular, al recortar el ángulo de emisión en una manera deseada (remitirse a Figura 2.19 del capítulo anterior) y evitando reflexiones que afectarían el desempeño en estas Barreras de Seguridad Optoelectrónicas al ocasionar falsas lecturas en el dispositivo.

3.3 Experimentos realizados.

Cabe mencionar que, antes de proceder con la elaboración de estos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas, se realizaron diferentes pruebas a varios de los componentes que finalmente se utilizaron en su confección. Estos análisis de comprobación del rango de frecuencia de detección, y del comportamiento de la potencia de emisión, fueron desarrollados para corroborar que la funcionalidad y características de estos dispositivos (emisores y detectores de varios modelos) cumplieran con los requerimientos que se necesitaban cubrir; y para ayudar a seleccionar el que finalmente se utilizaría de acuerdo a lo demandado por INDUSTRIAS SCALINI.

Concluida esa fase, se procedió a montar las barras de cada prototipo, indistintamente, en una base diseñada (también mediante el *software Inventor*) específicamente para realizar experimentos de funcionalidad; de manera tal que sobre ella, se pudieran realizar ajustes sobre la distancia máxima de emisión, existiera facilidad para la colocación de las barras y brindara comodidad a la hora de alinear el sistema.

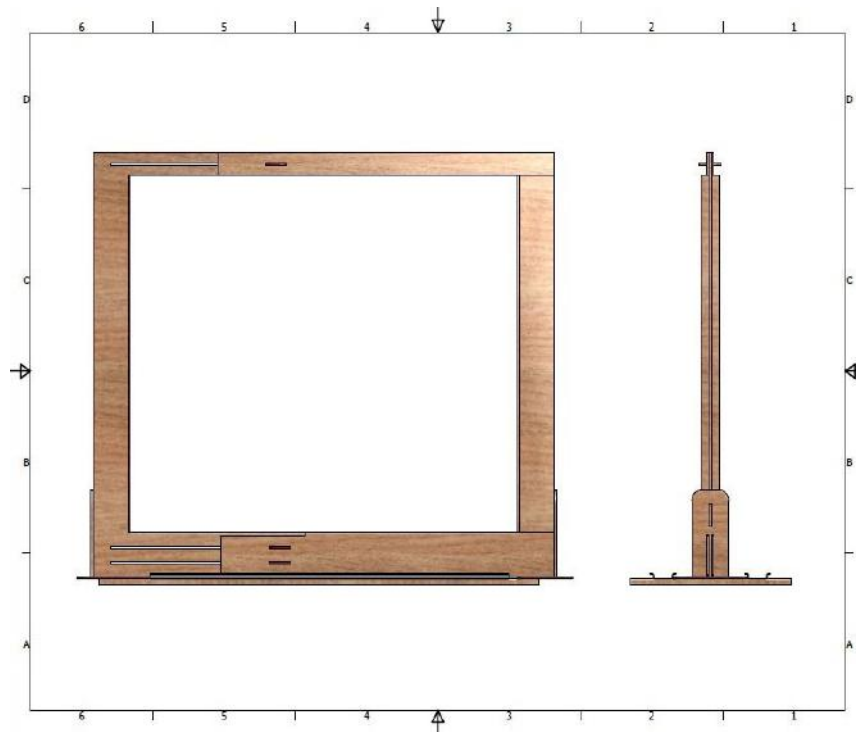


Figura 3.19 Vista frontal y lateral de la base diseñada en *software Inventor* para realizar experimentos de funcionalidad en los prototipos.

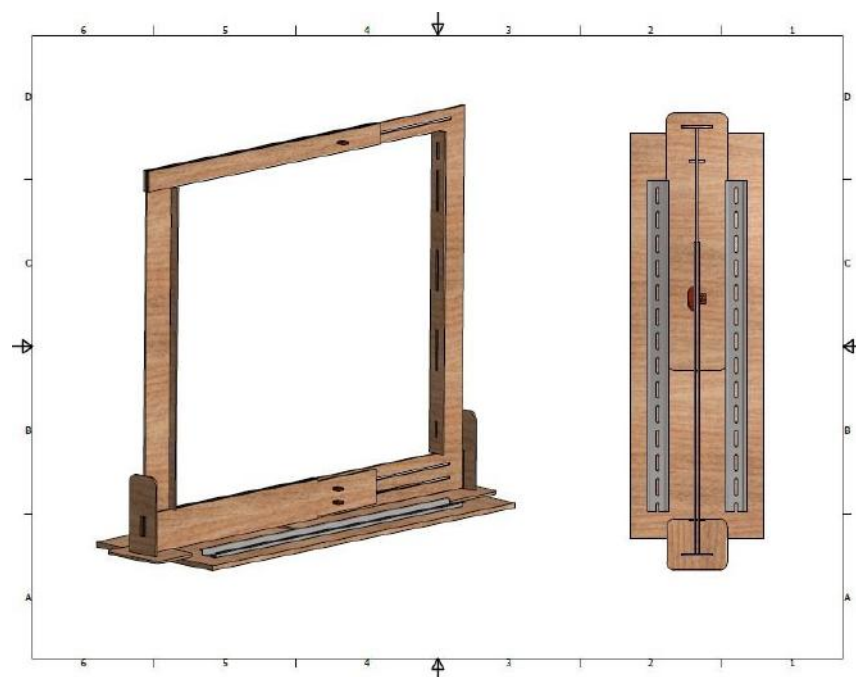


Figura 3.20 Vista 3D y superior de la base diseñada en *software Inventor* para realizar experimentos de funcionalidad en los prototipos.

3.3.1 Primer prototipo.

Al ser necesario que cada emisor fuera captado solamente por uno de los detectores de la otra barra, se procedió a interferir, uno por uno, el haz generado por los emisores para, a través del osciloscopio, comprobar que, efectivamente, solo dejaba de recibir señal el detector correspondiente al emisor que era obstruido cada vez.

Se realizaron también varios experimentos para determinar el tipo de perforación a realizar en las mascarillas que se utilizaron en este primer prototipo. Los mismos se orientaron en función de hallar la forma geométrica correcta, y el tamaño adecuado que se le darían a dichas perforaciones.

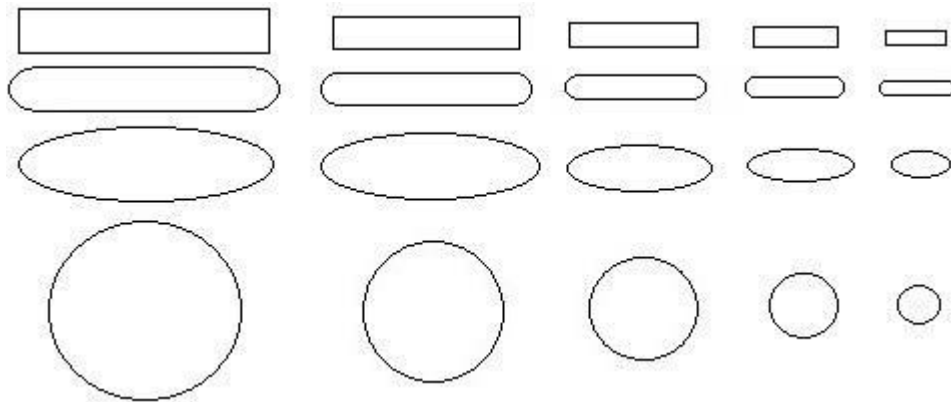


Figura 3.21 Formas geométricas de diferentes diámetros utilizadas en los experimentos de perforación de las mascarillas.

Para la barra emisora se realizó el enfoque en cuanto a forma de emisión, es decir, encontrar la forma geométrica óptima de *pinhole*, que acondicionara aún más el frente de onda del haz emitido, y no generara interferencias entre los mismos detectores, o entre otras Barreras de Seguridad Optoelectrónicas colocadas cerca de esta; teniendo siempre en cuenta la distancia a la que serían colocadas una barra de la otra. Mientras que, para la barra detectora, estos experimentos estuvieron más centrados en cuanto al diámetro de esa abertura o *pinhole*. Debido a que se buscaba obtener el menor diámetro funcional posible,

para así evitarnos ruido externo en el sistema (luz solar o de lámparas) que pudieran saturar al detector e influir negativamente en su correcto funcionamiento.

Otro de los experimentos que se realizó fue el de resolución y tiempo de respuesta en donde, para determinar cuan buena era la resolución del prototipo, se comenzaron a introducir, aparte de manos y brazos, objetos en el área de detección de diferentes tamaños. Comenzando con objetos de gran grosor, y hasta llegar a objetos con un grosor inferior al de un dedo de una mano (lápiz); obteniéndose resultados satisfactorios. Por otra parte, para comprobar el tiempo de respuesta, se dejó de colocar los objetos, o introducir los brazos, en el área de detección, y se les comenzó entonces a arrojar a través de dicha área; siendo detectados igualmente sin ningún problema.

3.3.2 Segundo prototipo.

Con este segundo prototipo se planteó el objetivo de lograr una emisión de tipo triangular (antes explicada), por lo cual se procedió a introducir los brazos, y también varios objetos, por cada parte del área de detección; comprobando así que no existiera ningún punto muerto dentro de la misma.

También en este prototipo fueron realizados experimentos para determinar el tipo de perforación a realizar en las mascarillas que se utilizarían, ya que ambas barras tenían que ser capaces de emitir y de detectar a la vez. Por eso, estas mascarillas resultaron ser diferentes a las del prototipo anterior, pero persiguieron y alcanzaron los mismos objetivos de controlar la emisión y evitar interferencias ajenas al sistema.

Lo mismo ocurrió a la hora de evaluar el tiempo de respuesta en este segundo prototipo; donde igualmente se obtuvieron resultados satisfactorios con experimentos similares a los realizados en el prototipo anterior.

3.4 Localización y corrección de las principales fallas en los prototipos.

Los experimentos realizados arrojaron algunas fallas que afectaban el correcto funcionamiento de los prototipos, las cuales serán analizadas a continuación en forma de comparación entre uno y otro.

3.4.1 Dispersión de la señal.

En el primer prototipo se pudo observar que existía cierta dispersión en la señal, que ocasionaba una lectura no deseada en los receptores. Esto ocurría debido a que al emitirse el haz infrarrojo, este no era recibido por un solo detector, sino que lograba alcanzar a más de uno a la vez, impidiéndose que se realizara el censado de la señal con la relación uno a uno requerida.

Este inconveniente se solucionó con el *pinhole* circular de 2.5mm de diámetro de las mascarillas colocadas tanto en la barra emisora, como en la detectora; ya que estas evitaban esta dispersión del haz a zonas no deseadas, haciéndolo mucho más direccional y enfocándolo hacia la región requerida de emisión.

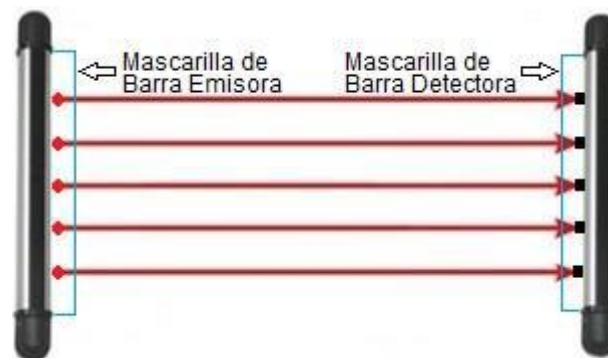


Figura 3.22 Efecto de la mascarilla solucionando dispersión de la señal en el primer prototipo.

Sin embargo, en el segundo prototipo esta dispersión, aunque presente, realmente no afectó su funcionamiento; ya que no se requería de relación de censado uno a uno, sino que el emisor colocado en cada una de sus barras fuera visto por todos los detectores de la barra contraria.

3.4.2 Interferencia por radiación solar.

Como la radiación solar posee un espectro electromagnético tan grande (ver Figura 3.23), este también contiene emisiones infrarrojas que pudieran afectar el desempeño de los prototipos, ya que podría provocar la saturación de los detectores y que no se detecte presencia.

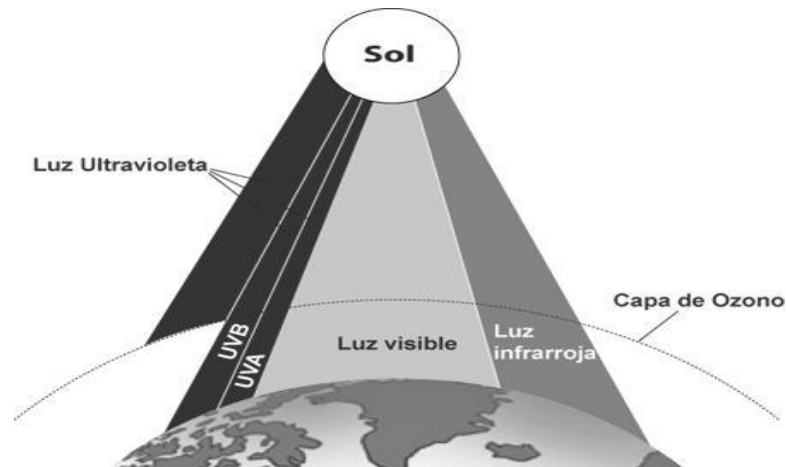


Figura 3.23 Espectro electromagnético del Sol. [6]

Este es un problema parecido al anterior que habíamos mencionado, el cual fue solucionado en ambos prototipos con la colocación de las mascarillas igualmente descritas; ya que estas reducían el área de incidencia de luz solar hacia los detectores.

3.4.3 Interferencia electromagnética.

Con la construcción del primer prototipo, las primeras pruebas realizadas mostraron que este era afectado a causa de la interferencia electromagnética generada al prenderse las lámparas colocadas alrededor del mismo, que al encenderse, generaban pequeñas descargas que provocaban ruido y, en muchas de las ocasiones, disparos en la señal de salida de los detectores.

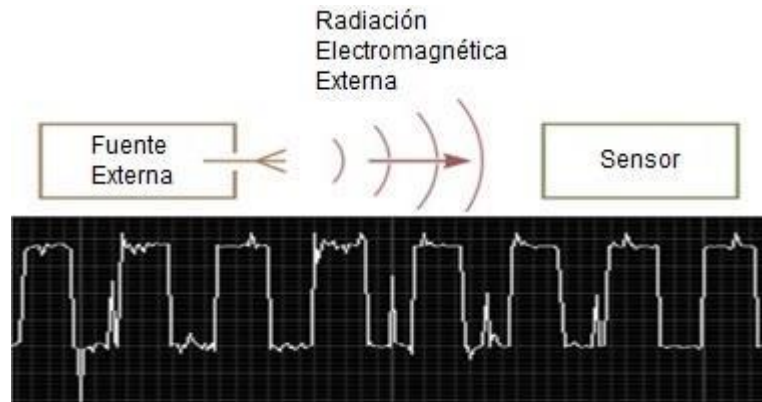


Figura 3.24 Interferencia electromagnética y su efecto en la señal de salida de los detectores.

Este problema se corrigió aterrizando también la carcasa metálica de los detectores, adicionalmente a la tierra a la que ya estos se encontraban conectados. La siguiente figura nos muestra la corrección realizada a los detectores y la señal de salida corregida ante la activación de lámparas alrededor del prototipo.

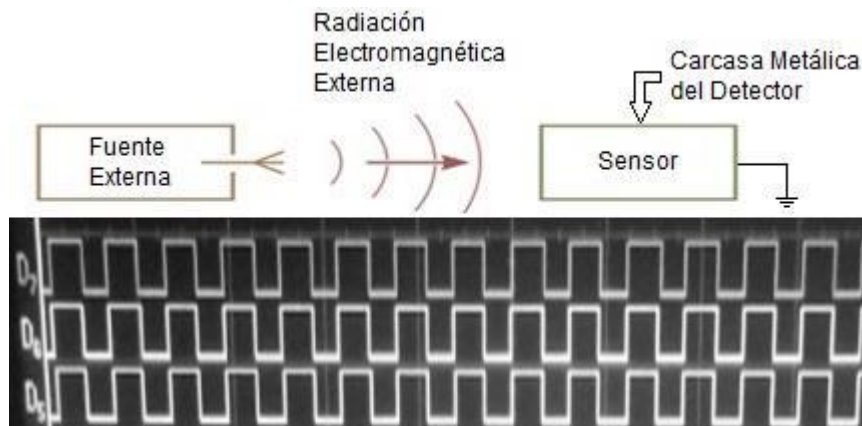


Figura 3.25 Solución a problemas de interferencia electromagnética en los detectores y su señal de salida.

Claramente esta perturbación ya no existió en la construcción del segundo prototipo, ya que desde el primer momento de su elaboración, los detectores se conectaron a tierra y se les aterrizó también su carcasa; debido a la experiencia adquirida con la elaboración del prototipo anterior.

3.4.4 Alineación.

La falta de alineación fue una falla que se generó en la elaboración del primer prototipo. Esta estuvo sujeta a una mala fabricación del *PCB*, un mal montaje de los sensores y emisores, o la unión de ambas fallas; ocasionando un mal funcionamiento del mismo.



Figura 3.26 *PCB* manufacturada con fallas de alineación en sus componentes.

Para evitar tal problema, se debe medir bien la distancia y la altura de cada componente por separado, corrigiendo cada defecto encontrado y verificando que todos queden posicionados correctamente. De la misma manera, para mayor seguridad, las *PCB* de este primer prototipo fueron fabricadas mediante máquinas especializadas en corte, material de trabajo de calidad y herramientas de precisión. La combinación de estos elementos permitió un nivel de ajuste de posición de los componentes más preciso.



Figura 3.27 *PCB* fabricada industrialmente con medidas exactas.

Incluso después de haberse corregido el problema de falta de alineación en los componentes de las barras, la falta de alineación de las mascarillas fue la falla que más afectó el funcionamiento de este primer prototipo; ya que dicha alineación entre las mascarillas de la barra emisora y la de la barra detectora resulta indispensable para su correcto funcionamiento.

Ambas mascarillas deben ser simétricas y contar con tolerancias muy cerradas en la alineación entre sus *pinholes*, para que permita comunicar de manera correcta ambas barras (emisora y detectora). La posición y altura de las mismas

debe de ser igual en cada una; generándose así que el prototipo se comporte de manera confiable y precisa según lo requerido.

La solución a los problemas de alineación fue entonces resultado de tomar en cuenta los anteriores aspectos mencionados, además del tipo de diseño de estas mascarillas en forma de tapa de gaveta deslizante para poder corregir posibles errores de desfase.



Figura 3.28 Tipo de mascarilla utilizada en el primer prototipo en forma de gaveta deslizante.

