

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL
EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
INSTRUMENTACIÓN**

**“ESTUDIO DE LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE DATOS
EMPLEANDO DISPOSITIVO LÁSER E IMPLEMENTACIÓN DE UN
PROTOTIPO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
ELECTRÓNICA EN INSTRUMENTACIÓN**

PÉREZ BONILLA PAULINA ELIZABETH

ZURITA MENA MYRIAN ROCÍO

Latacunga, Mayo del 2011

RESUMEN EJECUTIVO

El sistema presentado permite la transferencia de datos (o archivos) entre dos PC's, para lo cual se estudiarán las principales variables que intervienen en el diseño de enlaces ópticos inalámbricos cuando se utiliza la tecnología láser como solución de conectividad, siendo las más importantes las condiciones atmosféricas y sus efectos, el ruido, la velocidad de datos y la distancia entre los nodos.

La tecnología láser es una de las áreas de avance tecnológico que mayor desarrollo ha tenido en los últimos 50 años. En líneas generales, podemos afirmar que el láser se trata de un dispositivo capaz de transformar otras energías (eléctrica, química, electromagnética, etc.), en radiación electromagnética emitiendo haces de luz de distintas longitudes de onda.

Además, el sistema y el equipamiento LÁSER contienen condiciones y características mínimas necesarias que son tomadas en cuenta como una solución alternativa de comunicación.

Por último, se desarrolla pruebas de campo más rigurosas y por periodos de tiempo más prolongados de manera que se pueda determinar con mayor precisión la operatividad de la tecnología LÁSER de manera confiable.

ABSTRACT

The presented system allows the transfer of data (or files) between two PC's, for that which the main variables will be studied that you/they intervene in the design of wireless optic connections when the laser technology is used as solution, being the most important the atmospheric conditions and their goods, the noise, the speed of data and the distance among the nodes.

The laser technology is one of the areas of the modern technological development that bigger development has had in the last 50 years. In general lines, we can say that the laser is a device able to transform other energy (electric, chemistry, electromagnetic, etc.), in electromagnetic radiation emitting beams of light of different wavelengths.

Also, the system and the LÁSER equipment contain conditions and characteristic minimum necessary that are taken in bill like an alternative solution of communication.

Lastly, it is developed more rigorous field tests and for more lingering periods of time so that you can determine with more precision the operability of the LÁSER technology in a reliable way.

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por las Srtas.: Paulina Elizabeth Pérez Boinilla y Myrian Rocío Zurita Mena, bajo nuestra supervisión:

Ing. Cesar Naranjo
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Nancy Guerrón
CODIRECTOR DE TESIS

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD EXPRESADA

Quienes suscriben Paulina Elizabeth Pérez Bonilla, portadora de la CI. 180402086-3 y Myrian Rocío Zurita Mena, portadora de la CI. 050306336-4; libre y voluntariamente declaramos que el presente tema de investigación **“ESTUDIO DE LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE DATOS EMPLEANDO DISPOSITIVO LÁSER E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ”** su contenido, ideas, análisis y propuestas son originales, auténticas y personales.

En tal virtud, declaramos la autenticidad de este contenido y para efectos legales y académicos que se desprenden del presente proyecto de grado, es y será nuestra propiedad exclusiva, responsabilidad legal y académica.

Para respetar el derecho intelectual, de los autores de la información secundaria utilizada a manera de bibliografía, la misma se muestra en el documento con pie de página.

La información contenida en el documento es principalmente el soporte intelectual del conocimiento adquirido en el transcurso de nuestra carrera universitaria.

Paulina Elizabeth Pérez Bonilla
CI. 180402086-3

Myrian Rocío Zurita Mena
CI. 050306336-4

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRONICA E INSTRUMENTACIÓN

Nosotras, Paulina Elizabeth Pérez Bonilla y Myrian Rocío Zurita Mena, autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la biblioteca virtual y/o revistas de las instituciones nuestro trabajo de investigación **“ESTUDIO DE LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE DATOS EMPLEANDO DISPOSITIVO LÁSER E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ”**.

Cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad exclusiva y autoría

Paulina Elizabeth Pérez Bonilla
CI. 180402086-3

Myrian Rocío Zurita Mena
CI. 050306336-4

Dedicatoria

El presente proyecto va dedicado a Diosito, a la Virgensita y a mi Angelito de luz por darme la fortaleza, la sabiduría, la perseverancia y sobre todo por guiar cada uno de mis pasos a lo largo de mi vida.

A mis padres quienes fueron el pilar fundamental para seguir luchando por mis metas; y de manera especial a mi madre, quien día a día estuvo presente en cada una de mis caídas y de mis triunfos, dándome fuerza y valor para seguir adelante, por tenderme su mano amiga y su hombro para apoyarme.

A mis estimados maestros que impartieron sus conocimientos cada día durante toda mi carrera

Paulina Pérez

Dedicatoria

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mi mamita Virgen porque siempre han estado conmigo en mis caídas y mis triunfos, cuidándome y dándome valor para continuar día a día, además la oportunidad que me dan cada día de compartir a lado de mi linda familia que más quiero.

A mis padres y hermanitas quienes a lo largo de mi carrera han estado a mi lado soportándome y así brindándome su amor y apoyo, en mi educación en todo momento, depositando su entera confianza en mí y en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

A mis queridos profesores quienes gracias a su conocimiento y consejos han perfilado en mi el conocimiento y amor a mi carrera.

Es por ellos que soy lo que soy ahora.

Myrian Zurita Mena

Agradecimiento

Agradezco a Diosito y a la Santísima Virgen por guiarme con entereza durante toda mi vida y así ver el fruto del sacrificio tanto mío como el de mis padres.

A mis queridos PADRES por guiarme día a día y darme sus sabias palabras y consejos para seguir adelante en mi vida y sobre todo por inculcarme valores para ser una mejor persona cada día de mi vida. A mi tío Carlos por darme palabras de aliento cuando más lo necesitaba y a mi prima Belén por ser mi apoyo en los momentos que más la necesitaba, a ese ser tan especial que estuvo presente en todo momento y así me dio fortaleza para seguir adelante.

A mi querida Escuela Politécnica del Ejercito Extensión Latacunga, por impartir sus conocimientos a través de sus profesores lo cuales impartieron sus conocimientos en todo el trayecto de mi carrera.

Al Ingeniero César Naranjo e Ingeniera Nancy Guerrón quienes supieron guiarme con paciencia y mucho profesionalismo hasta ver el fruto del esfuerzo para así ver concluido el presente proyecto. Al Ingeniero Eduardo Diez quien compartió cada uno de sus conocimientos a la distancia a lo largo del desarrollo de cada página del mismo.

Finalmente a mis amigas/os y compañeros de clase porque con ellos viví y compartí gratos momentos que quedaran grabados en mi corazón y a Myri amiga y compañera de tesis con quien puede ver la felicidad de haber concluido este proyecto y con quien compartí momentos de angustia y felicidad en todo el desarrollo de la tesis.

Paulina Pérez

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios y a mi mamita Virgen por haberme encaminado por el camino del bien.

A mis PADRES María y Patricio por el apoyo incondicional, espiritual y económicamente. Y a mis dos Hermanas Verónica y Anabel por siempre estar a mi lado y brindándome día a día palabras de aliento.

A la Escuela Politécnica del Ejercito Extensión Latacunga, por los profesionales que siempre estuvieron impartiendo sus conocimientos y consejos.

A mi tribunal de tesis por encaminarme en la elaboración de mi trabajo de titulación, Ingeniero César Naranjo e Ingeniera Nancy Guerrón quienes con dedicación y paciencia supieron instruirme correctamente.

Al Ingeniero Eduardo Diez quien compartió cada uno de sus conocimientos a la distancia a lo largo del desarrollo del presente proyecto.

Por último a mis amigas y compañeros de clase por todos los gratos momentos compartidos, y sobre todo a mi mejor amiga, y compañera de tesis Paulina por su apoyo, consejo y por estar siempre ahí cuando la necesitaba.

Myrian Zurita Mena

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS

- **LÁSER:** Amplificación de la luz por una emisión de radiación estimulada.
- **IF:** Frecuencia Intermedia
- **FO:** Fibra Óptica.
- **RF:** Ondas de Radio(Radio Frecuencia)
- **HF:** Alta Frecuencia
- **LED:** Diodo Emisor de Luz
- **LD:** Diodo Láser
- **Je:** Difusión de Electrones
- **z.c.e:** Zona de carga espacial, agotamiento, de depleción.
- **E:** Energía del fotón.
- **c:** Velocidad de la luz ($3 \times 10^8 \text{ m/seg}^2$).
- **h:** Cte de Planck ($6,624 \times 10^{-34} \text{ joules} - \text{segundos}$).
- λ : Longitud de onda del fotón.
- $V_{\text{typ(led)}}$: Tensión típica o nominal
- $I_{\text{typ(led)}}$: Corriente típica o nominal
- R_s : Resistencia típica o nominal
- **LDR:** Fotorresistencia, fotorresistor, fotoconductor, etc.

- **R₀**: Resistencia inversa
- **eh**: Electrón- Hueco
- **Ib**: Terminal de base
- **CW**: Modo Continua
- **AC**: Corriente Alterna
- **CC**: Corriente Continua
- **JT**: Densidad de potencia
- **P**: Potencia en watts.
- **E**: FEM en volts
- **I**: Corriente en amperios.
- **sh**: Heteroestructura Simple
- **dh**: Heteroestructura Doble
- **FDA**: Centro Nacional de Dispositivos y Salud Radiológica
- **IEC**: Comisión Internacional Electrónica
- **LEAs**: Límites de emisión accesibles
- **EMP**: Exposición máxima permisible

INDICE

A. INTRODUCCIÓN	1
1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS	2
1.1 HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS	2
1.2 PRINCIPIOS DE LA TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN	3
1.3 TIPOS DE COMUNICACIÓN.....	4
1.3.1 COMUNICACIÓN ALÁMBRICA	5
1.3.1.1 Medios Confinados	5
1.3.1.1.1 Alambre Conductor	5
1.3.1.1.2 Cable Coaxial.....	7
1.3.1.1.3 Cable Par Trenzado	9
1.3.1.1.4 Fibra Óptica.....	12
1.3.2 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	13
1.3.2.1 Medios No Confinados.....	14
1.3.2.1.1 Microondas Terrestre	14
1.3.2.1.2 Microondas por Satélite.....	16
1.3.2.1.3 Ondas de Radio (Radio Frecuencia)	17
1.3.2.1.4 Infrarrojo/ Láser	19
1.4 DISPOSITIVOS OPTOELECTRÓNICOS	21
1.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS OPTOELECTRÓNICOS	21
1.4.1.1 Conversión de Energía Eléctrica a Energía Radiante.....	22
1.4.1.1.1 Diodo LED.....	22
1.4.1.1.2 Diodo Láser.....	27
1.4.1.1.2.1 Comparación del diodo láser y el diodo Led	29
1.4.1.1.3 Lámpara Incandescente	30
1.4.1.1.4 Lámpara Halógena.....	33
1.4.1.1.4.1 Comparación de la lámpara halógena con la lámpara incandescente.....	36
1.4.1.2 CONVERSIÓN DE ENERGÍA RADIANTE A ENERGÍA ELÉCTRICA	36
1.4.1.2.1 Fotorresistencias	37
1.4.1.2.2 Fotodiodos	40
1.4.1.2.3 Fototransistores.....	42
1.4.1.2.4 Células Solares	44
2 CAPÍTULO II. TECNOLOGÍA LÁSER	46
2.1 LÁSER	46
2.1.1 DEFINICIÓN.....	46
2.1.2 LA LUZ LÁSER	47

2.1.2.1	Monocromaticidad.....	49
2.1.2.2	Coherencia	50
2.1.2.3	Direccionalidad o Paralelismo	50
2.1.2.4	Brillantez	50
2.1.3	RADIACIÓN DE LUZ LÁSER	51
2.1.4	TIPOS DE LÁSER	52
2.1.5	CARACTERÍSTICAS DEL LÁSER	55
2.1.6	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL LÁSER	55
2.1.7	PROPIEDADES PRINCIPALES DEL LÁSER.....	56
2.1.8	ESTÁNDARES Y NORMAS DE SEGURIDAD	56
2.1.9	CLASIFICACIÓN DE PELIGROSIDAD SEGÚN LA NORMA IEC 60825-1 Y ETIQUETADO DE LOS LÁSERES	58
2.1.10	MEDIDAS DE CONTROL.....	60
2.1.10.1	Controles Técnicos.....	61
2.1.10.2	Controles Administrativos.....	61
2.1.10.3	Protección Personal	61
2.2	ESTUDIO DEL LÁSER SEMICONDUCTOR.....	62
2.2.1	DEFINICIÓN.....	62
2.2.2	INTERIOR DE UN SEMICONDUCTOR LÁSER	62
2.2.3	LOS DIFERENTES TIPOS DE LÁSERES SEMICONDUCTORES.....	64
2.2.4	TÉCNICAS DE FABRICACIÓN MEJORADAS	65
2.2.5	VENTAJAS.....	67
2.2.6	DESVENTAJAS.....	68
2.2.7	POTENCIA DE SALIDA	68
2.2.8	MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	69
3	CAPÍTULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN	71
3.1	HARDWARE	71
3.1.1	DISEÑO DEL TRANSMISOR.....	72
3.1.2	DISEÑO DEL RECEPTOR.....	75
3.1.3	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE FUENTES DE 12V Y 5V TANTO PARA EL TRANSMISOR Y RECEPTOR.....	78
3.1.4	INTERFASE RS-232 TANTO PARA EL TRANSMISOR COMO RECEPTOR.....	79
3.2	SOFTWARE.....	81
3.2.1	INTRODUCCIÓN A LABVIEW	81
3.2.1.1	Panel Frontal.....	81
3.2.1.2	Diagrama de Bloques.....	82
3.2.2	DISEÑO DE LA HMI DEL TRANSMISOR.....	85
3.2.2.1	Panel Frontal.....	85
3.2.2.2	Diagrama de Bloques.....	86

3.2.3 DISEÑO DE LA HMI DEL RECEPTOR	88
3.2.3.1 Panel Frontal.....	88
3.2.3.2 Diagrama de Bloques.....	89
3.2.4 REGISTRO PARA EL RECEPTOR.....	92
3.3 PRUEBAS CON EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN	92
3.4 PRACTICAS.....	100
3.4.1 PRÁCTICA N° 1	100
3.4.2 PRÁCTICA N° 2	104

4 CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES 107

4.1 CONCLUSIONES.....	107
4.2 RECOMENDACIONES	108

ANEXOS..... 112

DATA SHEETS	112
ANEXO 1: 1N4148	112
ANEXO 2: 1N4007	114
ANEXO 3: BC547	115
ANEXO 4: NTE 3120	118
ANEXO 5: TL082.....	119
ANEXO 6: MAX 232	121
ANEXO 7: 78L12.....	126
ANEXO 8: 78L05.....	128
PRACTICAS PROPUESTAS.....	134
PRÁCTICA N° 1.....	134
PRÁCTICA N° 2.....	137
PRÁCTICA N° 3.....	139
PRÁCTICA N° 4.....	142
PRÁCTICA N° 5.....	144
PRÁCTICA N° 6.....	147
UBICACIÓN DE LA INSTITUCIÓN	149

TABLAS

<i>Tabla N° 1.1 Especificaciones de algunos Alambres.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla N° 1.2 Especificaciones de algunos Cables Coaxiales RG.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla N° 1.3 Tensiones nominales, según el color del diodo.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla N° 1.4 Materiales de los Fotodiodos.....</i>	<i>41</i>
 <i>Tabla N° 2.1 Tipos de Láseres</i>	 <i>53</i>

Tabla Nº 2.2 Etiquetas y frases normalizadas según IEC 60825-1 para los riesgos láser	59
Tabla Nº 3. 1 Pines del RS-232.....	80
Tabla Nº 3.2 Cálculos del ángulo de desviación.....	103
Tabla Nº 3.3 Cálculos del tiempo de Recepción.....	105

ECUACIONES

Ecuación Nº 1. 1 Energía Liberada.....	24
Ecuación Nº 1. 2 Corriente del Circuito de polarización.....	26
Ecuación Nº 3.1 Intensidad Máxima.....	73
Ecuación Nº 3.2 Ganancia.....	76
Ecuación Nº 3.3 Ángulo de desviación.....	100
Ecuación Nº 3. 4 Tiempo de Recepción.....	104

FIGURAS

Figura Nº 1.1 Alambre.....	6
Figura Nº 1.2 Cable Coaxial.....	8
Figura Nº 1.3 Cable Par Trenzado.....	10
Figura Nº 1.4 Fibra Óptica.....	12
Figura Nº 1.5 Microondas Terrestre.....	14
Figura Nº 1.6 Microondas por Satélite.....	16
Figura Nº 1.7 Ondas de radio de alta energía rebotan en las moléculas de agua para detectar la ubicación y la cantidad de precipitación de una tormenta.....	18
Figura Nº 1.8 Infrarrojo/Láser.....	19
Figura Nº 1.9 Imagen de un diodo LED.....	22
Figura Nº 1.10 Emisión fotónica en diodo LED.....	23
Figura Nº 1.11 Unión de la capa n y p.....	23
Figura Nº 1.12 Diodo LED.....	25
Figura Nº 1.13 Circuito de polarización.....	26
Figura Nº 1.14 Imagen de un Diodo Láser.....	27
Figura Nº 1.15 Emisión fotónica en un diodo láser.....	27
Figura Nº 1.16 Radiación de un diodo LÁSER.....	28
Figura Nº 1.17 Diodo LÁSER.....	29
Figura Nº 1.18 Imagen de una Lámpara Incandescente.....	30
Figura Nº 1.19 La incandescencia.....	31
Figura Nº 1.20 Partes de la lámpara incandescente.....	32
Figura Nº 1.21 Imagen de una Lámpara Halógena.....	33
Figura Nº 1.22 Lámpara halógena de casquillos cerámicos o cuarzo línea.....	35
Figura Nº 1.23 Lámpara halógena de doble envoltura.....	35
Figura Nº 1.24 Imagen de una fotorresistencia.....	37
Figura Nº 1.25 Símbolo de una fotorresistencia.....	37
Figura Nº 1.26 Variación de resistencia en función de la longitud de onda de la radiación... ..	39
Figura Nº 1.27 Imagen de un Fotodiodo.....	40

<i>Figura N° 1.28 Circuito de Polarización de un Fotodiodo.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura N° 1.29 Símbolo de un Fotodiodo.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura N° 1.30 Curva característica del Fotodiodo</i>	<i>42</i>
<i>Figura N° 1.31 Imagen de un Fototransistor</i>	<i>42</i>
<i>Figura N° 1.32 Símbolo de un Fototransistor.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura N° 1.33 Curva característica de un fototransistor típico</i>	<i>43</i>
<i>Figura N° 1.34 Esquema de funcionamiento de una célula solar.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura N° 1.35 Símbolo de una célula solar.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura N° 2.1 Oscilaciones, radiaciones u ondas electromagnéticas, son expresiones que pueden ser usadas como sinónimos.</i>	<i>47</i>
<i>Figura N° 2.2 Espectro de radiaciones electromagnéticas.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura N° 2.3 Mensuración de la longitud de una onda electromagnética.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura N° 2.4 El láser es una luz monocromática.</i>	<i>49</i>
<i>Figura N° 2.5 El láser es una luz coherente.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura N° 2.6 El láser es una luz pasible de sufrir colimación, o sea, camina de manera “paralela”, distinto de la luz común que se pierde en el tiempo y en el espacio.</i>	<i>50</i>
<i>Figura N° 2.7 El láser tiene el comportamiento de luz.</i>	<i>51</i>
<i>Figura N° 2.8 Estructura de base de un láser diodo. La cavidad óptica, o capa activa, está confinada por las capas de tipo n y p. La reflexión de la luz se produce entre las extremidades reflectantes de la cavidad. La luz láser sale a través de una de ellas que es se</i>	<i>63</i>
<i>Figura N° 2.9 Al encuentro de un fotón, un átomo excitado emite otro fotón con características idénticas al fotón incidente, volviendo luego al su estado fundamental.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura N° 2.10 Los fotones emitidos según el eje de la cavidad, realizan idas y vueltas entre los espejos paralelos provocando emisiones estimuladas. Uno de los espejos siendo semitransparente, una porción de luz así creada, la atraviesa</i>	<i>64</i>
<i>Figura N° 2.11 Tipos de láser semiconductor</i>	<i>65</i>
<i>Figura N° 2.12 Duración del pulso de un láser semiconductor controlado por una red RC... ..</i>	<i>67</i>
<i>Figura N° 3.1 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones</i>	<i>71</i>
<i>Figura N° 3.2 Diagrama de bloques del sistema de comunicación</i>	<i>72</i>
<i>Figura N° 3.3 Circuito del Transmisor.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura N° 3.4 Circuito del Receptor</i>	<i>77</i>
<i>Figura N° 3.5 Circuito Fuente de 12V y 5V.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura N° 3.6 Conversor USB a RS-232.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura N° 3.7 Panel Frontal</i>	<i>81</i>
<i>Figura N° 3.8 Diagrama de Bloques</i>	<i>82</i>
<i>Figura N° 3.9 Paleta de Funciones de VISA.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura N° 3.10 Configuración del puerto Serial.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura N° 3.11 Visa Write</i>	<i>84</i>
<i>Figura N° 3.12 Visa Write</i>	<i>84</i>
<i>Figura N° 3.13 Visa Close</i>	<i>84</i>
<i>Figura N° 3.14 Panel frontal del Transmisor.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura N° 3.15 Diagrama de bloques de Transmisión de Mensaje</i>	<i>86</i>
<i>Figura N° 3.16 Diagrama de Bloques de Transmisión de Archivos.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura N° 3.17 Envío de Mensaje.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura N° 3.18 Envío de Archivo</i>	<i>87</i>
<i>Figura N° 3.19 Panel frontal del Receptor</i>	<i>88</i>

<i>Figura N° 3.20 Diagrama de bloques de Recepción de Mensaje.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura N° 3.21 Diagrama de Bloques de Recepción de Archivos</i>	<i>89</i>
<i>Figura N° 3.22 Diagrama de Bloques de Registro de Recepción.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura N° 3. 23 Recepción de Mensaje</i>	<i>90</i>
<i>Figura N° 3.24 Recepción de Archivo.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura N° 3.25 Registro del Receptor</i>	<i>92</i>
<i>Figura N° 3.26 Transmisor</i>	<i>93</i>
<i>Figura N° 3.27 Receptor.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura N° 3.28 Sistema de Comunicación</i>	<i>94</i>
<i>Figura N° 3.29 Seleccionando el Puerto que se va a trabajar en el Transmisor</i>	<i>94</i>
<i>Figura N° 3.30 Seleccionando el Puerto que se va a trabajar en el Receptor.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura N° 3.31 Seleccionando la velocidad de transmisión del Transmisor</i>	<i>95</i>
<i>Figura N° 3.32 Seleccionando la velocidad del Receptor</i>	<i>96</i>
<i>Figura N° 3.33 Eligiendo el tipo de Transmisión (Mensajes).....</i>	<i>97</i>
<i>Figura N° 3.34 Eligiendo el tipo de Recepción (Mensaje) y Recibiendo.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura N° 3.35 Registro del Mensaje recibido.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura N° 3.36 Eligiendo el tipo de Transmisión (Archivo) y Enviando.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura N° 3.37 Eligiendo el tipo de Recepción (Archivo), Recibiendo y Guardándolo</i>	<i>99</i>
<i>Figura N° 3. 38 Registro del Archivo Recibido.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura N° 3.39 Sistema de Comunicación</i>	<i>101</i>
<i>Figura N° 3.40 Sistema de Comunicación</i>	<i>105</i>

A. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las ocasiones en las cuales se instala un equipo de comunicaciones, sea este vía satélite, microondas, radio u otro tipo, se encuentra el problema de retransmitir la señal a pocos o hasta cientos de metros de distancia, que puede haber entre el equipo terminal de datos (por ejemplo una PC) y el equipo de terminación de datos (por ejemplo un módem); por esta razón, en este proyecto se analiza la técnica de transmisión de información a distancias cortas, empleando la tecnología de radiación de energía lumínica, como otra opción de enlazar dos estaciones de comunicaciones; específicamente se enlazarán dos computadoras a través de un haz de láser. Para lo cual se estudian las características técnicas, el funcionamiento y las aplicaciones de un sistema de transmisión de datos que utiliza tecnología láser y como canal de transmisión el espacio libre.

- En el **CAPÍTULO I** se habla de la importancia, los conceptos generales, y las características de las comunicaciones electrónicas y sus componentes.
- En el **CAPÍTULO II** se enfoca en el área de investigación y conocimiento de los términos que se emplearán durante todo el desarrollo del proyecto como lo es el LÁSER.
- En el **CAPÍTULO III** se desarrolla la parte práctica del proyecto.
- Por último en el **CAPÍTULO IV** se presentan las conclusiones y recomendaciones generales de lo obtenido durante el ejercicio del proyecto de investigación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

En el capítulo I se habla de la importancia, los conceptos generales, y las características de las comunicaciones electrónicas y sus componentes.

1.1 HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

La teoría sobre las comunicaciones electrónicas, comenzó a mediados del siglo XIX con el físico inglés, James Clerk Maxwell. Las investigaciones matemáticas de Maxwell indicaron que la electricidad y la luz viajan en forma de *ondas electromagnéticas*, y por lo tanto, están relacionadas una con otra. Maxwell predijo que era posible propagar ondas electromagnéticas por el *espacio libre* utilizando descargas eléctricas. Sin embargo, la propagación de ondas se logró en 1888 cuando Heinrich Hertz, un científico alemán, pudo radiar energía electromagnética desde una máquina que él llamaba *oscilador*. Hertz desarrolló el primer transmisor de radio y usando este aparato pudo generar radiofrecuencias entre 31 MHz y 1.25 GHz; él también desarrolló la primera *antena* rudimentaria, la cual se utiliza hoy día de manera modificada.

En 1892, E. Branly, de Francia, desarrolló el *primer detector* de radio y exactamente un año después un experimentador ruso Popoff, grabó ondas de radio emanadas de los relámpagos.

El primer sistema de comunicaciones electrónicas fue desarrollado en 1837 por Samuel Morse. Morse, usó la *inducción electromagnética*, pudo transmitir información en forma de puntos, guiones y espacios por medio de un cable metálico. Le llamó a su invento el telégrafo.

En 1876, un canadiense educador y terapeuta del lenguaje llamado Alexander Graham Bell y su asistente, Thomas A. Watson (un inventor también muy

conocido), transmitieron exitosamente una conversación humana a través de un *sistema telefónico* funcional usando cables metálicos como medio de transmisión.

En 1894, Guglielmo Marconi, un joven científico italiano, logró las primeras comunicaciones electrónicas inalámbricas cuando transmitió señales de radio a tres cuartos de milla por la atmósfera de la Tierra atravesando la propiedad de su padre. Por 1896, Marconi estaba transmitiendo señales de radio hasta dos millas desde los barcos a tierra, y en 1899 envió el primer mensaje inalámbrico por el Canal de la Mancha de Francia a Dover, Inglaterra. En 1902, las primeras señales trasatlánticas fueron enviadas de Poldu, Inglaterra, a Newfoundland. Lee DeForest inventó el *tubo de vacío de tríodo* en 1908, el cual permitió la primera amplificación práctica de las señales electrónicas.

La emisión regular de la radio comenzó en 1920, cuando las estaciones de radio AM (Amplitud Modulada) WWJ en Detroit, Michigan y, KDKA en Pittsburgh, Pennsylvania, comenzaron las emisiones comerciales. En 1933, el mayor Edwin Howard Armstrong inventó la frecuencia modulada (FM), y la emisión comercial de las señales FM comenzó en 1936. En 1948, el transistor fue inventado en los Laboratorios de Teléfonos Bell por William Shockley, Walter Brattain y John Bardeen. El transistor llevó al desarrollo y refinamiento del circuito integrado en la década de 1960.

Aunque los conceptos generales de las comunicaciones electrónicas no han cambiado mucho desde su comienzo, los métodos por los cuales estos conceptos se han implantado han sufrido cambios dramáticos y sorprendentes recientemente. No hay realmente límites sobre las expectativas para los sistemas de comunicaciones electrónicas del futuro.

1.2 PRINCIPIOS DE LA TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN

El rol principal de las comunicaciones es trasladar información de un lugar a otro. Cuando el transmisor y el receptor están físicamente en la misma localidad, es

relativamente fácil realizar esa función. Sin embargo cuando el transmisor y el receptor están relativamente lejos uno del otro, y se requiere movilizar grandes volúmenes de información en un corto periodo de tiempo, será necesario emplear una forma de comunicación máquina-máquina.

El método más adecuado para la comunicación máquina-máquina es por medio de una señal generada electrónicamente; porque esta puede ser generada, transmitida, detectada y almacenada temporal o permanentemente; también porque pueden ser transmitidos grandes volúmenes de información dentro en un periodo corto de tiempo.

El concepto básico de la teoría de comunicaciones es que una señal tiene al menos dos estados diferentes que pueden ser detectados. Los dos estados representan un cero o un uno, encendido o apagado, etc. Tan pronto como los dos estados puedan ser detectados, la capacidad de trasladar información existe. Las combinaciones específicas de estados (las cuales son conocidas como códigos) pueden representar cualquier carácter alfabético o numérico, y podrá ser transmitido en forma de información pura desde las máquinas para interactuar con o en forma representativa (el código) que permita el reconocimiento de la información por los usuarios.

1.3 TIPOS DE COMUNICACIÓN

La comunicación es un factor muy importante para el desarrollo humano y un aspecto vital en nuestra época, debido a que se ha convertido en una herramienta esencial en el qué hacer del hombre, sea para una simple charla entre usuarios, pasando por el envío de archivos, hasta el manejo remoto de sistemas. A medida que pasa el tiempo se buscan nuevas formas de comunicación que resulten más veloces y menos susceptibles a fallos. Por lo que existen dos tipos de comunicación.

- ✓ Comunicación Alámbrica.
- ✓ Comunicación Inalámbrica.

1.3.1 COMUNICACIÓN ALÁMBRICA

También llamada comunicación por cable, tiene lugar a través de líneas o cables (tradicionalmente de cobre) que unen al emisor y al receptor. La información se transmite mediante impulsos eléctricos y su atenuación es mucho menor que en la comunicación inalámbrica.

La comunicación alámbrica es óptima, pero tiene sus desventajas como: el ser susceptible al ruido magnético; requiere la existencia de infraestructura física para su implementación, el costo del cableado puede ser excesivo si el rango de cobertura es extenso; además la comunicación alámbrica se realiza por medios confinados.

1.3.1.1 Medios Confinados

En los medios confinados, el ancho de banda o velocidad de transmisión dependen de la distancia. El enlace es punto a punto o multipunto.

Dentro de los medios confinados se tiene:

- Alambre Conductor
- Cable Coaxial
- Cable Par Trenzado
- Fibra Óptica

1.3.1.1.1 Alambre Conductor

Éste fue el primer medio de comunicación empleado tras haberse inventado el telégrafo; hoy día los alambres vienen protegidos con materiales aislantes; el material del conductor puede ser cobre, aluminio o algún otra aleación conductora.

El alambre se emplea en diversas aplicaciones, como conducción de electricidad, en telefonía, redes, etc.

Los grosores típicos de los conductores utilizados en cables eléctricos para uso residencial son del 10 al 14 AWG. Los conductores utilizados en cables telefónicos pueden ser del 22, 24 y 26 AWG. Los conductores utilizados en cables para aplicaciones de redes son el 24 y 26 AWG. En este sistema entre mayor sea el número AWG menor será su diámetro. El grosor del cable determina otras características eléctricas importantes tales es el caso de la resistencia.¹

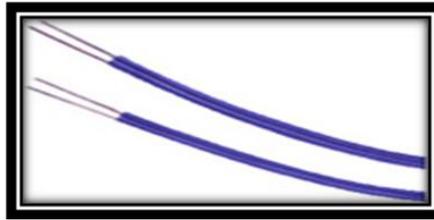


Figura N°1.1 Alambre

Tipo de un Alambre Conductor

La mayor parte de los alambres conductores se menciona en la Tabla N°1.1, a continuación se presenta un ejemplo:

- ✓ *Tipo:* Magneto IUSA IH Clase típica 200°C²
- ✓ *Devanado:* transformadores sumergidos en aceite, embobinado de alta velocidad.
- ✓ *Coefficiente de fricción:* su valor mínimo de coeficiente de fricción lo cual permite su uso en bobinados de alta velocidad.
- ✓ *Pureza:* 99.99%,
- ✓ *Resistividad:* 0.017241 OHMS-mm²/m a 20 C, equivalente a 100% de conductividad IACS.
- ✓ *Clase Típica:* 105, 130 y 155 C.

¹ <http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/introduccionalaisc/t212.htm>

² <http://www.haesa.com.mx/alamagneto.html>

Tabla Nº 1.1 Especificaciones de algunos Alambres

Designación del conductor		Diámetro Conductor Desnudo		Aislamiento				Abrasión a la falta		
Diámetro Nominal mm	Calibre AWG	Minimo mm	Maximo mm	Increment. Diámetro Mínimo mm	Diámetro Exterior Maximo mm	Alargamiento Mínimo %	Resorte o Maximo Grados	Promedio g	Minimo g	Rigidez Dieléctrica Mínima V
1.829	13	1.811	1.847	0.071	1.923	34	-	1490	1270	5600
1.628	14	1.613	1.643	0.081	1.72	33	42	1490	1270	6325
1.450	15	1.435	1.466	0.076	1.547	33	46	1400	1190	6175
1.290	16	1.278	1.303	0.074	1.384	33	50	1310	1115	6000
1.511	17	1.138	1.163	0.071	1.240	321	54	1230	1045	5850
1.024	18	1.013	1.034	0.066	1.110	32	58	1150	980	5700
0.912	19	0.902	0.922	0.064	0.993	32	62	1070	910	5550
0.813	20	0.805	0.820	0.058	0.892	30	66	1000	850	5400
0.724	21	0.716	0.732	0.056	0.798	30	53	940	800	5250
0.643	22	0.635	0.650	0.053	0.714	29	58	880	750	5125
0.574	23	0.569	0.579	0.051	0.643	29	62	820	700	4000
0.511	24	0.505	0.561	0.048	0.577	28	27	770	655	4850
0.455	25	0.450	0.460	0.046	0.516	28	72	720	615	4725
0.404	26	0.399	0.409	0.043	0.462	27	76	670	575	4600
0.361	27	0.358	0.363	0.041	0.417	27	50	635	540	4500

1.3.1.1.2 Cable Coaxial

Este tipo de cable consta de un conductor central fijo (axial) sobre un forro de material aislante, que después lleva una cubierta metálica en forma de malla como segundo conductor. La capa exterior evita que la radiación electromagnética o las señales de otros cables afecten la información que se está transmitiendo por el conductor.³

El cable coaxial puede transmitir información tanto en frecuencia intermedia (IF) como en banda base. En IF, este cable es útil en aplicaciones de video, ya que resulta ser muy adecuado para enviar los canales de televisión en los sistemas de televisión por cable.

³ESCAMILLA, Alicia. Enciclopedia del Conocimiento: Tecnología. Volumen 11. Colombia 2003

En banda base el cable coaxial fue muy utilizado en aplicaciones de datos en redes de área local (LAN), así como en redes Token Ring o Ethernet.

