

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Electrónica

“Desarrollo de un sistema de control electrónico para el aseguramiento del ingreso y salida de pasajeros en ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Electrónico

Autor:

Alex Daniel Pizarro Chozo

Asesor

Mg. Ing. Sergio Martínez Martínez

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi hermano Andrés por haberme apoyado a tomar

las mejores decisiones durante mi carrera profesional, también

A mis padres por haberme forjado como la

persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se

los debo a ellos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido concluir con mi carrera profesional,

a mis hermanos por el apoyo incondicional

y a mis

profesores de la carrera

por darme las pautas para desarrollar este trabajo de investigación,

Ing. Néstor Corpus, Ing. Fernando A. Hoyos, Ing. Dante A. Vargas e Ing. Sergio Martínez

A todos ellos muchas gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
RESUMEN.....	12
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad Problemática	13
1.2. Antecedentes	20
1.2.1. Antecedentes Internacionales	20
1.2.2. Antecedentes Nacionales	21
1.3. Definiciones Conceptuales.....	22
1.3.1. Sistema de Aceleración Electrónico de los Vehículos.....	22
1.3.2. Accionamientos de las Puertas en los Buses.....	31
1.4. Formulación del Problema.....	37
1.4.1. Problema General	37
1.4.2. Problemas Específicos	37
1.5. Objetivos.....	37
1.5.1. Objetivo General	37
1.5.2. Objetivos Específicos	37
1.6. Hipótesis	38
1.6.1. Hipótesis general	38
1.6.2. Hipótesis específicas	38
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA.....	39

2.1. Tipo de investigación	39
2.2. Materiales, instrumentos y métodos	40
2.2.1. Materiales.....	40
2.2.2. Instrumentos.....	41
2.2.3. Método.....	42
2.3. Procedimiento del Desarrollo del Sistema de Control Electrónico	44
2.3.1. Desarrollo del Control Electrónico de Bloqueo de Aceleración	45
2.3.2. Desarrollo del Control Electrónico del Sistema de Apertura y Cierre de Puertas	56
2.3.3. Desarrollo de la Fuente de Alimentación.....	71
2.3.4. Programación del Microcontrolador PIC 16F628A.	76
2.3.5. Diseño de la Tarjeta Electrónica del Circuito de Control Electrónico.....	81
2.4. Aspectos Éticos	88
CAPÍTULO 3 RESULTADOS	89
3.1. Análisis e Interpretación de los Resultados que se Obtuvo con el Desarrollo del Control Electrónico de Bloqueo de Aceleración	89
3.2. Análisis e Interpretación de los Resultados que se Obtuvo con el Desarrollo del Circuito de Control Electrónico de Puertas.	94
3.3. Análisis e Interpretación de los Resultados que se Obtuvo con el Desarrollo de la Fuente de Voltaje	101
3.4. Análisis e Interpretación de los Resultados que se Obtuvo con el Desarrollo de la Tarjeta Electrónica del Sistema de Control Electrónico.....	103
3.5. Presupuesto del Desarrollo del Prototipo del Sistema de Control Electrónico.....	106
CAPÍTULO 4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	109
4.1. Discusión.....	109
4.2. Conclusiones	110
4.3. Recomendaciones	111
REFERENCIAS.....	112
ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Características del PIC 16F628A</i>	50
Tabla 2	<i>Capacidad de Corriente de los Puertos del Microcontrolador PIC 16F628A</i>	51
Tabla 3	<i>Especificaciones Técnicas del OPAM LM111</i>	54
Tabla 4	<i>Características y Beneficios del Transistor MOSFET IRF530N</i>	61
Tabla 5	<i>Características y Beneficios del Transistor 2N3904</i>	62
Tabla 6	<i>Especificaciones Técnicas del Sensor E18-D80NK</i>	63
Tabla 7	<i>Especificaciones Térmicas del IRF530N</i>	66
Tabla 8	<i>Consumo de Corriente de los Componentes del Circuito de Control Electrónico</i>	71
Tabla 9	<i>Señales Obtenidas del Sensor del Pedal de Aceleración (APP)</i>	91
Tabla 10	<i>Resultado del Estado de Marcha del Bus</i>	91
Tabla 11	<i>Señales del Sensor de Velocidad de un Bus</i>	94
Tabla 12	<i>Valores Obtenidos del Sensor Infrarrojo</i>	96
Tabla 13	<i>Principales Componentes del Sistema Electrónico con su Consumo de Corriente</i>	101
Tabla 14	<i>Valores Obtenidos de las Fuentes de Voltaje</i>	102
Tabla 15	<i>Dimensiones del Ruteo de los Componentes en Ares</i>	103
Tabla 16	<i>Presupuesto de los Materiales y Construcción del Prototipo</i>	106
Tabla 17	<i>Presupuesto de Instalación del Prototipo en el Bus</i>	107
Tabla 18	<i>Presupuesto Total de la Construcción e Instalación del Prototipo del Sistema de Control Electrónico</i>	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Perú: Accidentes de Tránsito, Según Departamento, 2016 (absoluto)	14
Figura 2: Perú: Número de Accidentes de Tránsito por Tipo de la Vía de Ocurrencia, Según Departamento, 2016 (Absoluto Y Porcentaje).	15
Figura 3: Perú: Tipo de Accidente de Tránsito, Según Departamento, 2016 (Absoluto y Porcentaje)	16
Figura 4: Perú: Accidentes de Tránsito por Tipo de Transporte Involucrado, Según Departamento, 2016 (Absoluto y Porcentaje).	17
Figura 5: Ómnibus de Transporte Público Tipo Mercedes Benz en Lima Metropolitana ...	19
Figura 6: Cable de Acelerador Bowden.....	23
Figura 7: Sistema de Aceleración Electrónica Controlado por Medio de la ECU del Motor	24
Figura 8: Estructura del Sensor de Pedal de Acelerador.....	25
Figura 9: Cuerpo de Aceleración Electrónica	26
Figura 10: Unidad de Control del Motor.....	27
Figura 11: Control del Sistema de Aceleración Electrónico en un Vehículo.....	28
Figura 12: Ejemplo de Mapa APP.....	29
Figura 13: Señales del Sensor del Pedal de Aceleración	30
Figura 14: Señales del Cuerpo de Aceleración	30
Figura 15: Interruptor para Puerta de Vehículos	31
Figura 16: Diagrama Neumático Tradicional de Accionamiento de Puertas.....	32
Figura 17: Puertas Rototrasladoras Internas Neumáticas de Buses	33
Figura 18: Electroválvula 5 vías Biestable 24 V	33