A pesar de que la correcta alineación de las barras emisora y detectora del primer prototipo resultó la falla más importante y difícil de corregir, con el segundo prototipo este problema no se presentó debido al esquema de emisión propuesto.

3.5 Resultados.

- Se elaboraron dos prototipos de Barrera de Seguridad Optoelectrónica con esquemas de detección diferentes.
- El diseño personalizado de mascarillas, para uno y otro prototipo, mejoró ampliamente el desempeño en la detección que ambos realizan.
- El primer prototipo cumplió con los requerimientos de INDUSTRIAS SCALINI y se encuentra actualmente siendo validado por dicha empresa.
- El esquema de detección del segundo prototipo logró eliminar los

problemas de alineación que presentó el primer prototipo durante su proceso de instalación.

3.6 Conclusiones.

- Se fabricaron los *PCB* de las barras que integran los dos prototipos de Barrera de Seguridad Optoelectrónica.
- La programación desarrollada permite controlar que ambos prototipos funcionen correctamente.
- Las mascarillas fueron diseñadas con características específicas para cada prototipo con el objetivo de mejorar su desempeño.
- El diseño de la base de pruebas facilitó que se desarrollan los experimentos de funcionalidad en ambos prototipos.
- Las fallas detectadas durante las pruebas que se realizaron fueron corregidas satisfactoriamente.

Capítulo 4. **Análisis técnico-económico.**

4.1 Introducción.

El análisis de factibilidad económica y el cálculo del costo total son pasos indispensables para la realización de cualquier proyecto. Por esta razón, la realización del análisis económico de la elaboración de estos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas, resulta necesario por la situación económica por la que atraviesa el país, que induce a las empresas a enfocar su labor hacia la racionalización y ahorro de recursos financieros; permitiéndoles tener el control de los valores empleados y constituyendo un punto de referencia para establecer mejoras administrativas en la ejecución de futuros trabajos.

En este capítulo se estima el costo total requerido para elaborar dos prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas, desde las etapas preliminares hasta su culminación. El análisis económico para la ejecución de lo que se propone, está dividido en tres partes:

- Costos.
- Precio.
- Relación costo-beneficio.

4.2 Introducción teórica al cálculo del costo total de la inversión.

El cálculo del costo se realiza al inicio del proyecto considerándolo como una estimación del costo real que se determinará al terminar el proyecto. El mismo se puede determinar a través del cálculo de los costos directos e indirectos [7].

$$CT = CD + CI \quad (4.1)$$

donde:

CT= Costo total.

CI= Costo indirecto.

CD = Costo directo.

CI: Se refiere a los gastos de electricidad consumida, gastos de administración, instalaciones, etc. Este valor se estima multiplicando un coeficiente de gastos por el salario básico de la investigación. El coeficiente de gastos considerado es de 0.84. [7]

$$CI = 0,84 * SB_{(total)} \quad (4.2)$$

donde:

SB (Salario Básico): Incluye los salarios básicos de todos los participantes en la elaboración de la propuesta del proyecto, excluyendo vacaciones y seguridad social. [7]

$$SB = \sum_{i=1}^n (A_i * B_i) \quad (4.3)$$

donde:

A_i : Días dedicados a la investigación por cada participante.

B_i : Salario diario de cada participante.

n: Total de participantes.

El costo directo (CD) puede calcularse como: [7]

$$CD = SB_{(total)} + SC_{(total)} + SS_{(total)} + MD + OG + VP \quad (4.4)$$

donde:

SC (Salario Complementario): Es el 25% del salario básico, que se destina para el pago de las vacaciones. Este porcentaje está respaldado por normativas y regulaciones nacionales. [7]

$$SC = 0,0909 * SB \quad (4.5)$$

SS (Seguridad Social): Equivale al 4.118% del salario básico más el salario complementario. [7]

$$SS = 0,05 * (SB + SC) \quad (4.6)$$

MD (Gastos por Medios o Materiales Directos): Se refiere a los materiales utilizados directamente en la investigación, o sea, equipos, componentes materiales, etc.; que se incorporan definitivamente al resultado de la investigación.

VP (Viáticos y Pasajes): Gastos en transportación y viáticos.

OG: (Otros Gastos): Incluye precio de utilización de equipamiento (El costo de 1 hora de computadora es \$10.00). [7]

$$OG = \text{tiempo de máquina} * \text{costo} \quad (4.7)$$

4.2.1 Cálculo de costo total de la inversión.

Para realizar cálculo del costo total es preciso conocer cuántos participantes integrarán el proyecto. Estos son:

- M. I. Enrique Noé Arias.
- M. I. Ricardo Valdivia Hernández.
- Ing. Leandro Sosa Rivero.

M. I. Enrique Noé Arias.

Su salario básico mensual es de \$24400. Considerando laborables 24 días al mes según la legislación mexicana, dispuso de 96 días de trabajo y en cada día laborable le dedicó como promedio 2.5 horas trabajando en este proyecto. Por cada día laboral el ingreso del trabajador es de \$1016.67 y por cada hora laboral es de \$127.08. El salario básico (SB), el salario complementario (SC) y el fondo de seguridad social (SS) relacionado con este proyecto se muestran a continuación:

$$SB_1 = \$1016.67 * 96 \text{ días} = \$97600.32$$

$$SC_1 = 0.25 * SB_1 = \$24400.08$$

$$SS_1 = 0.04118 * (SB_1 + SC_1) = \$5023.98$$

M. I. Ricardo Valdivia Hernández.

Su salario básico mensual es de \$34000. Considerando laborables 24 días al mes según la legislación mexicana. Por cada día laboral el ingreso del trabajador es de \$1416.67 y por cada hora laboral es de \$167.08. El salario básico (SB), el salario

complementario (SC) y el fondo de seguridad social (SS) relacionado con este proyecto se muestran a continuación:

$$SB_2 = \$1416.67 * 216 \text{ días} = \$306000.72$$

$$SC_2 = 0.25 * SB_2 = \$76500.18$$

$$SS_2 = 0.04118 * (SB_2 + SC_2) = \$15751.39$$

Ing. Leandro Sosa Rivero.

Su salario básico mensual es de \$9463.50 (beca estudiantil). Considerando laborables 24 días al mes según la legislación mexicana, dispuso de 264 días de trabajo, y en cada día laborable le dedicó como promedio 6 horas al proyecto de tesis. Por cada día laboral el ingreso del estudiante es de \$394.31 y por cada hora laboral es de \$49.29. El salario básico (SB), el salario complementario (SC) y el fondo de seguridad social (SS) relacionado con este proyecto de tesis se muestran a continuación:

$$SB_3 = \$394.31 * 264 \text{ días} = \$104097.84$$

Teniendo los salarios básicos de cada participante es necesario sumarlos todos para obtener un resultado total y así poder sustituir en la ecuación 4.4:

$$SB_{(\text{total})} = \$97600.32 + \$306000.72 + \$104097.84 = \$507698.88$$

Teniendo los salarios complementarios de cada participante es necesario sumarlos todos para obtener un resultado total y así poder sustituir en la ecuación 5.4:

$$SC_{(\text{total})} = \$24400.08 + \$76500.18 = \$100900.26$$

Teniendo los salarios sociales de cada participante es necesario sumarlos todos para obtener un resultado total y así poder sustituir en la ecuación 5.4:

$$SS_{(\text{total})} = \$5023.98 + \$15751.39 = \$20775.37$$

Los gastos por materiales directos se observan en la siguiente tabla:

Insumos para la producción de una Barrera de Seguridad Optoelectrónica (BSO)	Prototipo 1 (MXN)	Prototipo 2 (MXN)
Resistencias	9.00	14.00
Capacitores	11.00	22.00
Transistores	5.20	-
Jumper	0.35	0.35
Compuertas lógicas (AND)	3.43	3.43
Detectores	115.20	230.40
Emisores (LED láser)	55.94	55.94
Regulador de voltaje	7.32	7.32
Microcontrolador	83.60	83.60
Gabinetes (Mascarillas)	591.40	591.40
PCB	400.00	400.00
Sub Total	\$ 1282.44	\$ 1408.44
Importe Total de ambos prototipos de BSO	\$ 2690.88	

Tabla 5.1 Costos de materiales e insumos para la producción de los prototipos de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas.

Por concepto de tiempo de máquina se empleó en la elaboración del proyecto un total de 520 horas, de aquí que la cifra se eleve a un total de:

$$\text{OG} = 520 \text{ horas} * \$10.00 = \$5200.00$$

Utilizando los totales de los diferentes salarios ($SB_{(total)}$, $SC_{(total)}$ y $SS_{(total)}$) previamente calculados, conociendo que no se generaron gastos de viáticos ni tampoco se incurrió con ningún tipo de gastos en transportación ($DP = \$0,00$), es posible obtener el costo directo a partir de la ecuación (5.4); o sea:

$$CD = \$507698.88 + \$100900.26 + \$20765.37 + \$2690.88 + \$5200.00 + \$0 = \$637255.39$$

Por tanto el costo directo (CD) es de: **\$637255.39**

El costo indirecto se obtiene a partir de la ecuación (5.2); o sea:

$$CI = 0,84 * SB_{(total)} = \$426467.05$$

Calculados los valores del costo directo e indirecto, se sustituye en la ecuación (5.1) y se obtiene el costo total (CT):

$$CT = \$637255.39 + \$426467.05 = \$1063722.40$$

Por lo que se obtuvo un Costo total del proyecto de **\$1063722.40MXN**.

4.3 Introducción teórica al cálculo del precio del proyecto.

En el precio se refleja el valor de los servicios científico-técnicos y de los resultados de la investigación. Este precio representa el dinero a pagar por la entidad (cliente) que solicite la realización de la investigación, según el contrato. Para este proyecto se está considerando un margen de ganancias de hasta un 10% del costo total. Entonces: [7]

$$P = CT + \text{Margen de Ganancia} \quad 4.8$$

4.3.1 Cálculo del precio del proyecto.

Sustituyendo en la ecuación (5.8) para calcular el precio del proyecto queda:

$$P = \$1063722.40 + (0.1 * \$1063722.40) = \$1170094.60$$

Por lo que se obtuvo un Precio del Proyecto de **\$1170094.60MXN**.

4.4 Relación costo-beneficio.

Con la implementación de estas Barreras de Seguridad Optoelectrónicas, INDUSTRIAS SCALINI podrá:

- Abaratar costos de inversión por la posibilidad de obtener este producto en el mercado nacional, evitándose importaciones.
- Mejorar la eficiencia de su proceso productivo por el ahorro considerable de tiempo de operación del operario que lo supervisa.
- Garantizar un 100% la protección física del capital humano.
- Competir con los precios actuales que presentan productos similares de otras marcas reconocidas ya en el sector como: KEYENCE (\$1280usd-\$5104usd), OMRON (\$2240usd-\$8520usd), STI (\$1227usd-14512usd), entre otros. [8] [9] [10]

Los elementos mencionados anteriormente, sumados al bajo costo de la implementación del proyecto, demuestran que con las nuevas propuestas de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas, se reportarían considerables beneficios para INDUSTRIAS SCALINI; cubriéndose en muy poco tiempo el costo total de la inversión.

4.5 Conclusiones.

- Se analizaron el costo de la elaboración del proyecto y el costo total de la inversión, teniendo en cuenta los principales medios directos a utilizar en estas nuevas propuestas de Barreras de Seguridad Optoelectrónicas, resaltando los beneficios que estas aportan a INDUSTRIAS SCALINI.

Conclusiones

Se concibieron de forma minuciosa las etapas funcionales de cada prototipo mediante cálculos realizados que permitieron comprobar la idoneidad de los componentes seleccionados para integrar los circuitos de las barras de cada uno de los prototipos.

Se diseñaron computacionalmente los diagramas esquemáticos de los *PCB*, los cuales permitieron, posteriormente, proceder con la construcción de los prototipos de forma satisfactoria y generar tipos de emisiones diferentes según lo requerido.

Se desarrolló la programación para cada esquema de detección; permitiendo controlar el correcto funcionamiento de ambos prototipos.

Se diseñaron mascarillas con características específicas para uno y otro prototipo, las cuales mejoraron su desempeño y corrigieron algunas de las fallas presentadas durante las pruebas de funcionalidad que les fueron realizadas.

El diseño y elaboración de ambos prototipos cumplió con los requerimientos establecidos por INDUSTRIAS SCALINI. El primer prototipo está siendo validado actualmente por dicha empresa.

Mediante el esquema de detección que fue implementado en el segundo prototipo, se lograron eliminar los problemas de alineación que presentó el primero, al momento de instalarse en las máquinas producidas por INDUSTRIAS SCALINI.

Se analizaron los costos de elaboración de ambos prototipos y el costo total de la inversión, teniendo en cuenta los principales medios directos a utilizar con estas propuestas; demostrándose que la realización de este proyecto aportaría significativos beneficios, representando ahorros considerables a la empresa INDUSTRIAS SCALINI.

Recomendaciones

Con el objetivo de enriquecer aún más la presente investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

- Implementar control a la señal de salida generada por ambos prototipos.
- Incursionar en otras formas de aplicación para estos prototipos de Barrera de Seguridad Optoelectrónica (como por ejemplo: detectores de tamaño).
- Proponer el diseño del segundo prototipo a INDUSTRIAS SCALINI para que también sea validado por ellos.

Bibliografía

- [1] *OPTEK Technology Inc.* “Vertical Cavity Surface Emitting Laser in T-1 Package (OPV332)”. 2009. Disponible en: <http://www.optekinc.com>.
- [2] *MICROSHIP Technology Inc.* “500mA Fixed Output CMOS LDO (TC1262)”. Printed in the U.S.A. 2002. Disponible en: <http://www.microchip.com>.
- [3] *SHARP.* “Low Voltage Operation, Anti Electromagnetic induction Noise Type, Compact IR Detecting Unit for Remote Control (GP1UE26RK0VF/GP1UE27RK0VF & GP1UE28RK0VF/GP1UE28QK0VF Series)”. Disponible en: <http://www.sharpusa.com>.
- [4] *Texas Instruments.* “Mixed Signal Microcontroller (MSP430F2274-EP)”. 2014. Disponible en: <http://www.microcontroller.ti.com>.
- [5] *OSRAM.* “High Power Infrared Emitter 850nm (SFH 4250)”. 2014. Disponible en: <http://www.mouser.com/access/?pn=720-SFH4250-Z>.
- [6] Jaen, M. “Variación Temporal de la Iluminación. Sensibilidad del Sistema Visual Humano. UNT”. Serie: Fascículos sobre Luz y Visión (Nº 6). 1999.
- [7] Marshall, Alfred. “Principles of Economics”. Macmillan and Co., Ltd. London. 1920.
- [8] Catálogo de Precios. Disponible en: <http://www.keyence.com.mx/>.
- [9] Catálogo de Precios. Disponible en: <https://www.omron.com/>.
- [10] Catálogo de Precios. Disponible en: <http://www.sti.com/>.
- [11] Rodríguez, Pedro Claudio. “Semiconductores, Teoría Constructiva, Montajes y Circuitos Típicos”. ALSINA. 2000.
- [12] Yu, Peter; Cardona, Manuel. “Fundamentals of Semiconductors: Physics and Materials Properties”. Springer-Berlag. Berlín. 1996.

- [13] Bureau of Naval Personnel of U. S. NAVY. "*BASIC ELECTRONICS*". Dover Publications, Inc. New York. 1973.
- [14] Desmarais, Louis. "*Applied Electro-Optics*". Pearson Educacion. Printed in United States of America, New Jersey. 1998.
- [15] Loon, Tan Chee. "*Broad Interband Semiconductor Laser Diodes*". Proquest, Umi Dissertation Publishing. 2011.
- [16] Ruiz García, Jesús Enrique; Díaz Marcilla, Jacinto. "*Electrotecnia*". PARANINFO S.A. 2015.
- [17] Dalla Betta, Gian Franco. "*Advances in Photodiodes*". InTech. 2011.
- [18] Cooper, D.; Helfrick, D. "*Instrumentación Electrónica y Mediciones*". Prentice Hall Hispanoamericana. México. 1990.
- [19] Hermosa Donate, Antonio. "*Electrónica Aplicada*". MARCOMBO S.A. 2011.
- [20] Aguayo S., Paul. "*Introducción al Microcontrolador*". 2004.

Apéndices

Apéndice 1. Teoría Sobre Conceptos Básicos.

A.1. Conducción eléctrica en semiconductores.

Los semiconductores son elementos que tienen una conductividad eléctrica inferior a la de un conductor metálico, pero superior a la de un buen aislante. El semiconductor más utilizado es el silicio (Si), que es el elemento más abundante en la naturaleza, después del oxígeno. Otros semiconductores son el germanio (Ge) y el selenio (Se). [11]

Los átomos de Si tienen su orbital externo incompleto con sólo cuatro electrones, denominados electrones de valencia. Estos átomos forman una red cristalina, en la que cada átomo comparte sus cuatro electrones de valencia con los cuatro átomos vecinos, formando enlaces covalentes.

A temperatura ambiente, algunos electrones de valencia absorben suficiente energía calorífica para librarse del enlace covalente y moverse a través de la red cristalina, convirtiéndose en electrones libres. Si a estos electrones, que han roto el enlace covalente, se les somete al potencial eléctrico de una pila (o fuente), se dirigen al polo positivo.

Cuando un electrón libre abandona el átomo de un cristal de silicio, deja en la red cristalina un hueco, que con respecto a los electrones próximos, tiene efectos similares a los que provocaría una carga positiva, ya que los huecos tienen la misma carga que el electrón pero con signo positivo.

El comportamiento eléctrico de un semiconductor se caracteriza por los siguientes fenómenos: [11]

- Los electrones libres son portadores de carga negativa y se dirigen hacia el polo positivo de la fuente.
- Los huecos son portadores de carga positiva y se dirigen hacia el polo negativo de la fuente.

- Al conectar una fuente externa al semiconductor, circula una corriente eléctrica en el circuito cerrado, siendo constante en todo momento el número de electrones dentro del cristal de silicio. Los huecos sólo existen en el seno del cristal semiconductor, mientras que por el conductor exterior, sólo circulan los electrones que dan lugar a la corriente eléctrica.

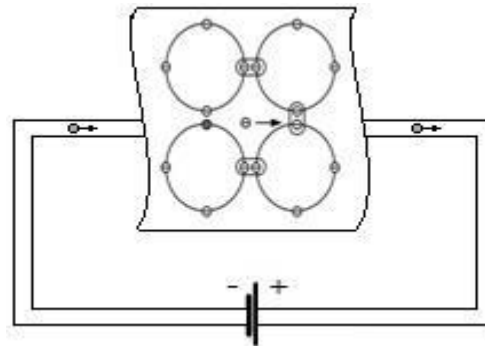


Figura A.1 Comportamiento de un semiconductor conectado a una fuente externa.