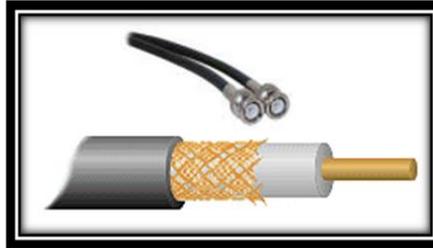


Figura Nº 1.2 Cable Coaxial

Tipos de un Cable Coaxial:

La mayoría de los cables coaxiales tienen una impedancia característica de 50, 52, 75, o 93 Ω . La industria de Radio Frecuencia usa nombres de tipo estándar para cables coaxiales. ⁴

- ✓ *RG-58/U*: Núcleo de cobre sólido.
- ✓ *RG-58 A/U*: Núcleo de hilos trenzados.
- ✓ *RG-59*: Transmisión en banda ancha (TV).
- ✓ *RG-6*: Mayor diámetro que el RG-59 y considerado para frecuencias más altas que este, pero también utilizado para transmisiones de banda ancha.
- ✓ *RG-62*: Redes ARCnet.

En las conexiones de televisión (por cable, satélite o antena), los cables RG-6 son los más comúnmente usados para el empleo en el hogar.

Aquí se muestra una tabla con las características de los Cable Coaxiales tipo RG:

⁴ <http://www.Tabla cable coaxial.htm>

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

Tabla Nº 1.2 Especificaciones de algunos Cables Coaxiales RG

Coaxial	Ohm	Factor Veloc	Aislan. Dieléct.	Tensión Máx RMS	pF Por Metro	Atenuación en decibelios por cada 100 mts					
						10 Mhz	100 mhz	400 Mhz	1 Ghz	3 Ghz	Diam. en mm
RG-5	50	0,66	Esp PE	-----	93,50	2,72	8,85	19,40	32,15	75,50	8,30
RG-8	52	0,66	PE	4.000	97	1,80	6,23	13,50	26,30	52,50	10,30
RG-9	51	0,66	PE	4.000	98	2,17	7,55	16,40	28,90	59,00	10,70
RG-10	52	0,66	-----	-----	100	1,80	6,25	13,50	26,30	52,50	12,00
RG-11	75	0,66	Esp PE	4.000	67	2,18	7,55	15,80	25,60	54,00	10,30
RG-12	75	0,66	PE	4.000	67	2,18	7,55	15,80	25,60	54,00	12,00
RG-55	53,50	0,66	PE	1.900	93	3,94	15,80	32,80	54,10	100,00	5,30
RG-58	50	0,66	PE	1.900	93	4,60	16,10	39,40	78,70	177,00	5,00
RG-59	73	0,66	PE	600	69	3,60	11,20	23,00	39,40	87,00	6,20
RG-74	52	0,66	-----	-----	98	1,35	4,59	10,70	18,00	41,00	15,70
RG-122	50	0,66	-----	-----	-----	5,58	23,00	54,10	95,10	187,00	4,10
RG-142	50	0,70	PTFE	1.900	96	3,60	12,80	26,30	44,25	88,60	4,90
RG-174	50	0,66	PTFE	1.500	101	12,80	29,20	57,40	98,40	210,00	2,60
RG-213	50	0,66	PE	5.000	101	1,80	6,25	13,50	26,30	52,50	10,30
RG-214	50	0,66	PE	5.000	101	2,15	7,55	16,40	28,90	59,00	10,80
RG-215	50	0,66	PE	5.000	101	1,80	8,20	13,50	26,30	52,50	10,30
RG-216	75	0,66	PE	5.000	67	2,15	7,55	15,80	25,60	54,10	10,80
RG-316	50	0,69	-----	-----	-----	19,70	37,40	54,80	102,00	197,00	2,60
NOTAS		PE = Polietileno									
		Esp.PE = Espuma de Polietileno									
		PTFE = Teflón (Politetrafluoroetileno)									
		RG-214 y RG-223 = Con doble protección (Doble apantallado)									

1.3.1.1.3 Cable Par Trenzado

El cable par trenzado está compuesto por conductores de cobre aislados por material plástico y trenzados en pares.

Dicho trenzado, que en promedio abarca tres trenzas por pulgada, ayuda a disminuir la diafonía, el ruido e interferencia, para mejores resultados, el trenzado debe ser variado entre los diferentes pares.

Este tipo de cables tienen la ventaja de ser económicos, flexibles y fáciles de conectar, entre otras propiedades que no presenta el coaxial en las aplicaciones de redes. No obstante, como medio de comunicación existe la desventaja de tener que

usarse a distancias limitadas (menos de 100 metros), ya que la señal se va atenuando y pudiera llegar a ser imperceptible si se rebasa el límite mencionado.

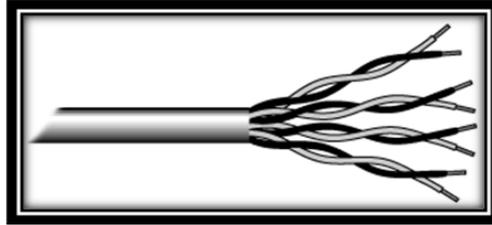


Figura Nº 1.3 Cable Par Trenzado

Tipos de cables par trenzado

- ✓ *Cable de par trenzado apantallado (STP):* En este tipo de cable, cada par va recubierto por una malla conductora que actúa de pantalla frente a interferencias y ruido eléctrico. Su impedancia es de 150 ohm. El nivel de protección del STP ante perturbaciones externas es mayor al ofrecido por UTP. Sin embargo es más costoso y requiere más instalación. La pantalla del STP, para que sea más eficaz, requiere una configuración de interconexión con tierra (dotada de continuidad hasta el terminal), con el STP se suele utilizar conectores RJ-49.

Es utilizado generalmente en las instalaciones de procesos de datos por su capacidad y sus buenas características contra las radiaciones electromagnéticas, pero el inconveniente es que es un cable robusto, caro y difícil de instalar.

- ✓ *Cable de par trenzado con pantalla global (FTP):* En este tipo de cable como en el UTP, sus pares no están apantallados, pero sí dispone de una pantalla global para mejorar su nivel de protección ante interferencias externas. Su impedancia característica típica es de 120 ohmios y sus propiedades de transmisión son más parecidas a las del UTP. Además, puede utilizar los mismos conectores RJ-45. Tiene un precio intermedio entre el UTP y STP.

- ✓ *Cable par trenzado no apantallado (UTP):* El cable par trenzado más simple y empleado, sin ningún tipo de pantalla adicional y con una impedancia característica de 100 ohmios. El conector más frecuente con el UTP es el RJ-45, aunque también puede usarse otro (RJ-11, DB-25, DB-11, etc.), dependiendo del adaptador de red.

Es sin duda el que hasta ahora ha sido mejor aceptado, por su costo accesibilidad y fácil instalación. Sus dos alambres de cobre torcidos aislados con plástico PVC han demostrado un buen desempeño en las aplicaciones de hoy. Sin embargo, a altas velocidades puede resultar vulnerable a las interferencias electromagnéticas del medio ambiente. El cable UTP es el más utilizado en telefonía.

Ejemplo de cable par trenzado apantallado SFTP, categoría 5e, 4 pares, patch⁵

- ✓ Conductor: 7 hilos de cobre desnudo $\text{Ø}0.16\pm0.01$ mm, 26 AWG. Aislamiento: polietileno de altamente denso, grosor mínimo 0.18 mm. Diámetro del cable 0.93 ± 0.02 mm.
- ✓ Color de los pares trenzados:
 - ✓ Blanco - azul/azul
 - ✓ Blanco - naranja/naranja
 - ✓ Blanco - verde/verde
 - ✓ blanco - marrón/marrón 4 pares trenzados apantallados con cinta de lámina de aluminio de 0.025 mm x 20 mm.
- ✓ El cable tiene un revestimiento trenzado de 16 alambres de cobre estañado $\text{Ø}0.12$ mm y alambre de drenaje de 7 hilos $\text{Ø}0.2$ mm enrollados entre sí.
- ✓ Por fuera el cable está revestido con un forro de PVC (grosor mínimo del forro 0.4 mm).
- ✓ Diámetro exterior del cable 5.6 ± 0.2 mm.

⁵ <http://esp.hyperlinesystems.com/catalog/cable/sftp-c5e-patch-gy.shtml>

- ✓ Temperatura de operación: +75°C.
- ✓ Resistencia al fuego: CM
- ✓ Estándares: UL444/UL1581, TIA/EIA 568B.2

1.3.1.1.4 Fibra Óptica

Este medio de comunicación utiliza la luz confinada en una fibra de vidrio para transmitir grandes cantidades de información en el orden de los gigabits por segundo.

Debido a que el láser trabaja a frecuencias muy altas, entre el intervalo de la luz visible y la infrarroja, la fibra óptica es casi inmune a la interferencia y el ruido.

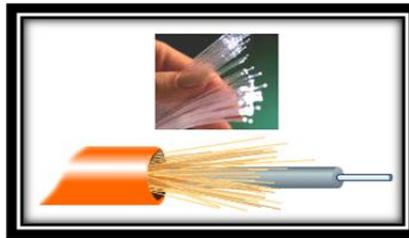


Figura Nº 1.4 Fibra Óptica

Características Técnicas de la Fibra Óptica

- ✓ La fibra es un medio de transmisión de información analógica o digital.
- ✓ Las ondas electromagnéticas viajan en el espacio a la velocidad de la luz.
- ✓ La fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él, totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación, y que se denomina envoltura o revestimiento.
- ✓ La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:
 - Diseño geométrico de la fibra.

- Propiedades de materiales empleados en su elaboración. (diseño óptico)
- Anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de la fibra.
- ✓ Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm, y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos.
- ✓ El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, redundando en su facilidad de instalación.
- ✓ La sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues funde a 600C. La F.O. presenta un funcionamiento uniforme desde -550 C a +125C sin degradación de sus características.

1.3.2 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Las comunicaciones inalámbricas son aquellas que utilizan señales cuyas frecuencias se encuentran dentro del espectro radioeléctrico u óptico para transmitir la información de un lugar a otro, a través del “espacio libre”.

La importancia de las comunicaciones inalámbricas se debe a que:

- ✓ Brinda facilidades de acceso en zonas apartadas.
- ✓ Permite un rápido despliegue.
- ✓ Cubre amplias áreas y zonas geográficas.
- ✓ Facilita portabilidad y movilidad.
- ✓ Complementa las redes cableadas.
- ✓ Permite reducir costos de infraestructura.
- ✓ Reduce la cantidad de cables, que podría requerir la implementación de una red.

1.3.2.1 Medios No Confinados

En medios no confinados, tanto la transmisión como la recepción se llevan a cabo mediante antenas. Durante la transmisión, la antena envía energía electromagnética al espacio libre, y en la recepción la antena captura estas ondas electromagnéticas del medio que la rodea.

Dentro de los medios no confinados se tiene:

- Microondas Terrestres
- Microondas por Satélite
- Ondas de Radio (Radio Frecuencia)
- Infrarrojo/Láser

1.3.2.1.1 Microondas Terrestre



Figura Nº 1.5 Microondas Terrestre

Las microondas es un tipo de onda electromagnética cuya frecuencia se encuentra entre 300 a 3000MHz; esto es con longitudes de onda que van desde el milímetro al metro y cuya propagación puede efectuarse por el interior de tubos metálicos; en sí es una onda de corta longitud.

Existen algunos canales de banda superior, que trabajan entre 3.5 y 26 GHz. Se usa como enlace entre redes LAN, o entre una estación base que funciona como centro

de conmutación del operador y un edificio u otra ubicación a larga distancia, ubicada convenientemente, para que exista línea de vista. Para la comunicación de microondas terrestres normalmente se emplean antenas parabólicas, las cuales deben estar alineadas o tener visión directa entre ellas, además mientras mayor sea la altura a la que se encuentre la antena, mayor será el alcance, los problemas que se producen, son las pérdidas de datos por atenuación e interferencias, y la sensibilidad por las malas condiciones atmosféricas.

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:⁶

- ✓ Telefonía básica (canales telefónicos)
- ✓ Datos
- ✓ Telégrafo / Télex / Facsímile
- ✓ Canales de Televisión.
- ✓ Vídeo
- ✓ Telefónica Celular

Las licencias o permisos para operar enlaces de microondas pueden resultar un poco difícil debido a que las autoridades del país donde se encuentren deben de asegurarse que los enlaces no causen interferencia a los enlaces ya existentes.

Características del Microondas Terrestre⁷

- ✓ *Rango de Frecuencias:* Los sistemas de microondas terrestres funcionan en un rango inferior a GHz (normalmente de 4 a 6 y de 21 a 23 GHz)
- ✓ *Costo:* Los costos del equipo dependen más de la potencia y la frecuencia de la señal operativa los sistemas para distancias cortas son relativamente

⁶ PRASAD R., 1997, Reseña de las Comunicaciones Personales Inalámbricas Perspectivas de Microondas, IEEE Communications Magazin, Volumen 9

⁷ <http://Microondas Terrestres.htm>

económicos. El sistema de microondas terrestre se puede adquirir en "leasing" (arriendo) con los proveedores de servicio. Los sistemas de microondas para distancias cortas también reducen los costos utilizando transmisiones a frecuencias superiores que funcionan con antenas más pequeñas y más baratas.

- ✓ *Facilidad de Instalación:* Los sistemas para la línea de horizonte son difíciles de utilizar porque requieren unos ajustes muy precisos que suelen efectuarse mediante pruebas y errores para garantizar una alineación correcta. Las microondas terrestres suelen funcionar en frecuencias con licencias. Las instalaciones exigen procedimientos caros y prolongados para la obtención de la licencia
- ✓ *Capacidad:* aunque la capacidad máxima depende mucho de la frecuencia. Las velocidades de datos habituales para un único rango de frecuencia oscilan entre 1 y 10 Mbps.
- ✓ *Atenuación:* La atenuación varía según la frecuencia de señal y el tamaño de la antena. Las microondas de frecuencias superiores se atenúan más debido a la lluvia y a la niebla cuando las distancias son muy largas pero en distancias cortas la atenuación no es significativa.

1.3.2.1.2 Microondas por Satélite



Figura Nº 1.6 Microondas por Satélite

Un satélite de comunicaciones es esencialmente una estación que retransmite microondas (transreceptor). Se usa como enlace entre dos o más receptores/transmisores terrestres, denominados *estaciones base*. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia (canal ascendente), la amplifica o repite, y posteriormente la retransmite en otra banda de frecuencia (canal descendente).

*Clasificación de los principales satélites de comunicación:*⁸

- ✓ *Satélites Spinners:* utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro.
- ✓ *Estabilizador de tres ejes:* el cuerpo permanece fijo en relación a la superficie de la Tierra, mientras que el subsistema interno proporciona una estabilización de giro

Características del Microondas por Satélite

- ✓ Los satélites deben compartir un espacio y espectro de frecuencia limitados, dentro de un arco específico en una órbita geoestacionaria.
- ✓ Cada satélite de comunicación se le asigna una longitud en el arco geoestacionario, aproximadamente a 36000 km, arriba del ecuador.
- ✓ La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicaciones.
- ✓ Los satélites trabajando, en o casi la misma frecuencia, deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro.
- ✓ La separación espacial requerida depende de las siguientes variables:
 - a. Ancho de haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrenal y antenas del satélite.
 - b. Frecuencia de la portadora de radio frecuencia.
 - c. Técnica de codificación o de modulación usada.
 - d. Límites aceptables de interferencia.
 - e. Potencia de la portadora de transmisión.
- ✓ Generalmente se requieren 3 a 6° de separación espacial dependiendo de las variables establecidas anteriormente.

1.3.2.1.3 Ondas de Radio (Radio Frecuencia)

⁸ WAYME Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Segunda Edición.

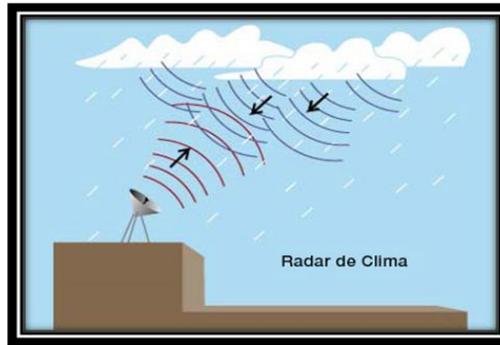


Figura N° 1.7 Ondas de radio de alta energía rebotan en las moléculas de agua para detectar la ubicación y la cantidad de precipitación de una tormenta.

La radio transmisión en la banda entre 3 MHz y 30 MHz es llamada radio de alta frecuencia (HF) u ondas cortas. Las bandas de frecuencia dentro del espectro de HF son asignadas por tratados internacionales para servicios específicos como: radiodifusión, radio amateur, comunicaciones espaciales y radio astronomía. La radio de HF tiene propiedades de propagación que la hacen menos confiable que otras frecuencias; sin embargo, la radio de HF permite comunicaciones a grandes distancias con pequeñas cantidades de potencia radiada.

Las ondas de radio de HF transmitidas desde antenas en la tierra siguen dos trayectorias. La onda terrestre (groundwave) sigue la superficie de la tierra y la onda aérea (skywave) rebota de ida y vuelta entre la superficie de la tierra y varias capas de la ionosfera terrestre. La onda terrestre es útil para comunicaciones de menos de 400 millas, y trabaja particularmente bien sobre el agua. La onda aérea propaga señales y alcanza distancias de hasta 4,000 millas con una confiabilidad en la trayectoria de 90%; esta onda puede viajar por varios saltos en la ionósfera, hasta llegar a su destino.

Características de Ondas de Radio (Radio Frecuencia)

- ✓ Son fáciles de generar, pueden viajar largas distancias y penetran edificios y obstáculos.
- ✓ Son omnidireccionales: viajan en todas direcciones desde la fuente.

- ✓ Alcanzan largas distancias.
- ✓ Requieren licencia.
- ✓ A bajas frecuencias atraviesan obstáculos pero la potencia decrece sustancialmente.
- ✓ Sufren de interferencia de motores y equipo eléctrico.
- ✓ Por su reducido ancho de banda solo las frecuencias más altas son utilizadas para la transmisión de datos.

1.3.2.1.4 Infrarrojo/ Láser

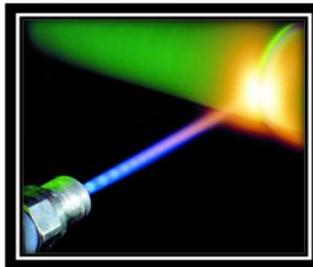


Figura Nº 1.8 Infrarrojo/Láser

Son ondas electromagnéticas de un alcance de 16 Km a 100 Kbps y 1.6 Km 1.5 Mbps, superiores a las microondas, e inferiores a las de la luz visible del orden de los 100.000 GHz, también se usan para transmisión de información.

Las transmisiones de láser de infrarrojo directo envuelven las mismas técnicas empleadas en la transmisión por fibra óptica, excepto que el medio en este caso es el espacio libre. El láser tiene un alcance de hasta 10 millas, aunque casi todas las aplicaciones en la actualidad se realizan a distancias menores de una milla. Típicamente, las transmisiones en infrarrojo son utilizadas donde la instalación de cable no es factible entre ambos sitios a conectar. Las velocidades típicas de transmisión a esas distancias son 1.5 Mbps. La ventaja del láser infrarrojo es que no es necesario solicitar permiso ante las autoridades para utilizar esta tecnología. Debe de tenerse mucho cuidado, en la instalación ya que los haces de luz pueden dañar al

ojo humano. Por lo que se requiere un lugar adecuado para la instalación del equipo. Ambos sitios deben de tener línea de vista.

La luz infrarroja se comporta similar a la luz visible: se refleja en superficies brillantes, pasa a través del vidrio y no atraviesa objetos opacos, de ahí la desventaja de su uso, porque cualquier obstáculo entre el emisor y el receptor, impide establecer la comunicación. Mientras las frecuencias de radio se acercan a las frecuencias de la luz visible se comportan menos como radio y más como luz.

El rayo láser es una luz muy potente y coherente (que no se dispersa fácilmente con la distancia). Para distancias cortas las transmisiones vía láser / infrarrojo son una excelente opción. El rayo láser es unidireccional y se utiliza frecuentemente para conectar LANs localizadas entre edificios, lo cual requiere dos rayos por cada nodo.

El emisor usa un LED (Light Emitting Diode) para velocidades de hasta 10 Mbps, o un LD (Láser Diode) para velocidades superiores. La señal eléctrica modula la intensidad de la luz infrarroja; en el extremo receptor, el fotosensor detecta esas variaciones de intensidad y las convierte nuevamente a la señal eléctrica

Características del Infrarrojo/Láser

Infrarrojo

- ✓ No pueden atravesar objetos sólidos, pero se reflejan.
- ✓ No se requiere licencia para operar en estas frecuencias.
- ✓ Económica.
- ✓ Fácil construcción: LÁSER o LED.
- ✓ Alcance: 16 Km a 100 Kbps; 1.6 Km 1.5 Mbps.
- ✓ Ejemplos: control remoto del VCR, Equipos de sonido, TV, Redes locales inalámbricas.
- ✓ No se puede utilizar en exteriores con luz directa del sol.
- ✓ Inmune al ruido magnético (la interferencia eléctrica).

*Láser*⁹

- ✓ En cada sitio un láser y un fotodetector.
- ✓ Problema con la lluvia y la niebla espesa.
- ✓ Reducido costo.
- ✓ Fácil instalación.
- ✓ No requiere licencia.

1.4 DISPOSITIVOS OPTOELECTRÓNICOS

La optoelectrónica es la rama de la electrónica que concierne al estudio, diseño y aplicación de dispositivos que combinan elementos electrónicos y ópticos

Los dispositivos optoelectrónicos trabajan conjuntamente con señales electrónicas y ópticas; concretamente son capaces de transformar señales electrónicas en ópticas o viceversa. Como ejemplo se tiene la lámpara incandescente, más comúnmente conocida como bombillo o también un fluorescente, ambos transforman una señal eléctrica o electrónica en luz, es decir, transforman electrones en fotones; por otro lado se tiene, por ejemplo, una célula solar que hace la función contraria, transforma fotones en electrones.

1.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS OPTOELECTRÓNICOS

Los dispositivos optoelectrónicos se clasifican en dos grupos, de acuerdo a las funciones que realizan: los que convierten la energía eléctrica en energía radiante y los que realizan la operación de conversión de energía radiante a energía eléctrica.

⁹ Nota: En el capítulo II, se tratará en forma más amplia sobre sus características y ventajas

1.4.1.1 Conversión de Energía Eléctrica a Energía Radiante

La mayoría de cristales semiconductores, al ser bombardeados con fotones, calor o electrones emiten luz visible o infrarroja; por ello a estos dispositivos se les llama *electroluminiscentes*; sin embargo, específicamente se suele emplear el término *electroluminiscentes* a aquellos dispositivos que responden con la emisión de luz, debido al paso de la corriente eléctrica entre sus terminales.

Al aplicar una corriente a estos dispositivos, los electrones se mueven del material semiconductor N hacia el material P, para combinarse con los huecos; cuando los electrones se mueven desde un alto estado energético, es decir desde la banda de conducción; hacia un bajo estado energético o banda de valencia, los fotones de energía son liberados. Dichos materiales pueden emitir luz visible o, como en el caso de los diodos infrarrojos, luz infrarroja.

Dentro de estos dispositivos se tiene:

- Diodo LED
- Diodo Láser
- Lámparas incandescentes
- Lámparas halógenas

1.4.1.1.1 Diodo LED¹⁰

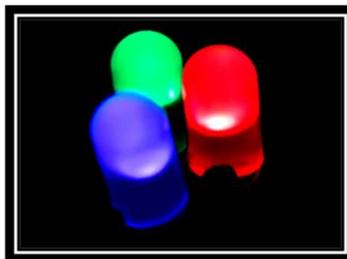


Figura N° 1.9 Imagen de un diodo LED

¹⁰ Electrónica de potencia I

Diodo emisor de luz, también conocido como LED (acrónimo del inglés de *Light-Emitting Diode*) es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz coherente de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN del mismo y circula por él una corriente eléctrica. Un diodo LED emite fotones en muchas direcciones.

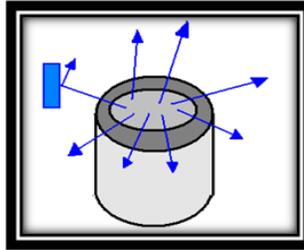


Figura Nº 1.10 Emisión fotónica en diodo LED

Los diodos pn, son uniones de dos materiales semiconductores extrínsecos tipos p y n, por lo que también reciben la denominación de unión pn. Hay que destacar que ninguno de los dos cristales por separado tiene carga eléctrica, ya que en cada cristal, el número de electrones y protones es el mismo, de lo que podemos decir que los dos cristales, tanto el p como el n, son neutros. (Su carga neta es 0).

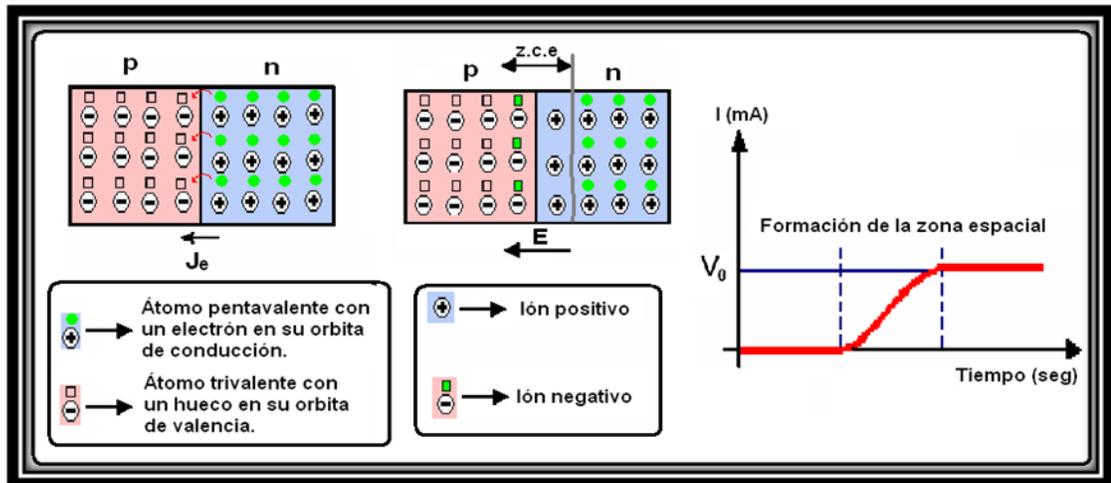


Figura Nº 1.11 Unión de la capa n y p

Al unir ambos cristales, se manifiesta una difusión de electrones (J_e) del cristal n al p. Al establecerse estas corrientes aparecen cargas fijas en una zona a ambos lados de

la unión, zona que recibe diferentes denominaciones como zona de carga espacial (z.c.e), de agotamiento, de deplexión, de vaciado, etc.

Al aplicar una tensión directa a la unión, se inyectan huecos en la capa P y electrones en la capa N. Como resultado de ello, ambas capas tienen una mayor concentración de portadores (electrones y huecos) que la existente en equilibrio. Debido a esto, se produce una recombinación de portadores, liberándose en dicha recombinación la energía que les ha sido comunicada mediante la aplicación de la tensión directa.

Tipo de energía:

Se pueden distinguir dos tipos de recombinación en función del tipo de energía que es liberada:

- ✓ *Recombinación no radiante:* la mayoría de la energía de recombinación se libera al cristal como energía térmica.
- ✓ *Recombinación radiante:* la mayoría de la energía de recombinación se libera en forma de radiación. La energía liberada cumple la ecuación(1):

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Ecuación Nº 1. 1 Energía Liberada

E= energía del fotón.

c= velocidad de la luz ($3 \times 10^8 \frac{m}{seg^2}$).

h= Cte de Planck ($6,624 \times 10^{-34} \text{ joules} - \text{segundos}$).

λ = longitud de onda del fotón.

En los dispositivos optoelectrónicos, se utiliza principalmente, el fosforo arseniuro de galio (Ga As P) o el fosfuro de galio (Ga P). El número de fotones de energía

luminosa emitida, es suficiente para crear una fuente luminosa visible para el ojo humano.

Al proceso de producción de luz aplicando una fuente de energía eléctrica, se denomina *electroluminiscencia*.

Ventajas de los diodos LED:

- ✓ *Tamaño:* Ocupa menos espacio que otros dispositivos electroluminiscentes.
- ✓ *Luminosidad:* Los diodos LED son más brillantes que otros emisores, como por ejemplo una bombilla; y además, la luz no se concentra en un punto (como por ejemplo, el filamento de una bombilla) sino que todo el diodo brilla en forma uniforme, por todos los lados.
- ✓ *Duración:* un diodo LED puede durar 50.000 horas, lo que equivale a seis años encendidos de forma continua. Esto es 50 veces más que una bombilla incandescente.
- ✓ *Consumo:* Bajo consumo de energía; por ejemplo un semáforo que sustituya las bombillas por diodos LED consumirá 10 veces menos con la misma luminosidad.

Símbolo del diodo Led

El símbolo que representa un diodo LED es:

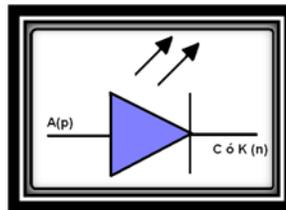


Figura N° 1.12 Diodo LED

El circuito de polarización:

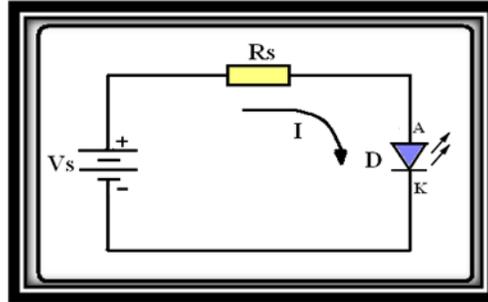


Figura N° 1.13 Circuito de polarización

Corriente del diodo Led

La intensidad I , que recorre el circuito, viene dado por:

$$I = \frac{V_s - V_{\text{typ(led)}}}{R_s}$$

Ecuación N° 1. 2Corriente del Circuito de polarización

$V_{\text{typ(led)}}$: Tensión típica o nominal del LED.

Tabla de tensiones nominales, según el color del diodo:

Tabla N° 1.3 Tensiones nominales, según el color del diodo

MATERIAL	LONGITUD DE ONDA	$V_{\text{typ(led)}}$	COLOR
AsGaAl	750-780 nm	1.5 V	Rojo
AsGaP	590 nm	1.6 V	Amarillo
InGaAlP	560 nm	2.7 V	Verde
CSi	480 nm	3 V	Azul

Según la tabla, podemos coger una tensión típica ($V_{\text{typ(led)}}$) para todos los colores, de aproximadamente 2 V. Estando la intensidad típica ($I_{\text{typ(led)}}$), para todos los colores, en torno a los 25 mA.

En la actualidad, se fabrican diodos LED de una amplia variedad de colores. Existen incluso diodos LED bicolores y tricolores. En cuanto a las formas (triangular, redonda, figuras, etc), existe también una amplia variedad.

1.4.1.1.2 Diodo Láser



Figura N° 1.14 Imagen de un Diodo Láser

La palabra LÁSER es el acrónimo de (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), es decir, amplificación de la luz mediante el fenómeno de la emisión estimulada de radiación.

Los láseres son aparatos que amplifican la luz y producen haces de luz coherente; su frecuencia va desde el infrarrojo hasta los rayos X. Un haz de luz es coherente cuando sus ondas, o fotones, se propagan de forma acompasada, o en fase. Esto hace que la luz láser pueda ser extremadamente intensa, muy direccional, y con una gran pureza de color (frecuencia). Un diodo láser consigue realizar un guiado de la luz preferencial en una sola dirección.

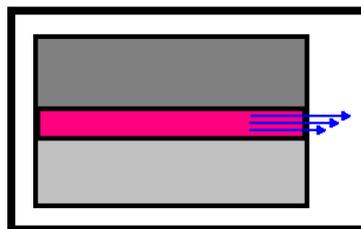


Figura N° 1.15 Emisión fotónica en un diodo láser

El transporte de carga en un láser de diodo semiconductor se produce por los electrones libres en la banda de conducción, y los huecos positivos en la banda de valencia.

En una unión p-n, los electrones pueden "caer" hacia los huecos, los cuales tienen estados de energía más bajos.

La corriente pasa a través de la unión p-n de un diodo láser, por medio de los dos tipos de transportadores de carga (electrones y huecos), para "combinarse" juntos en la unión, a través de un proceso de *recombinación*. Esta energía se dispersa en forma de fotones de luz.

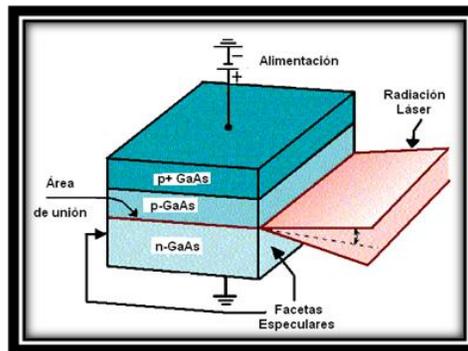


Figura N° 1.16 Radiación de un diodo LÁSER

Características del diodo láser¹¹

- ✓ Son muy eficientes.
- ✓ Son muy fiables.
- ✓ Tienen tiempos medios de vida muy largos.
- ✓ Son económicos.
- ✓ Permiten la modulación directa de la radiación emitida, se puede modular a frecuencias de décimos de Giga hercios.
- ✓ Su volumen y peso son pequeños

¹¹ Nota: En el capítulo II, se tratará en forma más amplia sobre sus características y ventajas

- ✓ El umbral de corriente que necesitan para funcionar es relativamente bajo.
- ✓ Su consumo de energía es reducido (comparado con otras fuentes de luz).
- ✓ El ancho de banda de su espectro de emisión es angosto (puede llegar a ser de sólo algunos KHz)

El símbolo de un diodo Láser:

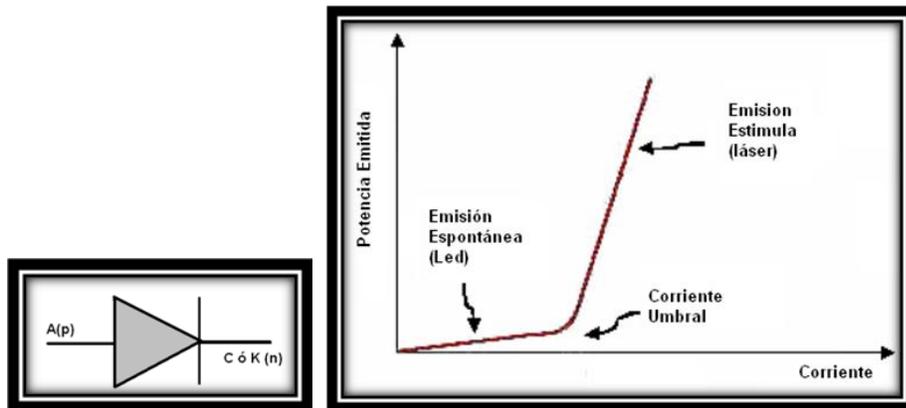


Figura Nº 1.17 Diodo LÁSER

1.4.1.1.2.1 Comparación del diodo láser y el diodo Led¹²

- ✓ El diodo láser es más rápido; mientras el diodo LED tiene mayor estabilidad térmica.
- ✓ El diodo láser tiene una potencia de salida mayor; mientras el diodo LED tiene menor potencia de salida y mayor tiempo de vida.
- ✓ El diodo láser tiene una emisión coherente de luz; mientras el diodo LED tiene emisión incoherente
- ✓ La construcción diodo láser es más compleja; mientras el diodo LED es más económico

¹² Principios de electrónica, Malvino-Mc Graw Hill. Sexta edición.