Figura 19: Sensor de Velocidad de Transmisión del Vehículo	34
Figura 20: Principio de Funcionamiento del sensor de Velocidad.....	35
Figura 21: Sensor Infrarrojo para Puertas de Buses RS - 15	36
Figura 22: Ubicación de los Sensores de Presencia u Obstáculo en las Puertas del Bus.....	36
Figura 23: Tipo de Control en Lazo Abierto	43
Figura 24: Efecto Hall	43
Figura 25: Diagrama de Flujo del Funcionamiento del Sistema de Control Electrónico.	44
Figura 26: Control en Lazo Abierto del bloqueo del MAPA APP.....	45
Figura 27: Mapa de Inyección de los motores de Combustión Interna	47
Figura 28: Relación de Aire y Combustible.....	48
Figura 29: Esquema del Sistema de Bloqueo de Aceleración	49
Figura 30: Capacidad de Corriente de los Pines y Puertos del PIC 16F628A.....	52
Figura 31: Diagrama de Pines del PIC 16F628A.....	52
Figura 32 : Encapsulado tipo PIDP del Microcontrolador PIC 16F628A.....	53
Figura 33: Circuito Acondicionador de Señales.....	54
Figura 34: Circuito de Bypass Electrónico de las señales del sensor APP	55
Figura 35: Control en Lazo Abierto del Control del Mando de Puertas.....	56
Figura 36: Diagrama del Control de Puertas del Bus	57
Figura 37: Etapa de Potencia, Permite la Apertura y Cierre de las Puertas	58
Figura 38: Configuración del IRF530N.....	59
Figura 39: Diagrama Interno de Circuito Integrado CD4050	61
Figura 40: Circuito Electrónico del Control de Puertas	62
Figura 41: Sensor E18-D80NK.....	64

Figura 42: Diagrama de Composición Interna del Sensor E18-D80NK-N.....	64
Figura 43: Calibración del Rango de Detección del Sensor E18-D80NK	65
Figura 44: Mando para la Apertura y Cierre de la Puerta del Bus.....	69
Figura 45: Conexión del Mando de control de Puertas.....	70
Figura 46: Diagrama de Bloques de Función del XL4015	72
Figura 47: Circuito Aplicativo del XL4015 para una Fuente Regulable	73
Figura 48: Regulador de Voltaje Variable LM350	73
Figura 49: Circuito de Fuente de Voltaje de 10V con el LM350	74
Figura 50: Fuente de Voltaje de 5V con el XL4015E1	75
Figura 51: Diagrama de Flujo de Programación del Control de Aceleración.....	78
Figura 52: Diagrama de Flujo de Programación del Control de Puertas	80
Figura 53: Selección de Componentes a Usar para el Circuito.....	81
Figura 54: Conexión de los Componentes Electrónicos	82
Figura 55: Configuración de Componentes.....	83
Figura 56: Diseño del Circuito Electrónico en Ares.....	83
Figura 57: Polígono en Ares	84
Figura 58: Configuración del Board Egde o Borde del Tablero	84
Figura 59: Configuración de Dimensiones de la Tarjeta Electrónica.....	85
Figura 60: Ubicación de los Componentes.....	85
Figura 61: Ruteo de las Pistas del Circuito Electrónico	86
Figura 62: Representación Gráfica de una Pista en PCB	87
Figura 63: Plataforma de Cálculo de Dimensiones de Pista	87
Figura 64: Circuito de Control Electrónico de Señales del Acelerador.....	89