A.1.1. Flujo de corriente en materiales tipo N y P.

En un espécimen puro de material semiconductor, existen el mismo número de portadores de carga de ambos tipos (huecos y electrones), por lo que el material es en esencia neutro. Sin embargo, cuando un semiconductor intrínseco es dopado, aunque siempre exista la presencia de ambos tipos de conducción, el tipo de impureza determinará la predominancia de una clase de conducción u otra. Si el material es dopado con la impureza donadora de electrones, la conducción será predominantemente electrónica (material tipo N), pero si el material ha sido dopado con una impureza aceptora de electrones, la conducción será predominantemente por huecos (material tipo P).

Similarmente al caso de un metal, la aplicación de voltaje en un material tipo N, causará que un electrón débilmente ligado al átomo de impureza, se mueva hacia un punto de potencial positivo (flujo de corriente). Pero, en forma inversa a lo que sucede en el metal, un incremento en la temperatura permite que más electrones se encuentren disponibles para la conducción (disminución de la resistencia del material). La siguiente figura ilustra lo anteriormente descrito: [12]

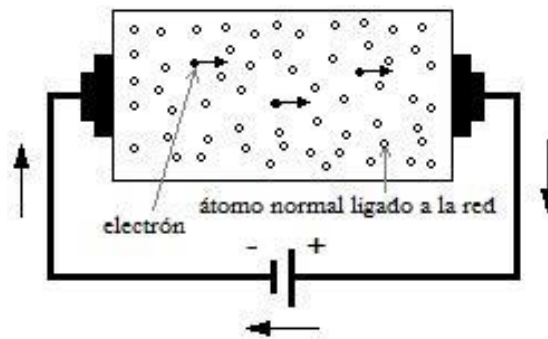


Figura A.2 Flujo de corriente en un material tipo N.

En un material tipo P, por otro lado, la conducción se da por transportadores de carga positiva (huecos), que se "mueven" hacia la terminal negativa del circuito (flujo de corriente por huecos), tal y como se muestra en la siguiente figura:

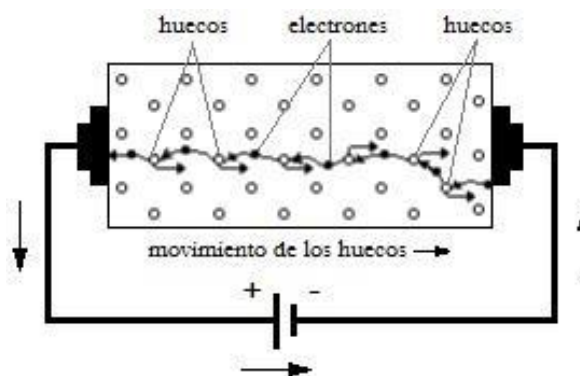


Figura A.3 Flujo de corriente en un material tipo P.

En la terminal negativa los huecos que "llegan" son neutralizados por los electrones emitidos por la terminal, mientras que en la terminal positiva los electrones, provenientes de los enlaces covalentes debilitados, son removidos para dar lugar a la formación de nuevos huecos. Los nuevos huecos se "mueven" otra vez hacia la terminal negativa (mientras los electrones se dirigen hacia la terminal positiva), y son anulados por los electrones emitidos en esa terminal. [12]

A.1.2. Uniones PN.

Los semiconductores dopados N y P, son eléctricamente neutros, por ello no son útiles como tales para su uso en elementos electrónicos. Sin embargo, cuando un cristal homogéneo de material semiconductor de Ge o Si, por ejemplo, es tratado

con impurezas pentavalente y trivalente, de tal forma que la mitad del cristal homogéneo es dopada con impureza trivalente mientras que la otra mitad es dopada con impureza pentavalente, aparece una fuerza a través de la unión (de naturaleza electroquímica), que se manifiesta como una atracción de los electrones del material N, por el material P.

Esto último es provocado por el exceso de electrones en el material N y la deficiencia de ellos en el material P, que causa que los electrones del material N abandonen la estructura de dicho material y entren a la estructura del material P. Como consecuencia, la zona (muy fina) adyacente a la unión, del lado de la estructura P del cristal es cargada negativamente, mientras que la zona similar, pero ahora del lado de la estructura del material N, es cargada positivamente. [12]

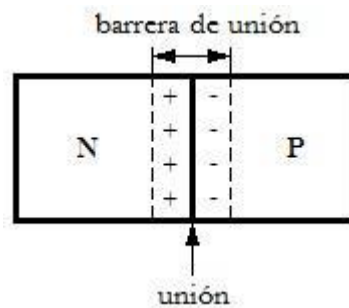


Figura A.4 Unión PN.

La estructura de carga formada en la unión, constituye una barrera de potencial o de unión que impide el flujo de corriente eléctrica a través de ella. Cabe aclarar que este fenómeno solo se da si se parte de un cristal homogéneo de material semiconductor y, la unión de dos piezas separadas de materiales N y P no producen el efecto esperado.

Una unión de este tipo constituye lo que se denomina un diodo semiconductor, el cual es un elemento muy útil en sistemas de rectificación de corriente alterna. La siguiente imagen nos muestra el símbolo de un diodo semiconductor, pero también se indican los sentidos de paso y bloqueo de corriente a través de este dispositivo.

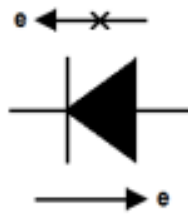


Figura A.5 Símbolo de un diodo semiconductor.

A.1.3. Polarización de uniones PN.

Las uniones PN se pueden polarizar en forma directa o inversa, dependiendo de la forma en que sea aplicado el voltaje y alimentada la corriente eléctrica. Si los electrones se alimentan en el extremo de la zona semiconductor tipo N, el voltaje aplicado vence la barrera de oposición en la unión (zona de transición) y produce una polarización directa que permite el paso de una corriente apreciable. [13]

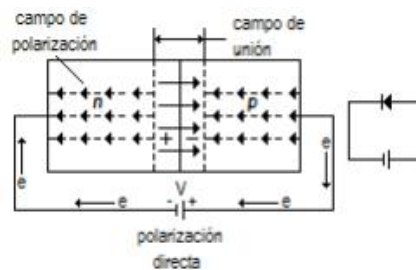


Figura A.6 Esquema del funcionamiento de un diodo semiconductor cuando se aplica un voltaje para producir una polarización directa. [13]

Por el contrario, si los electrones se alimentan en la zona semiconductor tipo P, el paso de corriente es bloqueado debido a que, el voltaje aplicado (con polarización inversa), no es capaz de vencer la barrera de oposición en la unión.

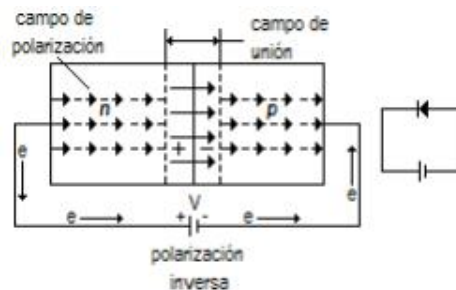


Figura A.7 Esquema del funcionamiento de un diodo semiconductor cuando se aplica un voltaje que ocasiona una polarización inversa. [13]

En consecuencia, los diodos semiconductores son muy útiles para la construcción de puentes de rectificación (de media onda u onda completa), para transformar la corriente alterna en directa y para la estabilización de voltaje en los circuitos eléctricos y electrónicos (diodos zener).

La unión PN se comporta de una forma asimétrica respecto de la conducción eléctrica; dependiendo del sentido de la conexión, se comporta como un buen conductor (polarizada en directo) o como un aislante (polarizada en inverso). Claramente observable a través de la gráfica mostrada a continuación: [13]

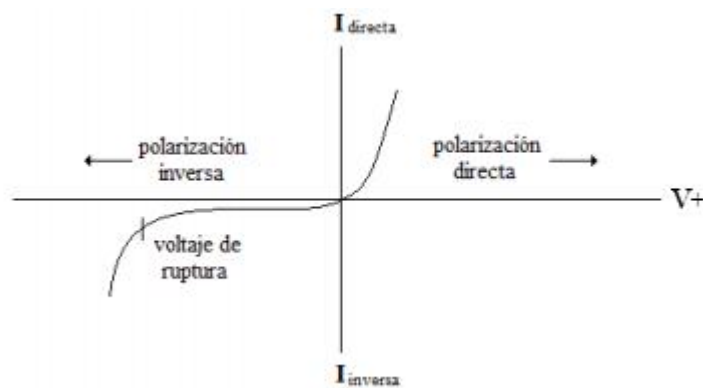


Figura A.8 Curva característica de un diodo semiconductor. [13]

A.2. Dispositivos optoelectrónicos.

La luz es una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radiocomunicaciones y los rayos X. El parámetro que distingue una radiación de otra es su frecuencia o su longitud de onda. El ojo humano es sensible a las radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre 0.38mm (violeta) y 0.76mm (rojo). Las ondas electromagnéticas de longitud de onda inferior a 0.38mm forman el denominado espectro ultravioleta, mientras que las de longitud de onda superior a 0.76mm constituyen el espectro infrarrojo. La sensibilidad del ojo humano es máxima a la longitud de onda de 0.55mm (verde) y disminuye a medida que se aleja de este máximo en ambas direcciones. [14]

La optoelectrónica es la técnica que trata de la interacción entre la radiación luminosa y la corriente eléctrica en dispositivos semiconductores. Los dispositivos

optoelectrónicos cubren un amplio abanico de funciones. Unos generan señales luminosas a partir de señales eléctricas, como el diodo electroluminiscente y el diodo láser, o al revés, como el fotodiodo y el fototransistor. La celda solar convierte la energía luminosa en energía eléctrica. Las longitudes de onda en las que operan los dispositivos optoelectrónicos se extienden desde el infrarrojo, hasta el ultravioleta. [14]

A.2.1. Emisores.

Consideramos emisores optoelectrónicos a todos aquellos dispositivos que son capaces de convertir energía eléctrica en luz por ellos mismos o respondan de determinada manera al recibirla. Dentro de este grupo encontramos los diodos electroluminiscentes y los diodos láser.

A.2.1.1. Diodo electroluminiscente.

El diodo electroluminiscente, conocido también como LED^{10} , es un diodo de unión PN que emite luz cuando está polarizado en directa. La intensidad de la luz emitida es aproximadamente proporcional a la intensidad de la corriente que atraviesa el diodo. La longitud de onda de la luz emitida (color) depende del material con el que está fabricado el diodo. [14]



Figura A.9 Símbolo del diodo LED .

En la siguiente figura se presenta un espectro típico de la luz emitida por un LED . Obsérvese que dicho espectro se extiende en un margen estrecho de longitudes de onda alrededor de un máximo.

¹⁰ LED : del acrónimo en inglés *Light-Emitting Diode*: diodo emisor de luz; el plural aceptado por la Real Academia Española (RAE) es ledes.

Una diferencia importante entre el *LED* y los diodos normales de silicio es la tensión umbral. Debido a que los materiales que se utilizan para fabricar el *LED* son distintos del silicio, la tensión umbral del diodo también es diferente. Mientras que para el silicio, la tensión umbral es de unos 0.7V, la tensión umbral de los *LED* suele variar entre 1.2V y 3.0V dependiendo del material utilizado para la fabricación del diodo.

El circuito típico para excitar el *LED* se compone de la conexión en serie de una fuente de alimentación, V_{DD} , una resistencia (R_s), el *LED* y un interruptor (un transistor, por ejemplo). Cuando el interruptor está abierto no circula corriente por el *LED*, por lo que permanece apagado. Con el interruptor cerrado, circulará corriente por el diodo, por lo que emitirá luz. La corriente por el diodo será:

$$i_D = \frac{V_{DD} - V_\gamma}{R_s} \quad (\text{A.1})$$

Un valor típico de corriente que circule por un *LED* para que se ilumine es de unos 10mA. Normalmente la tensión inversa de ruptura de este diodo es pequeña, y un valor típico es 5V.

A.2.1.2. Diodo láser.

Otro dispositivo emisor de luz es el diodo láser. Se trata de un dispositivo similar al *LED*, pero la radiación que emite presenta dos diferencias importantes. Por una parte, su espectro de emisión es mucho más estrecho, reduciéndose prácticamente a una sola longitud de onda, por lo que se dice que es una radiación monocromática. Por otra parte, las ondas electromagnéticas emitidas están en fase, propiedad que se denomina coherencia. [15]

En condiciones apropiadas, el electrón y el hueco de un *LED* pueden coexistir un breve tiempo (del orden de nanosegundos) antes de recombinarse; de forma que si un fotón con la energía apropiada pasa por casualidad por allí durante ese periodo, se producirá la “emisión estimulada”, es decir, al producirse la

recombinación el fotón emitido tendrá igual frecuencia, polarización y fase que el primer fotón. En términos coloquiales, un fotón le “contagia a otro” sus características, de modo que los dos fotones resultan idénticos. [15]

En los diodos láser, para favorecer la emisión estimulada y generación de luz láser, el cristal semiconductor del diodo puede tener la forma de una lámina delgada con un lado totalmente reflectante (100%), y otro sólo reflectante de forma parcial (98%), lográndose así una unión PN de grandes dimensiones con las caras exteriores perfectamente paralelas y reflectantes. En ella, los fotones emitidos en la dirección adecuada se reflejarán repetidamente en dichas caras reflectantes (en una totalmente y en la otra sólo parcialmente), lo que ayuda a su vez a la emisión de más fotones estimulados dentro del material semiconductor y, consiguientemente, a que se amplifique la luz (mientras dure el bombeo derivado de la circulación de corriente por el diodo). Parte de estos fotones saldrán del diodo láser a través de la cara parcialmente transparente. Este proceso da lugar a que el diodo emita luz, que al ser coherente en su mayor parte (debido a la emisión estimulada), posee una gran pureza espectral (una longitud de onda muy bien determinada y monocromática). [15]

A.2.2. Detectores.

Los detectores (o receptores) optoelectrónicos, son los que producen corriente eléctrica al recibir una radiación luminosa. En este grupo podemos distinguir dos tipos distintos, que tienen, por diseño y objetivos, características diferentes: unos cuya tarea primordial es detectar pequeñas intensidades de luz (como los fotodiodos), y otros que se dedican a producir tanta potencia eléctrica como sea posible (como las celdas solares).

Aún dentro de estos grupos se pueden establecer clasificaciones más finas en función de su construcción o de variaciones en su forma de operar, que pueden ser importantes, pero nos basaremos específicamente en las principales características del fotodiodo por ser el dispositivo detector a utilizar en este proyecto de tesis.

A.2.2.1. Fotodiodo.

El fotodiodo es un diodo de unión PN en el que se permite que la radiación luminosa que incide sobre él penetre en el interior del semiconductor. Esta radiación electromagnética genera una corriente (i_L), que es proporcional a la intensidad de dicha radiación, que se suma a la corriente normal del diodo. La corriente que circula por el fotodiodo, i_{FD} , será: [16]

$$i_{FD} = I_s (e^{v_{FD}/V_T} - 1) - i_L \quad (A.2)$$

donde:

I_s : es la corriente inversa de saturación del diodo.

V_{FD} : es la tensión aplicada entre terminales del dispositivo.

En la siguiente figura se representa la ecuación anterior para distintos valores de i_L :

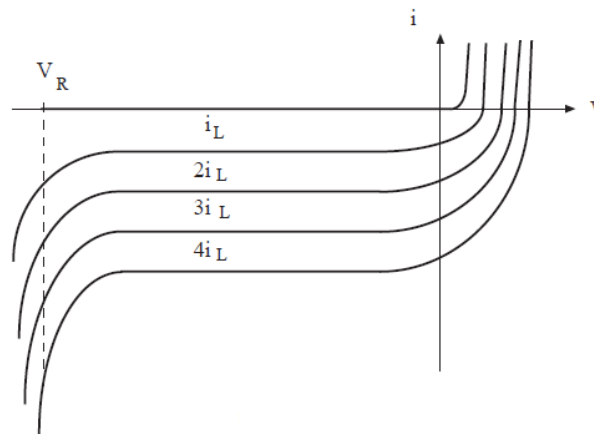


Figura A.12 Característica i-v de un fotodiodo para distintos valores de i_L . [16]

Si el fotodiodo se polariza con una tensión inversa ($V_{FD} \ll 0$), la corriente por el diodo será:

$$i_{FD} = -I_s - i_L \cong -i_L \quad (A.3)$$

Siempre que $i_L \gg I_s$. La corriente por el diodo es, por tanto, aproximadamente i_L , que es proporcional a la intensidad de la radiación luminosa. [16]

Una característica importante de un fotodiodo es su respuesta espectral, es decir, la gama de longitudes de onda a las que el fotodiodo es sensible y ofrece señal de salida. Esta característica depende del material con el que está fabricado el dispositivo. Pueden encontrarse fotodiodos que detectan radiación en el espectro infrarrojo, en el ultravioleta, y en diversos márgenes del espectro visible. De forma similar a lo que ocurría con los *LED*, la sensibilidad del fotodiodo depende del ángulo de incidencia de la radiación con el dispositivo. [17]

Hay dos estructuras importantes de fotodiodos: los fotodiodos PIN¹¹ y los APD¹². Gracias a la estructura del PIN, se consiguen fotodiodos en los que el retraso de la señal eléctrica respecto a la óptica que la ha generado es muy pequeño.

El APD opera en la región de ruptura. Como puede observarse en la Figura A.12, trabajando con una tensión inversa fija dentro de dicha región se consiguen corrientes mayores para la misma iluminación. Se dice que el diodo presenta un "factor de multiplicación" de la corriente fotogenerada, que puede ser de valor muy elevado. [17]

A.3. Fuente de alimentación.

La energía eléctrica de la que disfrutamos en nuestras casas o trabajos es corriente alterna, y es suministrada habitualmente con una tensión o voltaje que suele ser de alrededor de 127 o 220 voltios. Este tipo de corriente no es adecuada para alimentar equipos electrónicos, en dónde resulta necesario trabajar con corriente continua y voltajes más bajos. Razón por la cual, la fuente de alimentación (*Power Supply*), es la que se encarga de suministrar energía eléctrica de corriente continua a los distintos elementos del circuito. Pudiéndose definir entonces como aparato que transforma la energía eléctrica disponible en un lugar, a la forma necesaria para el correcto funcionamiento de un dispositivo

¹¹Fotodiodo PIN: debe su nombre a su estructura: un semiconductor (P), seguido de uno intrínseco (I) y luego el semiconductor (N).