- ✓ Los diodos láseres actúan como fuentes adecuadas en sistemas de telecomunicaciones; mientras el diodo LED se acopla a fibras ópticas en distancias cortas de transmisión
- ✓ Los diodos láseres tienen una modulación a altas velocidades, hasta GHz; mientras el diodo LED tiene una velocidad de modulación hasta 200MHz

1.4.1.1.3 Lámpara Incandescente



Figura Nº 1.18 Imagen de una Lámpara Incandescente

Las lámparas incandescentes están formadas por un hilo de wolframio que se calienta por efecto Joule alcanzando temperaturas tan elevadas que empieza a emitir luz visible. Para evitar que el filamento se quemara en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas. El conjunto se completa con unos elementos con funciones de soporte y conducción de la corriente eléctrica y un casquillo normalizado que sirve para conectar la lámpara a la luminaria.

El principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que alcance una temperatura lo suficientemente alta, como para que emita radiaciones visibles por el ojo humano. La incandescencia se puede obtener de dos maneras: La primera por combustión de alguna sustancia; sea sólida, como por ejemplo una antorcha de madera; líquida, como por ejemplo en una lámpara de aceite; o gaseosa como en las lámparas de gas. La segunda es hacer pasar una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado como ocurre en las

bombillas corrientes. En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor.

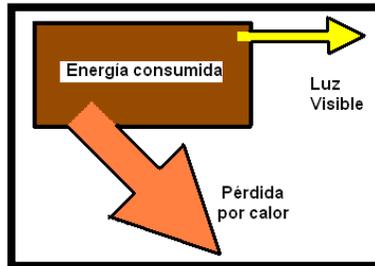


Figura N° 1.19 La incandescencia

Partes de una lámpara incandescente

- ✓ *Ampolla:* Es una cubierta de vidrio que da forma a la lámpara y protege el filamento del aire exterior evitando que se queme. Pueden ser de vidrio transparente, de vidrio blanco translúcido o de colores proporcionando en este último caso una luz de color monocromática en lugar de la típica luz blanca.
- ✓ *Filamento:* El material más empleado para los filamentos es el tungsteno o wolframio (W) por sus elevadas prestaciones que se ajustan a los requisitos exigidos además de ser una materia prima asequible.
- ✓ *Soporte:* Es de vidrio con plomo, un material con excelentes propiedades de aislante eléctrico, que mantiene separada la corriente de los dos conductores que lo atraviesan.
- ✓ *Gas de relleno:* Permite reducir la evaporación del filamento e incrementar la temperatura de trabajo de la lámpara y el flujo luminoso emitido. Los gases más utilizados son el nitrógeno en pequeñas proporciones y el argón.
- ✓ *Hilos conductores:* Transportan la electricidad desde el casquillo a los hilos de soporte a través del vástago. Para evitar el deterioro de las varillas de soporte es necesario un material, normalmente se usa el molibdeno, que aguante las altas temperaturas y no reaccione químicamente con el tungsteno del filamento.

- ✓ *Casquillo*: Sirve para conectar el filamento a la corriente eléctrica proveniente del portalámparas, y permite la sujeción de la lámpara a la luminaria evitando su deterioro. En su fabricación se usan habitualmente el latón, el aluminio o el níquel.

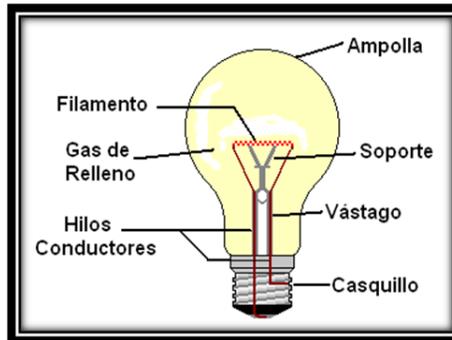


Figura Nº 1.20 Partes de la lámpara incandescente

Características de una lámpara incandescente

Entre los parámetros que sirven para definir una lámpara se tiene:

- ✓ *Tipo de tubo*: Cristal de cuarzo.
- ✓ *Color de luz*: Blanco cálido.
- ✓ *Filamento*: Tungsteno y Soporte.
- ✓ *Reproducción Cromática*: Excelente.
- ✓ *Voltaje*: 12V, 110V y 220V.
- ✓ *Fuerza del voltaje*: Baja.
- ✓ *Formas*: Cápsula o Estándar,
- ✓ *Tipo de rosca*: E27
- ✓ *Duración*: Viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea esta, mayor será el flujo luminoso pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las partículas evaporadas, cuando entren en contacto con las paredes se depositarán sobre estas, ennegreciendo la ampolla. De esta manera se verá reducido el flujo luminoso por ensuciamiento de la ampolla. Pero, además, el filamento se habrá vuelto más delgado por la evaporación del tungsteno que lo forma y se reducirá,

en consecuencia, la corriente eléctrica que pasa por él, la temperatura de trabajo y el flujo luminoso. Esto seguirá ocurriendo hasta que finalmente se rompa el filamento. A este proceso se le conoce como depreciación luminosa.

- ✓ *Calidad de reproducción de los colores:* Esta es una característica cromática de la fuente de luz que considera dos aspectos. El primero trata sobre el color que presenta la fuente. Y el segundo describe cómo son reproducidos los colores de los objetos iluminados por esta. Para evaluarlos se utilizan dos parámetros:
 - La temperatura de color
 - El rendimiento de color que se mide con el IRC (índice de rendimiento de color).

1.4.1.1.4 Lámpara Halógena



Figura Nº 1.21 Imagen de una Lámpara Halógena

La lámpara halógena es una variante de la lámpara incandescente, en la que el vidrio se sustituye por un compuesto de cuarzo, tiene un filamento de wolframio dentro de una cobertura de cristal de cuarzo con gas halógeno en su interior, que permite que el filamento pueda alcanzar altas temperaturas sin deteriorarse, es decir soporta mucho mejor el calor; el filamento y los gases se encuentran en equilibrio químico, mejorando el rendimiento del filamento y aumentando su vida útil; produce una luz más blanca que las bombillas comunes, además de radiar luz ultravioleta. La lámpara halógena tiene un rendimiento un poco mejor que la incandescente: 18 22 lm/W y una vida útil más larga: 1.500 horas.

Algunas de estas lámparas funcionan a baja tensión (por ejemplo 12 voltios), por lo que requieren de un transformador para su funcionamiento.

Rendimiento

- ✓ Evitar operar por arriba del voltaje nominal.
- ✓ Para evitar fallas prematuras en las lámparas, revisar que el área de sellado de las mismas no esté torcida, estrellada o presente algún otro tipo de daño.
- ✓ Limitar la temperatura del cable conductor de energía y del sello a 662 °F (350 °C), excepto en lámparas de alta temperatura (HT).
- ✓ Mantener una temperatura mínima en las paredes del bulbo de 482 °F (350 °C), durante la operación del ciclo halógeno.
- ✓ Antes de utilizar eliminar la grasa y marca de dedos de las lámparas cuarzo-halógenas aplicando un solvente libre de grasa (alcohol) con una tela totalmente limpia.

Tipos de lámparas Halógenas

- ✓ *Lámparas halógenas de casquillos cerámicos o cuarzo línea:* Se llaman así porque cada extremo de la lámpara lleva un casquillo de cerámica de contacto embutido. Consta de una ampolla tubular de pequeño diámetro en cuyo interior se encuentra:
 - Una espiral de tungsteno dispuesta a lo largo del eje longitudinal.
 - Una cantidad limitada de gas argón.
 - Partículas de yodo

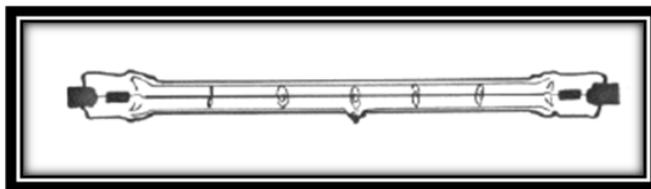


Figura Nº 1.22 Lámpara halógena de casquillos cerámicos o cuarzo línea

- ✓ *Lámparas halógenas de doble envoltura:* El sistema de funcionamiento es el mismo, sin embargo presentan sobre las mismas las siguientes ventajas:
 - Son de fácil manipulación, ya que la segunda ampolla de vidrio recubre a la primera de cuarzo, evitando la posible desvitrificación del cuarzo a causa de las manchas del sudor o la grasa de las manos.
 - Disponen de casquillos normalizados, que las hace fácilmente adaptables en portalámparas destinados a lámparas de incandescencia convencionales.
 - Funcionan en cualquier posición.

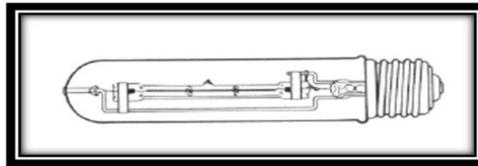


Figura Nº 1.23 Lámpara halógena de doble envoltura

Precauciones

A fin de optimizar los niveles de eficiencia (lúmenes por Watt) de las lámparas halógenas, éstas se encuentran presurizadas. A continuación se mencionan las medidas de seguridad que deberán implementarse para lograr su óptimo funcionamiento.

- ✓ *Altas Temperaturas de Operación:* Para lograr el funcionamiento adecuado del ciclo halógeno las paredes del tubo de cuarzo alcanzan temperaturas superiores a los 482 °F (250 °C). Además de que algunas lámparas presentan puntos en donde se concentra el calor llegando hasta los 1230 °F (700 °C) durante la operación normal.

Todo tipo de lámpara halógena deberá utilizarse únicamente en luminarias adecuados, diseñados para permitir la disipación del exceso de calor y en algunos casos capaces de proveer ventilación adicional.

Deberá evitarse que la temperatura en la base de la lámpara exceda los 662 °F (350 °C), ya que puede ser causa de fallas prematuras en la lámpara.

- ✓ *Radiación en el Espectro Electromagnético:* En las lámparas halógenas hasta el 90% de la energía consumida (Watts) por la lámpara es transformada en rayos infrarrojos y calor, dando lugar a que algunas lámparas halógenas se puedan utilizar en aplicaciones especiales como: generadora de calor, de rayos ultravioleta, etc...La radiación ultravioleta ligera proveniente de una fuente desprotegida, puede causar irritación en la piel y los ojos. El paso de la luz a través de un plástico ó vidrio común ofrece la protección adecuada.

1.4.1.1.4.1 Comparación de la lámpara halógena con la lámpara incandescente

- ✓ Utilizan la energía de una manera más eficaz
- ✓ Ofrecen una duración más larga, de hasta cinco veces la vida media estimada
- ✓ Proporcionan una luz más blanca y más nítida
- ✓ Proporcionan un mejor control de haz, permitiendo dirigir la luz con mucha más precisión.
- ✓ Ofreciendo el tamaño más compacto, creando nuevas oportunidades de diseño.

1.4.1.2 CONVERSIÓN DE ENERGÍA RADIANTE A ENERGÍA ELÉCTRICA

Este tipo de dispositivos a menudo son llamados fotodetectores. En este caso, la energía que entra al cristal de semiconductor excita a los electrones a niveles más altos de energía, dejando huecos atrás. Posteriormente estos electrones y huecos se alejan unos de otros, conformando una corriente eléctrica.

Dentro de estos dispositivos tenemos:

- Fotorresistencias
- Fotodiodos
- Fototransistores
- Células solares

1.4.1.2.1 Fotorresistencias¹³

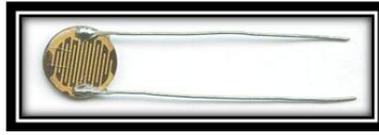


Figura N° 1.24 Imagen de una fotorresistencia

Una fotorresistencia es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente. Puede también ser llamado fotorresistor, fotoconductor, célula fotoeléctrica o resistor dependiente de la luz, cuyas siglas (LDR) se originan de su nombre en inglés light- dependent resistor.

Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia. Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por la elasticidad del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta (y su hueco asociado) conduce electricidad, de tal modo que disminuye la resistencia.

El símbolo de una fotorresistencia:



Figura N° 1.25 Símbolo de una fotorresistencia

Aplicaciones:

Entre las principales aplicaciones del LDR destacan:

¹³

http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/dispositivos_optoelectronicos/download/teoria/apuntes/curso00-01.pdf

- ✓ Luz nocturna de encendido automático, que utiliza una fotorresistencia para activar una o más luces al llegar la noche.
- ✓ Relé controlado por luz, donde el estado de iluminación sobre la fotorresistencia activa o desactiva un relé.
- ✓ Aplicaciones donde se necesita detectar la ausencia de luz de día.

El LDR se fabrica a partir de materiales que en condiciones de oscuridad poseen una muy baja concentración de portadores libres por lo que su resistencia, en estas condiciones, es bastante alta. Cuando absorben radiación, de una determinada longitud de onda, la interrelación entre fotones y pares electrón-hueco dan lugar a un incremento considerable de la población de portadores y por lo tanto de la conductividad. Los materiales más comunes utilizados para la fabricación de LDR son: sulfuro de cadmio y seleniuro de cadmio.

Características de las fotorresistencias¹⁴:

- ✓ *Iluminación:* Los valores de una fotorresistencia cuando está totalmente iluminada y cuando está totalmente a oscuras varía, puede medir de 50 ohmios a 1000 ohmios (1K) en iluminación total y puede ser de 50K (50,000 Ohm) a varios mega ohmios cuando está a oscuras.
- ✓ *Materiales de la estructura:* El LDR es fabricado con materiales de estructura cristalina, y utiliza sus propiedades fotoconductoras. Los cristales utilizados más comunes son: sulfuro de cadmio y seleniuro de cadmio.
- ✓ *Tiempo de respuesta:* Su tiempo de respuesta típico es de aproximadamente 0.1 segundos, especialmente aquellas que necesitan de mucha exactitud en cuanto a tiempo para cambiar de estado (oscuridad a iluminación o iluminación a oscuridad).

¹⁴ PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

- ✓ *Aplicaciones:* hay muchas aplicaciones en las que una fotorresistencia es muy útil. En casos en que la exactitud de los cambios no es importante como en los circuitos:
 - Luz nocturna de encendido automático, que utiliza una fotorresistencia para activar una o más luces al llegar la noche.
 - Relé controlado por luz, donde el estado de iluminación de la fotorresistencia, activa o desactiva un Relay (relé).

- ✓ *Longitud de Onda:* el material de la fotorresistencia responderá a unas longitudes de onda determinadas. Es decir, la variación de resistencia será máxima para una longitud de onda determinada. Esta longitud de onda depende del material y el dopado, y deberá ser suministrada por el proveedor. En general, la variación de resistencia en función de la longitud de onda presentan curvas como las de la Figura N°1.26.¹⁵

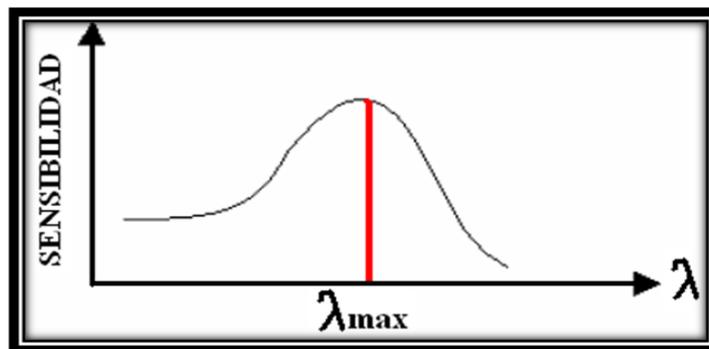


Figura N° 1.26 Variación de resistencia en función de la longitud de onda de la radiación.

¹⁵ <http://www.info-ab.uclm.es> ; <http://www.domotica.net>

1.4.1.2.2 Fotodiodos

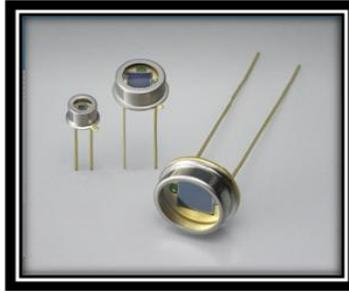


Figura N° 1.27 Imagen de un Fotodiodo

Un fotodiodo es un diodo PN construido de modo tal que la luz pueda alcanzar la juntura PN y generar portadores debido al efecto fotoeléctrico. De este modo, se producirá una corriente eléctrica proporcional a la luz incidente.

Polarización del fotodiodo

Al polarizarse inversamente, la luz que actúa sobre el fotodiodo produce electrones libres y huecos, aumentando la intensidad de la luz en proporción directa a la radiación luminosa incidente, con el consiguiente aumento de la corriente inversa I_0 .

Si se polarizase directamente, la luz incidente no tendría efecto sobre él y se comportaría como un diodo semiconductor normal.

La corriente nominal (I_{typ}) es del orden de decenas de microamperios.

Dispone de una ventana en el encapsulado, para que la luz llegue a la unión y aumente el valor de la corriente inversa.

Es un dispositivo cuyo funcionamiento está basado en las variaciones de las características V-I de una unión pn, bajo la acción de una radiación electromagnética.

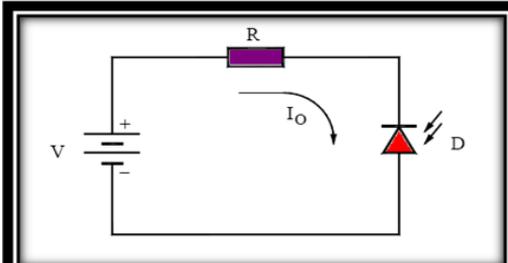


Figura Nº 1.28 Circuito de Polarización de un Fotodiodo

Materiales empleados en la fabricación del fotodiodo:

El material empleado en la fabricación del fotodiodo define sus propiedades de absorción de luz, según se aprecia en la siguiente Tabla 1.4.

Tabla Nº 1.4 Materiales de los Fotodiodos

Material	Longitud de onda (nm)
Silicio	190–1100
Germanio	800–1700
Indio galio arsénico (InGaAs)	800–2600
sulfuro de plomo	1000-3500

Símbolo del fotodiodo:

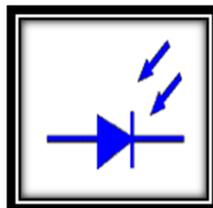


Figura Nº 1.29 Símbolo de un Fotodiodo

Curva característica del fotodiodo¹⁶

¹⁶ <http://www.info-ab.uclm.es> ; <http://www.domotica.net>

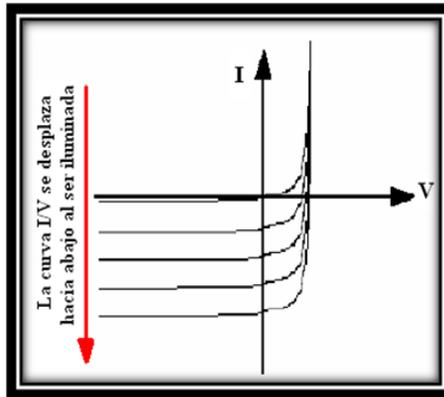


Figura Nº 1.30 Curva característica del Fotodiodo

1.4.1.2.3 Fototransistores



Figura Nº 1.31 Imagen de un Fototransistor

Se llama fototransistor a un transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. La luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción. El fototransistor es más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia propio del transistor.

En el mercado se encuentran fototransistores tanto con conexión de base como sin ella y tanto en cápsulas plásticas como metálicas provistas de una lente.

Símbolo de un fototransistor:



Figura Nº 1.32 Símbolo de un Fototransistor

Funcionamiento de un fototransistor:

- ✓ Un fototransistor opera, generalmente sin terminal de base ($I_b=0$) aunque en algunos casos hay fototransistores que tienen disponible un terminal de base para trabajar como un transistor normal.
- ✓ La sensibilidad de un fototransistor es superior a la de un fotodiodo, ya que la pequeña corriente foto generada es multiplicada por la ganancia del transistor.
- ✓ Las curvas de funcionamiento de un fototransistor son las que aparecen en la Figura Nº 1.33. Como se puede apreciar, son curvas análogas a las del transistor BJT, sustituyendo la intensidad de base por la potencia luminosa por unidad de área que incide en el fototransistor.

Curva característica de un fototransistor típico¹⁷.

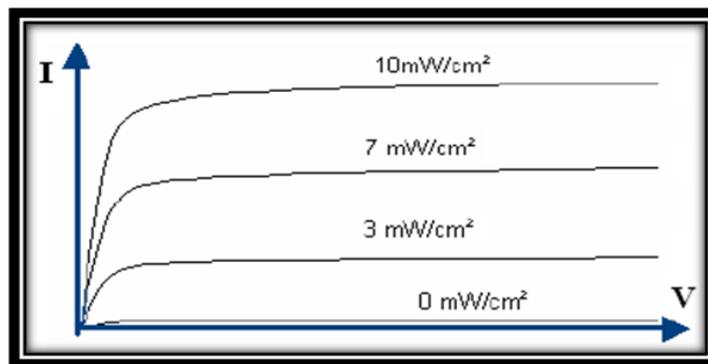


Figura Nº 1.33 Curva característica de un fototransistor típico

¹⁷ <http://www.info-ab.uclm.es> ; <http://www.domotica.net>

1.4.1.2.4 Células Solares

La célula solar es un dispositivo semiconductor capaz de convertir los fotones procedentes del Sol (luz solar), en electricidad de una forma directa e inmediata. Esta conversión se conoce con el nombre de efecto fotovoltaico. Una forma más general de célula solar, afectada tanto por los fotones del Sol como los de otras fuentes artificiales, como una bombilla, se denomina célula fotovoltaica.

Cuando una célula solar se expone al Sol la luz genera pares electrón- hueco (eh). Cada uno de estos pares constituye un electrón potencial circulando por el circuito exterior. Asociado a este proceso se tiene los procesos de recombinación. Cada proceso de recombinación aniquilará uno de los pares eh generados y, por lo tanto, tendremos un electrón menos disponible para circular por el circuito exterior. De ahí que se hable del mecanismo de recombinación como un mecanismo de pérdidas para la célula.

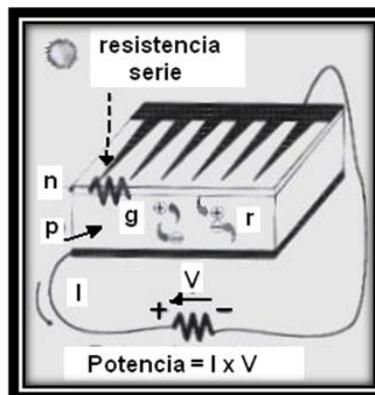


Figura Nº 1.34 Esquema de funcionamiento de una célula solar.

Para simplificar se ha representado en la Figura Nº1.31 el circuito exterior mediante una resistencia R que representa la carga de la célula; si se admite que se a hecho circular una corriente I por el circuito exterior, esta corriente provocará una caída de tensión en la resistencia, que se traslada a los bornes de la resistencia, lo que significa que la célula debe operar a una tensión $V=R \cdot I$. Esta tensión afecta a la

recombinación, debido a que ésta depende de V de manera exponencial. Entonces si la carga es muy elevada, también lo será la tensión y en consecuencia la recombinación aniquilará todos los procesos de generación; lo cual impide la circulación de la corriente.

Símbolo de una célula solar:



Figura N° 1.35 Símbolo de una célula solar

Tipos de materiales

- ✓ *Conductores:* electrones de valencia poco ligados al núcleo.
- ✓ *Semiconductores:* electrones de valencia más ligados al núcleo.
- ✓ *Aislantes:* configuración muy estable.

Factores que afectan al rendimiento:

- ✓ *Radiación solar :* bajos niveles / altos niveles de voltaje de salida
- ✓ *Concentrador estático:* Encapsulado que aumenta el rendimiento.
- ✓ *Temperatura de operación:* Un aumento de esta hace que la corriente aumente pero el voltaje disminuya
- ✓ *Sombra:* Disipa la energía
 - Una celda sombreada afecta al módulo completo.
 - Solución : diodos “bypass”

CAPÍTULO II. TECNOLOGÍA LÁSER

En el capítulo II se enfoca en el área de investigación y conocimiento de los términos que se emplearán durante todo el desarrollo del proyecto como lo es el LÁSER.

2.1 LÁSER

La palabra LÁSER es una sigla que responde a los vocablos ingleses "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" o sea, "Luz Amplificada por Emisión Estimulada de Radiación" y este fenómeno se basa en principios teóricos postulados por A. Einstein¹⁸ en 1917 a través del cual se obtiene una luz con propiedades específicas, muy diferente a la luz ordinaria y con un alto grado de concentración energética.

El Láser, luz de características tremendamente peculiares, ha sido definido tradicionalmente como una gran solución en busca de problemas a resolver.

La idea de transmitir información por medio de la luz tiene siglos de antigüedad. De hecho, el clásico heliógrafo¹ y la transmisión de señales por antorchas responden a esta idea.

El láser es ideado por Maiman¹⁹ en 1960, dónde quedó patente su enorme potencial práctico sin que hasta el momento se haya establecido el límite de sus aplicaciones.

2.1.1 DEFINICIÓN

El Láser es una luz monocromática, es decir, de un solo color. Esto le distingue de la luz blanca visible, que contiene todos los colores. El láser permite concentrar la

¹⁸ Einstein: Fue un físico de origen alemán, nacionalizado posteriormente suizo y estadounidense. Está considerado como el científico más importante del siglo XX, además de ser el más conocido.

¹⁹ Maiman: Nació en Los Ángeles, California (Estados Unidos) el 11 de julio de 1927, fundó su propia compañía, la Corporación Korad, consagrado a la investigación, desarrollo y fabricación de láseres.

energía en un haz de rayos muy finos, que pueden ser dirigidos con gran precisión hacia un blanco. Éste recibe una gran cantidad de energía por unidad de superficie.²⁰

Los láseres son aparatos que amplifican la luz y producen haces de luz coherente; su frecuencia va desde el infrarrojo hasta los rayos X. Un haz de luz es coherente cuando sus ondas, o fotones, se propagan de forma acompasada, o en fase. Esto hace que la luz láser pueda ser extremadamente intensa, muy direccional, y con una gran pureza de color (frecuencia).²¹

2.1.2 LA LUZ LÁSER

La luz puede ser descrita como una emisión electromagnética, y como tal tiene algunas características que la identifican plenamente. Esas emisiones son conocidas, genéricamente, por radiaciones u ondas electromagnéticas, y están contenidas en una gran banda o faja, que está subdividida de acuerdo con algunas características físicas peculiares



Figura N° 2.1 Oscilaciones, radiaciones u ondas electromagnéticas, son expresiones que pueden ser usadas como sinónimos.

Las emisiones están organizadas según lo que llamamos de "Espectro de Radiaciones Electromagnéticas", basado en una característica particular: La longitud de onda (Figura N° 2.2). Ese espectro es compuesto por radiaciones infrarrojas,

²⁰ Han, M. La vida secreta de los cuantos. Madrid: Editorial McGraw-Hill, 2005. Libro de divulgación en el que se exponen las nuevas tecnologías vinculadas a la cuántica: ordenadores, láser y superconductores.

²¹ Carrol, J. M. Fundamentos y aplicaciones del láser. Barcelona: Editorial Boixareu, 1978. Libro de divulgación en el que se exponen, muy brevemente, los conceptos y las teorías físicas acerca del láser.

radiaciones visibles, radiaciones ultravioletas, radiaciones ionizantes (rayos x y rayos gama), además de otros tipos de radiaciones las cuales no hacemos referencia en este trabajo. Los láseres utilizados para tratamiento médico, odontológico y veterinario (son los que llamamos de “Ciencias de la Vida”) emiten radiaciones que están ubicadas en el rango de las radiaciones visibles, infrarrojas y ultravioleta y no son ionizantes.

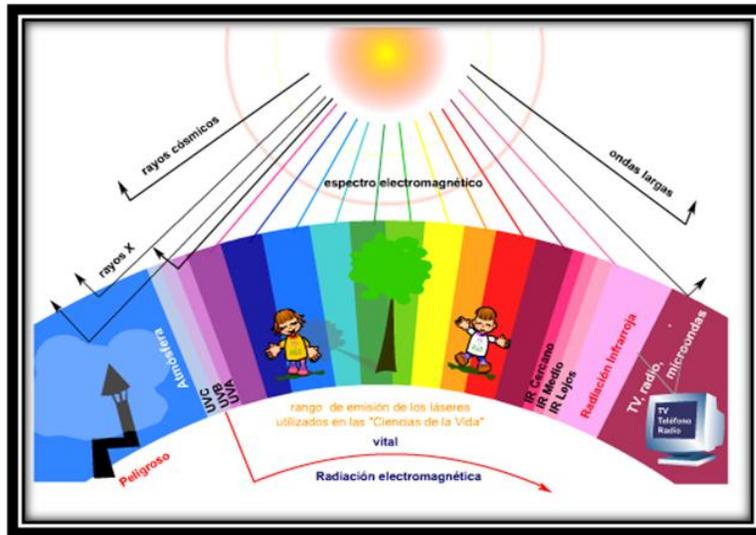


Figura N° 2.2 Espectro de radiaciones electromagnéticas

Para que podamos identificar en que parte del espectro está clasificada una determinada radiación, necesitamos conocer la longitud de dicha onda, que es la distancia medida entre dos picos consecutivos de una trayectoria ondulatoria (en forma de onda) (Figura N° 2.3). La unidad utilizada para expresar esa grandeza es una fracción del metro, normalmente el nanómetro, que es equivalente a 0,000000001 metro ($1\text{nm} = 1 \text{ nanómetro} = 1 \times 10^{-9} \text{m}$).



Figura Nº 2.3 Mensuración de la longitud de una onda electromagnética.

Una manera simple de entender el concepto de espectro es observando un arco iris (figura Nº2.2). Este fenómeno natural es formado por la descomposición de la luz blanca en siete colores básicos. Estos siete colores, que podemos ver, forman parte del espectro de radiaciones electromagnéticas, son definidas por la longitud de onda y cuando son mezcladas generan color blanco. Cada color emitido tiene una medida de longitud de onda propia, y eso sucede con otros colores que no conseguimos ver, pero cuyos efectos podemos sentir.

Sin embargo, es una luz con características muy especiales, tales como: unidireccionalidad, coherencia, monocromaticidad, brillantez.

2.1.2.1 Monocromaticidad

El láser no tiene diferentes longitudes de onda, sino una sola longitud de onda de la cual dependerá su color (color puro).



Figura Nº 2.4 El láser es una luz monocromática.

2.1.2.2 Coherencia

Las ondas físicas son armónicas y proporcionales, siempre se mantienen en fase, los fotones en el mismo tiempo y espacio. El resultado es un efecto de amplificación en la intensidad luminosa emitida.

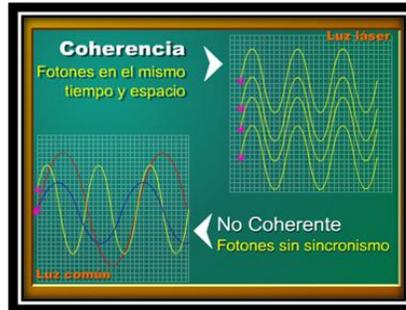


Figura Nº 2.5 El láser es una luz coherente.

2.1.2.3 Direccionalidad o Paralelismo

La luz viaja en forma muy rectilínea con escasa divergencia y se emite en forma pulsada o continua.



Figura Nº 2.6 El láser es una luz pasible de sufrir colimación, o sea, camina de manera “paralela”, distinto de la luz común que se pierde en el tiempo y en el espacio.

2.1.2.4 Brillantez

La luz es muy brillante, que tiende al rojo por la gran densidad fotónica que posee. Puede concentrar un elevado número de fotones en fase en áreas muy pequeñas.

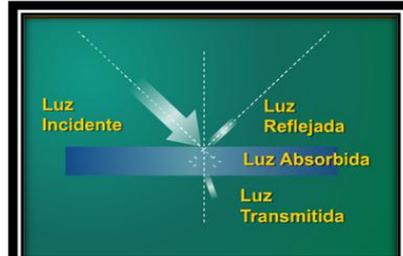


Figura N° 2.7 El láser tiene el comportamiento de luz.

2.1.3 RADIACIÓN DE LUZ LÁSER

Los láseres emiten radiación electromagnética, usualmente luz visible o infrarroja. El nivel de radiación generalmente es bastante pequeño en láseres de entretenimiento y tiene el mismo efecto sobre el tejido corporal, que una exposición a la luz de la lámpara en una sala.

La piel es resistente a una exposición de varias decenas o cientos de watts de energía láser.

Pero los ojos son más susceptibles y el efecto sobre la retina es de gran importancia. Aún con unos pocos miliwatts de 20 a 50 de radiación infrarroja o de radiación visible enfocada pueden causar ceguera temporal o quizás permanente.

EL daño retinal provocado por los láseres de entretenimiento (salida menor a 5 o 10 miliwatts), es raro. De hecho, han sido reportados tan solo algunos casos de accidentes que involucran a estos láseres en varias décadas desde que están disponibles, y muchos de estos casos han sido de electrocución por fuentes de suministro de alto voltaje, no por exposición al rayo láser.

2.1.4 TIPOS DE LÁSER²²

La clasificación de los láseres (ver Tabla N° 2.1) se da en términos de ciertos aspectos que resultan fundamentales en el momento de atender sus especificaciones. Entre ellos están:

- ✓ El medio activo que utilizan.
- ✓ El modo de emisión.
- ✓ La longitud de onda de la radiación que producen ($\delta\lambda$)
- ✓ La longitud típica (l)
- ✓ La potencia
- ✓ Bombeo
- ✓ Aplicaciones

²² GONZÁLES Édgar, El Láser Principios Básicos, Universidad Santo Tomas, Tercera Edición.
HERNÁNDEZ DÍAZ A: El láser terapéutico en la práctica médica actual. Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2007.
ABOITES V.: El Láser. La ciencia desde México, Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1991.

Tabla Nº 2.1 Tipos de Láseres

TIPOS DE LÁSERES	MEDIO ACTIVO	MODO DE EMISIÓN	LA LONGITUD DE ONDA DE LA RADIACIÓN ($\Delta\lambda$)	LONGITUD TÍPICA (L)	POTENCIA	BOMBEO	APLICACIONES
Sólido	Varillas de cristal de rubí o vidrios (YAG) Cristales con impurezas de neodimio (Nd)	continuo	0.65 μm – 2.5 μm	10cm	1x10e4W 1x10e9W	Luz de tubos de destello de xenón, lámparas de arco o lámparas de vapor metálico, lámparas de descarga continua, flash, láser de semiconductor.	Proceso de materiales. Medicina. I+D. Sensores I+D. Sensores I+D. Sensores, Código de barras. I+D. Instrumentación
Gaseoso	Gas Atómico Gas Molecular Gas Ionizado	continuo	0.6 μm - 5 μm 5 μm - 10 μm 0.23 μm - 0.63 μm	50cm	Hasta 0.1 W de 1 a 100 KW 20 W - KW	Luz ultravioleta, haces de electrones, corrientes eléctricas o reacciones químicas.	Proceso de materiales. Medicina. Metrología y control de calidad.
Líquido	tintes inorgánicos contenidos en recipientes de vidrio	continuo	1.06 μm	10 cm	~KW / MW	lámparas de destello intensas cuando operan por pulsos o por un láser de gas cuando funcionan en modo CW	Proceso de materiales: metales y no metales

A colorante	líquidos orgánicos	continuo	Reg. 0.4 μm y 1 μm	5cm	1x10e-1W 1x10e5W	flash, y luz láser	Medicina. I+D
Semiconductor	Diodos láser de AsGa (arseniuro de galio).	Continuo y pulsante	0.39 μm - 0.9 μm	0.1cm.	0.1 W 1x10e4W	la aplicación directa de corriente eléctrica a la unión	Entretenimiento. Lectura de códigos de barras. Almacenamiento óptico. CD-ROM. DVD Almacenamiento óptico. Registro de imágenes. Audio CD y CD-ROM
De Electrones libres	electrones libres con campos magnéticos	continuo	0.5nm – 1000nm	500cm	1x10e3W 1x10e6W	aceleradores de partículas	Telecomunicaciones . Instrumentación
De centro de color	Cristales con defectos inducidos.	continuo	0.8nm – 3.6nm	1cm	1x10e-3W 1W	El láser	Instrumentación
De superradiancia de plasma	plasma en expansión	continuo	0.007nm – 0.030nm	1cm	-----	El láser	Procesado de materiales. Instrumentación

2.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL LÁSER ²³

- ✓ La luz láser es intensa. No obstante, sólo ciertos láseres son potentes. La intensidad es una medida de la potencia por unidad de superficie. Algunos láseres pueden producir muchos miles de vatios continuamente; otros son capaces de producir billones de vatios en un impulso cuya duración es tan sólo la mil millonésima parte de un segundo.
- ✓ Los haces de láser son estrechos y no se dispersan como los demás haces de luz. Esta cualidad se denomina direccionalidad.
- ✓ La luz láser es coherente. Esto significa que todas las ondas luminosas procedentes de un láser se acoplan ordenadamente entre sí.
- ✓ Los láseres producen luz de un solo color, o para decirlo técnicamente, su luz es monocromática. La luz común contiene todos los colores de la luz visible (es decir, el espectro), que combinados se convierten en blanco. Los haces de luz láser han sido producidos en todos los colores del arco iris (si bien el más común es el rojo), y también en muchos tipos de luz invisible; pero un láser determinado sólo puede emitir única y exclusivamente un solo color.