Figura 65: Señales del Sensor APP Activado	90
Figura 66: Señales del Sensor APP Bloqueado.....	90
Figura 67: Diagrama de Control del Bloqueo de Aceleración	92
Figura 68: Simulación del Sistema de Aceleración con la Puerta Abierta	92
Figura 69: Simulación del Sistema de Aceleración con la Puerta Abierta	93
Figura 70: Señales Simuladas del Sensor de Velocímetro del Bus.....	94
Figura 71: Simulación del Control de Puertas Cuando el Bus está en Movimiento	95
Figura 72: Simulación del Sensor Infrarrojo Ubicado en las Puertas.	96
Figura 73: Esquema de Control de la Puerta de Adelante con Sensor de Presencia y Velocímetro	97
Figura 74: Simulación del Control de Mando de la Puerta de Adelante.....	98
Figura 75: Esquema de Control de la Puerta de Atrás con Sensor de Presencia y Velocímetro	99
Figura 76: Simulación del Control de Mando de la Puerta de Atrás	99
Figura 77: Simulación del Sistema de Control de Mando de las Puertas.....	100
Figura 78: Esquemático eléctrico de la fuente de Alimentación de 5 V y 10 V	102
Figura 79: Ruteo de Pistas del Sistema de Control Electrónico	104
Figura 80: Diseño de la Tarjeta Electrónica del Sistema de Control Electrónico Vista en 3D	105
Figura 81: Desarrollo de la Tarjeta Electrónica del Sistema de Control Electrónico.....	108
Figura 82: Testeo de la Tarjeta Electrónica del Sistema de Control Electrónico	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Potencia Eléctrica	59
Ecuación 2. Factor de Seguridad Térmica (k)	67
Ecuación 3. Ley de Ohm Térmica	68
Ecuación 4. Fórmula del Regulador General de Voltaje.....	74

RESUMEN

La presente investigación experimental aplicada, tiene como objetivo brindar seguridad a los pasajeros al momento de subir y bajar de los ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana, debido a que no existe un sistema de seguridad que pueda mantener seguro a los pasajeros al momento de abordar o bajar del transporte público. Este objetivo se logra diseñando un sistema de control electrónico que consta de dos principales subsistemas. El primero, se encarga de bloquear el sistema de aceleración del bus mediante las señales del sensor del acelerador mientras las puertas se encuentren abiertas, de esta manera impide que el vehículo avance con las puertas abiertas. El segundo, se encarga del control de bloqueo del mando de las puertas, logrando que la apertura de las puertas solo se haga cuando el bus este completamente detenido, esto se realiza mediante la utilización de las señales del velocímetro que traen estos vehículos. Además, impide que las puertas se cierren si algo o alguien se encuentran en medio de ellas que impida este proceso de cierre. Para lograr este diseño electrónico, se tuvo que estudiar el funcionamiento electrónico del sistema de aceleración y el sistema neumático de las puertas de los ómnibus. El método que se usó para el desarrollo de este trabajo de tesis fue un tipo de control de lazo abierto. Con ayuda de diferentes instrumentos, siendo uno de ellos un osciloscopio automotriz, se obtuvo diferentes señales que después fueron procesadas por un microcontrolador PIC para su respectivo funcionamiento. El diseño de este sistema de control electrónico beneficia a los pasajeros brindándoles mayor seguridad al momento de subir y bajar del bus. El sistema de control electrónico se comprobó en un ómnibus de transporte público de motor Cummins del año 2013 obteniendo resultados satisfactorios.

Palabras claves: Control en lazo abierto, unidad de control del motor, seguridad en buses, control de puertas en ómnibus.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La seguridad de los pasajeros al momento de subir y bajar del transporte público no es tan eficiente en la ciudad de Lima, debido a que los pasajeros tienen que estar pendientes a que el conductor de dicho transporte no ponga en marcha el bus sin antes haber terminado de subir o bajar del vehículo.

Según el VI censo nacional de comisarias 2017 ejecutado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, muestra lo siguiente:

El 3.6% de accidentes Nacionales es causado por caídas de pasajeros al momento de abordar el Vehículo. Según estadística por departamento, la provincia de Lima registra un 5% del total de accidentes ocupando el mayor porcentaje en este tipo de accidentes. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

En la actualidad los buses traen consigo un detector de exceso de velocidad, monitoreo por GPS (Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global), seguridad vial; todo relacionado a la seguridad de los pasajeros cuando se encuentran instalados dentro de un bus y sobre todo si es interprovincial. Si nos referimos al transporte público que tomamos para ir de casa al trabajo, a la universidad, escuela, etc., no encontramos seguridad al abordarlo. Es así como se registró un accidente,

Una menor de edad de 17 años falleció el 12 de mayo en un accidente del bus de la famosa empresa de transporte 10E Etrascpsa, cuya ruta cubre San Juan de Lurigancho y Villa El Salvador. La Municipalidad de Lima afirma que el menor cayó del bus cuando estaba en la avenida Santa Rosa de Lima. Sin embargo, los

testigos afirman que se trataba de un "correteo" del bus cuando quería ganar más pasajeros. (Rocca, 2019)

Estudios realizados por El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), explica la situación actual de accidentes al abordar el transporte público en Lima Metropolitana, que se describe a continuación.