¹²APD: del acrónimo en inglés *Avalanche Photo Diode*: fotodiodo de avalancha.

electrónico.

A.3.1. Funcionamiento.

La función de una fuente de alimentación no es más que convertir la tensión alterna en una tensión continua y lo más estable posible. Para ello se usan los siguientes componentes:

- Transformador de entrada.
- Rectificador a diodos.
- Filtro.
- Regulador (o estabilizador) lineal (no es imprescindible).

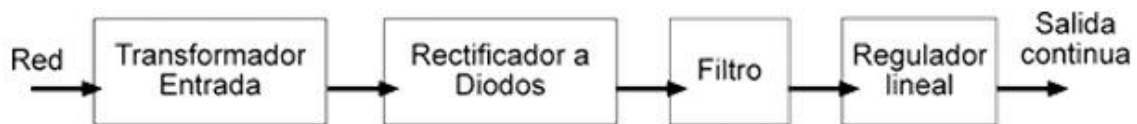


Figura A.13 Esquema funcional de una fuente de alimentación. [18]

A.3.1.1. Transformador de entrada.

El transformador de entrada reduce la tensión de red a otra tensión más adecuada para ser tratada. Solo es capaz de trabajar con corrientes alternas, esto quiere decir, que la tensión de entrada será alterna y la de salida también.

Consta de dos devanados (o enrollados) sobre un mismo núcleo de hierro, ambos devanados, primario y secundario, son completamente independientes y la energía eléctrica se transmite del primario al secundario en forma de energía magnética a través del núcleo. El esquema de un transformador simplificado es el siguiente: [18]

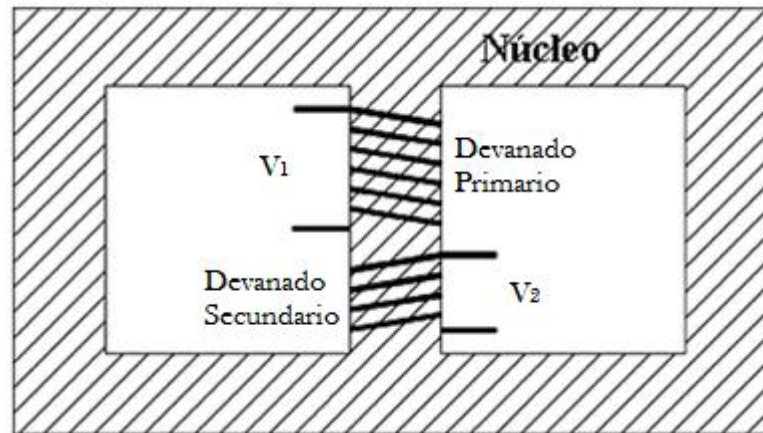


Figura A.14 Esquema simplificado de transformador de entrada. [18]

La corriente que circula por el devanado primario (el cual está conectado a la red) genera una circulación de corriente magnética por el núcleo del transformador. Esta corriente magnética será más fuerte cuantas más espiras (vueltas) tenga el arroyamiento primario.

En el devanado secundario ocurre el proceso inverso, la corriente magnética que circula por el núcleo genera una tensión que será tanto mayor cuanto mayor sea el número de espiras del secundario y cuanto mayor sea la corriente magnética que circula por el núcleo (la cual depende del número de espiras del primario).

Por lo tanto, la tensión de salida depende de la tensión de entrada y del número de espiras de primario y secundario. Como fórmula general se dice que:

$$V_1 = V_2 * (N_1/N_2) \quad (\text{A.4})$$

Donde N_1 y N_2 son el número de espiras del primario y del secundario respectivamente.

A.3.1.2. Rectificador a diodos.

El rectificador es el que se encarga de convertir la tensión alterna que sale del transformador en tensión continua. Para ello se utilizan diodos. Un diodo, como ya se explicó anteriormente en este capítulo, conduce cuando la tensión de su ánodo

es mayor que la de su cátodo. Es como un interruptor que se abre y se cierra según la tensión de sus terminales, tal y como se ilustra en la siguiente figura: [18]

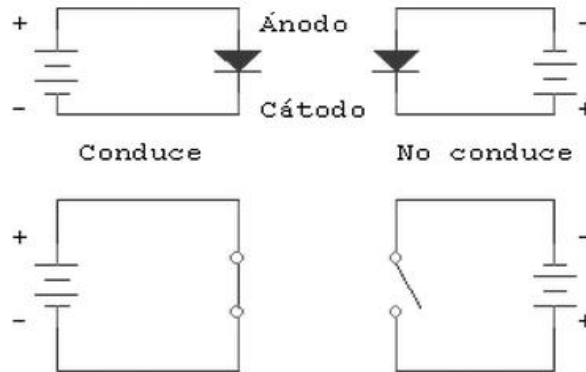


Figura A.15 Conducción en un diodo unión. [8]

El rectificador se conecta después del transformador, por lo tanto, recibe una señal de corriente alterna de entrada (V_i), y la convierte en una señal de corriente continua de salida (V_o) pulsante:

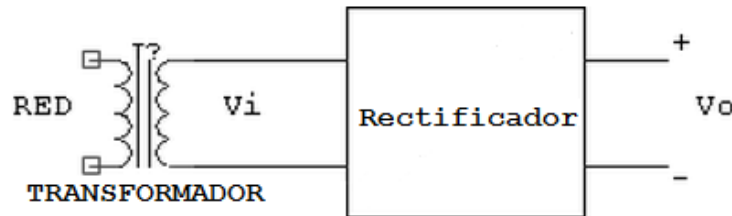


Figura A.16 Colocación del rectificador dentro de una fuente de alimentación. [18]

Atendiendo al tipo de rectificación, pueden ser de media onda, cuando sólo se utiliza uno de los semiciclos de la corriente, o de onda completa, donde ambos semiciclos son aprovechados.

Existen varios tipos de rectificadores, pero el más comúnmente utilizado es el llamado rectificador en puente. Es tan habitual utilizar este tipo de rectificadores, que se venden ya preparados los cuatro diodos en un solo componente, además de que, para corrientes grandes, vienen ya preparados para ser montados en un disipador. Su esquema es el siguiente: [18]

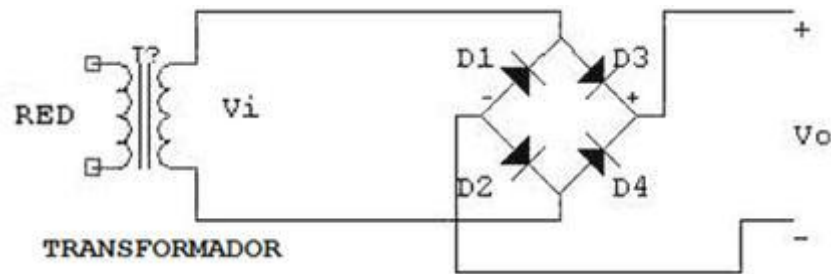


Figura A.17 Esquema de un rectificador de puente. [18]

Cuando V_i es positiva los diodos D_2 y D_3 conducen, siendo la salida V_o igual que la entrada V_i . Cuando V_i es negativa los diodos D_1 y D_4 conducen, de tal forma que se invierte la tensión de entrada V_i haciendo que la salida vuelva a ser positiva. El resultado es el siguiente:

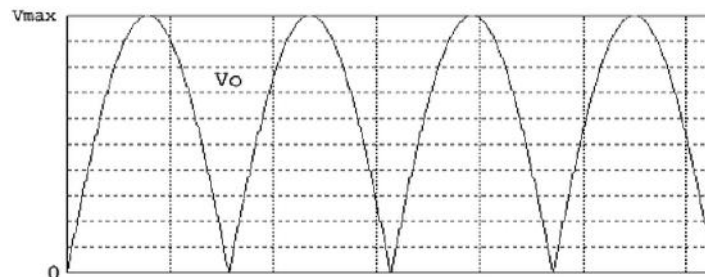


Figura A.18 Señal de salida (V_o) rectificada. [18]

Como se pudo observar en la figura anterior, todavía no hemos conseguido una tensión de salida demasiado estable, por ello, resultará necesario filtrarla después.

A.3.1.3. Filtro.

Una vez que la señal esta rectificada, obtenemos una forma de onda que no es precisamente continua, sino más bien en forma de pulsos; donde en un ciclo de salida completo, la tensión en la carga aumenta de cero a un valor de pico, para caer después de nuevo a cero. Debido a que esta clase de tensión no es la adecuada para la mayor parte de los circuitos electrónicos, ya que lo que realmente se necesita es una tensión constante (corriente continua o directa), se recurre entonces a un filtro; con el cual obtendremos la tensión rectificada más adecuada en la carga.

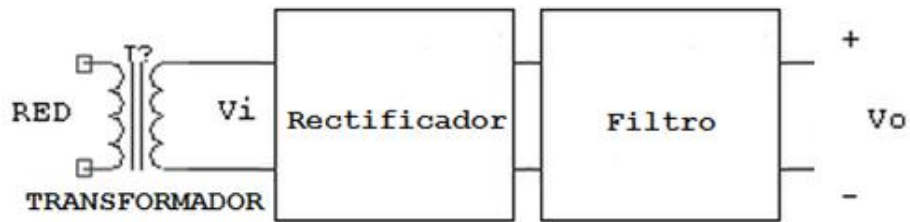


Figura A.19 Colocación del filtro dentro de una fuente de alimentación. [18]

Los filtros pueden ser de varios tipos, y se utilizan para aplanar la onda de corriente alterna (CA) que entregó el rectificador, pero el más comúnmente utilizado es el filtro de condensador, el cual estará formado por uno o más capacitores (o condensadores). Así que, para poder eliminar la ondulación y dejar la tensión lo más continua posible, se tendrá que filtrar la señal utilizando uno o más condensadores en paralelo a la carga (R_L). Su esquema es el siguiente: [18]



Figura A.20 Esquema de un filtro de condensador. [18]

El capacitor se cargará al valor máximo de voltaje entregado por el rectificador y se descargará lentamente cuando la señal pulsante desaparezca (proceso de descarga de un capacitor). Ahora la tensión del condensador es aproximadamente igual a la tensión pico del secundario del transformador. Quedando entonces la tensión V_o tal y como se muestra en la siguiente figura:

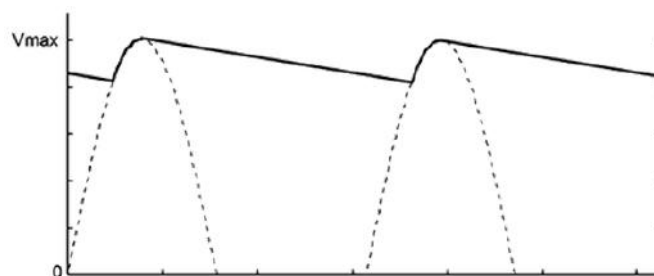


Figura A.21 Señal filtrada. [18]

Como pudo observarse en la figura anterior, solo nos queda un pequeño rizado originado por la carga y descarga del condensador. Para reducir este rizado podemos optar por construir otro rectificador para que el condensador se cargue el doble de veces en el mismo intervalo, teniendo así menos tiempo para descargarse; en consecuencia, el rizado es menor y la tensión de salida es más cercana a V_{\max} . [18]

Otra forma de reducir el rizado es poner un condensador mayor, pero siempre teniendo cuidado en no pasarse, ya que un condensador demasiado grande puede originar problemas de conducción de corriente.

A.3.1.3. Regulador.

Un regulador es un dispositivo que se encarga de eliminar el *ripple*¹³ y de proporcionar una tensión estable y bien especificada para alimentar otros circuitos a partir de una fuente de alimentación. Por otro lado, debe poseer una impedancia de salida adecuada, con el fin de que la tensión regulada a la salida se mantenga independiente de la carga, siempre que ésta varíe entre los límites exigidos de diseño. [19]

A.3.1.3.1. Requerimientos de un regulador.

Para que un regulador pueda ser utilizado debe cumplir con ciertos requisitos, por tanto debe: [19]

- Mantener la tensión de salida constante, independientemente de las fluctuaciones de la entrada y la temperatura.
- Mantener la tensión de salida constante, independientemente del consumo de la carga (dentro de sus límites de capacidad).
- No contener componentes de alterna (*ripple*) en su tensión de salida.
- Ser capaz de limitar la corriente de salida (protección).

¹³*Ripple*: que traducido al español significa rizado u ondulación, es la pequeña componente de alterna que queda tras rectificarse una señal a corriente continua.

El circuito regulador debe mantener el voltaje de salida tanto en la condición de circuito abierto (sin circulación de corriente), como a plena carga (corriente máxima). En la práctica es muy difícil obtener una perfecta regulación, pues normalmente la tensión de salida a circuito abierto no se mantiene constante cuando se conecta una determinada carga a la salida del regulador.

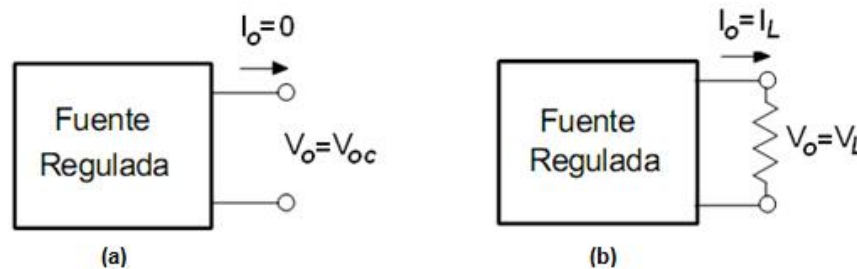


Figura A.22 Voltaje de regulación: (a) sin carga; (b) con carga.

En un regulador ideal, la diferencia entre el voltaje de salida sin carga y el voltaje de salida a plena carga es cero, es decir, $V_{OC} - V_L = 0$. Sin embargo, en una fuente de alimentación real V_L siempre es menor a V_{OC} . La relación presentada a continuación da cuenta de que la cantidad de regulación (en porcentaje), mientras menor sea, mejor es la regulación. [19]

$$\%regulación = \frac{V_{OC} - V_L}{V_L} * 100\% \quad (A.5)$$

Si el valor del voltaje a plena carga es el mismo que el del voltaje sin carga, la regulación de voltaje calculada es 0%, que es la mejor esperada. Esto significa que la fuente de alimentación es perfecta, ya que el voltaje de salida es independiente del consumo de corriente extraída de la alimentación. Por tanto, entre más pequeña sea la regulación de voltaje, mejor es la operación de la fuente de alimentación.

A.3.1.3.2. Reguladores integrados lineales.

En la actualidad existen una gran variedad de circuitos reguladores integrados, los cuales son muy versátiles, de fácil uso, bajo costo y muy eficaces para aplicaciones de baja potencia.

Estos circuitos reguladores integrados contienen la circuitería de la fuente de referencia, el amplificador comparador, el dispositivo de control y la protección contra sobrecargas; todo dentro de un chip. Aunque su verdadera constitución interna es algo diferente a la de los reguladores de tensión discretos, su operación externa es prácticamente la misma y se ofrecen para tensiones de salida positivas o negativas de un valor fijo o ajustable. [19]

Entre los más utilizados de este tipo de circuitos reguladores integrados que disponen de una salida de tensión fija, se encuentra la serie de los 78XX y los 79XX. Estos poseen tres terminales: entrada, salida y común (tierra). El símbolo XX de su numeración corresponde a su tensión de salida. La línea 78 entrega tensiones positivas, mientras que la línea 79 entrega tensiones negativas. La tensión de salida puede oscilar entre un 2% y un 4% de su valor nominal, y su capacidad de corriente va desde 100mA hasta 1.5A. [19]

La colocación de este tipo de reguladores de circuito integrado en una fuente de alimentación se puede observar en la siguiente figura:

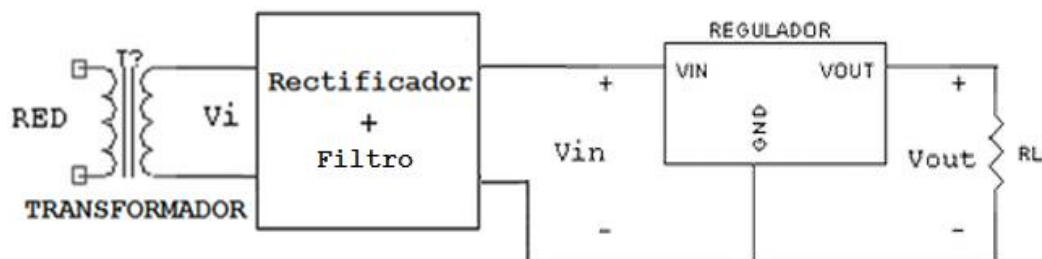


Figura A.23 Colocación de regulador de circuito integrado dentro de una fuente de alimentación. [19]

A.4. Microcontrolador.

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador. Físicamente consiste en un microchip formado por una pastilla de silicio sobre la que van grabados fotoquímicamente minúsculos circuitos.

A.4.1. Diferencias entre microprocesador y microcontrolador.