2.1.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL LÁSER

Las ventajas de los sistemas láser de información sobre sistemas que emplean otras formas de radiación electromagnética yacen principalmente en los siguientes puntos:

- ✓ Su directividad, lo cual significa una gran ganancia de antena (con pequeños tamaños de antena), y por tanto una menor potencia requerida para transmisión.
- ✓ Disponibilidad del espectro y anchos de banda permitidos para transmisión de información.

²³ ARIELI, R.: *The Láser Adventure*, versión en español por Requena A., Cruz C., BASTIDA A. y ZÚÑIGA J., Universidad de Murcia, España, 2005.

Existe una variada gama de láseres que proyectan luz invisible, como la infrarroja y la ultravioleta.

2.1.7 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL LÁSER

Las propiedades principales del láser son:

- ✓ Distribución de frecuencia angosta, lo que produce que el haz de luz sea muy monocromático.
- ✓ Haz de salida de gran intensidad, con una dispersión angular mínima y muy direccional con una gran coherencia espacial.
- ✓ La composición de la radiación espontánea e incoherente, conocida como ruido, es despreciable.
- ✓ Se pueden generar pulsos de muy corta duración y con una gran potencia de salida que puede llegar a 1013 Watts (este número es un orden de magnitud más grande que el total de la capacidad de generación de potencia).

2.1.8 ESTÁNDARES Y NORMAS DE SEGURIDAD

La seguridad en el uso del láser y el uso apropiado del mismo ha constituido una fuente de discusión y esfuerzos de estandarización desde que los dispositivos aparecieron por primera vez en los laboratorios, hace más de dos décadas atrás.

Las preocupaciones principales son:

1. La exposición del ser humano a las emisiones de láser (lo cual representa mucho mayor riesgo para los ojos que para cualquier otra parte del cuerpo humano).
2. Altos voltajes contenidos en los sistemas láser y sus reservas de energía.

Se han desarrollado muchos estándares que cubren la actuación del equipo láser y el uso seguro del láser, y es posible obtener las tabulaciones de dichos estándares por parte de la industria y las agencias de gobierno. Algunas emisiones láser de gran energía usada en procedimientos médicos pueden dañar la piel humana, pero la

parte del cuerpo humano más susceptible al láser es el ojo. Tal como la luz solar, la luz láser viaja en rayos paralelos. El ojo humano enfoca dicha luz hacia un punto de la retina, la cortina celular que responde a la luz. Así como la mirada directa hacia el sol puede dañar la visión, la exposición prolongada a las emisiones láser con la energía suficiente, puede causar daño permanente en el ojo.

Por esa razón, es que los riesgos potenciales del ojo han atraído considerablemente la atención de escritores y reguladores de estándares. Estos se basan en parámetros como la longitud de onda del láser, energía promedio en intervalos variantes de tiempo, energía pico en un pulso, intensidad de la emisión y proximidad al láser. La longitud de onda del láser es importante dado que únicamente ciertas longitudes de onda entre cerca de 400nm y 1550 nm pueden penetrar el ojo con la intensidad suficiente para dañar la retina.

La cantidad de energía que el ojo puede tolerar sin sufrir daño varía según la longitud de onda. Esto está determinado por la absorción de luz por parte del agua (el componente principal del ojo) en distintas longitudes de onda.

Muchos países poseen estándares de seguridad que deben ser comparados con los productos que se venden ahí. El Centro Nacional de Dispositivos y Salud Radiológica (FDA), parte de la Administración de Alimentos y Medicinas, de los Estados Unidos, ha establecido dichos estándares. Otros países cuentan con sus propios estándares, basados en las recomendaciones de la Comisión Internacional Electrónica. (IEC, 1984).

En términos generales, entre más número de clasificaciones, existe un mayor potencial de daño para los ojos. En los Estados Unidos una identificación de clase 4 representa al láser más poderoso. La clasificación más rigurosa en cuanto a seguridad para los aparatos láser más poderosos vendidos en los Estados Unidos deben recomendar obturadores de haz, y otros accesorios de seguridad. Distintas

organizaciones han desarrollado estándares y esquemas de clasificación levemente diferentes.

IEC y FDA buscan desarrollar un estándar unificado para cubrir el uso de los sistemas láser de manera internacional. Este esfuerzo fue dirigido por la idea de contar con mercados globales, por ello, IEC tomo la iniciativa de enmendar o modificar el estándar internacional IEC 60825-1.

Entonces, IEC adopto la nueva clasificación, IEC 60825-1 enmienda 2, a partir de Marzo del 2001.

La FDA proyecta unificar sus estándares ya conformados con los desarrollados por la IEC en un futuro muy cercano.

2.1.9 CLASIFICACIÓN DE PELIGROSIDAD SEGÚN LA NORMA IEC 60825-1 Y ETIQUETADO DE LOS LÁSERES²⁴

Cada sistema láser deberá llevar de forma permanente y en lugar visible una o más etiquetas de aviso, según la Clase o grupo de riesgo al que pertenezca.

Junto con la señal triangular de advertencia con el símbolo de peligro por radiación láser (Límites de emisión accesibles (LEAs), Exposición máxima permisible (EMP)), cada equipo llevará en lugar visible otras etiquetas rectangulares con frases de advertencia que permitirán al usuario conocer el potencial riesgo al que se expone, y cómo evitarlo.

²⁴ RUPÉREZ, MJ El láser, riesgos y medidas preventivas, en "Radiaciones No Ionizantes. Prevención de Riesgos" Madrid, INSHT, 1988

Tabla Nº 2.2 Etiquetas y frases normalizadas según IEC 60825-1 para los riesgos láser

	CLASIFICACIÓN	TIPOS DE LÁSERES SEGÚN LA POTENCIA	PELIGROS
	CLASE 1	Láseres intrínsecamente seguros (nunca se sobrepasa el nivel de EMP, o los que son seguros debido a su diseño.	Producto láser clase 1
	CLASE 2	Láseres de poca potencia de salida que emiten radiación visible (400-700 nm), la potencia o energía de estos sistemas está limitada a los LEAs de la Clase 1	Radiación láser, no mantenga la vista en el haz producto clase 2
	CLASE 3A	Láseres cuya potencia de salida es hasta 5 mW (emisión continua) o cinco veces el LEA de la clase 2, y para la región espectral 400-700 nm.	Radiación láser, no mantenga la vista en el haz ni lo mire directamente con instrumentos ópticos producto láser clase 3a
	CLASE 3B	Los láseres continuos no pueden sobrepasar los 0,5 W y la exposición radiante de los láseres pulsados debe ser menor de 105 Jxm^2 .	Radiación láser, evite la exposición al haz, producto láser clase 3b
	CLASE 4	Son láseres de gran potencia, cuya potencia de salida sobrepase los LEAs especificados para la Clase 3B.	Radiación láser, evite la exposición ocular o la piel a radiaciones directas o difusas, producto láser clase 4
	ABERTURA LÁSER		Evitar la exposición se emite radiación láser por esta apertura
	PANELES DE ENCLAVAMIENTO		Precaución, radiación láser en caso de apertura y desactivación de bloqueos de seguridad

Cada producto láser (excepto los de la Clase 1) deberá describirse en una etiqueta explicativa citando la potencia máxima de la radiación, la duración del impulso (si procede) y la longitud o las longitudes de onda emitidas.

Si la longitud de onda del láser no está entre 400 y 700 nm, se modificará el texto para que diga "Radiación láser invisible", si el láser emite a la vez radiación visible e invisible, se hará constar igualmente en la etiqueta.

La norma IEC60825-1 fija también requisitos de información a los fabricantes, que deben proporcionar al usuario un manual de instrucciones para el montaje, mantenimiento y utilización de un modo seguro, incluyendo las precauciones que hay que tomar para evitar exposiciones a radiaciones láser peligrosas en condiciones normales o accidentalmente.

2.1.10 MEDIDAS DE CONTROL²⁵

La utilización segura de los equipos láser exige que la seguridad esté integrada en el diseño de los mismos. Las exigencias de seguridad varían según la clase a que pertenezca el láser y están dirigidas a reducir el nivel de exposición del usuario hasta la EMP aplicable a cada caso, y a protegerlo de los otros riesgos inherentes a su utilización, por ello sólo es necesario adoptar medidas de control hasta que se alcance el nivel de exposición máxima permisible (EMP) aplicable o un nivel inferior.

La exposición máxima permisible (EMP) no es un valor fijo sino que depende de múltiples factores, entre ellos la longitud o longitudes de onda de emisión, posible efecto aditivo, tiempo de exposición, tipo de emisión (continua, de impulsos o repetitivamente pulsada), tipo de exposición ocular (directa, por reflexión difusa, fuente extensa), exposición de la piel, etc.

²⁵ GOLDMAN et al. Optical radiation, with particular reference to láser, en SUESS M.J. "Nonionizing radiation protection" WHO 1982. WHO Regional Publications, European Series n°10

Un láser debidamente clasificado y etiquetado, complementado con un manual de instrucciones donde se describan los métodos de trabajo y precauciones de seguridad, debe proporcionar al usuario la información necesaria para proteger el potencial riesgo aplicando los controles apropiados para cada clase especificados en la norma IEC 60825-6.

Las medidas de control pueden dividirse en tres grupos:

2.1.10.1 Controles Técnicos

Se aplican sobre el láser; podemos citar entre otros la utilización de una carcasa protectora, conectores de enclavamiento a distancia, llave de control, obturador o atenuador del haz, señales de aviso, indicadores de emisión visibles o audibles, recintos cerrados o áreas acotadas, confinamiento de los haces, etc.

2.1.10.2 Controles Administrativos

Se aplican sobre el ambiente en que se utiliza el láser, cuando no son suficientes los controles técnicos. Podemos citar entre otros la designación de un responsable de seguridad láser, la limitación en el uso de los láseres, la formación de los usuarios, las etiquetas y señales de aviso, la limitación de entrada a personas autorizadas, etc.

2.1.10.3 Protección Personal

Debe reducirse al mínimo mediante la adopción de controles técnicos y administrativos. No obstante, las personas expuestas a radiaciones láser potencialmente peligrosas (Clase 3B y 4) deben utilizar la protección personal adecuada, en este caso gafas y/o ropa protectora.

2.2 ESTUDIO DEL LÁSER SEMICONDUCTOR

2.2.1 DEFINICIÓN

Los láseres semiconductores son dispositivos de estado sólido, basta con decir que un diodo láser consiste de una unión PN, como un diodo emisor de luz (LED), pero con una unión especial y caras espejeadas. En operación, la corriente aplicada a la unión provoca un resplandor de luz. La luz generada dentro de la unión del diodo es amplificada en la cavidad óptica por acción de los espejos. Los diodos láser son fabricados para operación en modo continuo o pulsante.

Los láseres infrarrojos plantean un trato diferente, en estos la luz que producen no puede verse fácilmente.

La mayoría de los láseres infrarrojos, particularmente la variedad de semiconductores, emiten cerca de la radiación infrarroja. La mayoría de estos diodos emiten luz en la región entre 780 y 904 nm.

Un diodo láser pulsado puede entregar 5 a 10 watts de energía. Muchos producen hasta 50 watts de energía pulsada. Aunque el rayo es pulsado, la razón de repetición es muy rápida y aparece como un torrente constante.

2.2.2 INTERIOR DE UN SEMICONDUCTOR LÁSER²⁶

La configuración básica de un diodo láser (algunas veces llamado láser de inyección) se muestra en la figura N°3.1. El láser está compuesto de una unión pn similar a las que se encuentran en transistores y LEDs. Una pastilla de este material se corta de una oblea de silicio, cortando los extremos de manera precisa para hacer el diodo chip. Se colocan alambres en la parte superior e inferior. Cuando se aplica una corriente, se produce luz en el interior de la unión. Como es de comprenderse, el dispositivo es un LED, la luz es no coherente.

²⁶ <http://www.um.es/LEQ/láser/Ch-6/F6s3p3.htm>

http://www.photonic-products.com/espanol/products/receptacled_láser_diodes/rec_telecomms.htm

Un incremento en la corriente provoca un aumento en la luz de salida. Las superficies de las caras actúan como espejos parcialmente reflectores que reflejan la luz emitida hacia la parte posterior y hacia adelante dentro de la unión. Una vez amplificada, la luz sale del chip. La luz es temporal y espacialmente coherente, pero debido al diseño del diodo, esta no es muy direccional. El rayo en la mayoría de los diodos es elíptico, con un ángulo de apertura de entre 10 y 35 grados.

Los primeros diodos láser, creados en 1962 poco después de la introducción de los láseres de rubí y helio-neón, estaban compuestos de un material formando una unión (homounión). Este funciona solo con pulsos cortos de potencia debido a que el calor producido en el interior de la unión puede causar que el diodo explotara. Era factible producir una salida continua solamente si el diodo era sumergido en un líquido criogénico, tal como el nitrógeno líquido (con una temperatura de -196°C a -320°C).

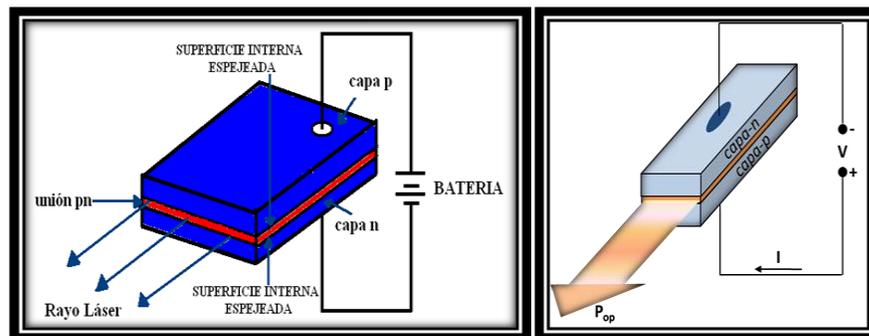


Figura Nº 2.8 Estructura de base de un láser diodo. La cavidad óptica, o capa activa, está confinada por las capas de tipo n y p. La reflexión de la luz se produce entre las extremidades reflectantes de la cavidad. La luz láser sale a través de una de ellas que es se

- La emisión estimulada

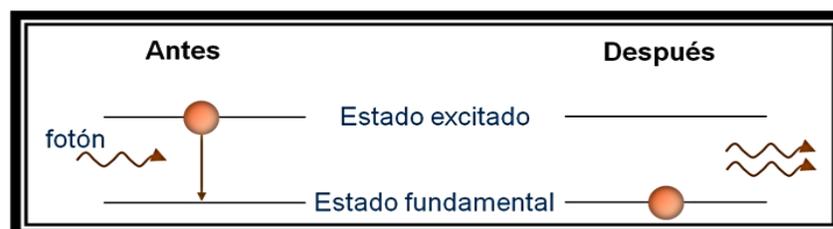


Figura Nº 2.9 Al encuentro de un fotón, un átomo excitado emite otro fotón con características idénticas al fotón incidente, volviendo luego al su estado fundamental.

- El principio del oscilador óptico

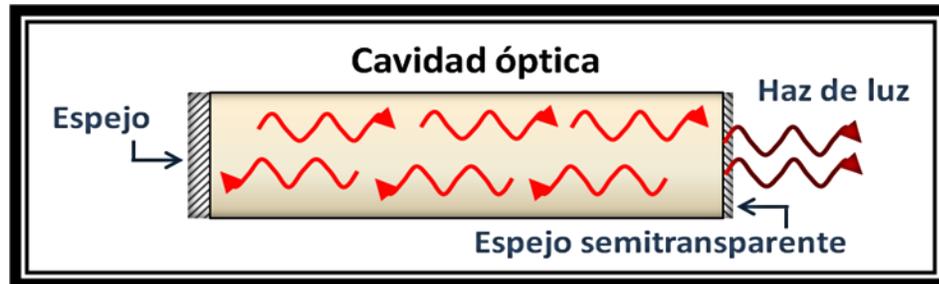


Figura Nº 2.10 Los fotones emitidos según el eje de la cavidad, realizan idas y vueltas entre los espejos paralelos provocando emisiones estimuladas. Uno de los espejos siendo semitransparente, una porción de luz así creada, la atraviesa

2.2.3 LOS DIFERENTES TIPOS DE LÁSERES SEMICONDUCTORES

Los pozos cuánticos, o confinamiento cuántico de los electrones en una dirección, son hoy en día corrientemente utilizados en el diseño de los láseres semiconductores. La región activa de estos láseres consiste de capas muy finas (espesor de unos 10nm) que permiten el confinamiento cuántico de los electrones en la dirección perpendicular al plano del dispositivo. Este confinamiento cuántico modifica fuertemente la densidad de los estados de energía y mejora las cualidades del láser, permitiendo una fuerte reducción de la densidad de corriente umbral.

Cuando el espesor de la capa activa se hace muy delgado, del orden de la decena de nanómetros (10nm), aparece un pozo de potencial de naturaleza cuántica para los electrones y huecos. La energía se cuantifica perpendicularmente al plano de la capa activa (dirección z). Electrones y huecos están confinados en algunos niveles discretos de energía, pero son “libres” en el plano x-y. Se habla entonces de un sistema a dos dimensiones, 2D. Es posible también, crear una estructura con un confinamiento electrónico en las tres direcciones, 0D, o puntos cuánticos.

La densidad de estados de energía de los electrones, $\rho(E)$, depende fuertemente de esta cuantificación.²⁷

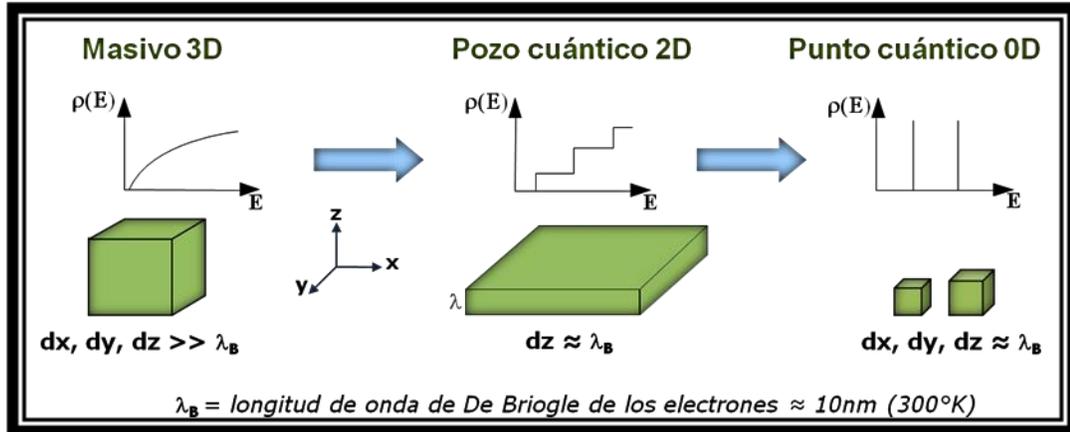


Figura N° 2.11 Tipos de láser semiconductor

2.2.4 TÉCNICAS DE FABRICACIÓN MEJORADAS

Agregaron capas adicionales en varios grosores para producir el diodo de heterounión. Los láseres semiconductores más simples de heterounión tienen una unión de Arseniuro de Galio (GaAs) cubierta por capas de Arseniuro de Galio-Aluminio (AlGaAs). Estos pueden producir de 3 a 10 watts de salida Óptica cuando conducen una corriente de aproximadamente 10 amperios. Debido a la salida alta, el láser semiconductor debe ser operado en modo pulsante.

Las especificaciones típicas para los láseres semiconductores de heteroestructura simple (sh), tienen un valor de duración de pulso menor a 200 nanosegundos. La mayoría de los circuitos accionadores operan el láser semiconductor conservativamente con duraciones de pulso abajo de 75 o 100 ns. La longitud de onda de salida esta generalmente entre 780 nm y 904 nm.

²⁷ Zh. I. Alferov, V. M. Andreev, D. Z. Garbusov, Yu. V. Zhilyaev, E. P. Morosov, E. L. Portnoi and V. G. Trofim, *Sov. Phys. Semicond.* 4, p. 1573 (1970)

Un láser semiconductor de heteroestructura doble (dh) se fabrica usualmente intercalando una unión de GaAs entre dos capas de AlGaAs. Esto ayuda a confinar la luz generada dentro del chip y permitir al láser semiconductor operar continuamente (llamados también de onda continua, o cw) dentro de una cámara térmica. La longitud de onda puede modificarse variando la cantidad de aluminio en el material AlGaAs. La longitud de onda de salida puede estar entre 680 nm y 900 nm, con 780 nm el más común.

La potencia de salida de un láser de heteroestructura doble es considerablemente menor que la de un diodo de heteroestructura simple. La mayoría de los diodos láser dh producen de 3 a 5 mW de luz, aunque algunas variedades pueden generar arriba de 500 mW.

Los láseres de heteroestructura simple son típicamente accionados por la aplicación de un alto voltaje durante un tiempo corto. La duración de este pulso es controlado por una red RC, como se muestra en la Figura N° 3.2, el pulso es entregado a un transistor de potencia. Debe tenerse mucho cuidado de no exceder la duración de pulso máxima especificada por el fabricante, ya que podría quemar el diodo láser.

Los semiconductores láser de heteroestructura doble pueden ser operados tanto en modo pulsante como en modo continuo (cw). En el modo pulsante el diodo es accionado por impulsos de alta energía, tal como los láseres sh. La potencia de salida puede estar en el orden de varios Watts, pero como los pulsos son cortos en duración, el promedio de potencia es considerablemente menor.

En modo cw, un voltaje pequeño de corriente constante es aplicado para que la salida del láser sea una corriente constante de luz. Los láseres cw y circuitos accionadores se emplean en aparatos reproductores de disco compacto donde la luz emitida por el láser es aun más coherente que el rayo láser de He-Ne.

La corriente de conducción para la mayoría de los láseres cw esta alrededor de 60 a 80 mA.

Esto es 50 a 200 % más alta que la corriente directa promedio usada para alimentar un diodo emisor de luz (LED). Si a un láser cw se le proporciona menor corriente, este puede emitir luz a h, pero ésta no será luz láser. El dispositivo emitirá luz láser solo cuando la corriente de umbral es excedida, típicamente un mínimo de 50 a 60 mA. Por el contrario, si el láser se le proporciona demasiada corriente, este generará calor excesivo y se destruirá rápidamente.

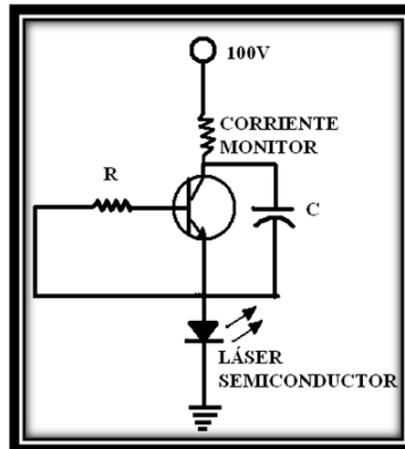


Figura Nº 2.12 Duración del pulso de un láser semiconductor controlado por una red RC

2.2.5 VENTAJAS

- ✓ Son muy eficientes (más del 20% de la energía suministrada se consigue en forma de radiación láser).
- ✓ Son muy fiables. Tienen vidas medias muy largas (estimadas en más de 100 años de operación continuada).
- ✓ Son muy baratos (se construyen con técnicas de producción en masa utilizadas en la industria electrónica).
- ✓ Permiten la modulación directa de la radiación emitida, simplemente controlando la corriente eléctrica a través de la unión p-n. La radiación emitida es función

lineal de la corriente, pudiéndose modular a décimas de GHz Ejemplo: En un sistema experimental, y utilizando fibras ópticas de modo simple, se transmite información a 4 [GHz], lo que es equivalente a la emisión simultánea de 50,000 llamadas telefónicas en una fibra (cada llamada ocupa una banda de frecuencia de 64 [KB/s]).

- ✓ Volumen y peso pequeños.
- ✓ Umbral de corriente muy bajo.
- ✓ Consumo de energía muy bajo.
- ✓ Banda del espectro estrecha, que puede llegar a ser de unos pocos kilo-Hertz en diodos láser especial.

2.2.6 DESVENTAJAS

- ✓ Una baja potencia a consecuencia de las bandas de energía ocupadas por los electrones.
- ✓ Una alta sensibilidad a los cambios de temperatura.
- ✓ Alto calentamiento al pasar corriente sobre el material diodo.
- ✓ Poca colimación en el as obtenido.

A pesar de las desventajas el láser de semiconductores es el segundo mas vendido después del láser He-Ne por sus usos en computadoras, impresoras, medios de comunicación, tratamientos médicos, etc.

2.2.7 POTENCIA DE SALIDA²⁸

Todos los láseres semiconductores son susceptibles a cambios de temperatura. Cuando la temperatura de un láser semiconductor se incrementa, el dispositivo se convierte en menos eficiente y la salida de luz falla. Si la temperatura decremento el láser será mucho más eficiente. Con el incremento en la potencia de salida, existe un riesgo de dañar al láser, así que la mayoría de los circuitos accionadores del láser cw

²⁸ Láser. A. Siegman, University Science, Mill Valley, CA 1986.

incorporan un circuito de retroalimentación para monitorear la temperatura o potencia de salida y ajustar su operación.

Sensar cambios de temperatura requiere un elaborado sistema sensor térmico y complicadas fuentes de referencia de corriente constante. Una manera de hacerlo fácil es monitoreando la salida de luz del láser. Cuando la salida se incrementa, la corriente es decrementada y viceversa.

Para facilitar el sistema de retroalimentación, la mayoría de los láseres semiconductores incorporan actualmente un monitor construido con un fotodiodo. Este fotodiodo es colocado en la parte final y opuesta del chip del diodo y muestrea una pequeña cantidad de la potencia de salida. El fotodiodo se conecta a un comparador relativamente simple o a un circuito de amplificador operacional.

Cuando la potencia de salida del diodo láser varía, la corriente (y voltaje) del fotodiodo monitor cambia. El circuito de retroalimentación registra estos cambios y ajusta el voltaje (corriente) suministrado al láser.

2.2.8 MEDIDAS DE SEGURIDAD²⁹

Aunque los últimos láseres semiconductores son muy seguros, estos requieren de ciertas medidas de seguridad en su manejo. Y aún cuando son muy pequeños, emiten luz láser que puede potencialmente dañar los ojos, para lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Asegúrese que las terminales del láser semiconductor estén apropiadamente conectadas al circuito accionador, teniendo en cuenta que esto es lo más importante.
- ✓ Nunca aplicar más corriente que la sugerida como máxima por el fabricante, o el láser se destruirá por completo.

²⁹ Láser Receivers, Devices, Techniques, Systems, Monte Ross, Jhon Wiley & Sons, Inc. 1966

- ✓ Tratar a los láseres semiconductores con el mismo cuidado con que se maneja un dispositivo CMOS.
- ✓ Guardar el dispositivo en una bolsa protectora antiestática hasta que éste se use.
- ✓ Usar solamente baterías o fuentes de suministro de AC bien filtradas. Los láseres semiconductores son susceptibles a picos de voltaje y pueden arruinarse cuando la fuente de alimentación está pobremente filtrada.
- ✓ Tener cuidado de no cortar las terminales del láser semiconductor durante la operación.
- ✓ Evitar mirar dentro de la ventana del láser semiconductor mientras esté funcionando, aunque no pueda ver salir ninguna luz. Esto es especialmente importante si se han agregado lentes para colimar o enfocar.
- ✓ Montar el láser semiconductor en un disipador adecuado, preferiblemente mayor a una pulgada cuadrada. Use pasta de silicon conductora de calor para asegurar un buen contacto térmico entre el láser semiconductor y el disipador.
- ✓ Aislar las conexiones entre el láser semiconductor y el dispositivo conductor para minimizar la posibilidad de cortos circuitos.
- ✓ Usar sólo cautín de lápiz para soldar las terminales del láser semiconductor. Limite la duración desoldado a menos de 5 segundos por terminal.
- ✓ A menos de que el fabricante no especifique otra cosa, limpie la ventana de salida con un algodón bañado en etanol. Alternativamente puede usar líquido limpiador especial para lentes.

CAPÍTULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN

En el presente capítulo se detalla la información del diseño tanto del Hardware como del Software del sistema de Comunicación implementado.

3.1 HARDWARE

Para el diseño del Hardware o parte física se debe tomar en cuenta que, para que exista una comunicación son necesarios básicamente tres elementos: Emisor, Canal y Receptor³⁰.

- ✓ Emisor: Convierte la información original de la fuente a una forma mas adecuada para la transmisión.
- ✓ Canal: Proporciona un medio de comunicación entre en el emisor y el receptor; los canales pueden ser Guiados o No Guiados.
- ✓ Receptor: Convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino

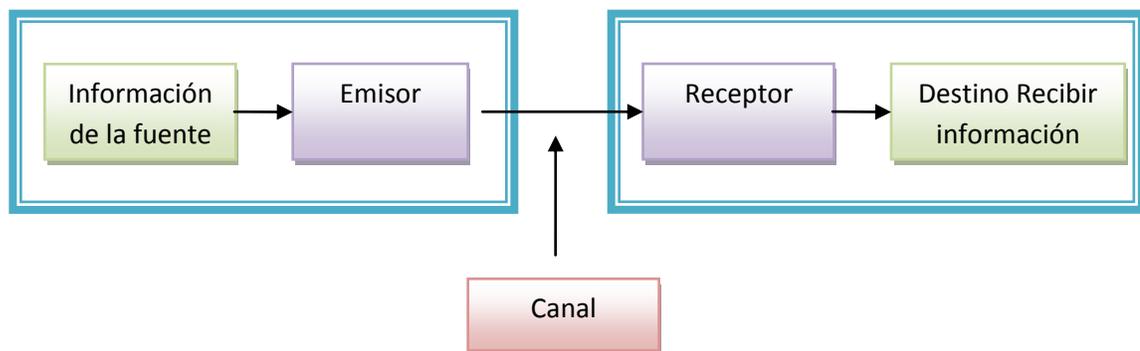


Figura Nº 3.1 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones

Para el cumplimiento de este esquema básico (Fig. 3.1), se debe tomar en cuenta otros elementos no menos importantes como puede ser el lenguaje de comunicación

³⁰ TOMASI Wayne, Sistema de Comunicaciones Electrónicas, Segunda Edición, Pág 1-2.

entre ordenadores, e incluso entre el PC y la parte electrónica del emisor-receptor. El diagrama de bloques del que se compone el presente proyecto es el siguiente:

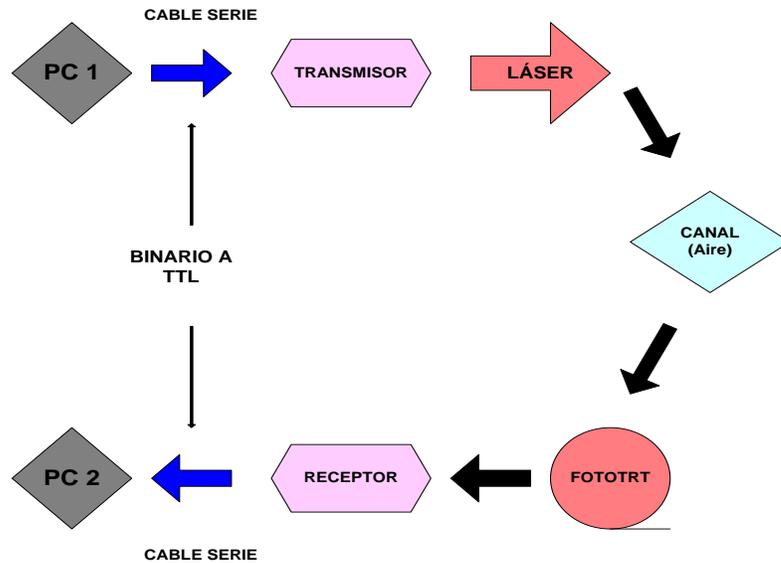


Figura Nº 3.2 Diagrama de bloques del sistema de comunicación

Desde el PC1 se envía la información que se desea transmitir, este conjunto de 0s y 1s, se trasladan a través del cable serial hasta llegar al transmisor, el cual se encargará de convertir la información binaria, a diferentes niveles de tensión (0 o 5 V), que en la tarjeta diseñada para este proyecto, permite que el láser envíe pulsos de luz a través del canal (aire); estos pulsos de luz son recibidos por el Fototransistor, que transforma los pulsos de luz en pulsos de tensión. Una vez que se a hecho la conversión de nivel (alto o nivel bajo, según corresponda), estos se traducirán nuevamente en codificación binaria y se enviarán al PC2 mediante el cable serial que se conecta al receptor.

3.1.1 DISEÑO DEL TRANSMISOR

Este circuito permite convertir los niveles del puerto serie (-12V, 12V) en niveles compatibles TTL; con que se alimenta al láser. La primera parte consta de un divisor de tensión exacto ($R1=10K$ y $R2=10K$); el cual ayuda a reducir los niveles de tensión a la mitad (-6V, 6V). (Ver fig.3.3)

Al añadir un diodo de señal 1N4148³¹ se logra convertir tensiones negativas en tensiones prácticamente nulas (0V, 6V), para lo cual, se debe tener en cuenta que el diodo tenga una respuesta rápida a los cambios de la señal, se logra con una baja capacidad parásita que estos presentan; mientras que el diodo rectificador con capacidad parásita muy elevada (1N4007), el tiempo de conmutación es grande por lo que la tensión del circuito no sería capaz de seguir la transmisión de una trama a elevada velocidad por el puerto serie.

En segundo lugar se coloca un inversor CMOS (7404)³² con histéresis, el cual actúa como una barrera ante las posibles perturbaciones que pueda presentar la señal del puerto serie. De tal forma se aísla el circuito de excitación del láser de las pequeñas fluctuaciones que se puedan presentar en el puerto serie y del ruido de alta frecuencia.

Finalmente se tiene el circuito que controla el diodo láser; con una potencia de radiación constante. Para ello se utilizan dos transistores T1 y T2 (BC547)³³.