En diferentes documentos mostrados por la Policía Nacional del Perú se registra la denuncia de accidentes de tránsito, donde se evidencia que la provincia de Lima tiene la mayor cantidad de accidentes de tránsito, con 58 mil 007 que representa el 49,7% del total, seguido por el departamento de Arequipa con 7 mil 76 accidentes (6,1%). (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018, págs. 125,126)

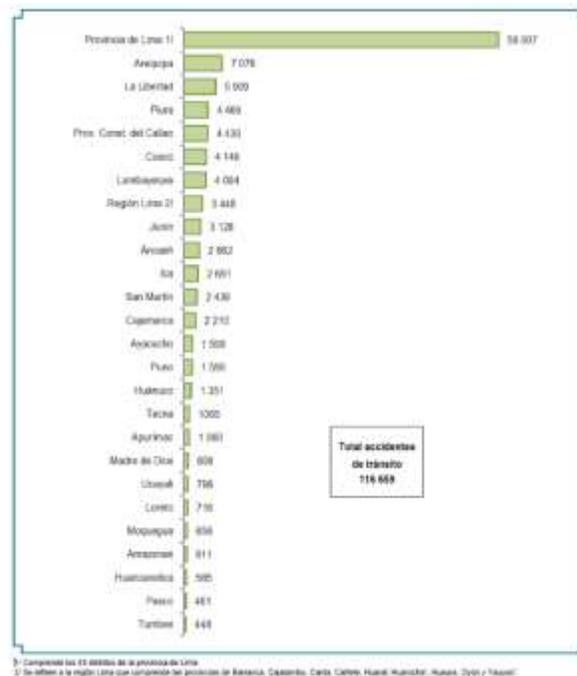


Figura 1: Perú: Accidentes de Tránsito, Según Departamento, 2016 (absoluto)

Nota. Tomado de (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Si se analiza el lugar de ocurrencia del accidente de tránsito, “De un total de 116 mil 659 accidentes de tránsito, el 54,7% ocurrieron en avenidas, el 19,9% en carreteras y el 17,2% en calles o jirones” (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018, pág. 127) y analizándolo por departamento se observa la provincia de Lima con un 69.7%, la cual registra el mayor porcentaje de accidentes de tránsito en avenida.

Departamento	Total de accidentes de tránsito	Autopista		Carretera		Via expresa		Avenida		Calle o jirón	
		Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
Nacional	116 659	2 571	2,2	23 231	19,9	754	0,6	63 844	54,7	20 067	17,2
Amazonas	611	4	0,7	320	52,4	-	-	87	14,3	165	27,0
Áncash	2 862	2	0,1	1 082	37,8	-	-	1 144	40,0	539	18,8
Apurímac	1 060	-	-	376	35,5	1	0,1	344	32,5	144	13,6
Arequipa	7 076	6	0,1	1 593	22,5	216	3,1	3 234	45,7	1 486	21,0
Ayacucho	1 599	1	0,1	709	44,3	12	0,7	278	17,4	432	27,0
Cajamarca	2 210	1	0,0	797	36,1	1	0,0	657	29,7	640	28,9
Prov. Const. del Callao	4 430	7	0,2	17	0,4	2	0,1	3 691	83,3	570	12,9
Cusco	4 148	29	0,7	1 158	27,9	38	0,9	1 541	37,1	820	19,8
Huancavelica	585	-	-	402	68,7	1	0,2	61	10,4	48	8,3
Huánuco	1 351	-	-	839	62,1	-	-	193	14,3	245	18,2
Ica	2 691	3	0,1	1 118	41,6	2	0,1	920	34,2	431	16,0
Junín	3 128	1	0,0	1 492	47,7	6	0,2	973	31,1	511	16,3
La Libertad	5 909	1118	18,9	1 006	17,0	7	0,1	2 622	44,4	920	15,6
Lambayeque	4 094	-	-	1 109	27,1	4	0,1	2 232	54,5	580	14,2
Provincia de Lima 1/	58 007	1236	2,1	4 577	7,9	434	0,8	40 368	69,7	9 095	15,7
Región Lima 2/	3 448	148	4,2	1 934	54,3	3	0,1	803	22,5	376	10,6
Loreto	716	-	-	79	11,0	-	-	151	21,1	479	66,8
Madre de Dios	808	-	-	316	39,2	-	-	393	48,6	80	9,9
Moquegua	658	-	-	186	28,3	1	0,2	265	40,2	112	17,0
Pasco	461	1	0,2	235	51,0	1	0,2	85	18,4	48	10,4
Piura	4 469	9	0,2	1 267	28,4	-	-	2 218	49,6	724	16,2
Puno	1 590	-	-	787	49,5	-	-	335	21,1	281	17,7
San Martín	2 439	3	0,1	1 115	45,7	21	0,8	204	8,4	952	39,0
Tacna	1 065	1	0,1	188	17,6	-	-	661	62,1	149	14,0
Tumbes	448	-	-	215	48,0	2	0,4	176	39,2	50	11,2
Ucayali	796	-	-	314	39,5	1	0,1	208	26,1	189	23,7

1/ Comprende los 43 distritos de la provincia de Lima.
2/ Se refiere a la región Lima que comprende las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyos.
3/ Se refiere a la información no identificada en las fuentes de información policial (Libro de ocurrencia y SIDPOL).
Nota: Los parciales no suman el total por efecto de redondeo.

Figura 2: Perú: Número de Accidentes de Tránsito por Tipo de la Vía de Ocurrencia, Según Departamento, 2016 (Absoluto Y Porcentaje).