Un microprocesador requiere de circuitos integrados adicionales para su funcionamiento, como por ejemplo: Memorias *RAM*¹⁴ (para almacenar los datos temporalmente), Memorias *ROM*¹⁵ (para almacenar el programa que se encargaría del proceso del equipo), un circuito integrado para los puertos de entrada y salida y, finalmente, un decodificador de direcciones. [20]

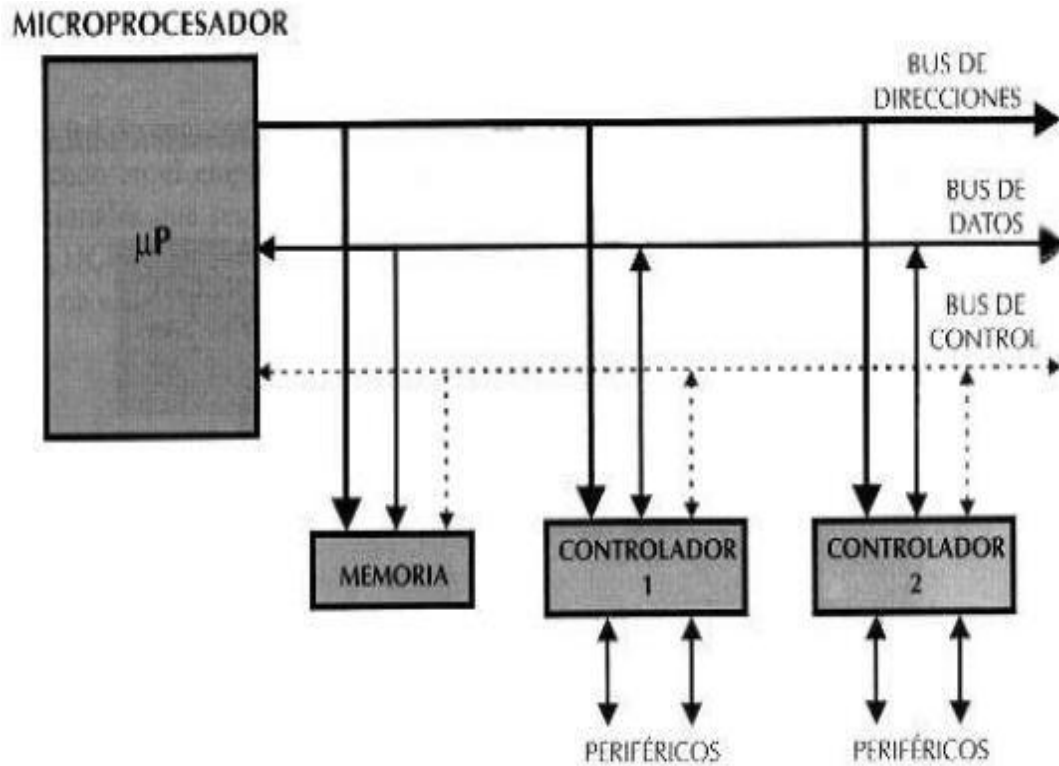


Figura A.24 Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador. La disponibilidad de los buses en el exterior permite que se configure a la medida de la aplicación. [20]

En cambio, un microcontrolador es un solo circuito integrado que contiene todos los elementos electrónicos que se utilizaban para hacer funcionar un sistema

¹⁴*RAM*: del acrónimo en inglés *Random Access Memory*: memoria de acceso aleatorio.

¹⁵*ROM*: del acrónimo en inglés: *Read-Only Memory*: memoria de solo lectura.

basado con un microprocesador; es decir, contiene en un solo integrado el *CPU*¹⁶, la Memoria *RAM*, Memoria *ROM*, puertos de entrada, salidas y otros periféricos, con la consiguiente reducción de espacio.

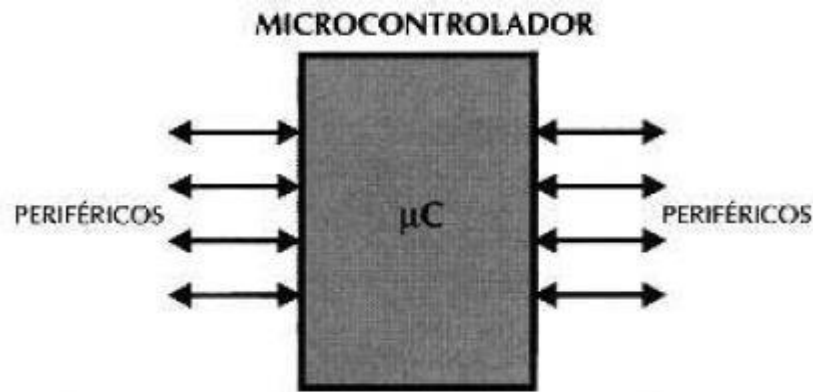


Figura A.25 El microcontrolador es un sistema cerrado. Todas las partes del procesador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos. [20]

El microcontrolador es, en definitiva, un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. En ese caso, el controlador recibe el nombre de controlador empotrado o embebido (*embedded controller*).

A.4.2. Ventajas de un microcontrolador frente a un microprocesador.

La configuración mínima básica de un microprocesador estaba antes constituida por un Micro de 40 pines, una Memoria *RAM* de 28 pines, una Memoria *ROM* de 28 pines y un decodificador de direcciones de 18 pines; pero un microcontrolador incluye todo estos elementos en un solo circuito integrado, por lo que implica una gran ventaja en varios factores: en el circuito impreso, por su amplia simplificación de circuitería, el costo para un sistema basado en microcontrolador es mucho menor y, lo mejor de todo, el tiempo de desarrollo de su proyecto electrónico se

¹⁶*CPU*: del acrónimo en inglés: *Central Processing Unit*: unidad central de procesamiento.

disminuye considerablemente. Estas ventajas que acaban de mencionarse son reconocidas inmediatamente por aquellas personas que han trabajado primeramente con los microprocesadores, y que después pasaron a trabajar con los microcontroladores. [20]

A.4.3. Estructura y elementos de los microcontroladores.

A continuación pasamos a describir los elementos más comunes en todo tipo de microcontroladores y sistemas.

A.4.3.1. El procesador.

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel *hardware*¹⁷ como *software*¹⁸. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado. Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales. [20]

A.4.3.1.1. CISC¹⁹.

Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía *CISC*. Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes; requiriendo muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores *CISC* es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros, es

¹⁷*Hardware*: literalmente traducido al español: partes duras. Se refiere a todas las partes físicas de un sistema informático.

¹⁸*Software*: literalmente traducido al español: partes blandas. Se refiere al equipo o componentes lógicos de un sistema informático.

¹⁹*CISC*: del acrónimo en inglés *Complex Instruction Set Computer*: computador con conjunto de instrucciones complejas.

decir, que si las tuviésemos que implementar con instrucciones básicas, resultaría demasiado engorroso. [20]

A.4.3.1.2. *RISC*²⁰.

Tanto la industria de los computadores comerciales, como la de los microcontroladores, están decantándose hacia la filosofía *RISC*. En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el *hardware* y el *software* del procesador. [20]

A.4.3.1.3. *SISC*²¹.

En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es específico, o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de *SISC*. [20]

A.4.3. 2Memoria.

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio *chip*. Una parte debe ser no volátil, tipo *ROM*, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo *RAM*, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales: [20]

- No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes., ya que como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria *ROM*, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

²⁰*RISC*: del acrónimo en inglés *Reduced Instruction Set Computer*: computador con conjunto reducido de instrucciones.

²¹*SISC*: del acrónimo en inglés *Simple Instruction Set Computer*: computador con conjunto de instrucciones simples.

- La *RAM* en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la *RAM* pues se ejecuta directamente desde la *ROM*.

Según el tipo de memoria *ROM* que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente. A continuación se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

A.4.3.2.1. ROM con máscara.

Es una memoria no volátil de sólo lectura, cuyo contenido se graba durante la fabricación del *chip*. La máscara proviene de la fabricación de los circuitos integrados, los cuales se producen en obleas que contienen varias decenas de *chips*. Estas obleas se fabrican a partir de procesos fotoquímicos, donde se impregnan capas de silicio y óxido de silicio y, según convenga, se erosionan al exponerlos a la luz. Como no todos los puntos han de ser erosionados, se sitúa entre la luz y la oblea una máscara con agujeros, de manera que donde deba incidir la luz, esta pasará. Con varios procesos similares pero más complicados se consigue fabricar los transistores y diodos micrométricos que componen un *chip*. El elevado coste del diseño de la máscara sólo hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria, cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades. [20]

A.4.3.2.2. OTP²².

El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura programable una sola vez por el usuario (*OTP*). Es el usuario quien puede escribir el programa en el *chip* mediante un sencillo grabador controlado por un *software* desde una computadora. La versión *OTP* es recomendable cuando es muy corto el ciclo de

²²*OTP*: del acrónimo en inglés *One-Time Programmable*: programable una sola vez.

diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas. En este tipo de memoria se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido. [20]

A.4.3.2.3. EPROM²³.

Los microcontroladores que disponen de memoria *EPROM* pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los *OTP*, con un grabador gobernado desde una computadora. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la *EPROM* a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria *OTP* que están hechos con material plástico. [20]

A.4.3.2.4. EEPROM²⁴.

Se conocen también como *E²PROM* o *E2PROM*. Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de una computadora. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie. Los microcontroladores dotados de memoria *EEPROM* una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan "grabadores en circuito" que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo. El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria *EEPROM* es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Son muy idóneos para la enseñanza y la Ingeniería de diseño. Se va extendiendo en los fabricantes la tendencia de incluir una pequeña zona de memoria *EEPROM*

²³*EPROM*: del acrónimo en inglés *Erasable Programmable Read-Only Memory*: memoria de solo lectura programable borrrable.

²⁴*EEPROM*: del acrónimo en inglés *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*: memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente.

en los circuitos programables para guardar y modificar cómodamente una serie de parámetros que adecuan el dispositivo a las condiciones del entorno. [20]

A.4.3.2.5. FLASH²⁵.

Funciona como una *ROM* y una *RAM*, pero consume menos y es más pequeña. A diferencia de la *ROM*, la memoria *FLASH* es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la *EEPROM*. La alternativa *FLASH* está recomendada frente a la *EEPROM* cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado. Las memorias *EEPROM* y *FLASH* son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados en circuito, es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta. Así, un dispositivo con este tipo de memoria incorporado al control del motor de un automóvil permite que pueda modificarse el programa durante la rutina de mantenimiento periódico, compensando los desgastes y otros factores tales como la compresión, la instalación de nuevas piezas, etc. La reprogramación del microcontrolador puede convertirse en una labor rutinaria dentro de la puesta a punto. [20]

A.4.3.3. Puertas de entrada y salida.

Las puertas de Entrada y Salida (E/S) permiten comunicar al procesador con el mundo exterior, a través de interfaces, o con otros dispositivos. Estas puertas, también llamadas puertos, son la principal utilidad de las patas o pines de un microprocesador. Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control. [20]

A.4.3.3. Reloj principal.

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia que configura los impulsos de reloj usados en la

²⁵*FLASH*: se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar.

sincronización de todas las operaciones del sistema. Esta señal del reloj es el motor del sistema, y la que hace que el programa y los contadores avancen. Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C. Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones, pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía y de calor generado. [20]

A.4.4. Recursos especiales.

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el coste, el *hardware* y el *software*. Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son: [20]

- Temporizadores o *Timers*.
- Perro guardián o *Watchdog*.
- Protección ante fallo de alimentación o *Brownout*.
- Estado de reposo o de bajo consumo (*Sleep mode*).
- Conversor A/D (Analógico -> Digital).
- Conversor D/A (Digital -> Analógico).
- Comparador analógico.
- Modulador de ancho de pulsos o *PWM*²⁶.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.

²⁶*PWM*: del acrónimo en inglés *Pulse Wide Modulation*.

Apéndice 2. Plan de Negocios.

Este Plan de Negocios se presenta con el objetivo de mostrar la factibilidad de aplicación, a nivel industrial, de la investigación e innovación tecnológica desarrollada en el Proyecto de Tesis de Maestría del Ing. Leandro Sosa Rivero.

Resumen

Se propone conformar una empresa de desarrollo tecnológico dedicada a la producción de Detectores Opto-electrónicos de Presencia, que funcionen como barreras de seguridad. Con estos detectores se pretende evitar, o reducir al mínimo, la posible ocurrencia de accidentes en los procesos productivos que requieren la manipulación de operarios.

Estos dispositivos son de fácil instalación y sus componentes se adquieren, principalmente, en el mercado nacional. Además de ser duraderos y de fácil mantenimiento.

A continuación mostramos la factibilidad de la propuesta, así como un análisis del mercado.

Idea

INDUSTRIAS SCALINI solicitó el diseño y desarrollo de una barrera de seguridad opto-electrónica al Centro de Investigaciones en Óptica A.C. (CIO), lo cual sirvió de base al Proyecto de Tesis de Maestría del Ing. Leandro Sosa Rivero.

Basado en la experiencia piloto desarrollada durante este trabajo de investigación, el prototipo de la barrera desarrollada cumplió satisfactoriamente las expectativas del cliente, dando respuesta a sus necesidades sentidas.

Lo anterior dio paso a la propuesta de negocios que se desarrolla a continuación.

Descripción del Proyecto

A continuación se desglosa la estrategia y estructura a seguir para la conformación de una empresa de desarrollo tecnológico, incluyéndose la información básica del contexto y el concepto del negocio; explicándose, de manera general, qué hará y cómo funcionará la empresa.

Diseño del Modelo de Negocio

El Modelo de Negocio trabajará bajo la siguiente estructura:

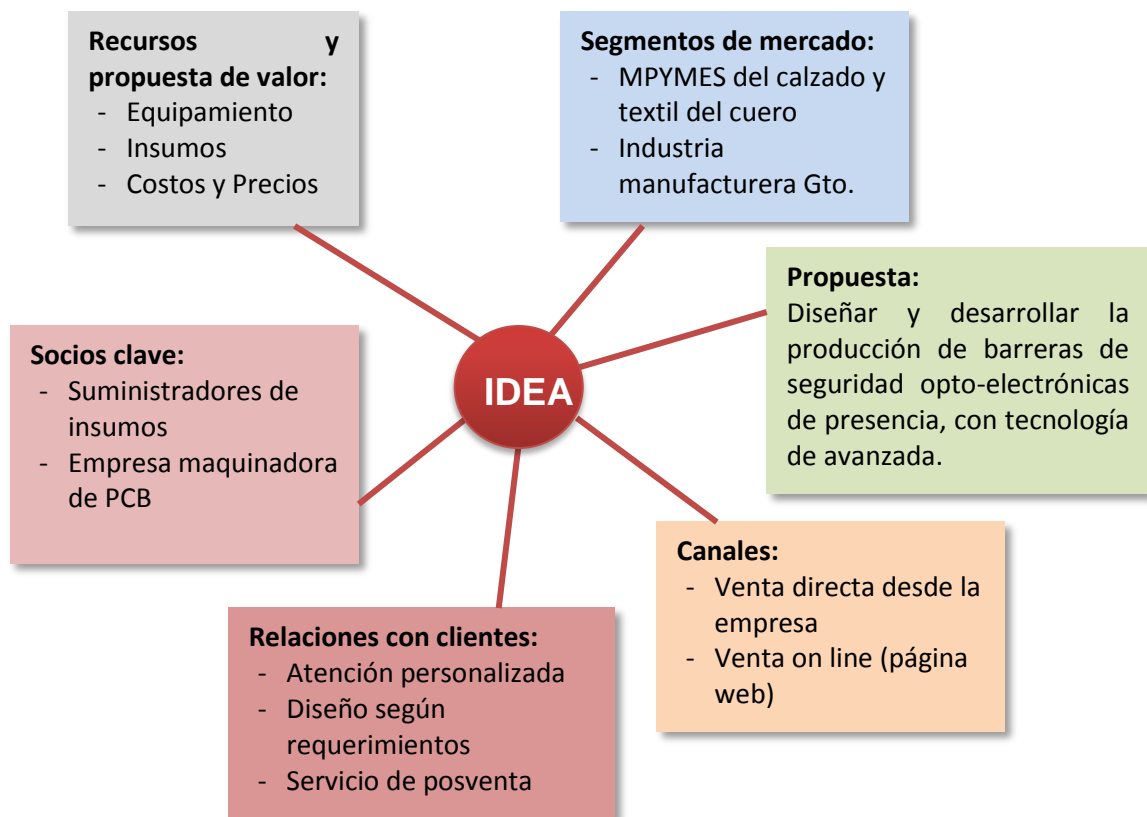


Figura A.26 Diseño del modelo de negocios.

Caracterización de los Emprendedores:

Datos Personales	Leandro Sosa Rivero	Rafael Guillermo González Acuña
Fecha Nacimiento	05/08/1987	19/12/1990
Edad	28 años	24 años
Dirección	Bosques de las Lomas #102, Colonia: Bosques de la Presa. CP: 37179, León, Gto., México.	Decápolis #515, Jardines San Agustín. CP: 662274, San Pedro García, México.
Teléfono	+52 1 477 231 3085	+52 1 811 042 1094
Correo electrónico	leososa87@yahoo.es	rafael123.90@hotmail.com

Tabla A.1 Datos personales de los emprendedores.

Experiencia y conocimientos de los empresarios emprendedores:

Ambos emprendedores consideran que están en condiciones de aprovechar, tanto la experiencia laboral, como el conocimiento incorporado por sus estudios, poniendo en práctica todo ese potencial en función de crear una empresa que provea riquezas a la sociedad a la vez que resuelva los problemas y satisfaga las necesidades de los clientes; generando empleos y oportunidades de desarrollo para sus ciudadanos, contribuyendo al incremento de su calidad de vida.

Leandro Sosa Rivero

Es graduado de Ingeniería Automática en el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” en La Habana, Cuba. Ha recibido cursos de Buenas Prácticas, Seguridad, Salud y Medio Ambiente, así como de Validación de

Sistemas. También ha participado en talleres de Validación de Sistemas Computarizados, Verificación de Procesos y de Negocios. Actualmente se encuentra cursando Maestría en Optomecatrónica en el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) en León, Gto., México.

Experiencia laboral:

Antes de dedicarse a tiempo completo a los estudios de maestría, trabajó dos años en el Grupo Nacional de Validación (GNV) perteneciente al Instituto Finlay del Polo Científico, La Habana, Cuba; desempeñándose como Especialista en Validación de Áreas Limpias.

Rafael González Acuña

Es graduado de Ingeniería Física Industrial en el Tecnológico de Monterrey. Realizó una estancia de investigación sobre Segmentación de Imágenes en la Universidad Tecnológica de Auckland. Actualmente se encuentra cursando Maestría en Optomecatrónica en el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) en León, Gto., México.

Experiencia laboral:

Antes de dedicarse a tiempo completo a los estudios de maestría, trabajó un año como ingeniero de campo para la empresa petrolera Schlumberger.

LA PROPUESTA

Descripción de la Empresa: SOSACUÑA OPTOELECTRONIC'S

La empresa **SOSACUÑA OPTOELECTRONIC'S** estará destinada a la producción, diseño, instalación y mantenimiento de barreras de seguridad optoelectrónicas de presencia, con tecnología de avanzada.

El diseño y desarrollo de dichas barreras cumplirá con las normas internacionales de calidad: EN 61496, EN 999, EN 294 y Normas C y se llevará a cabo en una

instalación que contará con los requerimientos técnicos establecidos para la producción este tipo de dispositivos.

MISION

Especializarnos en producir barreras de seguridad opto-electrónicas de presencia, con tecnología de avanzada, para las MPYMES (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas) de la industria manufacturera del calzado y textil del cuero en Guanajuato, diseñadas de acuerdo a sus requerimientos. Dichas barreras son precisas para el cuidado/protección de los operarios, factor esencial en el logro de los índices productivos (generación de valor).