Cuando T1 está en corte, el otro T2 esta en saturación; de esa forma prácticamente toda la corriente que circula por el diodo láser atraviesa T2 y también prácticamente toda la corriente que circula por el diodo láser atraviesa la resistencia de emisor.

Por tanto la intensidad máxima se regula mediante la resistencia de emisor. La expresión teórica de la intensidad máxima es:

$$I_{MAX} = \frac{V_{CC} - V_{be}}{2 R_e}$$

Ecuación Nº 3.1 Intensidad Máxima

³¹Véase Anexos 1

³² Véase Anexos 2

³³ Véase Anexos 3

Cuando T1 está activo, la tensión colector-emisor de T1 es lo suficientemente baja para que T2 se mantenga en corte. De esta forma la corriente que atraviesa el láser no tiene otra opción que pasar por la resistencia situada entre colector y emisor de T2; al faltar ésta resistencia de 77 Ohmios, el láser se cortaría, la corriente que circularía por él sería nula. De esta forma al transmitir una trama se está forzando al láser a pasar constantemente de emisión estimulada a corte, evitando posibles daños, al recibir una corriente no deseada en ausencia de datos. Esto a velocidades bajas no importaría, pero en altas es una consideración muy importante.

Lo ideal es que la mínima corriente que circule por el diodo láser sea ligeramente inferior a la corriente umbral de emisión estimulada (12mA), para que T1 conmute más rápido, dado que T2 funciona en todo instante entre corte y saturación, mientras que T1 lo hace entre saturación y corte.

De esta forma se logra que la señal eléctrica que llega al diodo láser sea convertida a señal de luz; activándose con los datos.

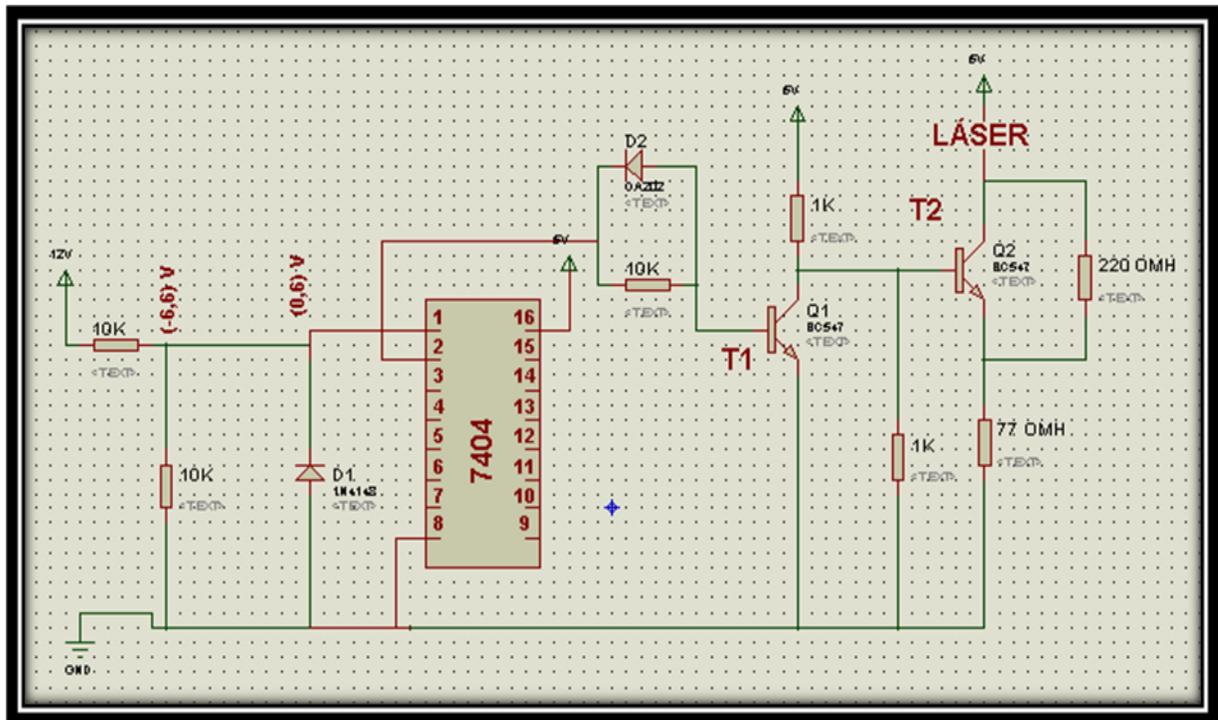


Figura Nº 3.3 Circuito del Transmisor

3.1.2 DISEÑO DEL RECEPTOR

El elemento central del receptor es un fototransistor (NTE 3120)³⁴ ya que éste permite convertir la señal de luz en señal de eléctrica, en la primera etapa se amplifica la señal mediante el TL082³⁵. Al diseñar esta etapa hay que llegar a una solución entre la ganancia que se quiere obtener y la máxima frecuencia a la que se quiere llegar. Para obtener una mayor ganancia se sacrifica ancho de banda, y viceversa. Lo ideal es utilizar la mínima ganancia posible con la que se pueda gobernar adecuadamente la siguiente etapa, de esta forma se consigue aprovechar todo el ancho de banda posible del amplificador. En el caso de que la ganancia mínima admisible no fuese suficiente para alcanzar la velocidad de funcionamiento requerida se podría repartir la ganancia entre varias etapas amplificadoras.

³⁴ Véase Anexos 4

³⁵ Véase Anexos 5

Se debe tomar en cuenta que, al saturar el amplificador operacional se pierde velocidad; por lo que se limita su ganancia; para este proyecto, se utiliza una ganancia de 10, utilizando una resistencia de realimentación de 10k y una de 1K de entrada.

$$V_o = V_{ref} - I_i R$$

Ecuación Nº 3.2 Ganancia

Las medidas realizadas sobre el circuito muestran que el TL082 se satura negativamente al llegar a un valor de 1.32V.

Para llevar al transistor BC547 al corte, se requiere aplicar una tensión inferior a 0.6V en su base, y en la etapa anterior, se tiene la mínima tensión que puede ofrecer de 1.32V.

La corriente de entrada a la base del transistor se limita con una resistencia desde la salida del amplificador operacional TL082; cuyo valor adecuado, según las medidas realizadas corresponde a 47Kohms.

Cabe recalcar que los dos diodos en serie nunca conmutan, siempre están conduciendo, siempre están restando $0.6V + 0.6V = 1.2V$ a la tensión de salida de la etapa anterior. El punto de polarización de los diodos varía muy poco. Esa es la razón por la que se coloca los diodos 1N4007, que son rectificadores de respuesta lenta; debido a que la velocidad de las tramas es baja.

Finalmente se utiliza una compuerta NOT para negar la señal; y de esta forma lograr saturar al transistor con los datos reales y no invertidos de la señal.

CAPÍTULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN

La siguiente etapa es un convertidor de niveles lógicos de voltaje TTL a niveles RS-232, para lo cual, se utilizó un circuito integrado MAX232³⁶; los niveles de salida obtenidos, gobiernan el puerto serie (-12V,+12V).

El MAX232 funciona con niveles de entrada TTL, por tanto se necesita acondicionar los 1.2V, para tener cero lógico en la entrada y los 2.4V para tener un uno lógico. La solución elegida ha sido emplear una etapa de salida de tecnología RTL para gobernar al MAX232, tal y como se ve en la figura 3.4.

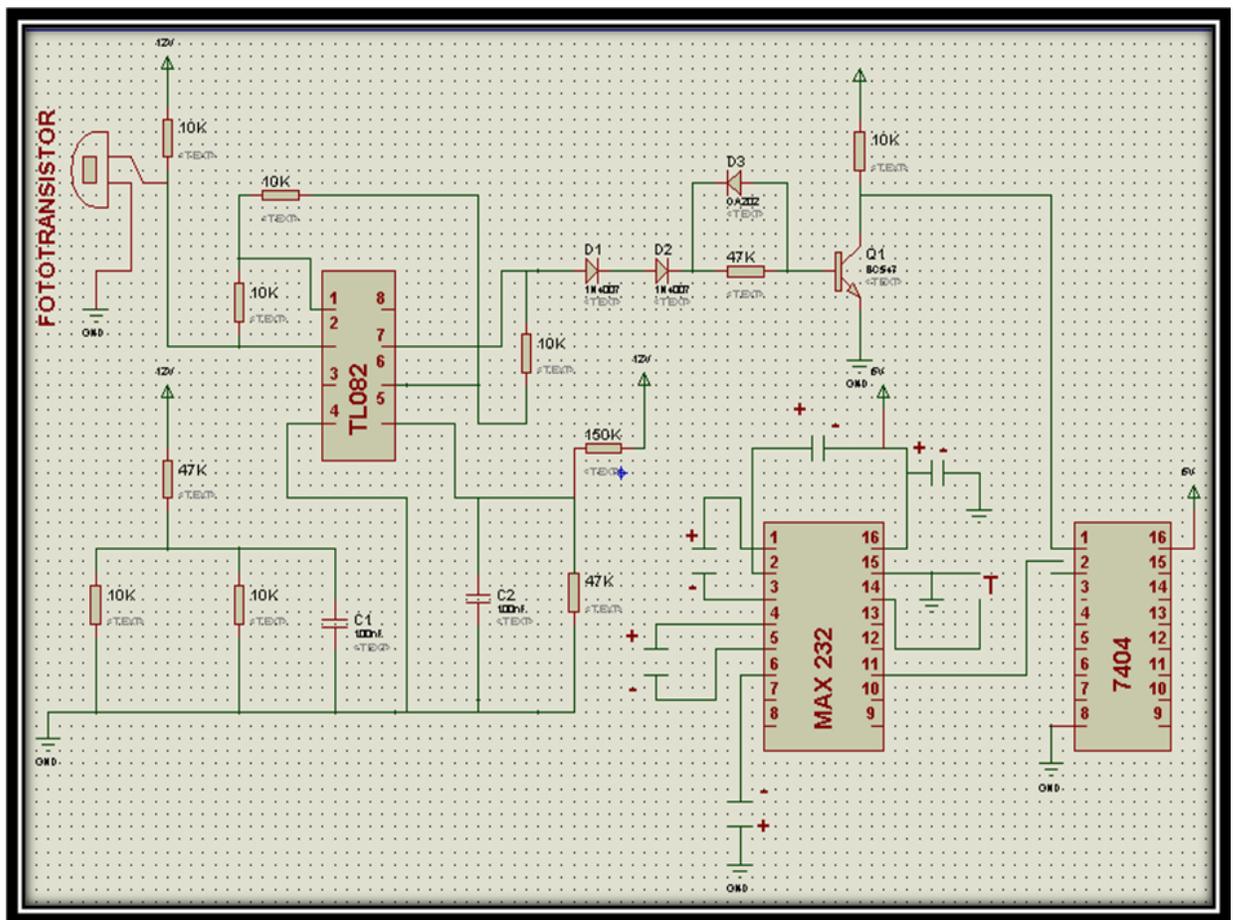


Figura N° 3.4 Circuito del Receptor

³⁶ Véase Anexos 6

3.1.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE FUENTES DE 12V Y 5V TANTO PARA EL TRANSMISOR Y RECEPTOR

La polarización debe ser lo más estable posible; para lo cual se utiliza reguladores de tensión monolíticos como el 78L12³⁷ Y 78L05³⁸; pero estos pueden no ser suficientes en las conmutaciones, porque al apagar y sobre todo al encender la fuente de alimentación; se pueden producir transitorios, con sobre-impulsos, que pueden ser suficientemente intensos para atravesar el regulador de tensión y dañar el diodo láser o el fototransistor; en vista de lo cual se han agregado capacidades de almacenamiento de voltaje como se muestra en la fig.3.5; y procedimientos de aseguramiento, para evitar los transitorios.

Para evitar el sobre-impulso, se debe encender la fuente de alimentación con una tensión previamente ajustada a cero voltios y después ir aumentándola suavemente hasta llegar a la tensión deseada. Esa es la función de la circuitería previa a los reguladores de voltaje.

Inicialmente el condensador de base está descargado y por tanto el transistor se encuentra en corte. Al conectar la alimentación dicho condensador empieza a cargarse a través de la resistencia de 47K; hasta que la tensión en el condensador no alcance los 0.6V el transistor no deja de estar cortado, tiempo suficiente para que hayan desaparecido los transitorios de la fuente. El condensador no deja de cargarse hasta acercarse a los 12 V. En el momento en el que se desconecta la fuente de alimentación la tensión en el colector disminuye por debajo de la tensión de base, por lo que el transistor se corta de inmediato impidiendo que los transitorios afecten al resto del circuito.

³⁷ Véase Anexos 7

³⁸ Véase Anexos 8

En el emisor del transistor colocamos otro condensador para filtrar posibles rizados de 60Hz provenientes de la red eléctrica, es decir las interferencias electromagnéticas de la red (EMI).

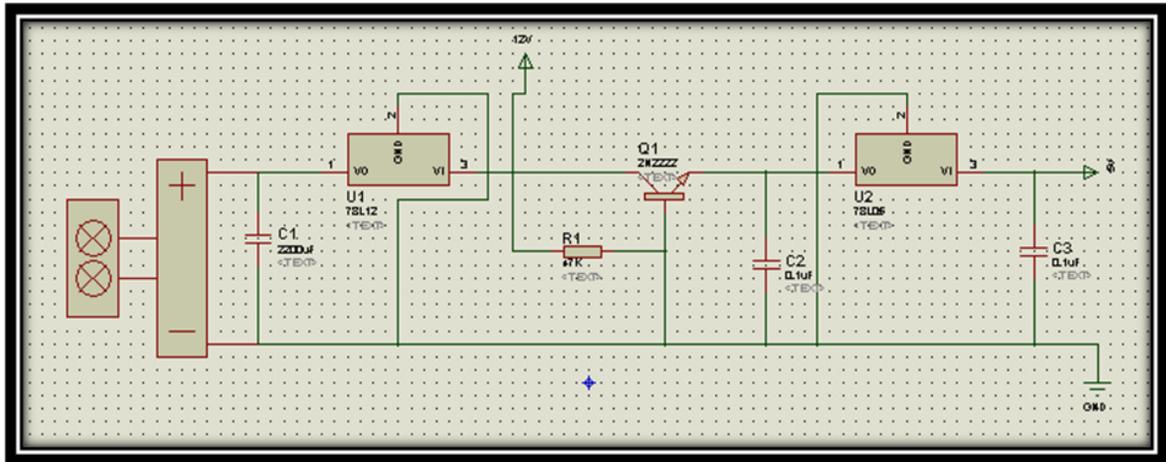


Figura N° 3.5 Circuito Fuente de 12V y 5V

3.1.4 INTERFASE RS-232 TANTO PARA EL TRANSMISOR COMO RECEPTOR

RS-232 (también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C) es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo Terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos). A la interfaz RS-232 se denomina habitualmente puerto COM o puerto serie.

En las computadoras existían dos puertos de comunicaciones COM1 y COM2. En el mercado actual estos puertos de comunicaciones han sido reemplazados por puerto de comunicaciones USB. Sin embargo en varias empresas todavía existen dispositivos o instrumentos con puerto serie, la solución a este problema es el convertidor de USB a RS-232.



Figura N° 3.6 Conversor USB a RS-232

Las señales con las que trabaja este puerto serie son digitales, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico), para la entrada y salida de datos, y a la inversa en las señales de control. El estado de reposo en la entrada y salida de datos es -12V.

Cada pin puede ser de entrada o de salida, teniendo una función específica cada uno de ellos. Las más importantes son:

Tabla N° 3. 1Pines del RS-232

PIN	FUNCIÓN	FIGURA
TXD	(Transmitir Datos)	
RXD	(Recibir Datos)	
DTR	(Terminal de Datos Listo)	
DSR	(Equipo de Datos Listo)	
RTS	(Solicitud de Envío)	
CTS	(Libre para Envío)	
DCD	(Deteccion de Portado)	

3.2 SOFTWARE

Para el diseño de la interfaz se ha utilizado la plataforma Labview.

3.2.1 INTRODUCCIÓN A LABVIEW

LabVIEW (acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para un lenguaje de programación visual, llamado lenguaje G, de National Instruments. Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman *Instrumentos Virtuales*, o *VI*, por sus siglas en inglés. Labview permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basado en software.

3.2.1.1 Panel Frontal

El Panel Frontal, es la interfaz al usuario de un programa, los controles especifican entradas y los indicadores despliegan salidas. La paleta “Controls” se utiliza para poner controles e indicadores en la ventana del panel frontal. Para tener acceso a la Paleta de Controles, oprima el botón derecho del mouse en un área abierta de la ventana del panel.

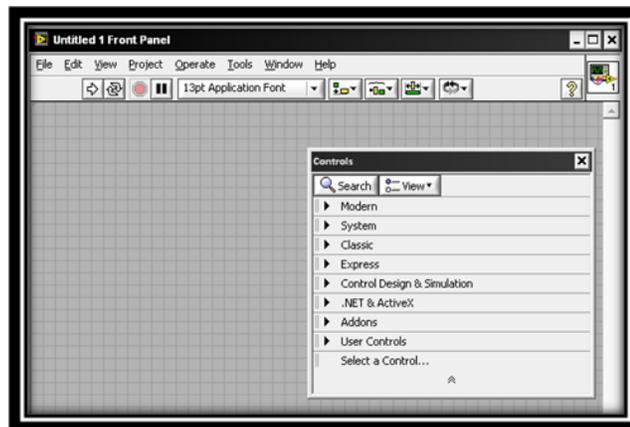


Figura Nº 3.7 Panel Frontal

3.2.1.2 Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques constituye el código fuente del V.I. En el diagrama de bloques se realiza la implementación del programa del VI, para controlar o realizar cualquier proceso entre las entradas y salidas que se crean en el panel frontal; incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora Labview. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales.

El diagrama de bloques se construye conectado los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.

Labview posee una extensa biblioteca de funciones, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de E/S, de análisis, etc.

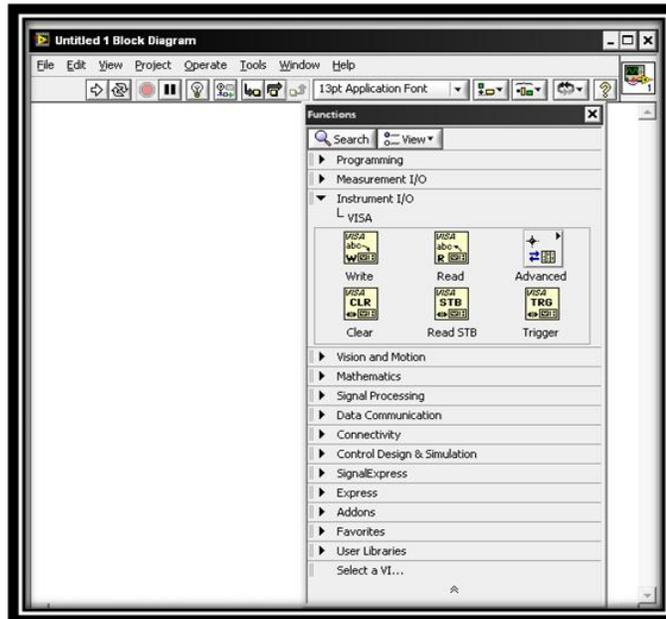


Figura Nº 3.8 Diagrama de Bloques

✓ CONFIGURACIÓN DEL PUERTO SERIAL

Para tener acceso al puerto serial usando LabView, se debe iniciar una sesión VISA. La configuración del tipo de comunicación serial se hace con “VISA configure serial port”, que se puede encontrar en Functions >> Instrument I/O >> Serial >> VISA configure serial port, como se observa en la Figura N° 3.9

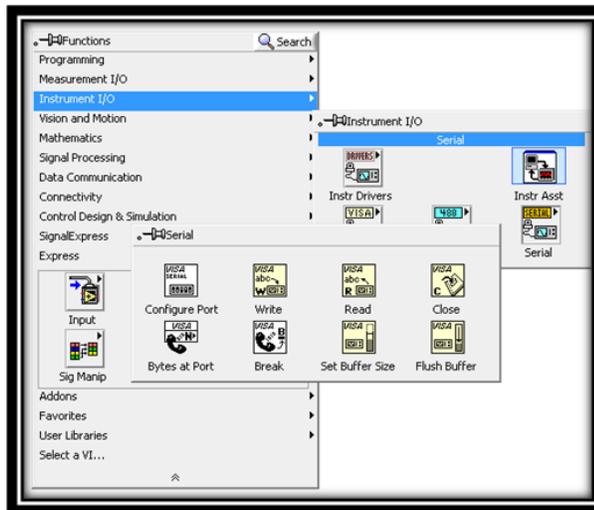


Figura N° 3.9 Paleta de Funciones de VISA

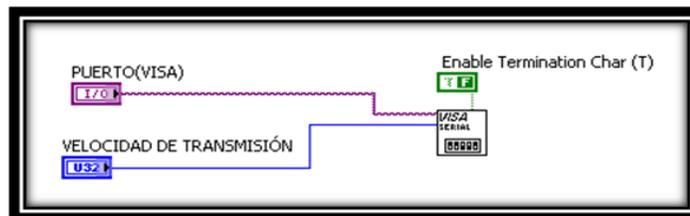


Figura N° 3.10 Configuración del puerto Serial

✓ VISA WRITE

Escribe en el puerto el número de caracteres especificado desde el puerto serial indicado, se puede observar las entradas y salidas para las conexiones de componente Serial Port Write.vi (Visa Write).

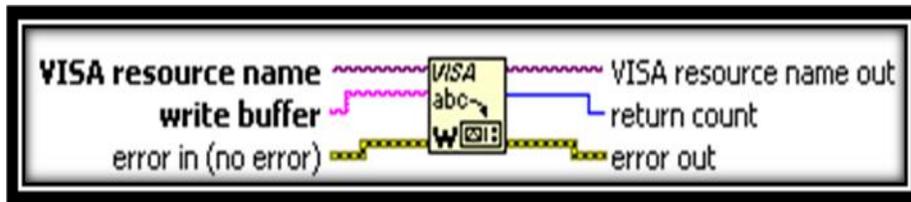


Figura N° 3.11 Visa Write

✓ VISA READ

Lee el específico número de bytes desde el dispositivo o interface específico por VISA resource name y retorna los datos en el buffer de lectura.

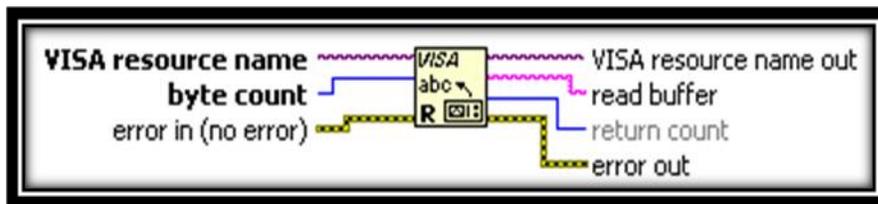


Figura N° 3.12 Visa Write

✓ VISA CLOSE

Cierra la sesión VISA para liberar el puerto y poderle dar otra función. Esto se logra con "VISA close" en Functions >> Instrument I/O >> Serial >> Visa close, y además se coloca un controlador de errores; como precaución de programación.

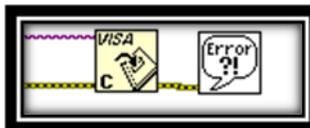


Figura N° 3.13 Visa Close

3.2.2 DISEÑO DE LA HMI DEL TRANSMISOR

Para el diseño de la interfaz del transmisor, se procede a explicar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques en LabVIEW.

3.2.2.1 Panel Frontal

El panel frontal está formado por la configuración de la comunicación, por un menú que permite elegir la acción que se desee realizar (Transmisión de archivos, Transmisión de Mensaje y Registro).



Figura Nº 3.14 Panel frontal del Transmisor

3.2.2.2 Diagrama de Bloques

A continuación se explica cada parte del diagrama de bloques, que permite la visualización de los datos en la interfaz HMI.

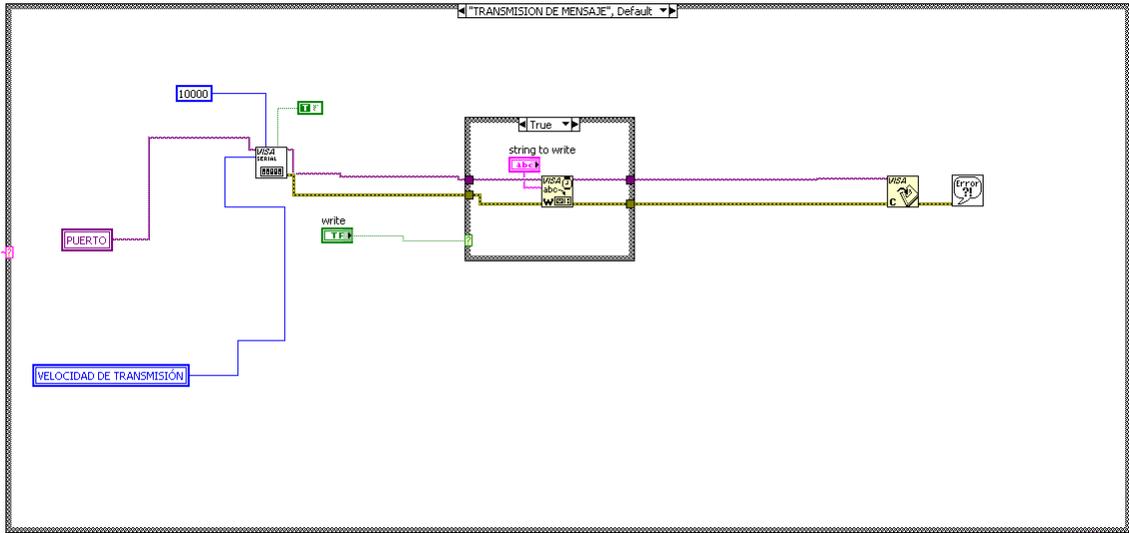


Figura Nº 3.15 Diagrama de bloques de Transmisión de Mensaje

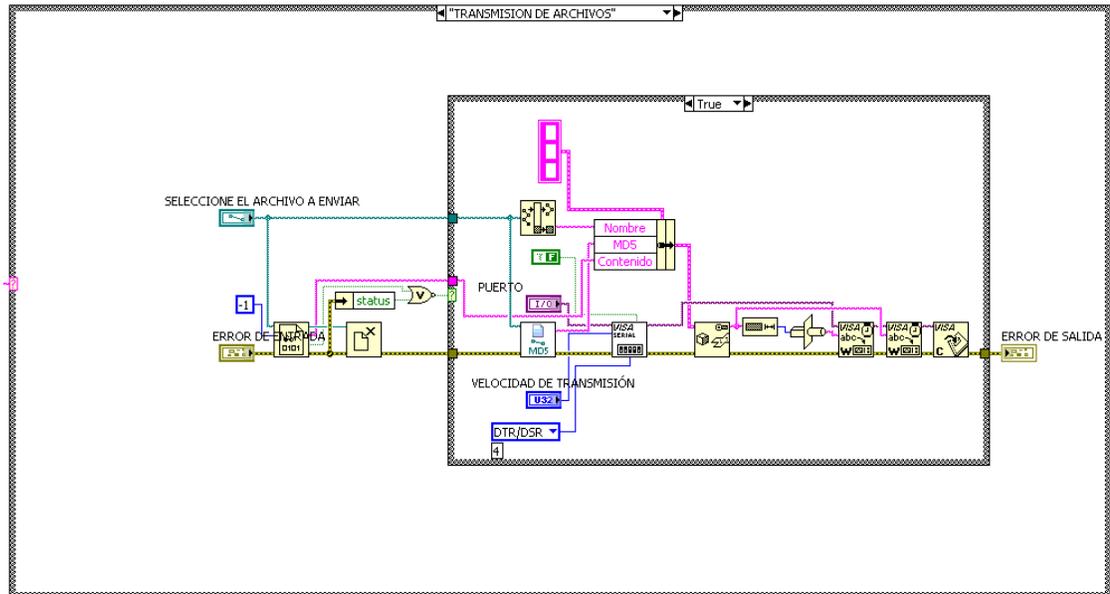


Figura Nº 3.16 Diagrama de Bloques de Transmisión de Archivos

✓ TRANSMISION DE MENSAJE

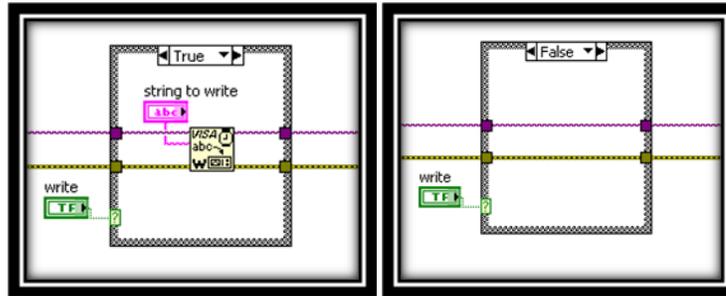


Figura Nº 3.17 Envío de Mensaje

Para el envío del mensaje se necesita un Button el cual permite tener dos casos: TRUE o FALSE; cuando la acción del Button es TRUE o verdadera, permitirá enviar un mensaje; caso contrario no se envía el mensaje.

✓ TRANSMISION DE ARCHIVO

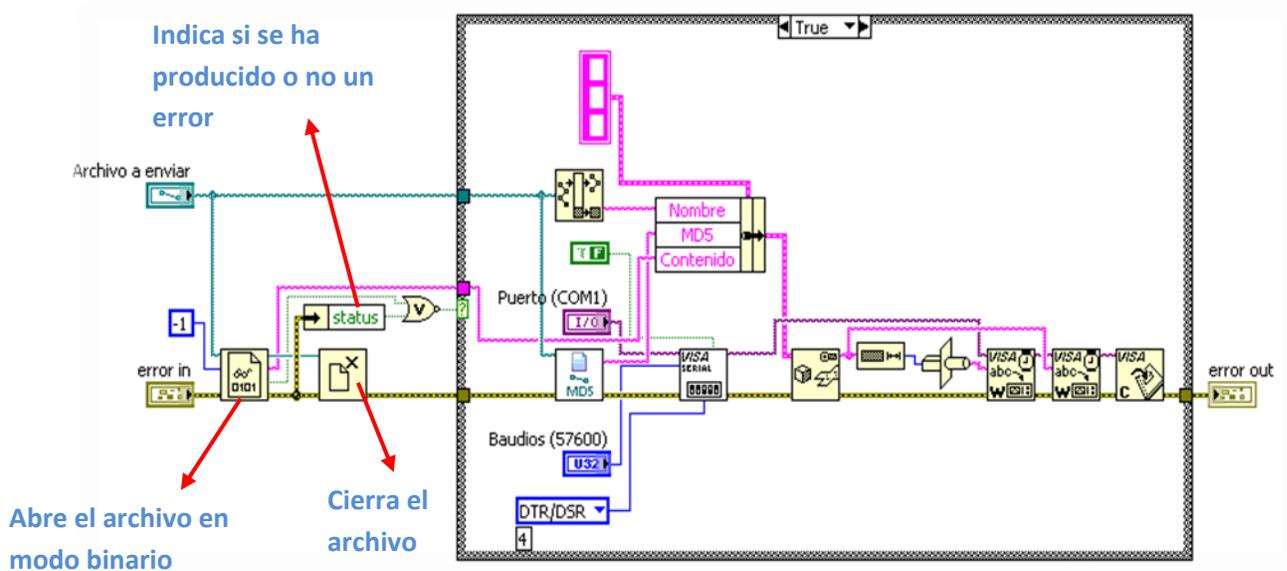


Figura Nº 3.18 Envío de Archivo

Permite abrir el archivo en modo binario y extrae su contenido. Si hay error al leer el archivo, termina el programa. Si no, extrae el nombre y MD5 (para el control de errores) del archivo y lo une con el contenido en un cluster. El transmisor también envía el hash MD5 para que el receptor verifique que la transferencia fue correcta es decir realiza un Checksum.

En primer lugar se envía el tamaño del cluster recién armado y luego el cluster.

3.2.3 DISEÑO DE LA HMI DEL RECEPTOR

Para el diseño de la interfaz del receptor, se procede a explicar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques en LabVIEW.

3.2.3.1 Panel Frontal

El panel frontal está formado por la configuración de la comunicación, por un menú que permite elegir la acción que se desea realizar (Recepción de archivos, Recepción de Mensaje y Registro).



Figura N° 3.19 Panel frontal del Receptor

3.2.3.2 Diagrama de Bloques

A continuación se explica cada parte del diagrama de bloques que permite la visualización de los datos en la interfaz HMI.