Nota. Adaptado de (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

En el VI censo nacional de comisarías 2017 ejecutado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, muestra que el 3.6% de accidentes Nacionales es causado por caídas de pasajeros al momento de abordar el Vehículo y según departamento la provincia de Lima registra un 5% del total de accidentes, ocupando el mayor porcentaje en este tipo de accidentes (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

Departamento	Total de accidentes de tránsito	Atropello		Atropello y fuga		Caída de pasajero		Colisión		Colisión y fuga		Choque		Choque y atropello	
		Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
Nacional	116 659	18 123	15,5	3 479	3,0	4 210	3,6	29 914	25,6	8 915	7,6	24 581	21,1	486	0,4
Amazonas	611	58	9,5	23	3,8	1	0,2	180	29,4	34	5,5	94	15,3	2	0,3
Áncash	2 962	445	15,0	115	4,0	36	1,2	616	21,5	174	6,1	697	24,4	13	0,5
Apurímac	1 050	184	17,4	38	3,6	16	1,5	204	19,3	27	2,6	252	23,8	2	0,2
Arequipa	7 076	953	13,5	149	2,1	213	3,0	2 111	29,8	332	4,7	1 768	25,0	34	0,5
Ayacucho	1 599	125	7,8	69	4,3	29	1,8	172	10,7	371	23,2	221	13,8	4	0,2
Cajamarca	2 210	321	14,5	72	3,3	12	0,5	708	32,0	90	4,1	291	13,2	18	0,8
Prov. Const. del Callao	4 430	750	16,9	115	2,6	168	3,8	1 290	29,1	392	8,9	839	19,0	30	0,7
Cusco	4 148	977	23,5	69	1,7	103	2,5	697	16,8	84	2,0	1 162	28,0	20	0,5
Huancavelica	585	80	10,3	23	3,9	6	1,0	98	16,7	28	4,9	123	21,1	-	-
Huánuco	1 351	239	17,7	58	4,3	20	1,5	124	9,1	30	2,2	414	30,6	2	0,1
Ica	2 691	351	13,0	59	2,2	16	0,6	971	36,1	161	6,0	476	17,7	7	0,3
Junín	3 128	674	21,5	129	4,1	91	2,9	837	26,8	219	7,0	343	11,0	16	0,5
La Libertad	5 909	891	16,8	124	2,1	185	3,1	846	14,3	213	3,6	1 719	29,1	23	0,4
Lambayeque	4 054	724	17,7	165	4,0	113	2,8	1 617	39,5	388	9,5	258	6,3	4	0,1
Provincia de Lima 1/	58 007	9 273	16,0	1 628	2,8	2 922	5,0	15 319	26,4	5 256	9,1	12 580	21,7	260	0,4
Región Lima 2/	3 448	353	10,2	146	4,2	39	1,1	884	25,6	190	5,5	748	21,7	3	0,1
Loreto	716	70	9,7	18	2,5	4	0,6	246	34,3	84	11,8	64	8,9	5	0,6
Madre de Dios	808	74	9,2	10	1,3	8	1,0	387	48,0	66	8,2	57	7,0	-	-
Moquegua	658	111	16,8	13	2,0	13	2,0	191	29,0	19	2,9	131	19,9	3	0,4
Pasco	461	58	12,6	6	1,3	-	-	59	12,8	9	2,0	140	30,4	-	-
Piura	4 489	490	11,0	174	3,9	119	2,7	906	20,3	426	9,5	871	19,5	13	0,3
Puno	1 590	307	19,3	136	8,5	15	1,0	413	26,0	113	7,1	167	10,5	16	1,0
San Martín	2 439	282	11,5	71	2,9	45	1,9	338	13,8	69	2,8	713	29,2	6	0,2
Tacna	1 065	132	12,4	35	3,3	21	1,9	502	47,1	61	5,7	94	8,8	1	0,1
Tumbes	448	46	10,3	8	1,7	11	2,5	61	13,6	10	2,2	176	39,3	1	0,2
Ucayali	796	76	9,5	28	3,5	4	0,5	139	17,5	66	8,3	183	22,9	4	0,5

1/ Comprende los 43 distritos de la provincia de Lima.
2/ Se refiere a la región Lima que comprende las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyos.
3/ Se refiere a la información no identificada en las fuentes de información policial (Libro de ocurrencia y SIDPOL).

Figura 3: Perú: Tipo de Accidente de Tránsito, Según Departamento, 2016 (Absoluto y Porcentaje)
Nota. Adaptado de (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

“De acuerdo con los registros de los libros de ocurrencias y Sistema Informático de Denuncias Policiales (SIDPOL), se encontró que en 58,4% de accidentes de tránsito estuvieron involucrados vehículos particulares y en 30,5% vehículos públicos” (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018, pág. 131). Según departamento, la provincia Lima registra un 32,5% en vehículos públicos involucrados en dichos accidentes.