VISION

Convertirnos en líderes y expertos de referencia en Guanajuato, logrando llegar con nuestro producto a todas las MPYMES de la industria del calzado y textil del cuero, con perspectivas de ampliarnos a otras empresas manufactureras del Bajío, cuyos procesos productivos contemplen operaciones peligrosas donde interviene la manipulación de los operarios.

OBJETIVOS

1. Diseñar y producir barreras de seguridad opto-electrónicas que garantizan la protección de los operarios y mejoran la eficiencia del proceso productivo (ahorro de tiempo).
2. Mejorar precios y abaratar costos, evitando importaciones.
3. Llegar a pequeñas y medianas empresas de la industria del calzado y textil del cuero, contando con una producción inicial de 12 barreras/año y crecer progresivamente alrededor de un 5% anual.
4. Contactar otras empresas manufactureras logrando, al menos, 5 clientes en el primer año y crecer consecutivamente manteniendo 10 clientes por año como promedio.

VALORES

- Personal altamente capacitado y comprometido.

- Trato personalizado al cliente (producto a la medida).
- Confiabilidad y profesionalidad en el servicio.
- Producto garantizado con tecnología avanzada.
- Altos estándares de calidad.
- Instalación y servicio de posventa garantizados.

CANALES:

La venta y comercialización del producto estará a cargo de personal especializado, pudiéndose realizar directamente desde la empresa o mediante internet, vía página web de la empresa y/o anuncios publicitarios en sitios especializados.

RELACIONES CON CLIENTES

Se dará atención personalizada con la posibilidad de interactuar sobre las especificaciones del producto de manera que el diseño responda a las especificidades requeridas por el cliente en cuestión.

Igualmente la empresa ofrecerá servicio de instalación, sin costo adicional, siempre que el cliente lo requiera, con el objetivo de garantizar el óptimo funcionamiento de los dispositivos.

Además se dispone de servicio de mantenimiento y actualización de *firmware*, a petición de los clientes.

SOCIOS CLAVES

Para la producción de estas barreras, se establecerán convenios con los proveedores de insumos y la empresa maquinadora de PCB.

RECURSOS Y PROPUESTA DE VALOR

A continuación relacionamos los activos más importantes requeridos para iniciar la propuesta:

Inversión inicial	Importe total (MXN)
Mesa de trabajo (AcMax)	31000.00
Cautin (WELLER)	5000.00
Equipos de cómputo	33000.00
Auto	125000.00
Kit herramientas electrónicas	16500.00
Maquinación del PCB	6000.00
Equipamiento de oficina (mesas, sillas, estantería)	15000.00
TOTAL	\$ 231500.00

Tabla A.2 Inversión inicial de la empresa.

Gastos fijos	Importe total (MXN)
Local (arrendamiento mensual) Incluye: agua, electricidad y mantenimiento.	5500.00
Internet y Telefonía (mensual)	600.00
Material de oficina	2000.00
Salarios	32000.00
TOTAL	\$ 40100.00

Tabla A3 Gastos fijos de la empresa.

Insumos para la producción de una Barrera de Seguridad Opto-electrónica (BSO)	Importe total Emisor (MXN)	Importe total Detector (MXN)
Resistencias	4.00	5.00
Capacitores	-	11.00
Transistores	-	5.20
Jumper	-	0.35
Compuertas lógicas (AND)	-	3.43
Detectores	-	115.20
Emisores (ledes laser)	55.94	-
Regulador de voltaje	-	7.32
Microcontrolador	-	83.60
Gabinetes	295.70	295.70
PCB	200.00	200.00
Sub Total	\$ 555.64	\$ 726.80
Importe Total de la BSO	\$ 1282.44	

Tabla A.4 Insumos para producir una Barrera de Seguridad Opto-electrónica.

Propuesta de Precio de Venta: \$ 7297.44 (1282.44 + 15% gastos fijos)

MARTIZ FODA

En este acápite analizaremos las Fortalezas, Debilidades (factores internos), así como las Oportunidades y Amenazas (factores externos) existentes. Este instrumento constituye una herramienta que permite obtener un diagnóstico preciso de la situación de partida, para tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas que se pretenden alcanzar.

Fortalezas

- Equipo competente y motivado
- Personal altamente capacitado y comprometido
- Inmejorable relación calidad-precio
- Servicio personalizado
- Calidad garantizada
- Alto nivel de seguridad basado en tecnología de avanzada
- Servicio de posventa (instalación, mantenimiento y actualización de firmware)
- Estructura ágil y adaptable

Oportunidades

- La existencia del Fondo Guanajuato de Financiamiento, entidad Estatal de financiamiento en apoyo al Emprendimiento y desarrollo de las MPYMES, con proyección hacia la generación de empleo y el beneficio social.
- Fondos CONACYT: Programas de Estímulos a la Innovación.
- Alta concentración de las MPYMES del sector del calzado y textil de la piel en el Estado donde se asentará la empresa.
- Las MPYMES de la industria del calzado en la región del Bajío perdieron los contactos con los suministradores anteriores de barreras de seguridad.

Debilidades

- Insuficiente capital financiero para la inversión inicial.
- Creación de nueva organización, lo que demandará de tiempo para consolidarse.
- Nueva marca en un mercado altamente competitivo.

Amenazas

- Inestabilidad económica inicial.
- Resistencia al cambio de hábitos de mercado arraigados.
Es necesario insistir en la importancia del recurso/capital humano en una empresa. La protección de estas personas es uno de los aspectos que toma relevancia en la gestión del personal de las empresas de estos tiempos.
- La escasez de financiamiento para el desarrollo del capital/recurso humano (incluyendo su protección) en las empresas, particularmente en las MPYMES, pueden limitar la implementación del producto en el mercado.
- La existencia de empresas con productos similares en la región.

Análisis del Mercado

Según un estudio realizado por el Departamento de Estudios Económicos de Banamex-Citigroup, en los últimos cuatro años, Guanajuato ha crecido por encima del promedio nacional, y en 2015 apunta a crecer al doble.

Entre 2011 y 2013 promedió un crecimiento de 4.8%, contra 3% nacional en el mismo lapso. La previsión de Banamex-Citigroup es que el crecimiento de Guanajuato en 2015 será de 6.1%, mientras que la meta para el país es de sólo 6%.

En el caso de Guanajuato, el grupo financiero destaca en su análisis: “La materialización de inversiones en la industria manufacturera –principalmente las relacionadas con la producción de quipo de transporte- y la recuperación de la demanda externa de estos bienes, favorecieron la aceleración del crecimiento económico de Guanajuato durante 2014...Así -continúa el estudio-, la industria manufacturera creció 13.7% durante enero-noviembre de 2014 contra 3.6% del nacional.”

Según las bases de datos de la encuesta realizada por el INEGI, de los 10 estados con mayor producción manufacturera en 2014, Guanajuato fue el de más alto crecimiento.

También contribuyeron a este crecimiento de Guanajuato, en 2014, otras industrias:

- La alimentaria creció 5% y ha mantenido un desarrollo contante acumulado de 48% en los últimos seis años.
- La química creció 10%.
- Las fabricantes de aparatos eléctricos 11%.
- El sector del plástico 12.6%.

La empresa del calzado en México tiene una tradición de más de 4 siglos, lo que ha colocado al país en el 9no. lugar en la producción de calzado a nivel mundial. Tiene la representación de más de un centenar de marcas internacionales y exporta su producción a más de 60 países. Dentro de los tipos de calzado que se exportan en valor, el 77,6% corresponde al calzado de piel

A nivel Nacional, el número de empresas de la cadena Cuero-Calzado-Proveeduría asciende a 11 538, de ellas, 4 478 están en Guanajuato (38,8%), muestra del alto desarrollo alcanzado por este sector, particularmente en la ciudad de León, donde existe actualmente una elevada concentración de las empresas mencionadas.

Si consideramos solamente las del sector del calzado, en Guanajuato se concentra el 42,5% de las empresas del sector (3 394 de 7 981 que existen en el país).²⁷

²⁷ Calzavance. Órgano Informativo de CICEG Año 31 • julio - agosto • 2015

La Competencia

Se consideran competencia todos aquellos negocios o compañías, dentro del país, que se dediquen a la venta de sensores de seguridad opto-electrónicos.

Entre las principales empresas dentro de este rubro podemos mencionar las siguientes:

- KEYENCE localizada en México D.F., con sucursales en Monterrey, León, Ciudad Juárez y Tijuana.
- BALLUFF DE MEXICO, S.A. de C.V., con oficinas en Querétaro.
- PILLAR MEXICANA, S.A de C.V., localizada en México D.F., con sucursales en Monterrey, Querétaro y Aguas Calientes.
- TELUX, S.A. de C.V. (distribuidora de productos de la empresa Suiza CONTRINEX), con oficina en México D.F.
- KEYTRONICS, S.A. de C.V., con oficina en México D.F.
- CORTINAS DE SEGURIDAD, con oficina en México D.F.
- REKA CONTROL Y AUTOMATIZACION, S.A. de C.V., con oficinas en México D.F.

De las empresas mencionadas, la KEYENCE, BALLUFF y PILLAR MEXICANA son las más cercanas a la región que se pretende cubrir, fundamentalmente la primera, que cuenta con una de sus sucursales en León, Gto.

A pesar de lo antes mencionado, **SOSACUÑA OPTOELECTRONIC'S** planea enclavarse en el municipio de León, Gto., contando con la ventaja de que se especializará en la producción y diseño de barreras de seguridad opto-electrónicas, mientras que, para el resto de las empresas señaladas, estas barreras de seguridad son un producto más dentro de una amplia oferta de otros sensores y/o dispositivos electrónicos que producen o distribuyen.

Mercado Meta

Nuestro principal cliente:

Las MPYMES de la industria del calzado y textil del cuero en Guanajuato, por el desarrollo que ha alcanzado el sector en este Estado.

Estas empresas perdieron el contacto con los proveedores habituales de estos dispositivos de seguridad; razón por la que surgió la necesidad de encontrar nuevos proveedores de dispositivos de protección, de manera que éstos pudieran acoplarse en el equipamiento que actualmente utilizan en sus líneas de producción.

Como segunda intención:

Se pretende incidir en el resto de la industria manufacturera de la región, siempre dentro del marco de las MPYMES, cuyos procesos productivos contemplen operaciones mecánicas peligrosas donde interviene la manipulación de los operarios.

Impacto socio económico del proyecto

El recurso humano es fundamental, tanto en micro, pequeñas, medianas y macro empresas ya que es el único recurso capaz de usar los otros, convirtiéndose en factor esencial para la generación de valores. De ahí la importancia de cuidar a las personas (consideradas en la actualidad *capital humano*) que intervienen en estos procesos productivos.

La Empresa **SOSACUÑA OPTOELECTRONIC'S** proveerá a las MPYMES de barreras de seguridad optoelectrónicas, que evitarán accidentes fatales para los operarios, a la vez que ahorran tiempo en el proceso, contribuyendo a la eficiencia productiva de dichas empresas.

Para que **SOSACUÑA OPTOELECTRONIC'S** realice las funciones y actividades inherentes a su misión y objetivos, se ha concebido la siguiente estructura organizativa:

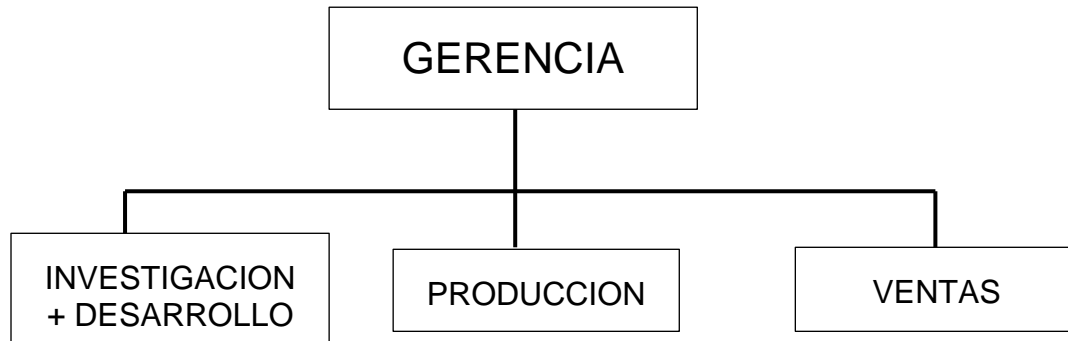


Figura A.27 Estructura organizativa de la empresa.

En una primera etapa, **SOSACUÑA OPTOELECTRONIC'S** generará directamente 2 empleos de alto valor a ingenieros tecnológicos, los que asumirán indistintamente las diferentes tareas y gestiones administrativas de la empresa. Igualmente se asociará a proveedores de componentes y partes necesarias para la producción de las barreras de protección.

En una segunda etapa, generará otros empleos a personal administrativo y de producción, en la medida en que se incremente el volumen de ventas y operaciones de la empresa.

Anexos

Anexo 1. Datasheet de LED láser infrarrojo OPV332.

VCSEL in T-1 Package OPV332



Absolute Maximum Ratings

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

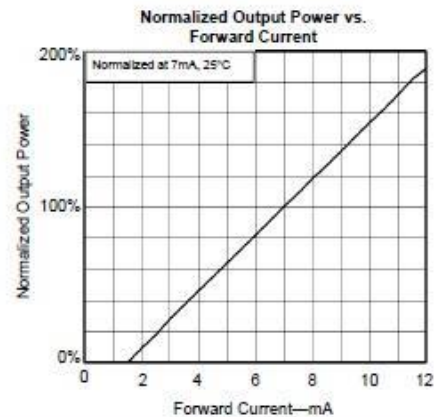
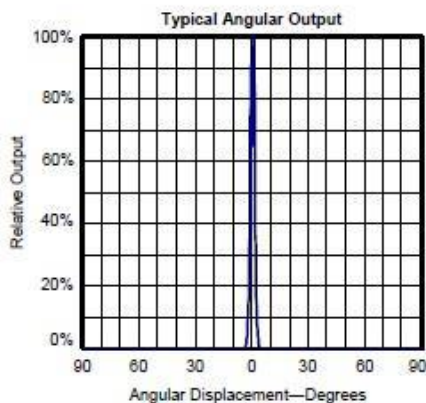
Storage Temperature Range	-40° to +100° C
Operating Temperature Range	0° to +85° C
Lead Soldering Temperature [1/16 inch (1.6mm) from case for 5 sec with soldering iron]	260° C ⁽¹⁾
Maximum Forward Peak Current, Continuous	12 mA
Maximum Reverse Voltage	5 V
Maximum Forward Current, pulse (1µs P.W., 10% D.C.)	48 mA

Electrical Characteristics ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

SYMBOL	PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNITS	CONDITIONS
P_{OT}	Total Power Out	1.5			mW	$I_F = 7\text{ mA}$
I_{TH}	Threshold Current			3.0	mA	Note 2
V_F	Forward Voltage			2.2	V	$I_F = 7\text{ mA}$
I_R	Reverse Current			100	nA	$V_R = 5\text{ V}$
R_S	Series Resistance	20		55	ohms	Note 3
η	Slope Efficiency	0.28			mW/mA	Note 4
λ	Wavelength	840		860	nm	
$\Delta\lambda$	Optical Bandwidth			0.85	nm	
e	Beam Divergence		4		Degrees	FWHM
$\Delta\eta/\Delta T$	Temp Coefficient of Slope Efficiency	-0.50			%/°C	(0° - 70°C), Note 4
$\Delta\lambda/\Delta T$	Temp Coefficient of Wavelength		0.08		nm/°C	(0° - 70°C)
ΔI_{TH}	Temp Variance of Threshold Current		±1.0		mA	(0° - 70°C), Note 2
$\Delta V_F/\Delta T$	Temp Coefficient for Forward Voltage		-2.5		mV/°C	(0° - 70°C)

NOTES:

- (1) RMA flux is recommended. Solder dwell time can be increased to 10 seconds when flow soldering.
- (2) Threshold Current is based on the two line intersection method specified in Telcordia GR-468-Core. Line 1 from 4 mA to 6 mA. Line 2 from 0 mA to 0.5 mA.
- (3) Series Resistance is the slope of the Voltage-Current line from 5 to 8 mA.
- (4) Slope efficiency, is the slope of the best fit Li line from 5 mA to 8 mA with 0.25mA test intervals.



Anexo 2. Datasheet de regulador TC1262-33VDB.

TC1262

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings*

Input Voltage	6.5V
Output Voltage.....	(V _{SS} - 0.3V) to (V _{IN} + 0.3V)
Power Dissipation.....	Internally Limited (Note 6)
Maximum Voltage on Any Pin	V _{IN} + 0.3V to -0.3V
Operating Temperature Range.....	-40°C < T _J < 125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C

*Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of the specifications is not implied. Exposure to Absolute Maximum Rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TC1262 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Electrical Characteristics: V _{IN} = V _{OUT} + 1V, I _L = 100μA, C _L = 3.3μF, T _A = 25°C, unless otherwise noted. Boldface type specifications apply for junction temperatures of -40°C to +125°C.						
Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
V _{IN}	Input Operating Voltage	2.7	—	6.0	V	Note 7
I _{OUTMAX}	Maximum Output Current	500	—	—	mA	
V _{OUT}	Output Voltage	— V _R - 2.5%	V _R ±0.5% —	— V _R + 2.5%	V	Note 1
ΔV _{OUT} /ΔT	V _{OUT} Temperature Coefficient	—	40	—	ppm/°C	Note 2
ΔV _{OUT} /ΔV _{IN}	Line Regulation	—	.003	0.35	%/V	(V _R + 1V) ≤ V _{IN} ≤ 6V
ΔV _{OUT} /I _{OUT}	Load Regulation	—	0.002	0.01	%/mA	I _L = 0.1mA to I _{OUTMAX} (Note 3)
V _{IN} -V _{OUT}	Dropout Voltage	—	20 60 200 350	30 130 390 650	mV	I _L = 100μA I _L = 100mA I _L = 300mA I _L = 500mA (Note 4)
I _{DD}	Supply Current	—	80	130	μA	I _L = 0
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	—	64	—	dB	F _{RE} ≤ 1kHz
I _{OUTSC}	Output Short Circuit Current	—	1200	—	mA	V _{OUT} = 0V
ΔV _{OUT} /ΔP _D	Thermal Regulation	—	0.04	—	V/W	Note 5
eN	Output Noise	—	280	—	nV/√Hz	I _L = I _{OUTMAX} , F _{RE} = 10kHz

Note 1: V_R is the regulator output voltage setting.