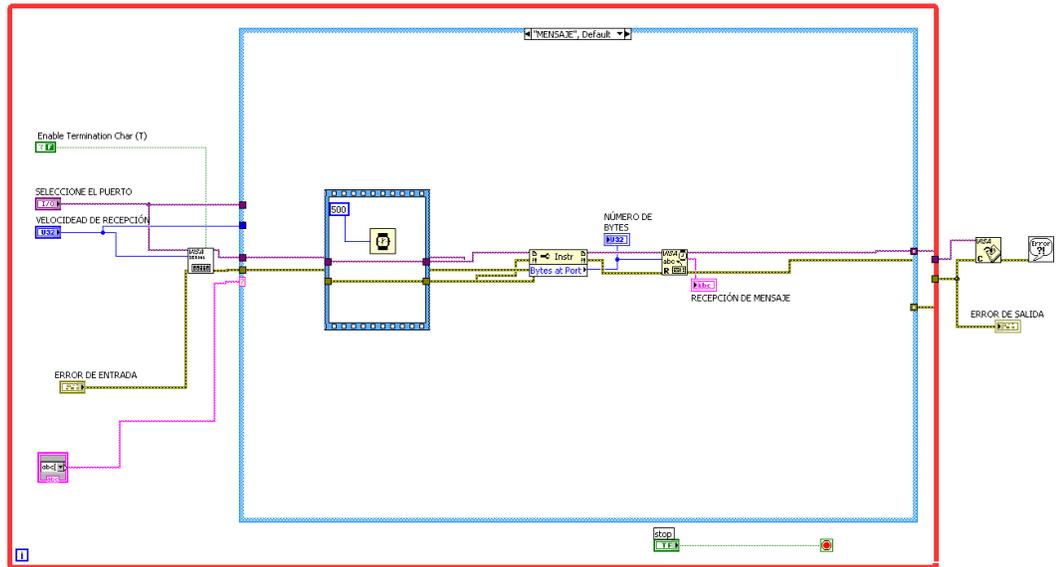


Figura Nº 3 20 Diagrama de bloques de Recepción de Mensaje

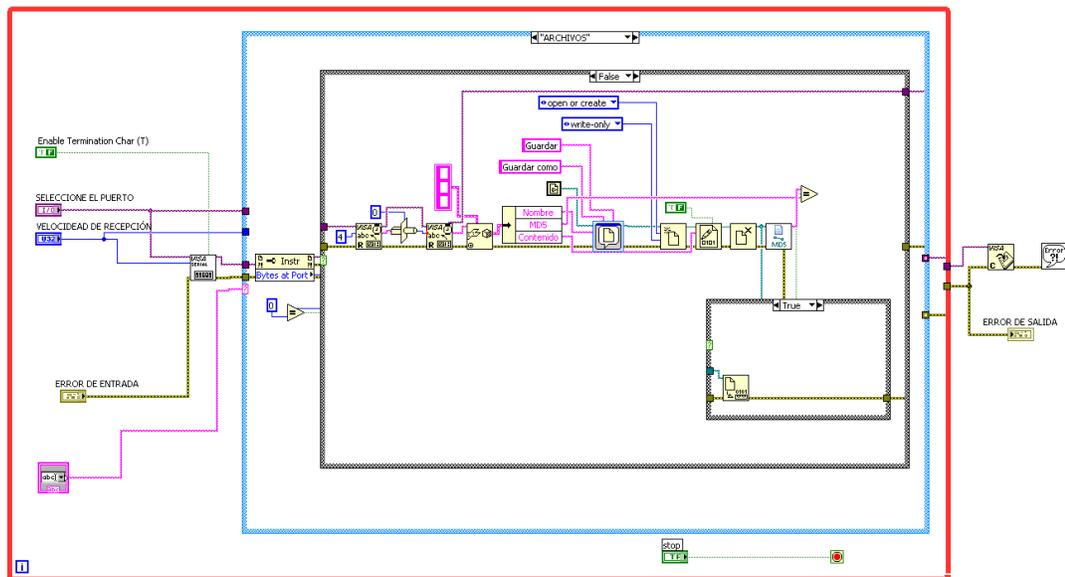


Figura Nº 3.21 Diagrama de Bloques de Recepción de Archivos

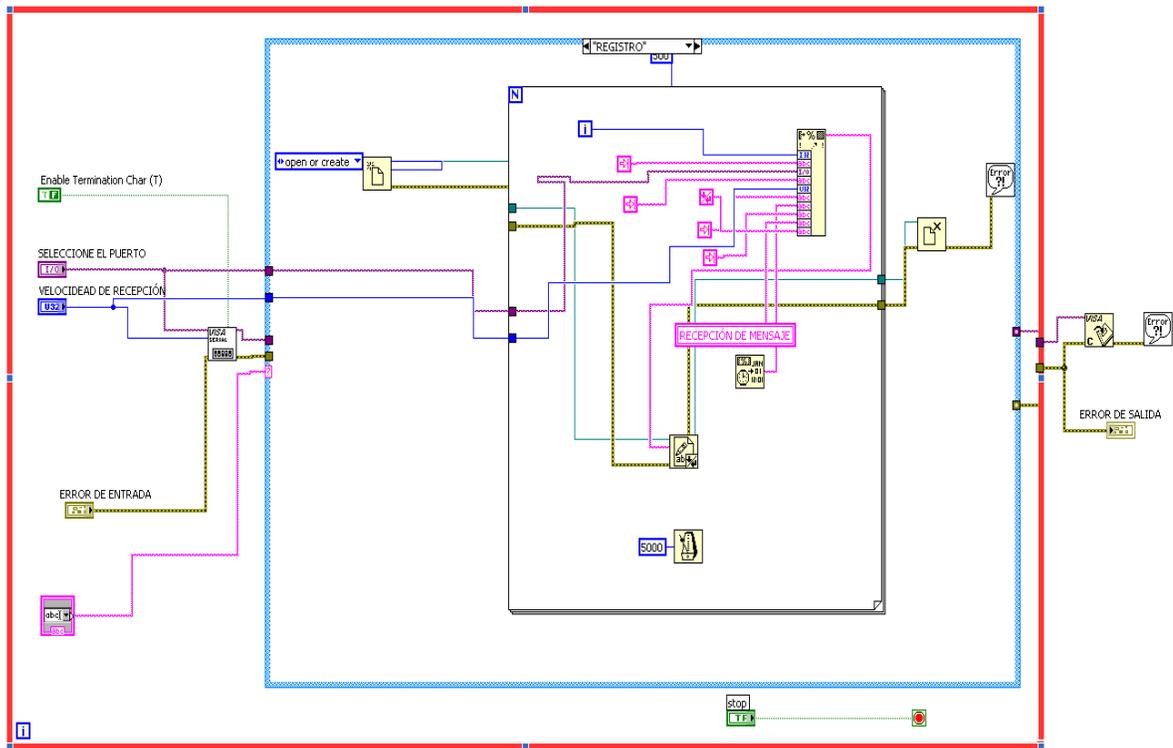


Figura Nº 3.22 Diagrama de Bloques de Registro de Recepción

✓ RECEPCION DE MENSAJE

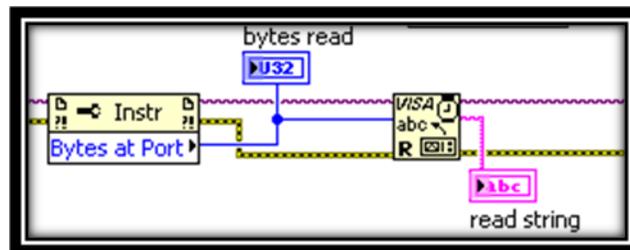


Figura Nº 3. 23 Recepción de Mensaje

Para la recepción de mensajes se necesita un *Instr* el cual permite comprobar si hay Bytes esperando y un *Read String* el cual es un indicador que presenta el mensaje que fue enviado por el transmisor.

✓ RECEPCION DE ARCHIVO

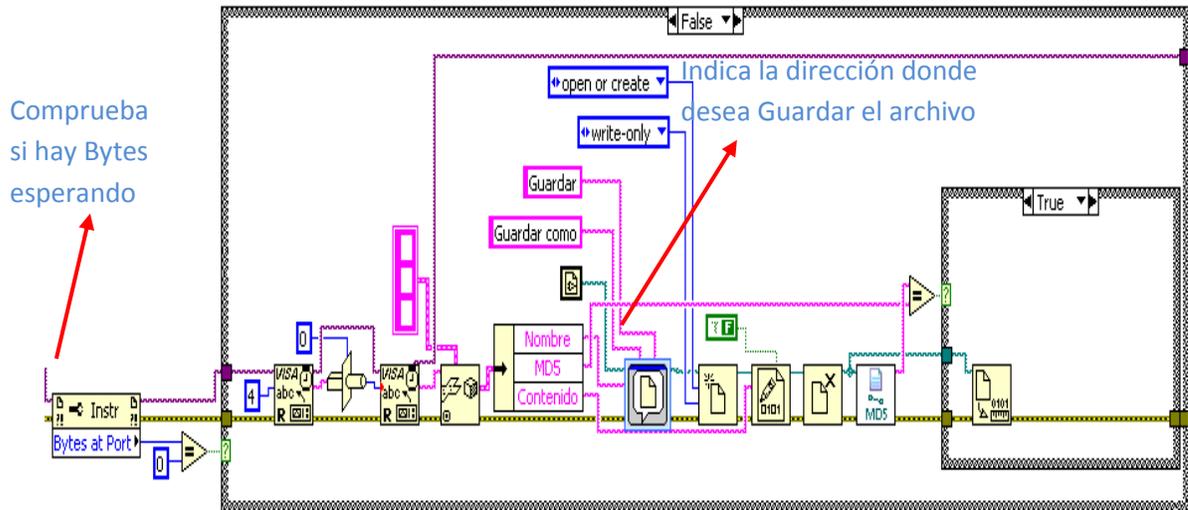


Figura Nº 3.24 Recepción de Archivo

Se abre la conexión y se comprueba si hay bytes esperando para ser leídos en el puerto. Si no hay bytes esperando, se cierra la conexión y termina la comunicación.

Si hay bytes esperando, se leen 4 bytes, que representa un int y que contiene el tamaño del cluster, en bytes, que se espera recibir. Luego se lee esa cantidad de bytes desde el puerto y se arma el cluster. Se pide al usuario un nombre de archivo, sugiriéndole el mismo nombre que tenía en la otra PC. Se crea el archivo con el nombre sugerido, se guardan en él los datos y se cierra el archivo. Se comprueba si el hash MD5 del archivo recién creado es el mismo que el recibido de la otra PC. Si no, se envía un mensaje de error.

Se podrían hacer otras comprobaciones, como por ejemplo si el usuario canceló la operación presionando cancelar cuando se le pidió un nombre para el archivo. Pero si ocurre esto, simplemente habrá un error al crear el archivo con un nombre no válido. Y simplemente se terminará generando un error visual.

3.2.4 REGISTRO PARA EL RECEPTOR

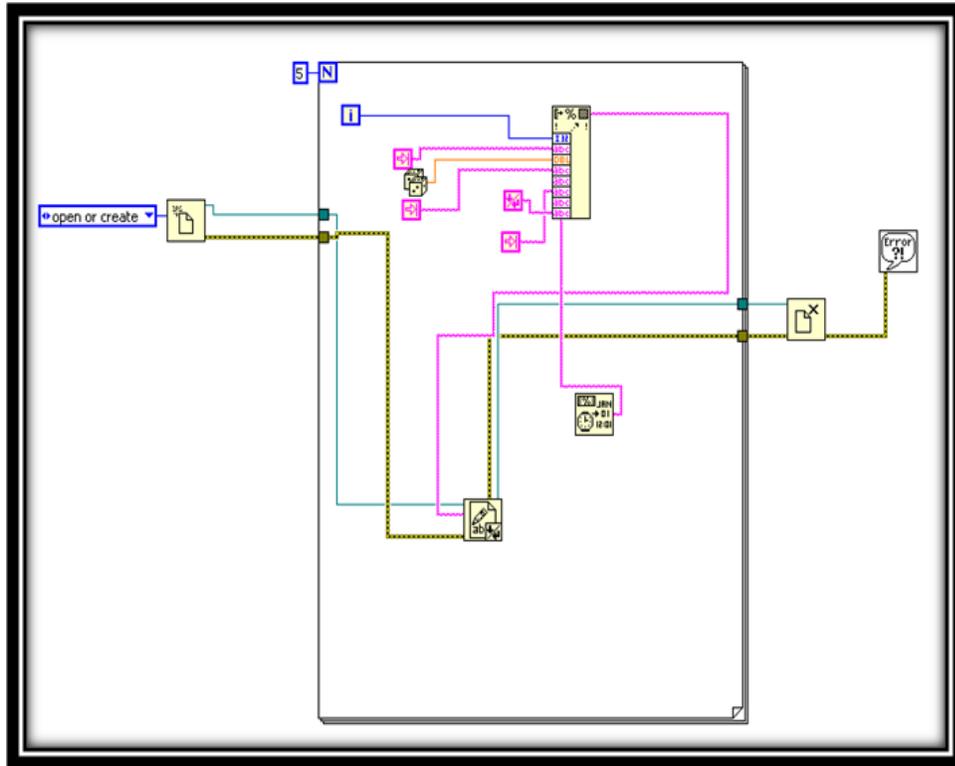


Figura N° 3.25 Registro del Receptor

Permite crear un registro en el cual se indica: el puerto, la velocidad, hora y fecha en que se transmitió o recibió el archivo o mensaje.

3.3 PRUEBAS CON EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Una vez diseñado e implementado el sistema de comunicación tal como se muestran en las figuras (3.27, 3.28, 3.29), se procede a realizar las pruebas que indiquen el funcionamiento del sistema de comunicación.

CAPÍTULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN



Figura Nº 3.26 Transmisor

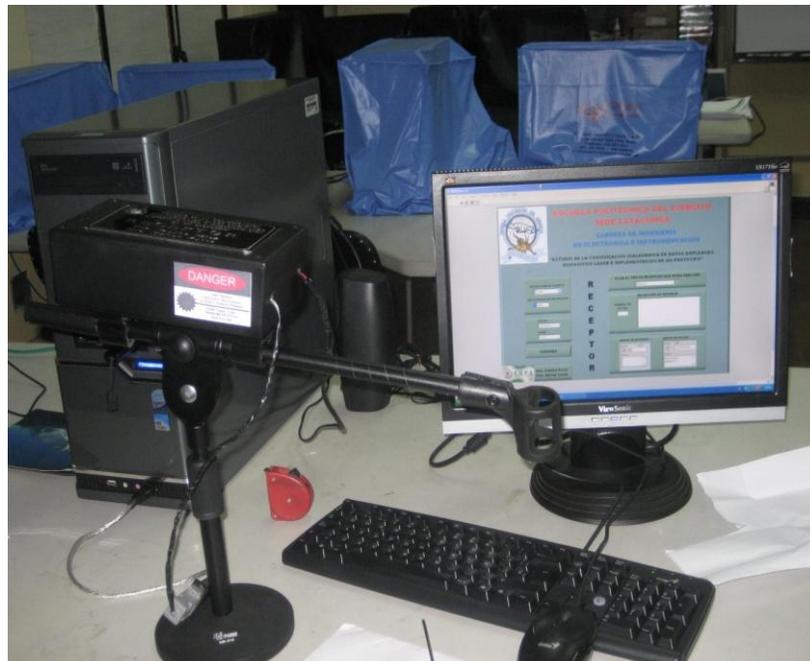


Figura Nº 3.27 Receptor



Figura Nº 3.28 Sistema de Comunicación



Figura Nº 3.29 Seleccionando el Puerto que se va a trabajar en el Transmisor

Figura N° 3.30 Seleccionando el Puerto que se va a trabajar en el Receptor



Figura N° 3.31 Seleccionando la velocidad de transmisión del Transmisor

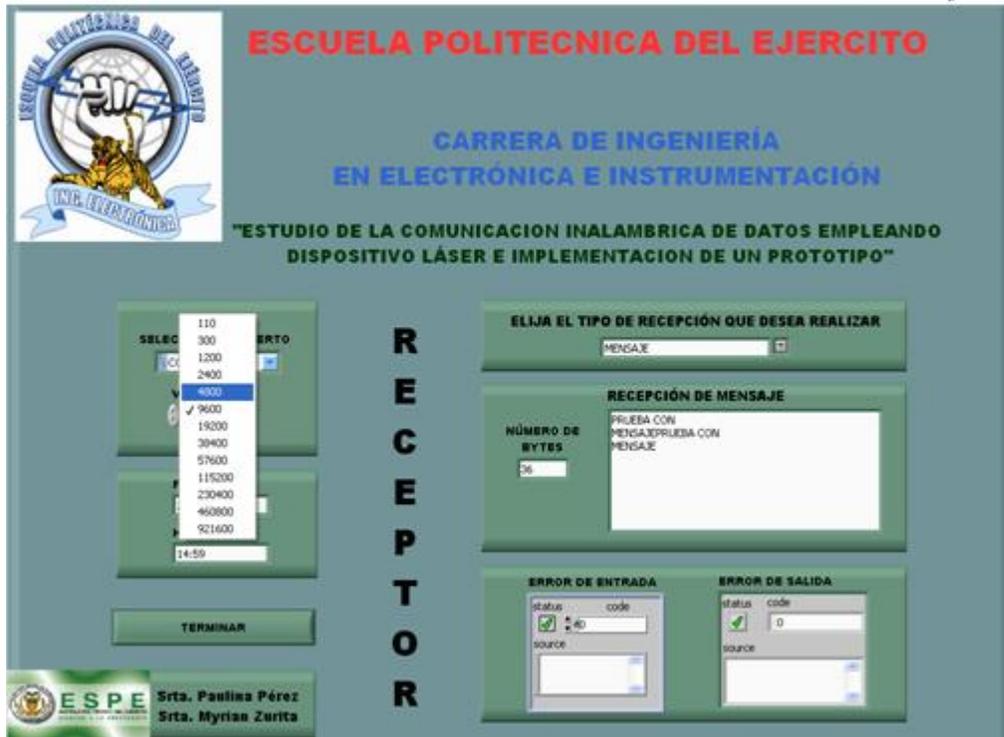


Figura Nº 3.32 Seleccionando la velocidad del Receptor



Figura N° 3.33 Eligiendo el tipo de Transmisión (Mensajes)



Figura N° 3.34 Eligiendo el tipo de Recepción (Mensaje) y Recibiendo

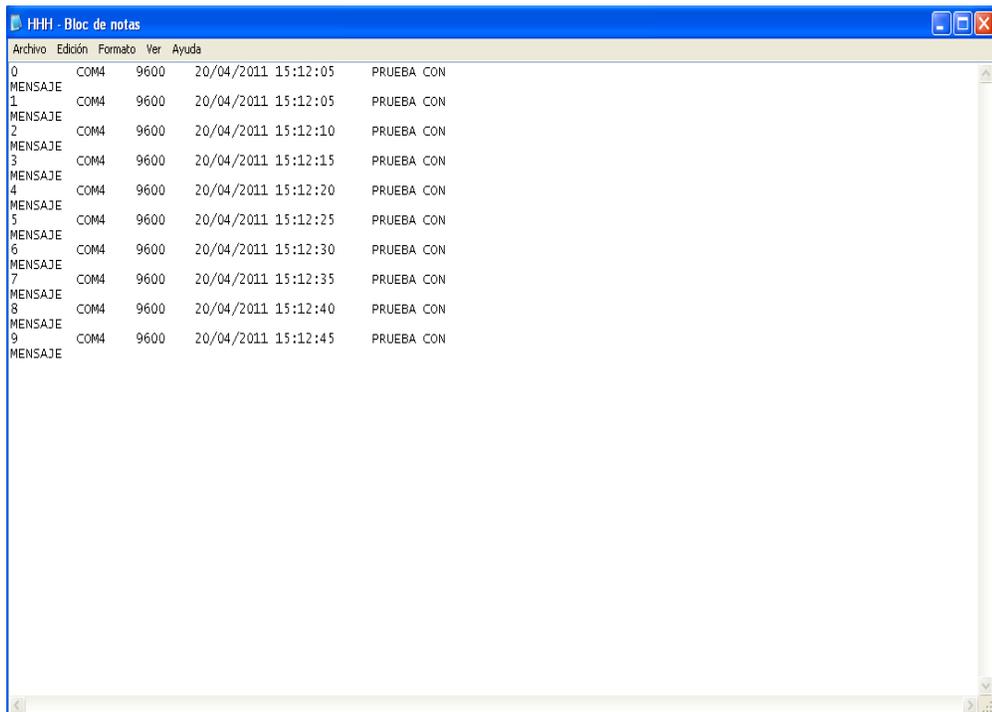


Figura N° 3.35 Registro del Mensaje recibido



Figura N° 3.36 Eligiendo el tipo de Transmisión (Archivo) y Enviando

CAPÍTULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN



Figura Nº 3.37 Elijiendo el tipo de Recepción (Archivo), Recibiendo y Guardándolo

Linea	Nombre	Tamaño	Fecha	Hora	Hash
0	COM4	4800	20/04/2011	15:32:56	c47e0067d2fbb4311583
1	COM4	4800	20/04/2011	15:33:00	c47e0067d2fbb4311583
2	COM4	4800	20/04/2011	15:33:05	c47e0067d2fbb4311583
3	COM4	4800	20/04/2011	15:33:10	c47e0067d2fbb4311583
4	COM4	4800	20/04/2011	15:33:15	c47e0067d2fbb4311583
5	COM4	4800	20/04/2011	15:33:20	c47e0067d2fbb4311583
6	COM4	4800	20/04/2011	15:33:25	c47e0067d2fbb4311583
7	COM4	4800	20/04/2011	15:33:30	c47e0067d2fbb4311583
8	COM4	4800	20/04/2011	15:33:35	c47e0067d2fbb4311583
9	COM4	4800	20/04/2011	15:33:40	c47e0067d2fbb4311583

Figura Nº 3. 38 Registro del Archivo Recibido

3.4 PRACTICAS

Para mejor comprensión del proyecto se ha realizado dos prácticas (Alineación del Haz del Láser, Tiempo de Recepción).

3.4.1 PRÁCTICA N° 1

Tema: Alineación del Haz del Láser

Objetivos:

- ✓ Familiarizar al estudiante con la tecnología láser y sus parámetros.
- ✓ Conocer el funcionamiento del Sistema de Comunicación Láser, a través de la observación y análisis del ángulo de desviación.

Marco Teórico:

El problema de alinear el transmisor con el receptor puede resultar en una tarea difícil cuando se trate de una distancia considerable; aunque el láser emite un pequeño brillo rojo, la iluminación visible no es lo bastante como para verla a plena luz del día. Mirar directamente al láser durante cualquier instante de tiempo es decididamente una mala idea, por razones de protección para la retina del ojo.

Cuanto más cerca se realice el enlace entre los dos PC's, menor será el diámetro del haz de láser, además mientras más difusa sea la luz resultante, más complejo será realizar el alineamiento entre el transmisor y receptor; por la cantidad de energía repartido alrededor del receptor, que puede no ser suficiente para reconocer el dato.

Para calcular el ángulo de desviación, se puede emplear la fórmula siguiente:

$$\text{Tan Ángulo de Desviación} = \frac{\text{Desviación en metros}}{\text{Distancia del Receptor (m)}}$$

Ecuación N° 3.3 Ángulo de desviación

Procedimiento:

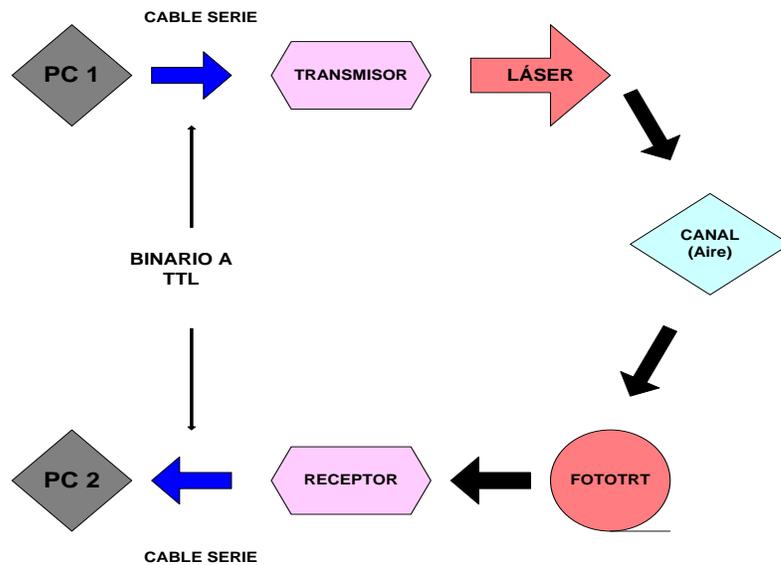
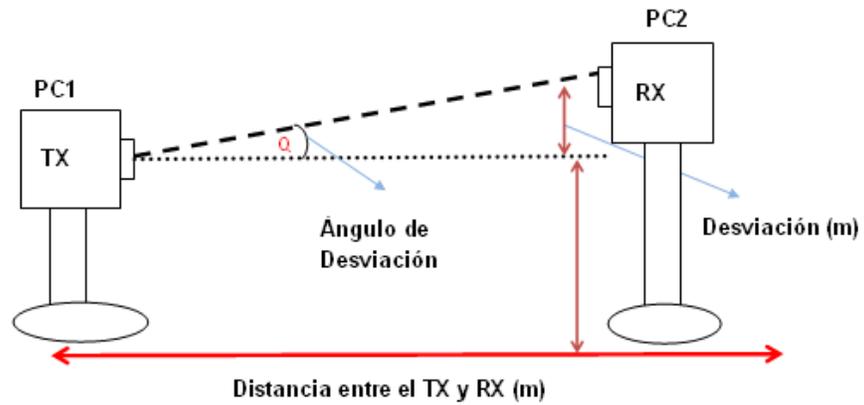


Figura Nº 3.39 Sistema de Comunicación

- ✓ Conectar el equipo tal como se muestra en la Figura. 4.46.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes distancias expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Alinear el transmisor al receptor
- ✓ Medir el punto cero para obtener la desviación en metros como se indica en la figura.

CAPÍTULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN



- ✓ Registrar los datos en la siguiente tabla.
- ✓ Calcular el ángulo de desviación.

<p>1(m)</p>	<p>Q = ?</p> <p>1 m</p> <p>1 cm</p>	$\tan \theta = \frac{1\text{cm}}{1\text{m}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$ $\tan \theta = 0.01$ $\theta = \text{arcTan}(0.01)$ $\theta = 0.57$
<p>2 (m)</p>	<p>Q = ?</p> <p>2 m</p> <p>1.1 cm</p>	$\tan \theta = \frac{1.1\text{cm}}{2\text{m}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$ $\tan \theta = 0.0055$ $\theta = \text{arcTan}(0.0055)$ $\theta = 0.32$

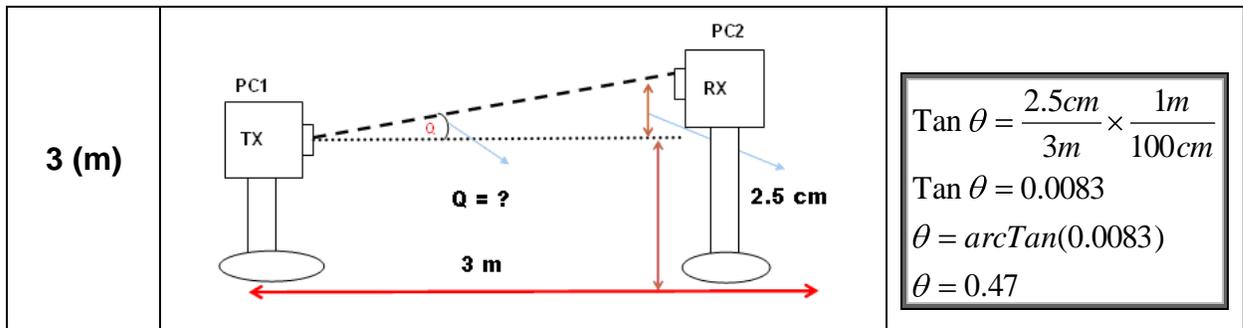


Tabla N° 3.2 Cálculos del ángulo de desviación

DISTANCIA ENTRE EL TRANSMISOR Y RECEPTOR	DESVIACION (m)	ÁNGULO DE DESVIACIÓN
1 m	1 cm.	0.57
2m	1.1 cm.	0.32
3m	2.5 cm.	0.47

Conclusiones:

- ✓ Se demostró que mientras más cerca estemos realizando el enlace entre Transmisor y Receptor, menor es el diámetro del haz de láser,
- ✓ Se observó que a mayor distancia entre Transmisor y Receptor es más difusa la luz láser.
- ✓ Se comprobó que a mayor distancia entre Transmisor y Receptor, más complejo es su alineamiento.

Recomendaciones:

- ✓ Realizar correctamente las conexiones del sistema láser.
- ✓ No mirar directamente la señal del láser transmitida; porque daña a la retina de los ojos.

3.4.2 PRÁCTICA N° 2

Tema: Tiempo de Recepción

Objetivos:

- ✓ Familiarizar al estudiante con la tecnología láser y sus parámetros.
- ✓ Conocer el funcionamiento del Sistema de Comunicación Láser, observando y analizando el tiempo que tarda en llegar la información al receptor.

Marco Teórico:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Tamaño del archivo (Bytes)}}{\text{Velocidad de Recepción(Bytes/seg)}}$$

Ecuación N° 3. 4 Tiempo de Recepción

Procedimiento:

CAPÍTULO III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN

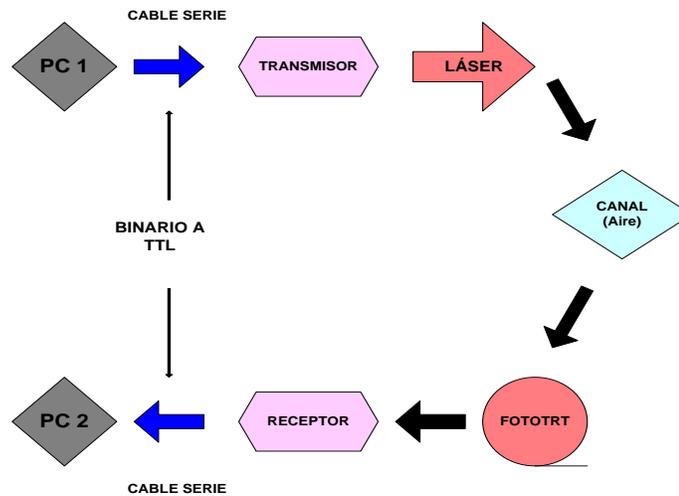


Figura Nº 3.40 Sistema de Comunicación

- ✓ Conectar el equipo tal como se muestra en la Figura. 4.46.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes distancias expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Alinear el transmisor al receptor a tres metro.
- ✓ Registrar los datos en la siguiente tabla.
- ✓ Calcular el tiempo de Recepción, con la fórmula 3.4
- ✓ Con ayuda de un cronómetro determinar el tiempo y anotarlo.

$Tiempo = \frac{58 \text{ bytes}}{4800 \frac{\text{bytes}}{\text{seg}}} = 0.0121 \text{ seg}$	$Tiempo = \frac{2450 \text{ bytes}}{4800 \frac{\text{bytes}}{\text{seg}}} = 0.5111 \text{ seg}$
$Tiempo = \frac{4042 \text{ bytes}}{4800 \frac{\text{bytes}}{\text{seg}}} = 0.842 \text{ seg}$	

Tabla Nº 3.3 Cálculos del tiempo de Recepción

VELOCIDAD DE RECEPCIÓN	TAMAÑO DEL ARCHIVO	TIEMPO CALCULADO	TIEMPO MEDIDO
4800	58Bytes (.wav)	0.0121 seg	12.3 seg
4800	2450Bytes (.txt)	0.511 seg	155 seg
4800	4042Bytes(.jpeg)	0.842 seg	366 seg

Conclusiones:

- ✓ Se demostró que mientras más pequeño sea el archivo enviado, menor será el tiempo de recepción.
- ✓ Al calcular el tiempo de recepción y comprobarlo con el tiempo medido, se pudo comprobar que los tiempos no son iguales ya que existen muchos factores como la distancia y la transmisión con cable serial.

Recomendaciones:

- ✓ Realizar correctamente las conexiones del sistema láser.
- ✓ No mirar directamente la señal del láser transmitida; porque daña a la retina de los ojos.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

En este capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas al desarrollar este proyecto, basadas en la información expuesta en los capítulos anteriores y el diseño implementado.

4.1 CONCLUSIONES

- ✓ Se ha logrado diseñar e implementar un sistema de comunicación inalámbrica con diodos láser, en forma satisfactoria; con velocidades de hasta 9600bps.
- ✓ La luz en los sistemas ópticos se genera cuando el electrón pasa del estado excitado al estado fundamental, desprendiendo energía en forma de un fotón; para este proyecto se implementaron con transistores en las zonas de corte y saturación, que permitieron obtener la energía suficiente; para reconocer los datos enviados.
- ✓ La probabilidad de intercepción de la señal transmitida en los sistemas de comunicación láser es muy reducida, debido a las dimensiones del haz, lo que los cataloga como sistemas con un alto grado de seguridad
- ✓ La tecnología láser especifica varias características bastante optimistas, tales como la velocidad de transmisión que se puede tener o la distancias que se puede alcanzar; no obstante, al realizar el diseño e implementar el proyecto, se debió considerar muchos aspectos; que hizo que dichas características se vean limitadas y no se cumpla estrictamente lo que la teoría define. Como por ejemplo velocidad más reducida, distancia menor, entre otras.
- ✓ Mediante la investigación se determino que el diodo (1N4148) tiene baja capacidad parásita y el tiempo de conmutación es pequeño por lo que la tensión del circuito es capaz de seguir la transmisión de una trama a elevada velocidad por el puerto serie.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

- ✓ Para establecer una comunicación debe existir línea de vista porque cualquier obstáculo entre el transmisor y el receptor, causará que no se produzca la comunicación.
- ✓ Los sistemas de comunicación Láser no requieren pago de una licencia por el uso del espectro electromagnético a ningún organismo nacional (SUPTTEL) o internacional (UIT-R) de regulación en el área de las telecomunicaciones.
- ✓ Con el desarrollo tecnológico del mundo actual, cada vez se va llegando a la utilización de manera universal de tecnologías ópticas para la transportación de la información, debido a las altas tasas de transmisión que permiten.
- ✓ En el Ecuador esta tecnología aún no es conocida, de lo que se pudo investigar. En la ciudad de Guayaquil existe una empresa, "Easynet" la cual tiene un enlace FSO, interconectando así dos edificios de su propiedad. La implementación de esta tecnología fue la mejor alternativa que dicha empresa pudo escoger, manteniendo así una comunicación segura y confiable.
- ✓ Con el presente Proyecto de Ingeniería Electrónica se fijan las bases para futuras investigaciones y desarrollo que de el puedan hacer los estudiantes de ingeniería Electrónica así como todo aquel interesado en el tema, además se busca solventar las necesidades de comunicación electrónica que hay en nuestro país.

4.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Implementar un sistema en Hardware o Software que permita visualizar si la comunicación está establecida.
- ✓ No mirar directamente la señal del láser transmitida; se puede visualizar si hay alineamiento, por el color rojo que aparece en la superficie del espejo cóncavo que se encuentra en el receptor.
- ✓ Considerar las estrategias para garantizar la seguridad visual como herramienta primordial a la hora de implementar enlaces ópticos inalámbricos.
- ✓ Considerar la tecnología Láser como una manera eficiente y de bajo costo para desarrollar aplicaciones empresariales que requieran de alto ancho de banda.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

- ✓ Los organismos encargados de realizar investigación dentro de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, deberían incentivar a los estudiantes, al estudio y la utilización de tecnologías de última generación, de manera más concienzuda.
- ✓ Impartir conocimientos referentes a nuevas tecnologías, por medio de seminarios, sería un mecanismo de sociabilizar las nuevas propuestas de sistemas de comunicaciones existentes en el mercado.
- ✓ Debido a la direccionalidad del haz de energía láser; se podría tener repetidores pasivos, que permitan reflejar la luz hacia otros puntos de recepción y disponer de sistemas de comunicación más amplios o en red.
- ✓ Al momento de instalar los equipos; se lo debe realizar en un lugar adecuado y sobre todo teniendo en cuenta la línea de vista que debe existir entre ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ <http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/introduccionalaisc/t212.htm>
- ✓ <http://www.haesa.com.mx/alamagneto.html>
- ✓ ESCAMILLA, Alicia. Enciclopedia del Conocimiento: Tecnología. Volumen 11. Colombia 2003
- ✓ <http://www.Tabla cable coaxial.htm>
- ✓ <http://esp.hyperlinesystems.com/catalog/cable/sftp-c5e-patch-gy.shtml>
- ✓ PRASAD R., 1997, Reseña de las Comunicaciones Personales Inalámbricas Perspectivas de Microondas, IEEE Communications Magazín, Volumen 9
- ✓ <http://Microondas Terrestres.htm>
- ✓ WAYME Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Segunda Edición.
- ✓ Principios de electrónica, Malvino–Mc Graw Hill. Sexta edición.
- ✓ http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/dispositivos_optoelectronicos/download/teoria/apuntes/curso00-01.pdf
- ✓ PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com
- ✓ <http://www.info-ab.uclm.es> ; <http://www.domotica.net>
- ✓ Carrol, J. M. Fundamentos y aplicaciones del láser. Barcelona: Editorial Boixareu, 1978. Libro de divulgación en el que se exponen, muy brevemente, los conceptos y las teorías físicas acerca del láser.
- ✓ GONZÁLES Édgar, El Láser Principios Básicos, Universidad Santo Tomas, Tercera Edición.
- ✓ HERNÁNDEZ DÍAZ A: El láser terapéutico en la práctica médica actual. Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2007.
- ✓ ABOITES V.: El Láser. La ciencia desde México, Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1991.
- ✓ ARIELI, R.: *The Láser Adventure*, versión en español por Requena A., Cruz C., BASTIDA A. y ZÚÑIGA J., Universidad de Murcia, España, 2005.

- ✓ RUPÉREZ, MJ El láser, riesgos y medidas preventivas, en "Radiaciones No Ionizantes. Prevención de Riesgos" Madrid, INSHT, 1988
- ✓ GOLDMAN et al. Optical radiation, with particular reference to láser, en SUESS M.J. "Nonionizing radiation protection" WHO 1982. WHO Regional Publications, European Series nº10
- ✓ <http://www.um.es/LEQ/láser/Ch-6/F6s3p3.htm>
- ✓ http://www.photonic-products.com/espanol/products/receptacled_láser_diodes/rec_telecomms.htm
- ✓ Zh. I. Alferov, V. M. Andreev, D. Z. Garbusov, Yu. V. Zhilyaev, E. P. Morosov, E. L. Portnoi and V. G. Trofim, *Sov. Phys. Semicond.* 4, p. 1573 (1970)
- ✓ Láser. A. Siegman, University Science, Mill Valley, CA 1986.
- ✓ Láser Receivers, Devices, Techniques, Systems, Monte Ross, Jhon Wiley & Sons, Inc. 1966
- ✓ TOMASI Wayne, Sistema de Comunicaciones Electrónicas, Segunda Edición, Pág 1-2.