Departamento	Total de accidentes de tránsito	Público		Particular		No identificado ^{1/}	
		Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
Nacional	116 659	35 577	30,5	68 139	58,4	25 878	22,2
Amazonas	611	140	22,9	263	46,3	249	40,8
Ancaash	2 862	795	27,8	1 962	69,2	383	13,4
Apurímac	1 060	212	20,0	433	40,8	439	41,4
Arequipa	7 076	1 674	23,7	3 411	48,2	2 507	35,4
Ayacucho	1 599	396	24,8	1 125	70,4	281	17,6
Cajamarca	2 210	721	32,6	1 758	79,6	72	3,2
Prov. Const. del Callao	4 430	958	21,6	3 743	84,5	233	5,3
Cusco	4 148	812	19,6	3 100	74,7	518	12,5
Huancavelica	585	65	11,0	344	58,7	189	32,3
Huánuco	1 351	219	16,2	993	73,5	189	14,0
Ica	2 691	949	35,3	1 998	74,3	307	11,4
Junín	3 128	909	29,1	1 228	39,2	1 193	38,1
La Libertad	5 909	2 030	34,4	3 874	65,6	867	14,7
Lambayeque	4 094	1 467	35,8	2 977	72,7	132	3,2
Provincia de Lima 1/	58 007	18 654	32,5	31 042	53,5	14 577	25,1
Región Lima 2/	3 448	1 453	42,1	1 974	57,3	665	16,4
Loreto	716	210	29,3	589	82,3	27	3,7
Madre de Dios	808	158	19,5	670	83,0	83	10,2
Moquegua	658	102	15,5	99	15,0	465	70,7
Pasco	461	63	13,7	51	11,1	349	75,7
Piura	4 469	1 777	39,8	2 652	59,3	714	16,0
Puno	1 590	473	29,7	1 222	76,9	92	5,8
San Martín	2 439	521	21,4	1 806	74,1	354	14,5
Tacna	1 065	336	31,5	461	43,3	331	31,1
Tumbes	448	257	57,3	307	68,5	11	2,5
Ucayali	796	26	3,3	16	2,1	753	94,6

1/ Comprende los 43 distritos de la provincia de Lima.
2/ Se refiere a la región Lima que incluyen las provincias de Barranco, Cajamán, Canta, Cañete, Huaral, Huarochiri, Huaura, Oyón y Yauyay.
3/ Se refiere a información no identificada en las fuentes de información policial de la comisaría (Lima de Occidente y el SISEPOL).
Nota: La suma de porcentajes supera al 100% debido a que en un accidente pueden estar involucrados más de un tipo de transporte.

Figura 4: Perú: Accidentes de Tránsito por Tipo de Transporte Involucrado, Según Departamento, 2016 (Absoluto y Porcentaje).

Nota. Tomado de (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

En el año 2016, se contabilizaron 141 mil 707 vehículos mayores que estuvieron involucrados en accidentes de tránsito; de estos, el 46,0% fueron automóviles, el 17,7% camionetas rurales, el 7,1% ómnibus urbano, el 6,7% vehículo no identificado, el 6,1% camión, el 5,8% camioneta Pick Up y el 5,6% Station Wagon. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018, pág. 133)

Si nos centramos en la provincia de Lima, por el motivo que es el lugar donde se realiza dicha investigación. Del total del porcentaje de los vehículos involucrados en accidentes de tránsito, se registra el 9.7% en ómnibus urbanos, ocupando el porcentaje más alto en esta categoría.

El problema radica en que no existe un sistema de seguridad que pueda mantener seguro a los pasajeros al momento de abordar o bajar del transporte público. Asimismo, los señores conductores no tienen respeto por los pasajeros al tener que esperar a que termine de bajar o subir del bus, para luego poner en marcha el vehículo. Además, poder detener completamente el bus y recién abrir las puertas para que los viajeros bajen de la unidad. Por lo general, esto se genera por querer adelantar o ganar a las otras unidades de transporte público en el recojo de más pasajeros; ocasionando de esta manera accidentes al subir o bajar del bus e incluso ocasionar la muerte. Si bien es cierto, los buses del metropolitano no abren sus puertas sin que el bus se haya detenido. Esto se sigue realizando de manera manual por parte de los conductores. Sin embargo, cuando nos referimos al transporte público (ómnibus, combis, taxis) donde no hay un orden establecido al momento de abordarlo, no existe un sistema que nos proteja del problema antes mencionado. Es por ello, que la presente tesis trata de solucionar este problema mediante el desarrollo de un sistema de control electrónico para el aseguramiento del ingreso y salida de pasajeros en el transporte público en Lima Metropolitana 2020.

Se pretende que, al aplicar este sistema de seguridad, el bus se pondrá en marcha siempre y cuando las puertas estén cerradas. Además, las puertas se abrirán si el bus se ha detenido completamente. Del mismo modo, se garantiza que las personas no se queden atrapadas por las puertas al momento de bajar o subir del bus, donde solo se cerraran si no hay obstáculo alguno que impida el proceso de cierre.

Finalmente, al utilizar este sistema de seguridad electrónico mencionado anteriormente, se garantiza al pasajero mayor seguridad al momento de subir y bajar del transporte público.