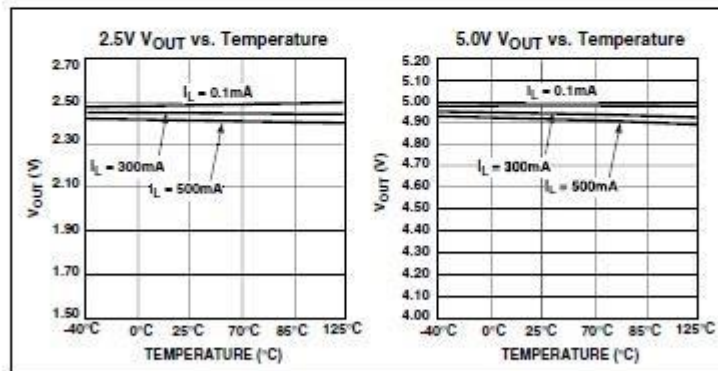
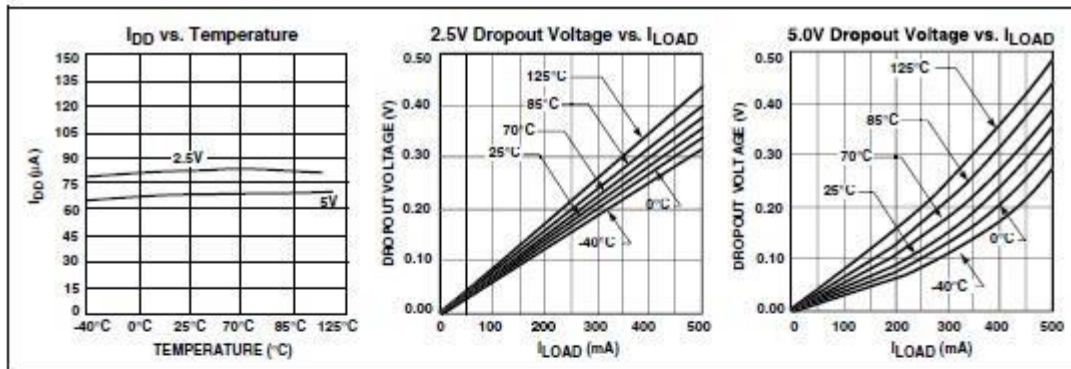
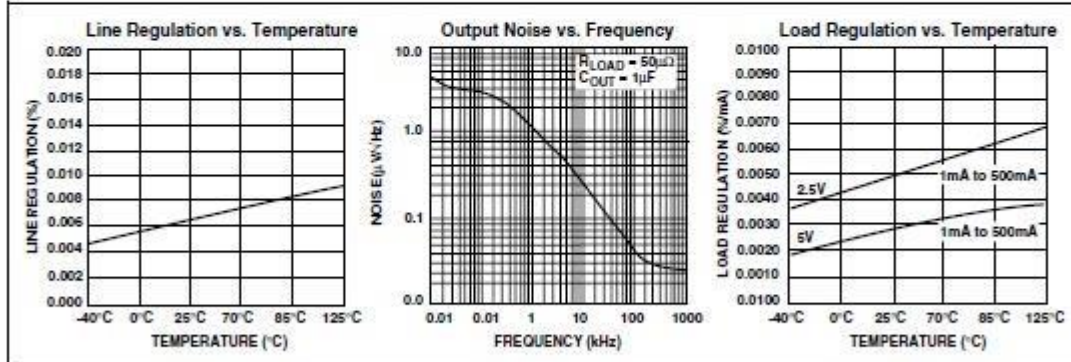
$$\text{2: } TC V_{OUT} = \frac{(V_{OUTMAX} - V_{OUTMIN}) \times 10^6}{V_{OUT} \times \Delta T}$$

- 3: Regulation is measured at a constant junction temperature using low duty cycle pulse testing. Load regulation is tested over a load range from 0.1mA to the maximum specified output current. Changes in output voltage due to heating effects are covered by the thermal regulation specification.
- 4: Dropout voltage is defined as the input to output differential at which the output voltage drops 2% below its nominal value measured at a 1V differential.
- 5: Thermal Regulation is defined as the change in output voltage at a time T after a change in power dissipation is applied, excluding load or line regulation effects. Specifications are for a current pulse equal to I_{LMAX} at V_{IN} = 6V for T = 10 msec.
- 6: The maximum allowable power dissipation is a function of ambient temperature, the maximum allowable junction temperature and the thermal resistance from junction-to-air (i.e., T_A, T_J, θ_{J-A}). Exceeding the maximum allowable power dissipation causes the device to initiate thermal shutdown. Please see Section 4.0 Thermal Considerations for more details.
- 7: The minimum V_{IN} has to justify the conditions: V_{IN} ≥ V_R + V_{DROPOUT} and V_{IN} ≥ 2.7V for I_L = 0.1mA to I_{OUTMAX}.

TC1262

TYPICAL CHARACTERISTICS

Note: The graphs and tables provided following this note are a statistical summary based on a limited number of samples and are provided for informational purposes only. The performance characteristics listed herein are not tested or guaranteed. In some graphs or tables, the data presented may be outside the specified operating range (e.g., outside specified power supply range) and therefore outside the warranted range.



Anexo 3. Datasheet de detector GP1UE26RK0VF.

SHARP

GP1UE26RK0VF/GP1UE27RK0VF Series
GP1UE28RK0VF/GP1UE28QK0VF Series

■ Model Line-up

Diversified models with a different B.P.F. frequency are also available.

B.P.F. center frequency	Model No.				Unit
40	GP1UE26RK0VF	GP1UE27RK0VF	GP1UE28RK0VF	GP1UE28QK0VF	kHz
36	GP1UE260RKVF	GP1UE270RKVF	GP1UE280RKVF	GP1UE280QKVF	
38	GP1UE261RKVF	GP1UE271RKVF	GP1UE281RKVF	GP1UE281QKVF	
36.7	GP1UE262RKVF	GP1UE272RKVF	GP1UE282RKVF	GP1UE282QKVF	
32.75	GP1UE263RKVF	GP1UE273RKVF	GP1UE283RKVF	GP1UE283QKVF	

■ Absolute Maximum Ratings

($T_a=25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V_{CC}	0 to +6.0	V
¹ Operating temperature	T_{opr}	-10 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	T_{stg}	-20 to +70	$^\circ\text{C}$
² Soldering temperature	T_{sol}	265	$^\circ\text{C}$

¹ No dew condensation is allowed

² For 6s (At mounting on PCB with thickness of 1.6mm)

■ Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Operating conditions	Unit
Supply voltage	V_{CC}	2.7 to 5.5	V

■ Electro-optical Characteristics

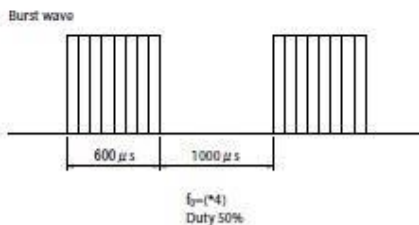
($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{CC}=3\text{V}$)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Dissipation current	I_{CC}	No input light	-	0.27	0.4	mA
High level output voltage	V_{OH}	³	$V_{CC}-0.5$	-	-	V
Low level output voltage	V_{OL}	³ $I_{OL}=1.6\text{mA}$	-	-	0.45	V
High level pulse width	T_1	³	600	-	1200	μs
Low level pulse width	T_2	³	400	-	1000	μs
B.P.F. center frequency	f_0	-	-	⁴	-	kHz
Output pull-up resistance	R_L	-	70	100	130	k Ω

³ The burst wave as shown in the following figure shall be transmitted by the transmitter shown in Fig. 1

The carrier frequency of the transmitter, however, shall be same as ⁴, and measurement shall be from just after starting the transmission until 50 pulse

⁴ The B.P.F. center frequency f_0 varies with model, as shown in ■ Model Line-up



■ Performance

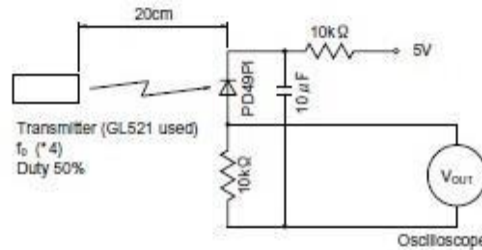
Using the transmitter shown in Fig. 1, the output signal of the light detecting unit is good enough to meet the following items in the standard optical system in Fig. 2.

1. Linear reception distance characteristics
When $L=0.2$ to 8.0m , ${}^5E_v < 10\text{ lx}$ and $\phi=0^\circ$ in Fig.2, the output signal shall meet the electrical characteristics in the attached list.
2. Sensitivity angle reception distance characteristics
When $L=0.2$ to 6.0m , ${}^5E_v < 10\text{ lx}$ and $\phi \leq 30^\circ$ in Fig.2, the output signal shall meet the electrical characteristics in the attached list.
3. Anti outer peripheral light reception distance characteristics
When $L=0.2$ to 4.0m , ${}^6E_v \leq 300\text{ lx}$ and $\phi=0^\circ$ in Fig.2, the output signal shall meet the electrical characteristics in the attached list.

⁵ It refers to detector face illuminance

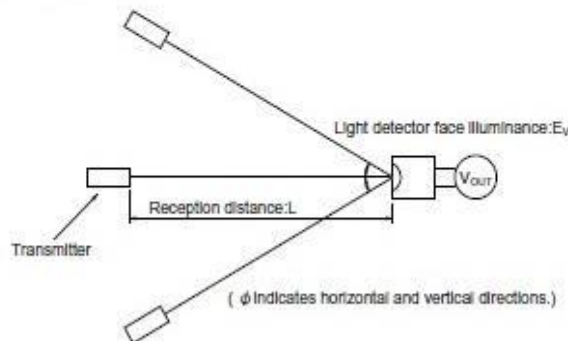
⁶ Outer peripheral light source: CIE standard light source A shall be used and placed at 45° from perpendicular axis at the detector face center

Fig.1 Transmitter



In the above figure, the transmitter should be set so that the output $V_{out(p-p)}$ can be 40mV .
However, the PD49PI to be used here should be of the short-circuit current $I_{sc}=2.6\mu\text{ A}$ at $E_v=100\text{ lx}$.
(E_v is an illuminance by CIE standard light source A (tungsten lamp).)

Fig.2 Standard Optical System



SHARP

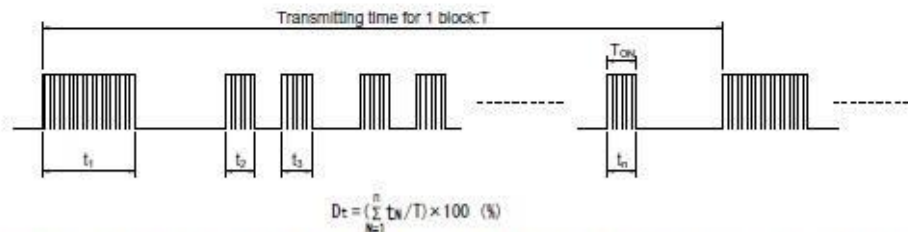
GP1UE26RK0VF/GP1UE27RK0VF Series
GP1UE28RK0VF/GP1UE28QK0VF Series

■ Precautions for Operation

1. When this infrared remote control detecting unit shall be adopted for wireless remote control, please use the following signal format .
(NEC code, RC-6code etc.)

- Total duty ratio D_t (Emitting time $\sum_{N=1}^n t_N$ / Transmitting time for 1 block T) : 40% or less.
- ON signal time and OFF signal time

Supply Voltage	V _{CC}	2.7 to 3.0V	3.0 to 5.5V
ON signal time per 1bit	t _{ON}	200 μs or more	
OFF signal time per 1bit	t _{OFF}	400 μs or more	300 μs or more



In case the signal format of total duty and/or ON/OFF signal time doesn't meet the conditions noted above, there is a case that reception distance much reduces or output dose not appear.

2. Use the light emitting unit (remote control transmitter), in consideration of performance, characteristics, operating conditions of light emitting device and the characteristics of the light detecting unit.
3. Pay attention to a malfunction of the light detecting unit when the surface is stained with dust and refuse.
Care must be taken not to touch the light detector surface.
If it should be dirty, wipe off such dust and refuse with soft cloth so as to prevent scratch. In case some solvents are required, use methyl alcohol, ethyl alcohol or isopropyl alcohol only.
Also, protect the light detecting unit against flux and others, since their deposition on the unit inside causes reduction of the function, fading of markings such as the part number.
4. The shield case should be grounded on PCB pattern.
(The area across the shield case and the GND terminal is internally non-conductive.)
5. Do not apply unnecessary force to the terminal and the case.
6. Do not push the light detector surface (photodiode) from outside.
7. To avoid the electrostatic breakdown of IC, handle the unit under the condition of grounding with human body, soldering iron, etc.
8. Do not use hole and groove set in the case of the light detecting unit for other purposes, since they are required to maintain the specified performance.
9. There is a possibility that noise on output may be caused by environmental condition (Disturbing light noise, Electromagnetic noise, Power supply line noise, etc.) even if there is no input transmission signal.
10. Please shall confirm operation or your actual machine. Because the output pulse width of this product is fluctuated by environmental conditions such as signal format, temperature, distance from transmitter, and so on.
11. In case that this product is kept in high humidity condition, it may be hard to solder, please be careful enough about storage method.
Depend on the flux you select, there are different solderabilities, so please select a suitable flux and use it.
12. This product dose't correspond to soldering by reflow.
Please use this device away from the dew drop.
13. Be aware that the dew drop rusts shield case and others, may affect the electric characteristics.

Anexo 4. Datasheet de microcontrolador MSP430F2274M.


MSP430F2274-EP
www.ti.com

SLAS614D – SEPTEMBER 2008 – REVISED MAY 2011

MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER

 Check for Samples: [MSP430F2274-EP](#)

FEATURES

- Low Supply Voltage Range 1.8 V to 3.6 V
- Ultralow-Power Consumption
 - Active Mode: 270 μ A at 1 MHz, 2.2 V
 - Standby Mode: 0.7 μ A
 - Off Mode (RAM Retention): 0.1 μ A
- Ultrafast Wake-Up From Standby Mode in Less than 1 μ s
- 16-Bit RISC Architecture, 62.5 ns Instruction Cycle Time
- Basic Clock Module Configurations
 - Internal Frequencies up to 16 MHz With Four Calibrated Frequencies to $\pm 1\%$
 - Internal Very Low Power LF Oscillator
 - 32-kHz Crystal (Available Only from -55°C to 105°C)
 - High-Frequency Crystal up to 16 MHz (Available Only from -55°C to 125°C)
 - Resonator
 - External Digital Clock Source
 - External Resistor
- 16-Bit Timer_A With Three Capture/Compare Registers
- 16-Bit Timer_B With Three Capture/Compare Registers
- Universal Serial Communication Interface
 - Enhanced UART Supporting Auto-Baud-Rate Detection (LIN)
 - IrDA Encoder and Decoder
 - Synchronous SPI
 - I²C™
- 10-Bit, 200-kcps A/D Converter With Internal Reference, Sample-and-Hold, and Autoscan and Data Transfer Controller
- Two Configurable Operational Amplifiers
- Brownout Detector
- Serial Onboard Programming, No External Programming Voltage Needed Programmable Code Protection by Security Fuse
- Bootstrap Loader
- On-Chip Emulation Logic
- Family Members Include the MSP430F2274 With 32KB + 256B Flash Memory, 1KB RAM
- Available in 40-Pin QFN Package and 38-Pin Thin Shrink Small-Outline DA Package
- For Complete Module Descriptions, Refer to the *MSP430x2xx Family User's Guide*

SUPPORTS DEFENSE, AEROSPACE, AND MEDICAL APPLICATIONS

- Controlled Baseline
- One Assembly/Test Site
- One Fabrication Site
- Available in Military ($-55^{\circ}\text{C}/125^{\circ}\text{C}$) Temperature Range⁽¹⁾
- Extended Product Life Cycle
- Extended Product-Change Notification
- Product Traceability

(1) Custom temperature ranges available



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2008–2011, Texas Instruments Incorporated

MSP430F2274-EP



SLAS614D—SEPTEMBER 2008—REVISED MAY 2011

www.ti.com

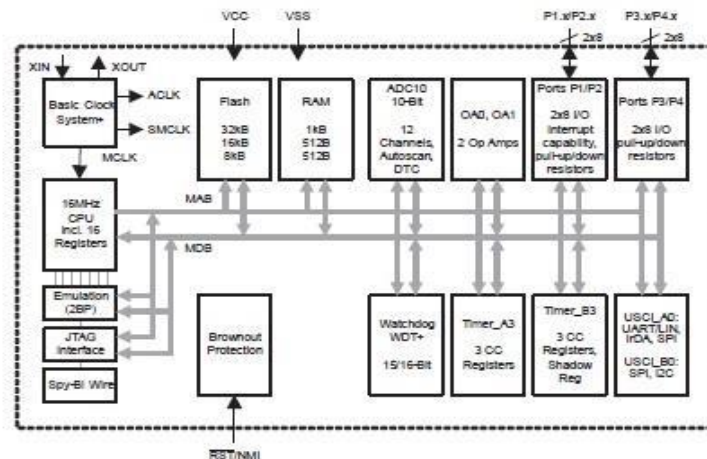
Typical applications include sensor systems that capture analog signals, convert them to digital values, and then process the data for display or for transmission to a host system. Stand-alone RF sensor front end is another area of application.

Table 1. ORDERING INFORMATION⁽¹⁾

T _A	PACKAGE ⁽²⁾	ORDERABLE PART NUMBER
-55°C to 125°C	QFN (RHA)	MSP430F2274MRHATEP
	DA (TSSOP)	MSP430F2274MDATEP

- (1) For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI Web site at www.ti.com.
 (2) Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



NOTE: See port schematics section for detailed I/O information.

Operating Modes

The MSP430 has one active mode and five software selectable low-power modes of operation. An interrupt event can wake up the device from any of the five low-power modes, service the request and restore back to the low-power mode on return from the interrupt program.

The following six operating modes can be configured by software:

- Active mode (AM)
 - All clocks are active.
- Low-power mode 0 (LPM0)
 - CPU is disabled.
 - ACLK and SMCLK remain active. MCLK is disabled.
- Low-power mode 1 (LPM1)
 - CPU is disabled. ACLK and SMCLK remain active. MCLK is disabled.
 - DCO's dc-generator is disabled if DCO not used in active mode.
- Low-power mode 2 (LPM2)
 - CPU is disabled.
 - MCLK and SMCLK are disabled.
 - DCO's dc-generator remains enabled.
 - ACLK remains active.
- Low-power mode 3 (LPM3)
 - CPU is disabled.
 - MCLK and SMCLK are disabled.
 - DCO's dc-generator is disabled.
 - ACLK remains active.
- Low-power mode 4 (LPM4)
 - CPU is disabled.
 - ACLK is disabled.
 - MCLK and SMCLK are disabled.
 - DCO's dc-generator is disabled.
 - Crystal oscillator is stopped.