ANEXOS

DATA SHEETS

ANEXO 1: 1N4148

Philips Semiconductors

Product specification

High-speed diodes

1N4148; 1N4448

FEATURES

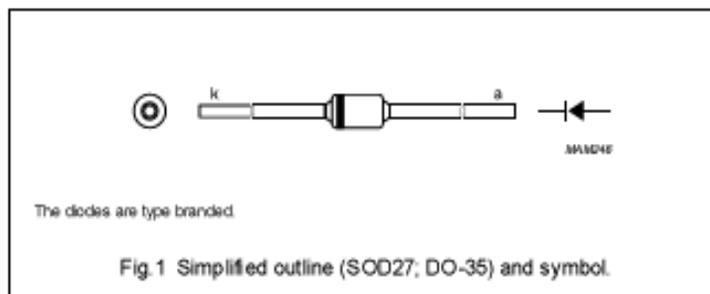
- Hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) package
- High switching speed: max. 4 ns
- General application
- Continuous reverse voltage: max. 75 V
- Repetitive peak reverse voltage: max. 75 V
- Repetitive peak forward current: max. 450 mA

APPLICATIONS

- High-speed switching.

DESCRIPTION

The 1N4148 and 1N4448 are high-speed switching diodes fabricated in planar technology, and encapsulated in hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) packages.



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{RRM}	repetitive peak reverse voltage		–	75	V
V_R	continuous reverse voltage		–	75	V
I_F	continuous forward current	see Fig. 2; note 1	–	200	mA
I_{FRM}	repetitive peak forward current		–	450	mA
I_{FSM}	non-repetitive peak forward current	square wave; $T_j = 25\text{ °C}$ prior to surge; see Fig. 4			
		$t = 1\ \mu\text{s}$	–	4	A
		$t = 1\ \text{ms}$	–	1	A
		$t = 1\ \text{s}$	–	0.5	A
P_{Tot}	total power dissipation	$T_{amb} = 25\text{ °C}$; note 1	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+200	°C
T_j	junction temperature		–	200	°C

Note

1. Device mounted on an FR4 printed circuit-board; lead length 10 mm.

High-speed diodes

1N4148; 1N4448

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_F	forward voltage	see Fig. 3			
	1N4148	$I_F = 10\text{ mA}$	–	1	V
	1N4448	$I_F = 5\text{ mA}$ $I_F = 100\text{ mA}$	0.62 –	0.72 1	V V
I_R	reverse current	$V_R = 20\text{ V}$; see Fig. 5		25	nA
		$V_R = 20\text{ V}$; $T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$; see Fig. 5	–	50	μA
I_{R1}	reverse current; 1N4448	$V_R = 20\text{ V}$; $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$; see Fig. 5	–	3	μA
C_d	diode capacitance	$f = 1\text{ MHz}$; $V_R = 0$; see Fig. 6		4	pF
t_{rr}	reverse recovery time	when switched from $I_F = 10\text{ mA}$ to $I_R = 60\text{ mA}$; $R_L = 100\text{ }\Omega$; measured at $I_R = 1\text{ mA}$; see Fig. 7		4	ns
V_{fr}	forward recovery voltage	when switched from $I_F = 50\text{ mA}$; $t_f = 20\text{ ns}$; see Fig. 8	–	2.5	V

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-p)}$	thermal resistance from junction to tie-point	lead length 10 mm	240	K/W
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	lead length 10 mm; note 1	350	K/W

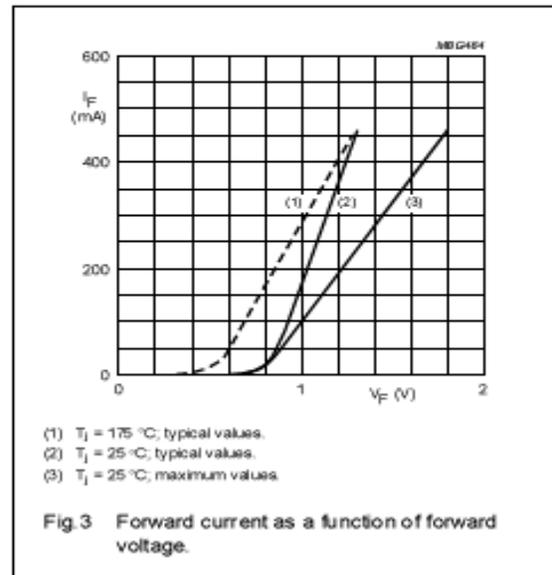
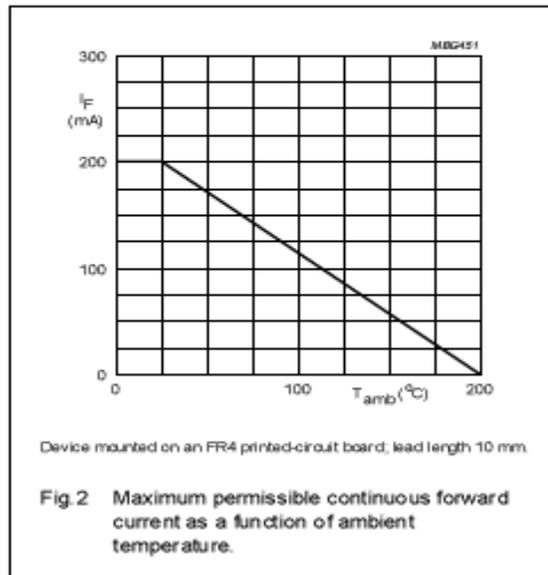
Note

1. Device mounted on a printed circuit-board without metallization pad.

High-speed diodes

1N4148; 1N4448

GRAPHICAL DATA



ANEXO 2: 1N4007

1N4001 THRU 1N4007
PLASTIC SILICON RECTIFIER
VOLTAGE - 50 to 1000 Volts CURRENT - 1.0 Ampere

FEATURES

- Low forward voltage drop
- High current capability
- High reliability
- High surge current capability
- Exceeds environmental standards of MIL-S-19500/228

MECHANICAL DATA

Case: Molded plastic, DO-41

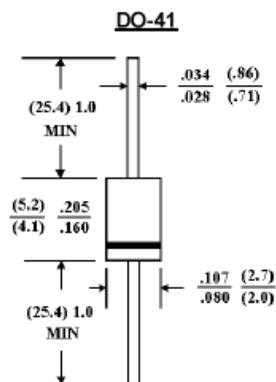
Epoxy: UL 94V-O rate flame retardant

Lead: Axial leads, solderable per MIL-STD-202,
method 208 guaranteed

Polarity: Color band denotes cathode end

Mounting Position: Any

Weight: 0.012 ounce, 0.3 gram



Dimensions in inches and (millimeters)

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.

Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%.

	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	75	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375"(9.5mm) Lead Length at T _A =75 °C	1.0							A
Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	30							A
Maximum Forward Voltage at 1.0A DC and 25 °C	1.1							V
Maximum Full Load Reverse Current Full Cycle Average at 75 °C Ambient	30							°C A
Maximum Reverse Current at T _A =25 °C	5.0							°C A
At Rated DC Blocking Voltage T _A =100 °C	500							°C A
Typical Junction capacitance (Note 1)	15							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2) R _{θJA}	50							°C/W
Typical Thermal resistance (NOTE 2) R _{θJL}	25							°C/W
Operating and Storage Temperature Range T _J , T _{STG}	-55 to +150							°C

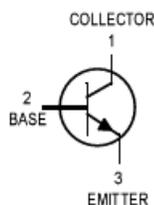
NOTES:

1. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 VDC.
2. Thermal Resistance Junction to Ambient and from junction to lead at 0.375"(9.5mm) lead length P.C.B mounted.

ANEXO 3: BC547

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

 Order this document
 by BC546/D

Amplifier Transistors
 NPN Silicon

BC546, B
BC547, A, B, C
BC548, A, B, C

 CASE 29-04, STYLE 17
 TO-92 (TO-226AA)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC 546	BC 547	BC 548	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	65	45	30	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	80	50	30	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EBO}	6.0			Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	100			mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625			mW
		5.0			mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5			Watt
		12			mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	–55 to +150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	-----	------

OFF CHARACTERISTICS

Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1.0\text{ mA}, I_B = 0$)	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)CEO}$	65 45 30	— — —	— — —	V
Collector–Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\ \mu\text{Adc}$)	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)CBO}$	80 50 30	— — —	— — —	V
Emitter–Base Breakdown Voltage ($I_E = 10\ \mu\text{A}, I_C = 0$)	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)EBO}$	6.0 6.0 6.0	— — —	— — —	V
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 70\text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 50\text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 35\text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 30\text{ V}, T_A = 125^\circ\text{C}$)	BC546 BC547 BC548 BC546/547/548	I_{CES}	— — — —	0.2 0.2 0.2 —	15 15 15 4.0	nA μA

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain ($I_C = 10\ \mu\text{A}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	BC547A/548A BC546B/547B/548B BC548C	h_{FE}	— — —	90 150 270	— — —
($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	BC546 BC547 BC548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/BC548C		110 110 110 110 200 420	— — — 180 290 520	450 800 800 220 450 800
($I_C = 100\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	BC547A/548A BC546B/547B/548B BC548C		— — —	120 180 300	— — —
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$) ($I_C = 100\ \text{mA}$, $I_B = 5.0\ \text{mA}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = \text{See Note 1}$)		$V_{CE(\text{sat})}$	— — —	0.09 0.2 0.3	0.25 0.6 0.6
Base–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$)		$V_{BE(\text{sat})}$	—	0.7	—
Base–Emitter On Voltage ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)		$V_{BE(\text{on})}$	0.55 —	— —	0.7 0.77
SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS					
Current–Gain — Bandwidth Product ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $f = 100\ \text{MHz}$)	BC546 BC547 BC548	f_T	150 150 150	300 300 300	— — —
Output Capacitance ($V_{CB} = 10\ \text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\ \text{MHz}$)		C_{obo}	—	1.7	4.5
Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5\ \text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\ \text{MHz}$)		C_{ibo}	—	10	—
Small–Signal Current Gain ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $f = 1.0\ \text{kHz}$)	BC546 BC547/548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/548C	h_{fe}	125 125 125 240 450	— — 220 330 600	500 900 260 500 900
Noise Figure ($I_C = 0.2\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $R_S = 2\ \text{k}\Omega$, $f = 1.0\ \text{kHz}$, $\Delta f = 200\ \text{Hz}$)	BC546 BC547 BC548	NF	— — —	2.0 2.0 2.0	10 10 10

Note 1: I_B is value for which $I_C = 11\ \text{mA}$ at $V_{CE} = 1.0\ \text{V}$.

ANEXO 4: NTE 3120

NTE3120

Silicon NPN Phototransistor Detector

Features:

- High Sensitivity
- GaAs LED–Wide Spectral Range, with GaAs LED.
- Low Dark Current
- Side–View Plastic Package

Absolute Maximum Ratings: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Collector–Emitter Voltage, V_{CEO}	20V
Emitter–Collector Voltage, V_{ECO}	5V
Collector Current, I_C	20mA
Collector Dissipation P_C	100mW
Operating Temperature Range, T_{opr}	-25° to $+85^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, T_{stg}	-30° to $+100^\circ\text{C}$

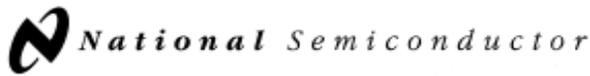
Electro–Optical Characteristics: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Dark Current	I_{CEO}	$V_{CE} = 10\text{V}$	–	0.01	1.0	μA
Photo Current	$I_{CE(L)}$	$V_{CE} = 10\text{V}$, L = 500 1x, Note 1	1	3	–	mA
Peak Sensitivity Wavelength	λ_P	$V_{CE} = 10\text{V}$	–	800	–	nm
Acceptance Half Angle	θ	Note 2	–	35	–	deg
Rise Time	t_r	$V_{CC} = 10\text{V}$, $I_{CE(L)} = 5\text{mA}$, $R_L = 100\Omega$	–	4	10	μs
Fall Time	t_f		–	4	10	μs
Collector–Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_{CE(L)} = 1\text{mA}$, L = 1000 1x, Note 1	–	0.2	0.5	V

Note 1. Source: Tungsten 2856 °K.

Note 2. The angle when the light current is halved.

ANEXO 5: TL082



April 1998

TL082 Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier

General Description

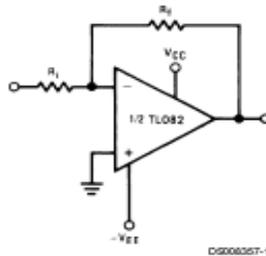
These devices are low cost, high speed, dual JFET input operational amplifiers with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). They require low supply current yet maintain a large gain bandwidth product and fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The TL082 is pin compatible with the standard LM1558 allowing designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM1558 and most LM358 designs.

These amplifiers may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample and hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The devices also exhibit low noise and offset voltage drift.

Features

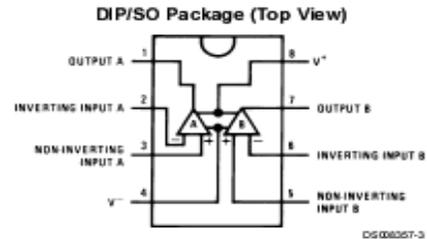
- Internally trimmed offset voltage: 15 mV
- Low input bias current: 50 pA
- Low input noise voltage: 16nV/√Hz
- Low input noise current: 0.01 pA/√Hz
- Wide gain bandwidth: 4 MHz
- High slew rate: 13 V/μs
- Low supply current: 3.6 mA
- High input impedance: 10¹²Ω
- Low total harmonic distortion A_v = 10; < 0.02%
R_L = 10k, V_O = 20 Vp-p, BW = 20 Hz-20 kHz
- Low 1/f noise corner: 50 Hz
- Fast settling time to 0.01%: 2 μs

Typical Connection



DS008357-1

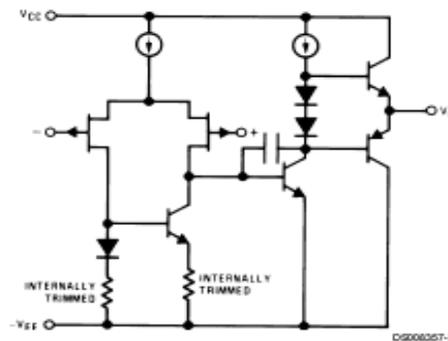
Connection Diagram



DS008357-3

Order Number TL082CM or TL082CP
See NS Package Number M08A or N08E

Simplified Schematic



DS008357-2

BI-FET II™ is a trademark of National Semiconductor Corp.

TL082 Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier

Absolute Maximum Ratings (Note 1)		Input Voltage Range (Note 3)		±15V		
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.		Output Short Circuit Duration		Continuous		
Supply Voltage		Storage Temperature Range		-65°C to +150°C		
Power Dissipation (Note 2)		Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)		260°C		
Operating Temperature Range		ESD rating to be determined.				
$T_{j(MAX)}$		Note 1: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.				
Differential Input Voltage						
DC Electrical Characteristics (Note 5)						
Symbol	Parameter	Conditions	TL082C			Units
			Min	Typ	Max	
V_{OS}	Input Offset Voltage	$R_S = 10\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ Over Temperature		5	15	mV
					20	mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Average TC of Input Offset Voltage	$R_S = 10\text{ k}\Omega$		10		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_{OS}	Input Offset Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$, (Notes 5, 6) $T_j \leq 70^\circ\text{C}$		25	200	pA
					4	nA
I_B	Input Bias Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$, (Notes 5, 6) $T_j \leq 70^\circ\text{C}$		50	400	pA
					8	nA
R_{IN}	Input Resistance	$T_j = 25^\circ\text{C}$		10^{12}		Ω
A_{VOL}	Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_O = \pm 10\text{V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$ Over Temperature	25	100		V/mV
			15			V/mV
V_O	Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15\text{V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$	±12	±13.5		V
V_{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	$V_S = \pm 15\text{V}$	±11	+15		V
				-12		V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 7)	70	100		dB
I_S	Supply Current			3.6	5.6	mA
AC Electrical Characteristics (Note 5)						
Symbol	Parameter	Conditions	TL082C			Units
			Min	Typ	Max	
	Amplifier to Amplifier Coupling	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $f = 1\text{Hz}-20\text{ kHz}$ (Input Referred)		-120		dB
SR	Slew Rate	$V_S = \pm 15\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	8	13		V/ μs
GBW	Gain Bandwidth Product	$V_S = \pm 15\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		4		MHz
e_n	Equivalent Input Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_S = 100\Omega$, $f = 1000\text{ Hz}$		25		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
i_n	Equivalent Input Noise Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$, $f = 1000\text{ Hz}$		0.01		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
<p>Note 2: For operating at elevated temperature, the device must be derated based on a thermal resistance of 115°C/W junction to ambient for the N package.</p> <p>Note 3: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.</p> <p>Note 4: The power dissipation limit, however, cannot be exceeded.</p> <p>Note 5: These specifications apply for $V_S = \pm 15\text{V}$ and $0^\circ\text{C} < T_A < +70^\circ\text{C}$. V_{OS}, I_B and I_{OS} are measured at $V_{CM} = 0$.</p> <p>Note 6: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_j. Due to the limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D. $T_j = T_A + \theta_{JA} P_D$ where θ_{JA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.</p> <p>Note 7: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice. $V_S = \pm 6\text{V}$ to $\pm 15\text{V}$.</p>						

ANEXO 6: MAX 232

19-4323; Rev 16; 7/10



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5 μ W. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multidrop RS-232 Networks

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

Next-Generation Device Features

- ◆ For Low-Voltage, Integrated ESD Applications
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/
MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to
1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four
0.1 μ F External Capacitors (MAX3246E Available
in a UCSP™ Package)
- ◆ For Low-Cost Applications
MAX221E: $\pm 15kV$ ESD-Protected, +5V, 1 μ A,
Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE+	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE+	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE+	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE+	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE+	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE+	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

+ Denotes a lead(Pb)-free/RoHS-compliant package.

* Contact factory for dice specifications.

Ordering Information continued at end of data sheet.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μ F)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047/0.33	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(Voltages referenced to GND.)

V _{CC}	-0.3V to +6V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C).....	696mW
V ₊ (Note 1).....	(V _{CC} - 0.3V) to +14V	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
V ₋ (Note 1).....	+0.3V to -14V	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
Input Voltages		20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
T _{IN}	-0.3V to (V _{CC} - 0.3V)	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C).....	640mW
R _{IN} (Except MAX220).....	±30V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
R _{IN} (MAX220).....	±25V	18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....	842mW
T _{OUT} (Except MAX220) (Note 2).....	±15V	Operating Temperature Ranges	
T _{OUT} (MAX220).....	±13.2V	MAX2_ _AC_ _ MAX2_ _C_ _.....	0°C to +70°C
Output Voltages		MAX2_ _AE_ _ MAX2_ _E_ _.....	-40°C to +85°C
T _{OUT}	±15V	MAX2_ _AM_ _ MAX2_ _M_ _.....	-55°C to +125°C
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	Storage Temperature Range.....	
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND.....		Continuous	
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		Lead Temperature (soldering, 10s).....	
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....	842mW	Soldering Temperature (reflow)	
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	888mW	20 PDIP (P20M+1).....	
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C).....	640mW	All other lead(Pb)-free packages.....	
		All other packages containing lead(Pb).....	

Note 1: For the MAX220, V₊ and V₋ can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Note 2: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, V_{SHDN} or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond 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 beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ± 10%, C1–C4 = 0.1μF, MAX220, C1 = 0.047μF, C2–C4 = 0.33μF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±8		V	
Input Logic-Low Voltage			1.4	0.8	V	
Input Logic-High Voltage	All devices except MAX220	2	1.4		V	
	MAX220: V _{CC} = +5.0V	2.4				
Logic Pullup/Input Current	All except MAX220, normal operation		5	40	μA	
	V _{SHDN} = 0V, MAX222/MAX242, shutdown, MAX220		±0.01	±1		
Output Leakage Current	V _{CC} = +5.5V, V _{SHDN} = 0V, V _{OUT} = ±15V, MAX222/MAX242		±0.01	±10	μA	
	V _{CC} = V _{SHDN} = 0V	V _{OUT} = ±15V		±0.01		±10
		MAX220, V _{OUT} = ±12V				±25
Data Rate			200	116	kbps	
Transmitter Output Resistance	V _{CC} = V ₊ = V ₋ = 0V, V _{OUT} = ±2V	300	10M		Ω	
Output Short-Circuit Current	V _{OUT} = 0V	V _{OUT} = 0V	±7	±22	mA	
		MAX220		±60		
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range				±30	V	
	MAX220			±25		
RS-232 Input Threshold Low	V _{CC} = +5V	All except MAX243 R2IN	0.8	1.3	V	
		MAX243 R2IN (Note 4)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V _{CC} = +5V	All except MAX243 R2IN		1.8	2.4	V
		MAX243 R2IN (Note 4)		-0.5	-0.1	

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

($V_{CC} = +5V \pm 10\%$, $C1-C4 = 0.1\mu F$, MAX220, $C1 = 0.047\mu F$, $C2-C4 = 0.33\mu F$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.) (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX220/MAX243, $V_{CC} = +5V$, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
	MAX220		0.3			
	MAX243		1			
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ C$ (MAX220)		3	5	7	$k\Omega$
			3	5	7	
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 3.2mA$		0.2			V
	$I_{OUT} = 1.6mA$ (MAX220)		0.4			
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1.0mA$		3.5	$V_{CC} - 0.2$		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing $V_{OUT} = V_{GND}$		-2	-10		mA
	Sinking $V_{OUT} = V_{CC}$		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	$V_{SHDN} = V_{CC}$ or $V_{EN} = V_{CC}$ ($V_{SHDN} = 0V$ for MAX222), $0V \leq V_{OUT} \leq V_{CC}$		± 0.05		± 10	μA
EN Input Threshold Low	MAX242		1.4		0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Supply Voltage Range			4.5	5.5		V
V_{CC} Supply Current ($V_{SHDN} = V_{CC}$). Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220	0.5		2	mA
		MAX222/MAX232A/MAX233A/ MAX242/MAX243	4		10	
	3k Ω load both inputs	MAX220	12			
		MAX222/MAX232A/MAX233A/ MAX242/MAX243	15			
Shutdown Supply Current	MAX222/ MAX242	$T_A = +25^\circ C$	0.1	10		μA
		$T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$	2	50		
		$T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$	2	50		
		$T_A = -55^\circ C$ to $+125^\circ C$	35	100		
SHDN Input Leakage Current	MAX222/MAX242				± 1	μA
SHDN Threshold Low	MAX222/MAX242		1.4		0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/MAX242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	$Q_L = 50pF$ to $2500pF$, $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$, $V_{CC} = +5V$, $T_A = +25^\circ C$, measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$	MAX222/MAX232A/ MAX233/MAX242/MAX243	6	12	30	V/ μs
		MAX220	1.5	3	30.0	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation)	t_{PHLT} , Figure 1	MAX222/MAX232A/ MAX233/MAX242/MAX243	1.3	3.5		μs
		MAX220	4	10		
	t_{PLHT} , Figure 1	MAX222/MAX232A/ MAX233/MAX242/MAX243	1.5	3.5		
		MAX220	5	10		

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

($V_{CC} = +5V \pm 10\%$, $C1-C4 = 0.1\mu F$, MAX220, $C1 = 0.047\mu F$, $C2-C4 = 0.33\mu F$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.) (Note 3)

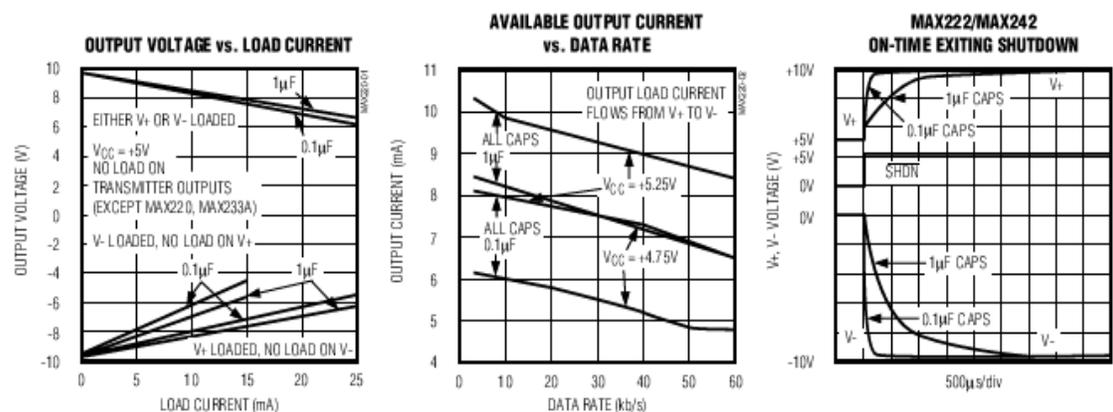
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation)	t_{FHLR} , Figure 2	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		0.5	1	μs
		MAX220		0.6	3	
	t_{FLHR} , Figure 2	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown)	t_{FHLs} , Figure 2	MAX242		0.5	10	μs
	t_{FLs} , Figure 2	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time	t_{ER}	MAX242, Figure 3		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time	t_{DR}	MAX242, Figure 3		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN Goes High)	t_{ET}	MAX222/MAX242, 0.1 μF caps (includes charge-pump start-up), Figure 4		250		μs
Transmitter-Output Disable Time (SHDN Goes Low)	t_{DT}	MAX222/MAX242, 0.1 μF caps, Figure 4		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{FHLT} - t_{PLHT}$	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{FHLR} - t_{PLHR}$	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243		100		ns
		MAX220		225		

Note 3: All units are production tested at hot. Specifications over temperature are guaranteed by design.

Note 4: MAX243 R2OUT is guaranteed to be low when R2IN $\geq 0V$ or is unconnected.

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

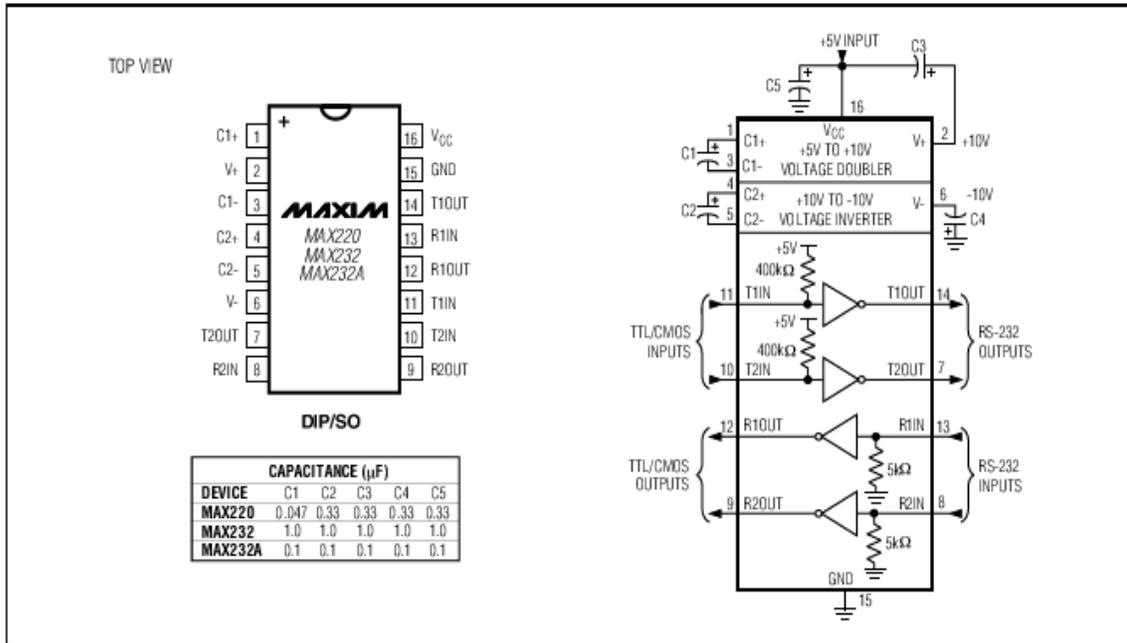


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

ANEXO 7: 78L12



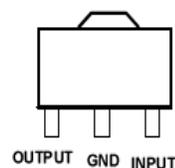
78L12

Positive-Voltage Regulators

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 100 mA
- No External Components
- Internal Thermal-Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Direct Replacements for Fairchild μ A78L12 Series

description

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition, they can be used with power-pass elements to make high-current voltage regulators. One of these regulators can deliver up to 100 mA of output current. The internal limiting and thermal-shutdown features of these regulators make them essentially immune to overload. When used as a replacement for a zener diode-resistor combination, an effective improvement in output impedance can be obtained, together with lower bias current.

SOT-89
78L12CPK

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 19V$, $I_O = 40mA$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T ‡	78L12			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage		25°C	11.5	12	12.5	V
	$I_O = 1mA$ to 40mA, $V_I = 14V$ to 27V	Full range	11.4	12	12.6	
	$I_O = 1mA$ to 70 mA	Full range	11.4	12	12.6	
Input voltage regulation	$V_I = 14.5V$ to 27V	25°C		55	250	mV
	$V_I = 16V$ to 27V			49	200	
Ripple rejection	$V_I = 15V$ to 25V, $f = 120$ Hz	25°C	37	42		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1mA$ to 100 mA	25°C		22	100	mV
	$I_O = 1mA$ to 40 mA			13	50	
Output noise voltage	$f = 10$ Hz to 100 kHz	25°C		70		μ V
Dropout voltage		25°C		1.7		V
Bias current		25°C		4.3	6	mA
		125°C			5.5	
Bias current change	$V_I = 16V$ to 27V	Full range			1.5	mA
	$I_O = 1mA$ to 40 mA				0.1	

‡ Pulse-testing techniques maintain T_J as close to T_A as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33- μ F capacitor across the input and a 0.1- μ F capacitor across the output. Full range for the 78L05 is $T_J = 0^\circ C$ to $70^\circ C$

WS 78L12

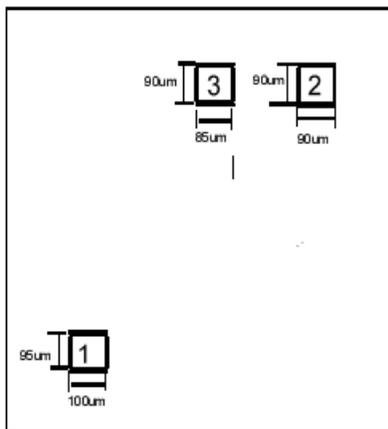
absolute maximum ratings over operating temperature range (unless otherwise noted)

78L12	PARAMETER	UNIT
Input voltage, V_I	35	V
Virtual junction temperature range, T_J	150	°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260	°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65 to 150	°C

recommended operating conditions

78L12	MIN	MAX	UNIT
Input voltage, V_I	8	20	V
Output current, I_O		100	mA
Operating virtual junction temperature, T_J	0	70	°C

Pad Location 78L12



Chip size 1.0 x 1.2 mm

Pad N	Pad Name	X (um)	Y (um)
1	Ground	95	100
2	Input	820	1010
3	Output	535	1015

ANEXO 8: 78L05

DATA SHEET

NEC

BIPOLAR ANALOG INTEGRATED CIRCUIT

μ PC78L00 SERIES

THREE TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

DESCRIPTION

The μ PC78L00 series are monolithic three terminal positive regulators which employ internally current limiting, thermal shut down, output transistor safe area protection make them essentially indestructible.

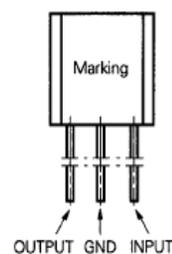
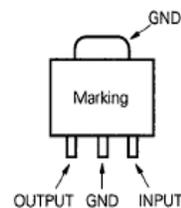
They are intended as fixed voltage regulators in a wide range of application including local on card regulation for elimination of distribution problems associated wide single point regulation.

FEATURES

- Output current in excess of 100 mA.
- Low noise.
- High Ripple Rejection.
- Internal output transistor safe area protection.
- Internal thermal overload protection.
- Internal short circuit current limiting.

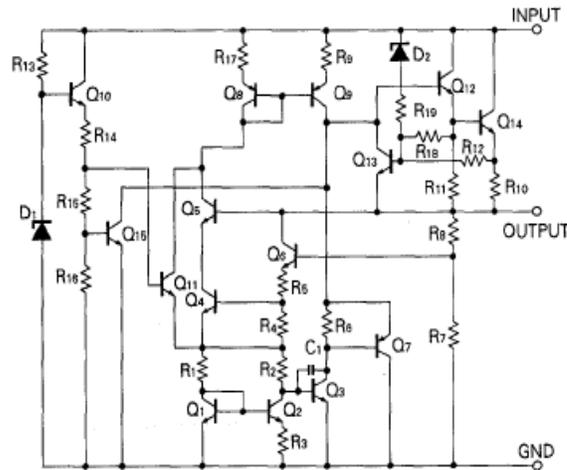
ORDER INFORMATION

Type Number	Output Voltage	Package	Quality Grade
μ PC78L05J	5 V	TO-92	Standard
μ PC78L05T		SOT-89	
μ PC78L06J	6 V	TO-92	
μ PC78L06T		SOT-89	
μ PC78L07J	7 V	TO-92	
μ PC78L07T		SOT-89	
μ PC78L08J	8 V	TO-92	
μ PC78L08T		SOT-89	
μ PC78L10J	10 V	TO-92	
μ PC78L10T		SOT-89	
μ PC78L12J	12 V	TO-92	
μ PC78L12T		SOT-89	
μ PC78L15J	15 V	TO-92	
μ PC78L15T		SOT-89	

CONNECTION DIAGRAM μ PC78L00J Series μ PC78L00T Series

Please refer to "Quality grade on NEC Semiconductor Devices" (Document number IEI-1209) published by NEC Corporation to know the specification of quality grade on the devices and its recommended applications.