Figura 5: Ómnibus de Transporte Público Tipo Mercedes Benz en Lima Metropolitana

Nota. Estos Ómnibus son los más comunes en transitar en Lima y es a estos buses a donde está dirigido esta investigación, debido a que dichos ómnibus cuentan con dos puertas (adelante y atrás); la puerta de adelante es la del ingreso al bus y la posterior es para la bajada. Extraído de <https://transportesangerman.com/>

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Fuentes & Zabala (2013) En su tesis "Diseño de un sistema para el control de apertura de puertas y registro automático del tiempo durante el recorrido de buses urbanos e implementación de un prototipo". Tuvo como objetivo, "aportar al mejoramiento del control de transporte urbano y brindar una alternativa más económica, confiable y segura que el sistema de transporte utilizado en la actualidad". Dicho sistema de control de buses tuvo un estudio aplicando directamente la observación considerando una muestra de 30 paradas de estaciones de buses en la ruta de Florida - UTN. Se encontró que el sistema es óptimo reduciendo el tiempo de procesamiento de la información con respecto al sistema actual.

Oña (2019) En su tesis "Desarrollo de un prototipo para el control y monitoreo automático del ingreso y salida de pasajeros en un bus interprovincial con alertas SMS". Tuvo como propósito llevar un registro del ingreso y salida de pasajeros, registro de las paradas realizadas por el bus, utilizando diversos elementos electrónicos, además de promover el uso obligatorio del cinturón para reducir el número de personas fallecidas durante un accidente y ante cualquier eventualidad programada se le hace saber al usuario mediante un SMS (Short Message Service o servicio de mensajes cortos). Este proyecto de grado tuvo dos tipos de investigación, Aplicativa y Explorativa; Aplicativa porque, se usaron la aplicación de todos los conocimientos técnicos y científicos obtenidos a lo largo del desarrollo de la carrera universitaria y exploratorio según actor porque, en su ciudad el tema elegido no ha sido explorado ampliamente por las compañías de buses interprovinciales. Se determinó que el sistema realizado fue un éxito trayendo consigo una visión más clara del número de pasajeros que suben y bajan del bus.

Leopoldo, Laura, Juan, Vicent, & Peris (2016) En su Artículo "Proyecto SAFEBUS: Sistemas Avanzados de Seguridad Integral en Autobuses" se describen los resultados como consecuencia del desarrollo del proyecto, centrado en aspectos de seguridad exterior de un bus. Proponen un sistema para situaciones de paradas, bajas velocidades y arrancadas de buses que están compuesta de subsistemas de detección de personas. Un sistema avanzado de asistencia al conductor, que demuestran la capacidad para alertar al conductor y en ciertas ocasiones detener el vehículo en situaciones de peligro como el de colisiones. En el artículo se demuestra la eficiencia de los sistemas desarrollados, cabe destacar que estos sistemas aún están en fase de prototipo, por lo que no han sido instalados en vehículos reales por temas de normativas vigentes y homologaciones correspondientes.

Moller (2011) En su Artículo "Una propuesta de mejoramiento del transporte público colectivo en Santiago de Cali" muestra las deficiencias y problemas actuales que tiene el transporte público colectivo en Santiago de Cali, para posteriormente presentar una propuesta de la creación de un sistema de transporte público que sea eficiente, barato, ambiental y sostenible, sin la necesidad de una inversión costosa como la infraestructura vial que tiene el metro.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

Osada Mochizuki (2012) En su tesis "Implementación de un vehículo de pruebas para el desarrollo de un sistema de estacionamiento autónomo mediante visión robótica" tuvo como objetivo optimizar el espacio y el tiempo de aparcamiento de los vehículos. En este proyecto "muestra pruebas que será parte de un sistema de estacionamiento automático mediante visión robótica, para permitir a un vehículo estacionarse sin la asistencia de un conductor en su interior".

Terrones Cabanillas (2019) En su tesis “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control operativo de alcoholemia para la empresa Galvanoplastia Yhabal S. A. C.” Tuvo como objetivo

implementar un sistema de monitoreo y control operativo de alcoholemia en un vehículo, permitiendo reducir el número de accidentes por problema de alcohol en los conductores. Este proyecto cuenta con una investigación aplicada para el diseño del monitoreo, ubicada en la cabina del vehículo donde se encuentra el conductor, el cual permite saber si el grado de alcoholemia supera los límites permitidos y establecidos por las normas peruana (Terrones Cabanillas, 2019).

dependiendo de este factor determinará el encendido del vehículo.

1.3. Definiciones Conceptuales

1.3.1. Sistema de Aceleración Electrónico de los Vehículos

Antes de que la electrónica se hiciera presente en los autos, el ingreso del aire en el motor se hacía mediante el accionamiento del cable Bowden, que era parte del sistema de aceleración mecánico. Conforme ha ido avanzando la tecnología, los fabricantes de vehículos han estado incluyendo sistemas automáticos en reemplazo de los sistemas mecánicos para lograr mayor rendimiento de combustible, confort y mayor desempeño. Es así, el día de hoy con ayuda de la electrónica, el sistema de aceleración mecánico ha sido reemplazado por un sistema electrónico, desde el accionamiento del pedal de aceleración hasta el control del flujo de aire lo hace mediante señales eléctricas de determinados sensores.