MSP430F2274-EP



SLAS614D – SEPTEMBER 2008 – REVISED MAY 2011

www.ti.com

SHORT-FORM DESCRIPTION

CPU

The MSP430 CPU has a 16-bit RISC architecture that is highly transparent to the application. All operations, other than program-flow instructions, are performed as register operations in conjunction with seven addressing modes for source operand and four addressing modes for destination operand.

The CPU is integrated with 16 registers that provide reduced instruction execution time. The register-to-register operation execution time is one cycle of the CPU clock.

Four of the registers, R0 to R3, are dedicated as program counter, stack pointer, status register, and constant generator respectively. The remaining registers are general-purpose registers.

Peripherals are connected to the CPU using data, address, and control buses, and can be handled with all instructions.

Instruction Set

The instruction set consists of 51 instructions with three formats and seven address modes. Each instruction can operate on word and byte data. Table 2 shows examples of the three types of instruction formats; the address modes are listed in Table 3.

Program Counter	PC/R0
Stack Pointer	SP/R1
Status Register	SR/CG1/R2
Constant Generator	CG2/R3
General-Purpose Register	R4
General-Purpose Register	R5
General-Purpose Register	R6
General-Purpose Register	R7
General-Purpose Register	R8
General-Purpose Register	R9
General-Purpose Register	R10
General-Purpose Register	R11
General-Purpose Register	R12
General-Purpose Register	R13
General-Purpose Register	R14
General-Purpose Register	R15

Table 2. Instruction Word Formats

Dual operands, source-destination	e.g., ADD R4,R5	R4 + R5 → R5
Single operands, destination only	e.g., CALL R8	PC → (TOS), R8 → PC
Relative jump, un/conditional	e.g., JNE	Jump-on-equal bit = 0

Table 3. Address Mode Descriptions

ADDRESS MODE	S ⁽¹⁾	D ⁽²⁾	SYNTAX	EXAMPLE	OPERATION
Register	•	•	MOV Rs,Rd	MOV R10,R11	R10 → R11
Indexed	•	•	MOV X(Rn),Y(Rm)	MOV 2(R5),8(R6)	M(2+R5) → M(8+R6)
Symbolic (PC relative)	•	•	MOV &EDE,TONI		M(EDE) → M(TONI)
Absolute	•	•	MOV &MEM,&TCDAT		M(MEM) → M(TCDAT)
Indirect	•		MOV @Rn,Y(Rm)	MOV @R10,Tab(R6)	M(R10) → M(Tab+R6)
Indirect autoincrement	•		MOV @Rn+,Rm	MOV @R10+,R11	M(R10) → R11 R10 + 2 → R10
Immediate	•		MOV #X,TONI	MOV #45,TONI	#45 → M(TONI)

- (1) S = source
(2) D = destination

MSP430F2274-EP



SLAS614D – SEPTEMBER 2008 – REVISED MAY 2011

www.ti.com

Interrupt Vector Addresses

The interrupt vectors and the power-up starting address are located in the address range of 0FFFFh–0FFC0h. The vector contains the 16-bit address of the appropriate interrupt handler instruction sequence.

If the reset vector (located at address 0FFFEh) contains 0FFFFh (e.g., flash is not programmed), the CPU goes into LPM4 immediately after power up.

INTERRUPT SOURCE	INTERRUPT FLAG	SYSTEM INTERRUPT	WORD ADDRESS	PRIORITY
Power up External reset Watchdog Flash key violation PC out-of-range ⁽¹⁾	PORIFG RSTIFG WDTIFG KEYV ⁽²⁾	Reset	0FFFEh	31, highest
NMI Oscillator fault Flash memory access violation	NMIIFG OFIFG ACCVIFG ^{(2) (3)}	(non)-maskable, (non)-maskable, (non)-maskable	0FFFCh	30
Timer_B3	TBCCR0 CCIFG ⁽⁴⁾	maskable	0FFFAh	29
Timer_B3	TBCCR1 and TBCCR2 CCIFGs, TBIFG ^{(2) (4)}	maskable	0FFF8h	28
			0FFF6h	27
Watchdog Timer	WDTIFG	maskable	0FFF4h	26
Timer_A3	TACCR0 CCIFG ⁽⁴⁾	maskable	0FFF2h	25
Timer_A3	TACCR1 CCIFG, TACCR2 CCIFG, TAIFG ^{(2) (4)}	maskable	0FFF0h	24
USCI_A0/USCI_B0 Receive	UCA0RXIFG, UCB0RXIFG ⁽²⁾	maskable	0FFEEh	23
USCI_A0/USCI_B0 Transmit	UCA0TXIFG, UCB0TXIFG ⁽²⁾	maskable	0FFECCh	22
ADC10	ADC10IFG ⁽⁴⁾	maskable	0FFEAh	21
			0FFE8h	20
I/O Port P2 (eight flags)	P2IFG.6 to P2IFG.7 ^{(2) (4)}	maskable	0FFE6h	19
I/O Port P1 (eight flags)	P1IFG.0 to P1IFG.7 ^{(2) (4)}	maskable	0FFE4h	18
			0FFE2h	17
			0FFE0h	16
⁽⁵⁾			0FFDEh	15
⁽⁶⁾			0FFDCh ... 0FFC0h	14 ... 0, lowest

- (1) A reset is generated if the CPU tries to fetch instructions from within the module register memory address range (0h–01FFh) or from within unused address range.
- (2) Multiple source flags
- (3) (non)-maskable: the individual interrupt-enable bit can disable an interrupt event, but the general interrupt enable cannot.
Nonmaskable: neither the individual nor the general interrupt-enable bit disables an interrupt event.
- (4) Interrupt flags are located in the module.
- (5) This location is used as bootstrap loader security key (BSLSKEY). A 0AA55h at this location disables the BSL completely. A zero (0h) disables the erasure of the flash if an invalid password is supplied.
- (6) The interrupt vectors at addresses 0FFDCh to 0FFC0h are not used in this device and can be used for regular program code if necessary.

Anexo 5. Datasheet de LED láser infrarrojo SFH 4250S.

IR-Lumineszenzdiode (850 nm) mit hoher Ausgangsleistung
High Power Infrared Emitter (850 nm)
Lead (Pb) Free Product - RoHS Compliant
SFH 4250

Wesentliche Merkmale

- Infrarot LED mit sehr hoher Ausgangsleistung
- Hohe Bestromung bei hohen Temperaturen möglich
- Kurze Schaltzeiten

Anwendungen

- Infrarotbeleuchtung für CMOS Kameras
- IR-Datenübertragung
- Sensorik

Sicherheitshinweise

Je nach Betriebsart emittieren diese Bauteile hochkonzentrierte, nicht sichtbare Infrarot-Strahlung, die gefährlich für das menschliche Auge sein kann. Produkte, die diese Bauteile enthalten, müssen gemäß den Sicherheitsrichtlinien der IEC-Normen 60825-1 und 62471 behandelt werden.

Features

- High Power Infrared LED
- High forward current allowed at high temperature
- Short switching times

Applications

- Infrared Illumination for CMOS cameras
- IR Data Transmission
- Optical sensors

Safety Advices

Depending on the mode of operation, these devices emit highly concentrated non visible infrared light which can be hazardous to the human eye. Products which incorporate these devices have to follow the safety precautions given in IEC 60825-1 and IEC 62471.

Typ Type	Bestellnummer Ordering Code	Strahlstärkegruppierung ¹⁾ ($I_F = 100 \text{ mA}$, $t_p = 20 \text{ ms}$) Radiant Intensity Grouping ¹⁾ I_e (mW/sr)
SFH 4250	Q65110A2465	≥ 10 (typ. 15)

¹⁾ gemessen bei einem Raumwinkel $\Omega = 0.01 \text{ sr}$ / measured at a solid angle of $\Omega = 0.01 \text{ sr}$

2009-05-14

Opto Semiconductors

OSRAM

SFH 4250

Grenzwerte ($T_A = 25\text{ °C}$)
Maximum Ratings

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Betriebs- und Lagertemperatur Operating and storage temperature range	T_{op}, T_{stg}	- 40 ... + 100	°C
Sperrspannung Reverse voltage	V_R	5	V
Vorwärtsgleichstrom Forward current	I_F	100	mA
Stoßstrom, $t_p = 100\ \mu\text{s}, D = 0$ Surge current	I_{FSM}	1.5	A
Verlustleistung Power dissipation	P_{tot}	180	mW
Wärmewiderstand Sperrschicht - Umgebung bei Montage auf FR4 Platine, Padgröße je $16\ \text{mm}^2$ Thermal resistance junction - ambient mounted on PC-board (FR4), padsize $16\ \text{mm}^2$ each	R_{thJA}	300	K/W
Wärmewiderstand Sperrschicht - Lötstelle bei Montage auf Metall-Block Thermal resistance junction - soldering point, mounted on metal block	R_{thJS}	140	K/W

Kennwerte ($T_A = 25\text{ °C}$)
Characteristics

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Wellenlänge der Strahlung Wavelength at peak emission $I_F = 100\ \text{mA}$	λ_{peak}	860	nm
Centroid-Wellenlänge der Strahlung Centroid wavelength $I_F = 100\ \text{mA}$	$\lambda_{centroid}$	850	nm
Spektrale Bandbreite bei 50% von I_{max} Spectral bandwidth at 50% of I_{max} $I_F = 100\ \text{mA}$	$\Delta\lambda$	42	nm
Abstrahlwinkel Half angle	φ	± 60	Grad deg.
Aktive Chipfläche Active chip area	A	0.09	mm^2

2009-05-14

SFH 4250

Kennwerte ($T_A = 25\text{ °C}$)
Characteristics (cont'd)

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Abmessungen der aktiven Chipfläche Dimension of the active chip area	$L \times B$ $L \times W$	0.3 × 0.3	mm ²
Schaltzeiten, I_e von 10% auf 90% und von 90% auf 10%, bei $I_F = 100\text{ mA}$, $R_L = 50\ \Omega$ Switching times, I_e from 10% to 90% and from 90% to 10%, $I_F = 100\text{ mA}$, $R_L = 50\ \Omega$	t_r , t_f	12	ns
Durchlassspannung Forward voltage $I_F = 100\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$ $I_F = 1\text{ A}$, $t_p = 100\ \mu\text{s}$	V_F V_F	1.5 (< 1.8) 2.4 (< 3.0)	V V
Sperrstrom Reverse current	I_R	not designed for reverse operation	μA
Gesamtstrahlungsfluss Total radiant flux $I_F = 100\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$	$\Phi_{e\text{ typ}}$	45	mW
Temperaturkoeffizient von I_e bzw. Φ_e , $I_F = 100\text{ mA}$ Temperature coefficient of I_e or Φ_e , $I_F = 100\text{ mA}$	TC_I	- 0.5	%/K
Temperaturkoeffizient von V_F , $I_F = 100\text{ mA}$ Temperature coefficient of V_F , $I_F = 100\text{ mA}$	TC_V	- 0.7	mV/K
Temperaturkoeffizient von λ , $I_F = 100\text{ mA}$ Temperature coefficient of λ , $I_F = 100\text{ mA}$	TC_λ	+ 0.3	nm/K

Strahlstärke I_e in Achsrichtung¹⁾
gemessen bei einem Raumwinkel $\Omega = 0.01\text{ sr}$
Radiant Intensity I_e in Axial Direction
at a solid angle of $\Omega = 0.01\text{ sr}$

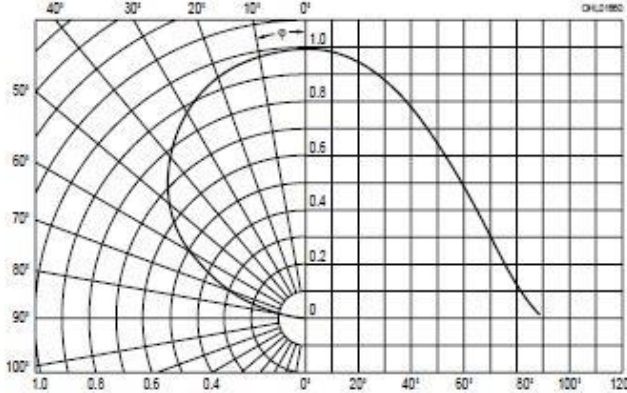
Bezeichnung Parameter	Symbol	Werte Values		Einheit Unit
		SFH 4250-R	SFH 4250-S	
Strahlstärke Radiant intensity $I_F = 100\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$	$I_{e\text{ min}}$ $I_{e\text{ max}}$	10 20	16 32	mW/sr mW/sr
Strahlstärke Radiant intensity $I_F = 1\text{ A}$, $t_p = 100\ \mu\text{s}$	$I_{e\text{ typ}}$	100	140	mW/sr

¹⁾ Nur eine Gruppe in einer Verpackungseinheit (Streuung kleiner 2:1) /
Only one group in one packing unit (variation lower 2:1)

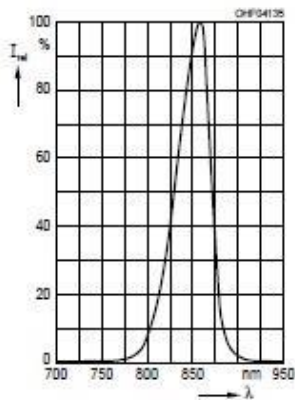
2009-05-14

SFH 4250

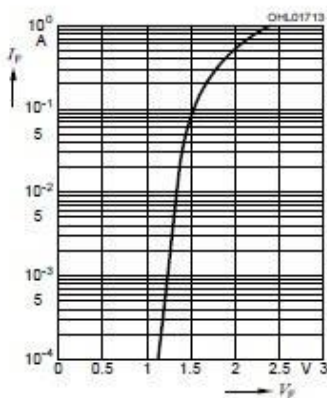
Abstrahlcharakteristik
Radiation Characteristics $I_{rel} = f(\varphi)$



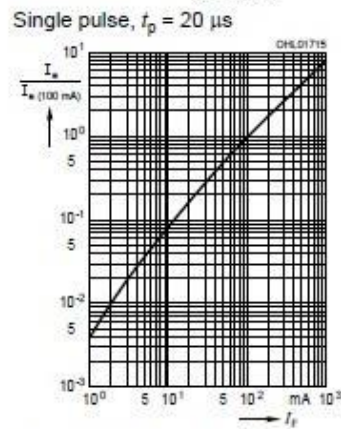
Relative Spectral Emission
 $I_{rel} = f(\lambda)$



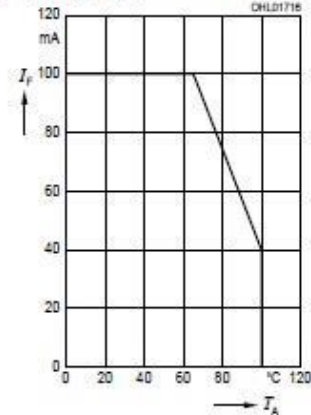
Forward Current $I_F = f(V_F)$
 Single pulse, $t_p = 20 \mu s$



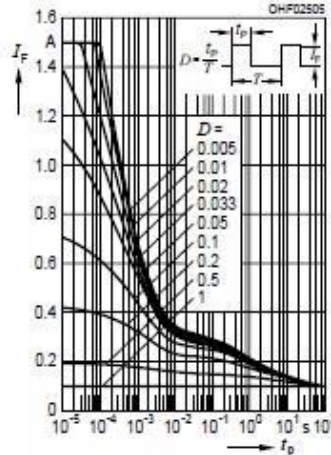
Radiant Intensity $\frac{I_e}{I_e 100 \text{ mA}} = f(I_F)$



Max. Permissible Forward Current
 $I_F = f(T_A), R_{thJA} = 300 \text{ K/W}$



Permissible Pulse Handling Capability $I_F = f(\tau), T_A = 25 \text{ }^\circ\text{C}$,
duty cycle $D = \text{parameter}$



2009-05-14

Anexo 6. Datasheet de transistor 2N2222A.

2N2222A

Small Signal Switching Transistor

NPN Silicon



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS				
Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 10\text{ mAdc}$)	$V_{(BR)CEO}$	50	–	Vdc
Collector–Base Cutoff Current ($V_{CB} = 75\text{ Vdc}$) ($V_{CB} = 60\text{ Vdc}$)	I_{CBO}	– –	10 10	μAdc nAdc
Emitter–Base Cutoff Current ($V_{EB} = 6.0\text{ Vdc}$) ($V_{EB} = 4.0\text{ Vdc}$)	I_{EBO}	– –	10 10	μAdc nAdc
Collector–Emitter Cutoff Current ($V_{CE} = 50\text{ Vdc}$)	I_{CEO}	–	50	nAdc
ON CHARACTERISTICS (Note 1)				
DC Current Gain ($I_C = 0.1\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$) ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$) ($I_C = 10\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$) ($I_C = 150\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$) ($I_C = 500\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$)	h_{FE}	50 75 100 100 30	– 325 – 300 –	–
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 150\text{ mAdc}$, $I_B = 15\text{ mAdc}$) ($I_C = 500\text{ mAdc}$, $I_B = 50\text{ mAdc}$)	$V_{CE(sat)}$	– –	0.3 1.0	Vdc
Base–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 150\text{ mAdc}$, $I_B = 15\text{ mAdc}$) ($I_C = 500\text{ mAdc}$, $I_B = 50\text{ mAdc}$)	$V_{BE(sat)}$	0.6 –	1.2 2.0	Vdc
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS				
Magnitude of Small-Signal Current Gain ($I_C = 20\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 20\text{ Vdc}$, $f = 100\text{ MHz}$)	$ h_{fe} $	2.5	–	–
Small-Signal Current Gain ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1\text{ kHz}$)	h_{fe}	50	–	–
Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5\text{ Vdc}$, $I_C = 0$, $100\text{ kHz} \leq f \leq 1.0\text{ MHz}$)	C_{ibo}	–	25	pF
Output Capacitance ($V_{CB} = 10\text{ Vdc}$, $I_E = 0$, $100\text{ kHz} \leq f \leq 1.0\text{ MHz}$)	C_{obo}	–	8.0	pF
SWITCHING (SATURATED) CHARACTERISTICS				
Turn-On Time (Reference Figure in MIL-PRF-19500/255)	t_{on}	–	35	ns
Turn-Off Time (Reference Figure in MIL-PRF-19500/255)	t_{off}	–	300	ns

Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

1. Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle $\leq 2.0\%$.