EQUIVALENT CIRCUIT

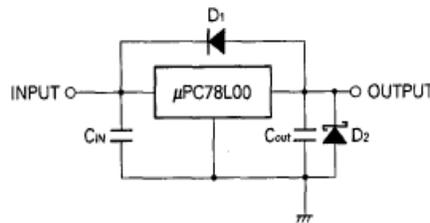


ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_a = 25 °C)

PARAMETER	SYMBOL	RATINGS		UNIT
		μPC78L00J Series	μPC78L00T Series	
Input Voltage	V _{IN}	30/35 (Note1)		V
Internal Power Dissipation	P _T	700	400/2000 (Note2)	mW
Operating Ambient Temperature Range	T _{opt}	-20 to +85		°C
Operating Junction Temperature Range	T _{opt(j)}	-20 to +150		°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-55 to +150		°C
Thermal Resistance (junction to ambient)	R _{th(j-a)}	180	315/62.5 (Note2)	°C/W

(Note 1) μPC78L05, 06, 07, 08 : 30 V, μPC78L10, 12, 15 : 35 V
 (Note 2) with 2.5 cm² × 0.7 mm ceramic substrate

TYPICAL CONNECTION



- C1: Required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter
- C2: More than 0.1 μF
- D1: Needed for V_{IN} < V_O
- D2: Needed for V_O < GND

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TYPE NUMBER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Input Voltage	V_{IN}	$\mu\text{PC78L05}$	7	10	20	V
		$\mu\text{PC78L06}$	8.5	11	21	
		$\mu\text{PC78L07}$	9.5	12	22	
		$\mu\text{PC78L08}$	10.5	14	23	
		$\mu\text{PC78L10}$	12.5	17	25	
		$\mu\text{PC78L12}$	14.5	19	27	
		$\mu\text{PC78L15}$	17.5	23	30	
Output Current	I_o	All	0	40	70	mA
Operating Temperature Range	T_{opt}	All	-20		+85	°C
Operating Junction Temperature Range	$T_{opt(j)}$	All	-20		+125	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $\mu\text{PC78L05}$

($V_{IN} = 10\text{ V}$, $I_o = 40\text{ mA}$, $0\text{ °C} \leq T_j \leq +125\text{ °C}$, $C_{IN} = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 0.1\text{ }\mu\text{F}$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j = 25\text{ °C}$	4.8	5.0	5.2	V
		$7\text{ V} \leq V_{IN} \leq 20\text{ V}$, $1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$	4.75		5.25	
		$V_{IN} = 10\text{ V}$, $1\text{ mA} \leq I_o \leq 70\text{ mA}$	4.75		5.25	
Line Regulation	REG _{IN}	$T_j = 25\text{ °C}$, $7\text{ V} \leq V_{IN} \leq 20\text{ V}$		6	150	mV
		$T_j = 25\text{ °C}$, $8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 20\text{ V}$		4	100	
Load Regulation	REG _L	$T_j = 25\text{ °C}$, $1\text{ mA} \leq I_o \leq 100\text{ mA}$		9	60	mV
		$T_j = 25\text{ °C}$, $1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$		4	30	
Quiescent Current	I_{BIAS}	$T_j = 25\text{ °C}$		2.3	5.5	mA
Quiescent Current Change	ΔI_{BIAS}	$8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 20\text{ V}$, $I_o = 40\text{ mA}$			1.5	mA
		$V_{IN} = 10\text{ V}$, $1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$			0.1	
Output Noise Voltage	V_n	$T_j = 25\text{ °C}$, $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		45	120	$\mu\text{V}_{r.m.s.}$
Ripple Rejection	R · R	$T_j = 25\text{ °C}$, $f = 120\text{ Hz}$, $8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 18\text{ V}$	55	75		dB
Dropout Voltage	V_{DIF}	$T_j = 25\text{ °C}$		1.7		V
Short Circuit Current	I_{ohort}	$T_j = 25\text{ °C}$, $V_{IN} = 20\text{ V}$		88		mA
Peak Output Current	I_{opeak}	$T_j = 25\text{ °C}$	125	160	205	mA
Temperature coefficient of Output Voltage	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o = 5\text{ mA}$		0.4		mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS μ PC78L06(V_{IN} = 11 V, I_o = 40 mA, 0 °C ≤ T_j ≤ + 125 °C, C_{IN} = 0.33 μF, C_{OUT} = 0.1 μF)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	V _o	T _j = 25 °C	5.76	6.0	6.24	V
		8.5 V ≤ V _{IN} ≤ 21 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA	5.70		6.30	
		V _{IN} = 11 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 70 mA	5.70		6.30	
Line Regulation	REG _{IN}	T _j = 25 °C, 8.5 V ≤ V _{IN} ≤ 21 V		6	155	mV
		T _j = 25 °C, 9 V ≤ V _{IN} ≤ 21 V		4	105	
Load Regulation	REG _L	T _j = 25 °C, 1 mA ≤ I _o ≤ 100 mA		10	65	mV
		T _j = 25 °C, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA		4	35	
Quiescent Current	I _{BIAS}	T _j = 25 °C		2.3	5.5	mA
Quiescent Current Change	ΔI _{BIAS}	9 V ≤ V _{IN} ≤ 21 V, I _o = 40 mA			1.5	mA
		V _{IN} = 11 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA			0.1	
Output Noise Voltage	V _n	T _j = 25 °C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz		55	145	μV _{r.m.s.}
Ripple Rejection	R · R	T _j = 25 °C, f = 120 Hz, 9 V ≤ V _{IN} ≤ 19 V	54	75		dB
Dropout Voltage	V _{DIF}	T _j = 25 °C		1.7		V
Short Circuit Current	I _o short	T _j = 25 °C, V _{IN} = 21 V		85		mA
Peak Output Current	I _o peak	T _j = 25 °C	125	160	205	mA
Temperature coefficient of Output Voltage	ΔV _o /ΔT	I _o = 5 mA		0.5		mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS μ PC78L07(V_{IN} = 12 V, I_o = 40 mA, 0 °C ≤ T_j ≤ + 125 °C, C_{IN} = 0.33 μF, C_{OUT} = 0.1 μF)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	V _o	T _j = 25 °C	6.72	7.0	7.28	V
		9.5 V ≤ V _{IN} ≤ 22 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA	6.65		7.35	
		V _{IN} = 12 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 70 mA	6.65		7.35	
Line Regulation	REG _{IN}	T _j = 25 °C, 9.5 V ≤ V _{IN} ≤ 22 V		8	165	mV
		T _j = 25 °C, 10 V ≤ V _{IN} ≤ 22 V		5	115	
Load Regulation	REG _L	T _j = 25 °C, 1 mA ≤ I _o ≤ 100 mA		12	75	mV
		T _j = 25 °C, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA		5	35	
Quiescent Current	I _{BIAS}	T _j = 25 °C		2.3	5.5	mA
Quiescent Current Change	ΔI _{BIAS}	10 V ≤ V _{IN} ≤ 22 V, I _o = 40 mA			1.5	mA
		V _{IN} = 12 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA			0.1	
Output Noise Voltage	V _n	T _j = 25 °C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz		70	180	μV _{r.m.s.}
Ripple Rejection	R · R	T _j = 25 °C, f = 120 Hz, 10 V ≤ V _{IN} ≤ 20 V	52	74		dB
Dropout Voltage	V _{DIF}	T _j = 25 °C		1.7		V
Short Circuit Current	I _o short	T _j = 25 °C, V _{IN} = 22 V		83		mA
Peak Output Current	I _o peak	T _j = 25 °C	125	160	205	mA
Temperature coefficient of Output Voltage	ΔV _o /ΔT	I _o = 5 mA		0.6		mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS μ PC78L08 $(V_{IN} = 14\text{ V}, I_o = 40\text{ mA}, 0\text{ }^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125\text{ }^\circ\text{C}, C_{IN} = 0.33\text{ }\mu\text{F}, C_{OUT} = 0.1\text{ }\mu\text{F})$

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	7.7	8.0	8.3	V
		$10.5\text{ V} \leq V_{IN} \leq 23\text{ V}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$	7.6		8.4	
		$V_{IN} = 14\text{ V}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 70\text{ mA}$	7.6		8.4	
Line Regulation	REG _{IN}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 10.5\text{ V} \leq V_{IN} \leq 23\text{ V}$		10	175	mV
		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 11\text{ V} \leq V_{IN} \leq 23\text{ V}$		6	125	
Load Regulation	REG _L	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 100\text{ mA}$		14	80	mV
		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$		6	40	
Quiescent Current	I _{BIAS}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		2.4	5.5	mA
Quiescent Current Change	ΔI_{BIAS}	$12\text{ V} \leq V_{IN} \leq 23\text{ V}, I_o = 40\text{ mA}$			1.5	mA
		$V_{IN} = 14\text{ V}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$			0.1	
Output Noise Voltage	V_n	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		85	190	$\mu\text{V}_{r.m.s.}$
Ripple Rejection	R - R	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, f = 120\text{ Hz}, 12\text{ V} \leq V_{IN} \leq 22\text{ V}$	51	73		dB
Dropout Voltage	V_{DIF}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		1.7		V
Short Circuit Current	I_{short}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, V_{IN} = 23\text{ V}$		80		mA
Peak Output Current	I_{Opeak}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	125	160	205	mA
Temperature coefficient of Output Voltage	$\Delta V_o / \Delta T$	$I_o = 5\text{ mA}$		0.6		mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS μ PC78L10 $(V_{IN} = 17\text{ V}, I_o = 40\text{ mA}, 0\text{ }^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125\text{ }^\circ\text{C}, C_{IN} = 0.33\text{ }\mu\text{F}, C_{OUT} = 0.1\text{ }\mu\text{F})$

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	9.6	10	10.4	V
		$12.5\text{ V} \leq V_{IN} \leq 25\text{ V}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$	9.5		10.5	
		$V_{IN} = 17\text{ V}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 70\text{ mA}$	9.5		10.5	
Line Regulation	REG _{IN}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 12.5\text{ V} \leq V_{IN} \leq 25\text{ V}$		12	200	mV
		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 13\text{ V} \leq V_{IN} \leq 25\text{ V}$		8	150	
Load Regulation	REG _L	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 100\text{ mA}$		18	90	mV
		$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$		8	45	
Quiescent Current	I _{BIAS}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		2.5	5.5	mA
Quiescent Current Change	ΔI_{BIAS}	$13\text{ V} \leq V_{IN} \leq 25\text{ V}, I_o = 40\text{ mA}$			1.5	mA
		$V_{IN} = 17\text{ V}, 1\text{ mA} \leq I_o \leq 40\text{ mA}$			0.1	
Output Noise Voltage	V_n	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, 10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		100	230	$\mu\text{V}_{r.m.s.}$
Ripple Rejection	R - R	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, f = 120\text{ Hz}, 14\text{ V} \leq V_{IN} \leq 24\text{ V}$	49	69		dB
Dropout Voltage	V_{DIF}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		1.7		V
Short Circuit Current	I_{short}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}, V_{IN} = 25\text{ V}$		70		mA
Peak Output Current	I_{Opeak}	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	125	160	205	mA
Temperature coefficient of Output Voltage	$\Delta V_o / \Delta T$	$I_o = 5\text{ mA}$		0.8		mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS μ PC78L12(V_{IN} = 19 V, I_o = 40 mA, 0 °C ≤ T_j ≤ + 125 °C, C_{IN} = 0.33 μF, C_{OUT} = 0.1 μF)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	V _o	T _j = 25 °C	11.5	12	12.5	V
		14 V ≤ V _{IN} ≤ 27 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA	11.4		12.6	
		V _{IN} = 19 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 70 mA	11.4		12.6	
Line Regulation	REG _{IN}	T _j = 25 °C, 14.5 V ≤ V _{IN} ≤ 27 V		14	250	mV
		T _j = 25 °C, 16 V ≤ V _{IN} ≤ 27 V		10	200	
Load Regulation	REG _L	T _j = 25 °C, 1 mA ≤ I _o ≤ 100 mA		20	100	mV
		T _j = 25 °C, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA		10	50	
Quiescent Current	I _{BIAS}	T _j = 25 °C		2.6	5.5	mA
Quiescent Current Change	ΔI _{BIAS}	16 V ≤ V _{IN} ≤ 27 V, I _o = 40 mA			1.5	mA
		V _{IN} = 19 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA			0.1	
Output Noise Voltage	V _n	T _j = 25 °C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz		115	280	μV _{r.m.s.}
Ripple Rejection	R · R	T _j = 25 °C, f = 120 Hz, 15 V ≤ V _{IN} ≤ 25 V	47	66		dB
Dropout Voltage	V _{DIF}	T _j = 25 °C		1.7		V
Short Circuit Current	I _o short	T _j = 25 °C, V _{IN} = 27 V		64		mA
Peak Output Current	I _o peak	T _j = 25 °C	125	160	205	mA
Temperature coefficient of Output Voltage	ΔV _o /ΔT	I _o = 5 mA		1.1		mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS μ PC78L15(V_{IN} = 23 V, I_o = 40 mA, 0 °C ≤ T_j ≤ + 125 °C, C_{IN} = 0.33 μF, C_{OUT} = 0.1 μF)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	V _o	T _j = 25 °C	14.4	15	15.6	V
		17.5 V ≤ V _{IN} ≤ 30 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA	14.25		15.75	
		V _{IN} = 23 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 70 mA	14.25		15.75	
Line Regulation	REG _{IN}	T _j = 25 °C, 17.5 V ≤ V _{IN} ≤ 30 V		18	300	mV
		T _j = 25 °C, 20 V ≤ V _{IN} ≤ 30 V		13	250	
Load Regulation	REG _L	T _j = 25 °C, 1 mA ≤ I _o ≤ 100 mA		25	150	mV
		T _j = 25 °C, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA		12	75	
Quiescent Current	I _{BIAS}	T _j = 25 °C		2.7	5.5	mA
Quiescent Current Change	ΔI _{BIAS}	20 V ≤ V _{IN} ≤ 30 V, I _o = 40 mA			1.5	mA
		V _{IN} = 23 V, 1 mA ≤ I _o ≤ 40 mA			0.1	
Output Noise Voltage	V _n	T _j = 25 °C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz		135	350	μV _{r.m.s.}
Ripple Rejection	R · R	T _j = 25 °C, f = 120 Hz, 18.5 V ≤ V _{IN} ≤ 28.5 V	45	61		dB
Dropout Voltage	V _{DIF}	T _j = 25 °C		1.7		V
Short Circuit Current	I _o short	T _j = 25 °C, V _{IN} = 30 V		53		mA
Peak Output Current	I _o peak	T _j = 25 °C	125	160	205	mA
Temperature coefficient of Output Voltage	ΔV _o /ΔT	I _o = 5 mA		1.4		mV/°C

PRACTICAS PROPUESTAS

PRÁCTICA N° 1

Tema: Alineación del Haz del Láser

Objetivos:

- ✓ Familiarizar al estudiante con la tecnología láser y sus parámetros.
- ✓ Conocer el funcionamiento del Sistema de Comunicación Láser, a través de la observación y análisis del ángulo de desviación.

Marco Teórico:

El problema de alinear el transmisor con el receptor puede resultar en una tarea difícil cuando se trate de una distancia considerable; aunque el láser emite un pequeño brillo rojo, la iluminación visible no es lo bastante como para verla a plena luz del día. Mirar directamente al láser durante cualquier instante de tiempo es decididamente una mala idea, por razones de protección para la retina del ojo.

Cuanto más cerca se realice el enlace entre los dos PC's, menor será el diámetro del haz de láser, además mientras más difusa sea la luz resultante, más complejo será realizar el alineamiento entre el transmisor y receptor; por la cantidad de energía repartido alrededor del receptor, que puede no ser suficiente para reconocer el dato.

Para calcular el ángulo de desviación, se puede emplear la fórmula siguiente:

$$\text{Tan Angulo de Desviación} = \frac{\text{Desviación en metros}}{\text{Distancia del Receptor (m)}}$$

Ecuación N° 1. 1 Ángulo de desviación

Procedimiento:

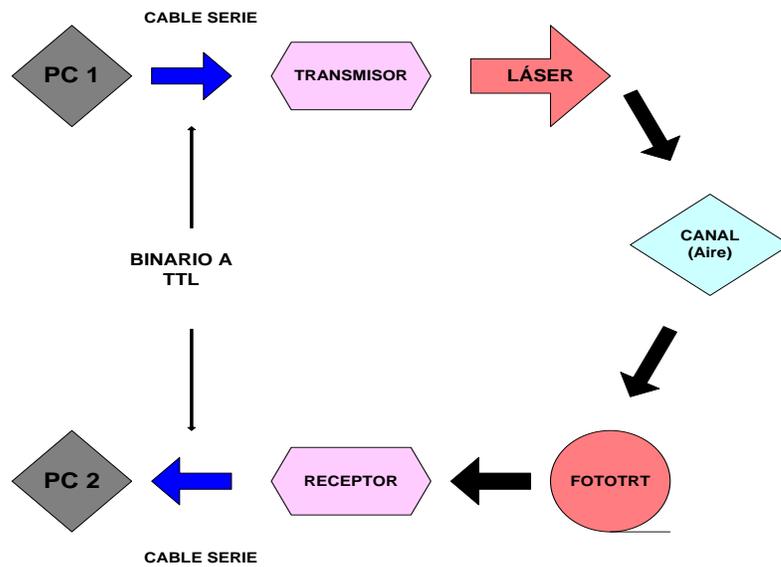
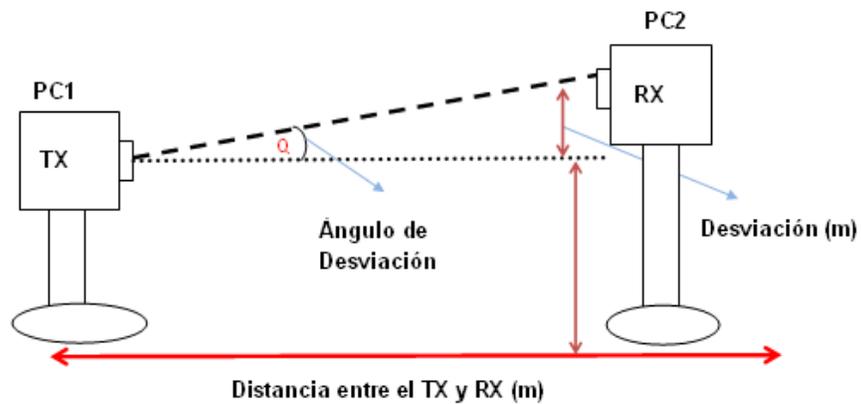


Figura Nº 1. 1 Sistema de Comunicación

- ✓ Conectar el equipo tal como se muestra en la Figura. 1.1.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes distancias expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Alinear el transmisor al receptor
- ✓ Medir el punto cero para obtener la desviación en metros como se indica en la figura.



- ✓ Registrar los datos en la siguiente tabla.
- ✓ Calcular el ángulo de desviación.

Tabla N° 1. 1 Cálculos del ángulo de desviación

DISTANCIA ENTRE EL TRANSMISOR Y RECEPTOR	DESVIACION (m)	ÁNGULO DE DESVIACIÓN
1.5 m		
2.5 m		
3.5 m		

Conclusiones y Recomendaciones:

PRÁCTICA N° 2

Tema: Tiempo de Recepción

Objetivos:

- ✓ Familiarizar al estudiante con la tecnología láser y sus parámetros.
- ✓ Conocer el funcionamiento del Sistema de Comunicación Láser, observando y analizando el tiempo que tarda en llegar la información al receptor.

Marco Teórico:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Tamaño del archivo (Bytes)}}{\text{Velocidad de Recepción (Bytes/seg)}}$$

Ecuación N° 2. 1 Tiempo de Recepción

Procedimiento:

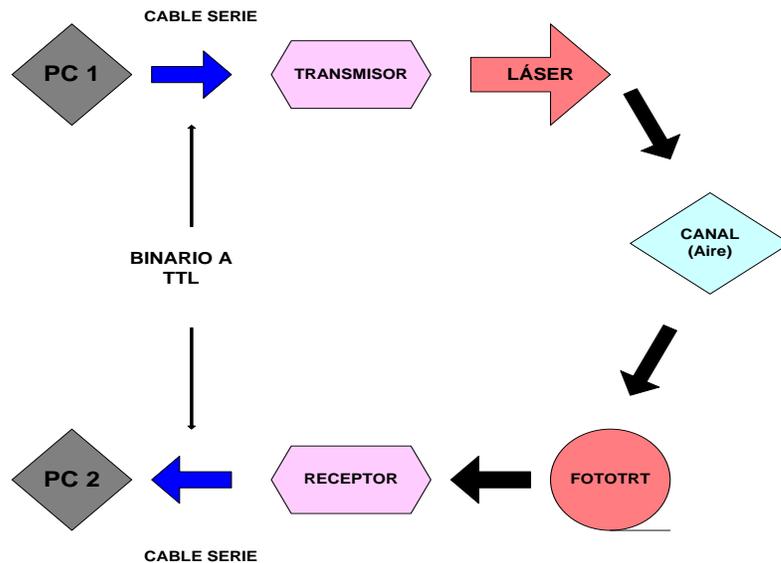


Figura N° 2. 1 Sistema de Comunicación

- ✓ Conectar el equipo tal como se muestra en la Figura. 2.1.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes distancias expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Alinear el transmisor al receptor a un metro.
- ✓ Registrar los datos en la siguiente tabla.
- ✓ Calcular el tiempo de Recepción, con la fórmula 2.1
- ✓ Con ayuda de un cronómetro determinar el tiempo y anotarlo.

Tabla Nº 2. 1 Cálculos del tiempo de Recepción

TAMAÑO DEL ARCHIVO	VELOCIDAD DE RECEPCIÓN	TIEMPO CALCULADO	TIEMPO MEDIDO
58Bytes	1200		
58Bytes	2400		
58Bytes	4800		

Conclusiones y Recomendaciones:

PRÁCTICA N° 3

Tema: Alineación del Haz del Láser

Objetivos:

- ✓ Familiarizar al estudiante con la tecnología láser y sus parámetros.
- ✓ Conocer el funcionamiento del Sistema de Comunicación Láser, a través de la observación y análisis del ángulo de desviación.

Marco Teórico:

El problema de alinear el transmisor con el receptor puede resultar en una tarea difícil cuando se trate de una distancia considerable; aunque el láser emite un pequeño brillo rojo, la iluminación visible no es lo bastante como para verla a plena luz del día. Mirar directamente al láser durante cualquier instante de tiempo es decididamente una mala idea, por razones de protección para la retina del ojo.

Cuanto más cerca se realice el enlace entre los dos PC's, menor será el diámetro del haz de láser, además mientras más difusa sea la luz resultante, más complejo será realizar el alineamiento entre el transmisor y receptor; por la cantidad de energía repartido alrededor del receptor, que puede no ser suficiente para reconocer el dato.

Para calcular el ángulo de desviación, se puede emplear la fórmula siguiente:

$$\text{Tan Angulo de Desviación} = \frac{\text{Desviación en metros}}{\text{Distancia del Receptor (m)}}$$

Ecuación N° 3. 1 Ángulo de desviación

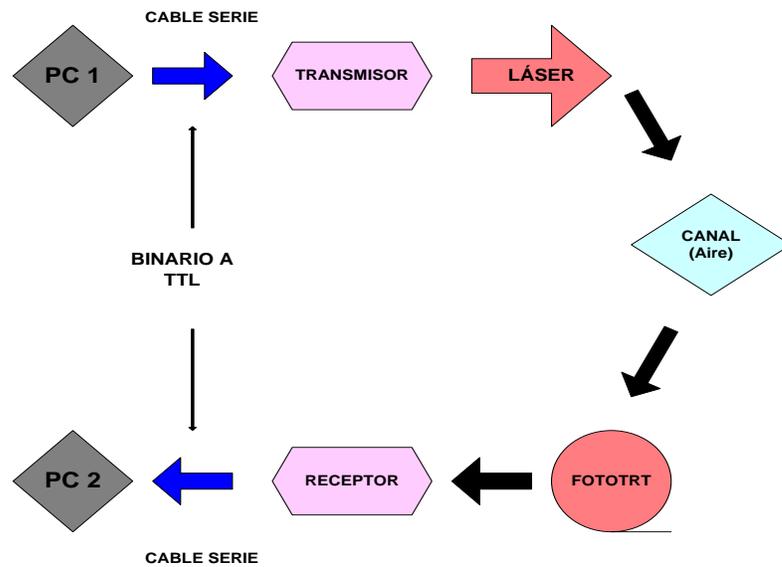
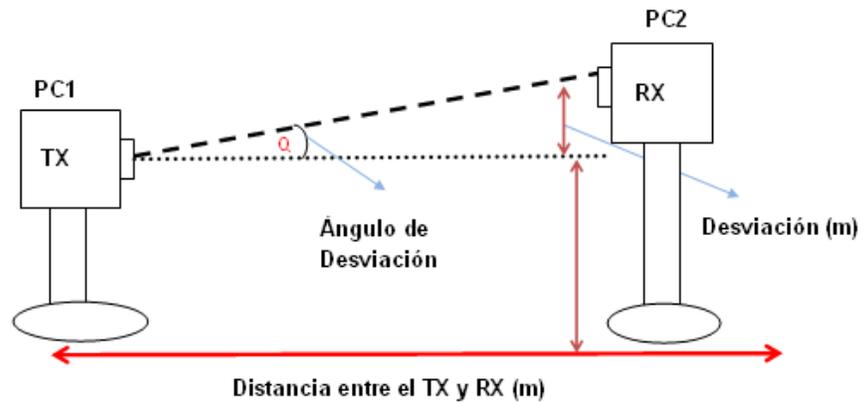
Procedimiento:

Figura Nº 3. 1 Sistema de Comunicación

- ✓ Conectar el equipo tal como se muestra en la Figura. 3.1.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes distancias expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Alinear el transmisor al receptor
- ✓ Medir el punto cero para obtener la desviación en metros como se indica en la figura.



- ✓ Registrar los datos en la siguiente tabla.
- ✓ Calcular el ángulo de desviación.

Tabla N° 3. 1 Cálculos del ángulo de desviación

DESVIACION (cm)	DISTANCIA ENTRE EL TRANSMISOR Y RECEPTOR	ÁNGULO DE DESVIACIÓN
1.5 cm		
2 cm		
2.5 cm		

Conclusiones y Recomendaciones:

PRÁCTICA N° 4

Tema: Tiempo de Recepción

Objetivos:

- ✓ Familiarizar al estudiante con la tecnología láser y sus parámetros.
- ✓ Conocer el funcionamiento del Sistema de Comunicación Láser, observando y analizando el tiempo que tarda en llegar la información al receptor.

Marco Teórico:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Tamaño del archivo (Bytes)}}{\text{Velocidad de Recepción(Bytes/seg)}}$$

Ecuación N° 4. 1 Tiempo de Recepción

Procedimiento:

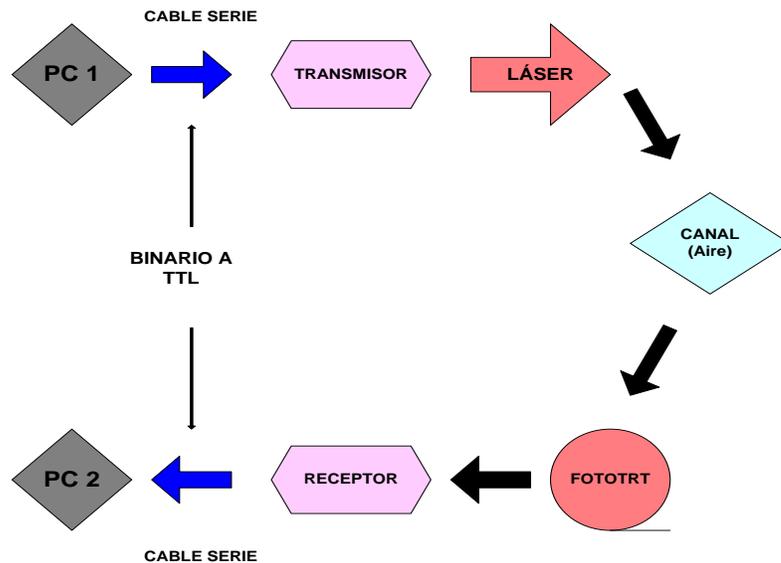


Figura N° 4. 1 Sistema de Comunicación

- ✓ Conectar el equipo tal como se muestra en la Figura. 4.1.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes distancias expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Alinear el transmisor al receptor a un metros y dos metros.
- ✓ Registrar los datos en la siguiente tabla.
- ✓ Calcular el tiempo de Recepción, con la fórmula 4.1
- ✓ Con ayuda de un cronómetro determinar el tiempo y anotarlo.

Tabla N° 4. 1 Cálculos del tiempo de Recepción (2 m)

VELOCIDAD DE RECEPCIÓN	TAMAÑO DEL ARCHIVO	TIEMPO CALCULADO	TIEMPO MEDIDO
1200	0Bytes		
2400	2Bytes		
4800	4Bytes		

Tabla N° 4. 2 Cálculos del tiempo de Recepción (3 m)

VELOCIDAD DE RECEPCIÓN	TAMAÑO DEL ARCHIVO	TIEMPO CALCULADO	TIEMPO MEDIDO
1200	0Bytes		
2400	2Bytes		
4800	4Bytes		

Conclusiones y Recomendaciones:

PRÁCTICA N° 5

Tema: Alineación del Haz del Láser

Objetivos:

- ✓ Familiarizar al estudiante con la tecnología láser y sus parámetros.
- ✓ Conocer el funcionamiento del Sistema de Comunicación Láser, a través de la observación y análisis del ángulo de desviación.

Marco Teórico:

El problema de alinear el transmisor con el receptor puede resultar en una tarea difícil cuando se trate de una distancia considerable; aunque el láser emite un pequeño brillo rojo, la iluminación visible no es lo bastante como para verla a plena luz del día. Mirar directamente al láser durante cualquier instante de tiempo es decididamente una mala idea, por razones de protección para la retina del ojo.

Cuanto más cerca se realice el enlace entre los dos PC's, menor será el diámetro del haz de láser, además mientras más difusa sea la luz resultante, más complejo será realizar el alineamiento entre el transmisor y receptor; por la cantidad de energía repartido alrededor del receptor, que puede no ser suficiente para reconocer el dato.

Para calcular el ángulo de desviación, se puede emplear la fórmula siguiente:

$$\text{Tan Angulo de Desviación} = \frac{\text{Desviación en metros}}{\text{Distancia del Receptor (m)}}$$

Ecuación N° 5. 1 Ángulo de desviación

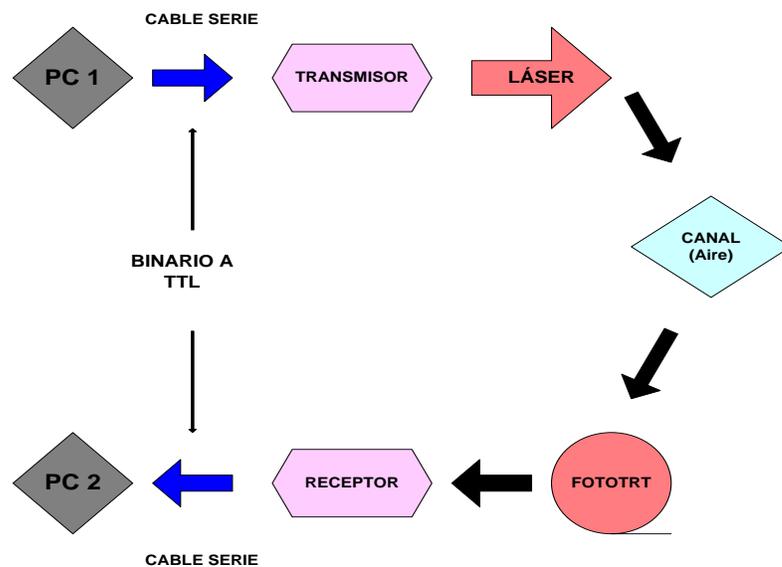
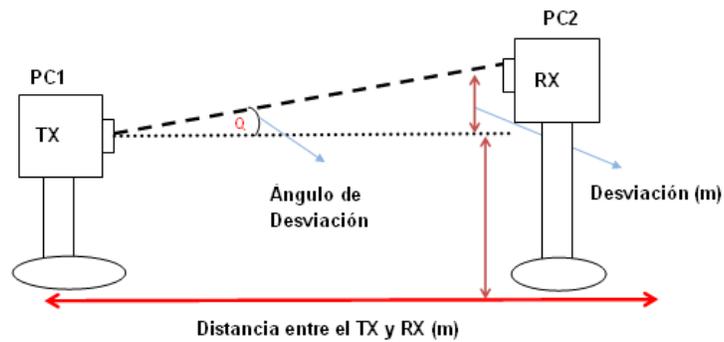
Procedimiento:

Figura Nº 5. 1 Sistema de Comunicación

- ✓ Conectar el equipo tal como se muestra en la Figura. 5.1.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes desviaciones expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes distancias expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Alinear el transmisor al receptor
- ✓ Medir el punto cero para obtener la desviación en metros como se indica en la figura.



- ✓ Registrar los datos en la siguiente tabla.
- ✓ Calcular el ángulo de desviación.

Tabla N° 5. 1 Cálculos del ángulo de desviación

DESVIACION (cm)	DISTANCIA ENTRE EL TRANSMISOR Y RECEPTOR	ÁNGULO DE DESVIACIÓN
1.2 cm		
1.8 cm		
2.6 cm		

Tabla N° 5. 2 Cálculos del ángulo de desviación

DISTANCIA ENTRE EL TRANSMISOR Y RECEPTOR	DESVIACION (cm)	ÁNGULO DE DESVIACIÓN
1.20 m		
1.80 m		
2.6 m		

Conclusiones y Recomendaciones:

PRÁCTICA N° 6

Tema: Tamaño del archivo

Objetivos:

- ✓ Familiarizar al estudiante con la tecnología láser y sus parámetros.
- ✓ Conocer el funcionamiento del Sistema de Comunicación Láser, observando y analizando el tiempo que tarda en llegar la información al receptor.

Marco Teórico:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Tamaño del archivo (Bytes)}}{\text{Velocidad de Recepción (Bytes/seg)}}$$

Ecuación N° 6. 1 Tiempo de Recepción

Procedimiento:

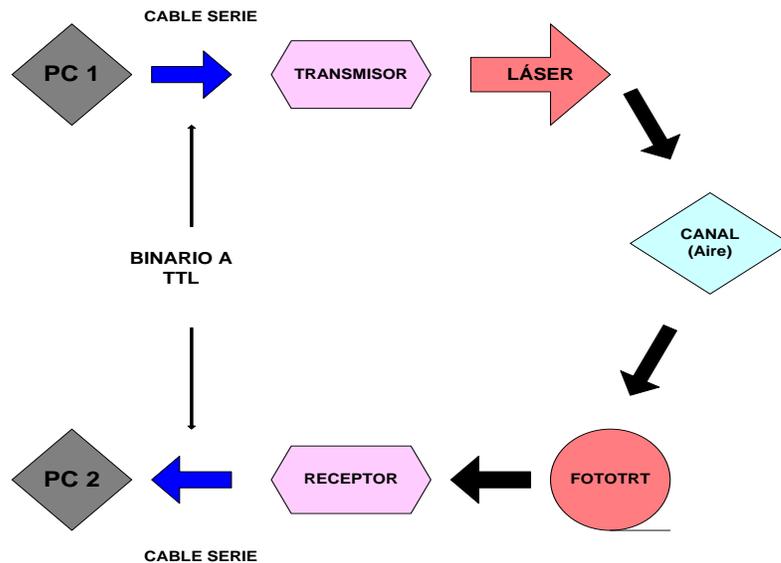


Figura N° 6. 1 Sistema de Comunicación

- ✓ Conectar el equipo tal como se muestra en la Figura. 6.1.
- ✓ Fijar los dos equipos a las diferentes distancias expuestas en el siguiente ítem.
- ✓ Alinear el transmisor al receptor a un metro y dos metros.
- ✓ Registrar los datos en la siguiente tabla.
- ✓ Calcular el tiempo de Recepción, con la fórmula 6.1
- ✓ Con ayuda de un cronómetro determinar el tiempo y anotarlo.

Tabla Nº 6. 1 Cálculos del tiempo de Recepción y tamaño del archivo (1 m)

VELOCIDAD DE RECEPCIÓN	TIEMPO CALCULADO	TAMAÑO DEL ARCHIVO	TIEMPO MEDIDO
1200	0.5 seg		
2400	0.95 seg		
4800	1.5 seg		

Tabla Nº 6. 2 Cálculos del tiempo de Recepción y tamaño del archivo (2 m)

VELOCIDAD DE RECEPCIÓN	TIEMPO CALCULADO	TAMAÑO DEL ARCHIVO	TIEMPO MEDIDO
1200	0.5 seg		
2400	0.95 seg		
4800	1.5 seg		

Conclusiones y Recomendaciones:

A

UBICACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