Figura 6: Cable de Acelerador Bowden

Nota. Extraído de (UNUMIS, 2020)

En los sistemas de aceleración electrónica, la entrada de aire no se controla mediante un cable, sino mediante una señal eléctrica. A medida que se cambia la posición del pedal de acelerador, el sistema de control electrónico ordena al cuerpo de aceleración la apertura o cierre de la mariposa, según la acción del conductor y las condiciones de desempeño. Por ejemplo, la computadora puede activar modos específicos de seguridad o protección contra fallas, siendo de esta forma posible que un vehículo “no obedezca” al conductor si se reporta alguna falla en el sistema, porque es función del programa almacenado en la memoria de la ECU. (Quispe Cahuina, 2018)



Figura 7: Sistema de Aceleración Electrónica Controlado por Medio de la ECU del Motor

Nota. Tomada de (Quispe Cahuina, 2018)

1.3.1.1. Componentes del Sistema de Aceleración Electrónico.

El sistema de aceleración electrónico consta de tres componentes principales que son: el pedal de acelerador que es accionado por el conductor, la ECU (Engine Control Unit o Unidad de control de motor), es la encargada del procesamiento de las señales y también tenemos el cuerpo de aceleración, es el encargado de la regulación del aire hacia el motor. A continuación, se describe a más detalle el funcionamiento de cada componente.

1.3.1.1.1 El Pedal de Acelerador.

Es el componente que el conductor tiene que accionar para poner en marcha el vehículo, en el blog de Quispe se describe,

Dependiendo del fabricante, el pedal del acelerador cuenta con dos o tres sensores.

Al presionar el pedal, se envía una señal a la computadora, la cual interpreta la solicitud del conductor y ordena al cuerpo de aceleración la apertura de la mariposa,

en función del requerimiento y de las condiciones de desempeño del vehículo. La electrónica de este dispositivo es muy básica.

Este dispositivo consta de dos sensores, a los cuales se les conoce con la nomenclatura APP1 y APP2, ambos para el monitoreo de la posición exacta del pedal. Fabricantes como GM y FORD utilizan hasta tres sensores para la verificación de la posición exacta del pedal. Lo cual disminuye las posibilidades de mediciones incorrectas., puesta la unidad de control verifica la correlación entre ambos (o entre los tres) sensores. Es decir, la ECU dispone de una estrategia redundante para la detección de fallas relacionadas con el pedal del acelerador. (Quispe Cahuina, 2018)

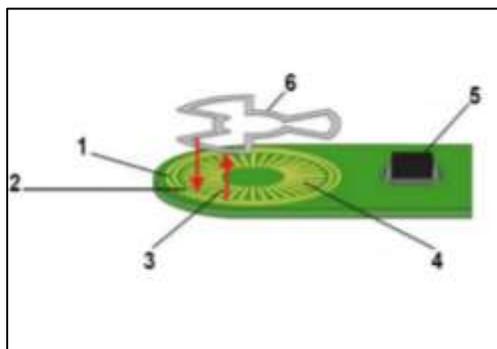


Figura 8: Estructura del Sensor de Pedal de Acelerador

Nota. 1 Estator; 2 Rotor; 3 Inducción; 4 Bobinas de recepción; 5 Electrónica; 6 Bobina de transmisión.

Recuperado de (HELLA TECH WORLD. El aliado del Taller, 2020)

1.3.1.1.2 Cuerpo de Aceleración.

Es el encargado de regular la entrada del aire al motor por medio de una paleta mecánica accionada electrónicamente. Según Arrieta describe lo siguiente:

El cuerpo de aceleración regula la cantidad de aire que ingresa al motor, intentando copiar el sistema de regulación de aire que anteriormente ofrecía el carburador, sólo que controlado de manera electrónica. El elemento regulador es la mariposa de aceleración, que es accionada por un motor y cuenta con una interfaz electrónica que se comunica constantemente con la computadora principal (ECU).

El cuerpo de aceleración consta de un actuador motorizado bipolar que, unido mediante un eje, coloca a la mariposa en la posición ordenada por la unidad de control, contando además con una interfaz electrónica. La mariposa tiene una posición de reposo considerada de emergencia, pues permite un ingreso de aire suficiente para mantener encendido el vehículo, aun en condiciones de fallas graves en el sistema de aceleración. (Arrieta, 2016)

Este componente consta de dos sensores, a los cuales se les conoce con la nomenclatura TPS1 y TPS2 (Throttle Position Sensor o Sensor de Posición de Aceleración), ambos para el monitoreo de la posición exacta de la mariposa.

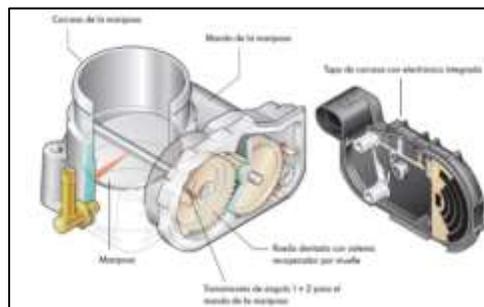


Figura 9: Cuerpo de Aceleración Electrónica

Nota. Extraído de (Quispe Cahuina, 2018)

1.3.1.1.3 Unidad de Control del Motor.

La responsabilidad de gestionar el sistema de control electrónico de aceleración recae sobre la computadora principal del vehículo. La ventaja de este sistema es que automatiza muchas funciones que el usuario no podría controlar eficientemente y ello se traduce en mejoras como: ahorro de combustible, control de emisiones, manejo y arranque suaves, seguridad y protección de fallas, entre otros (Arrieta, 2016).

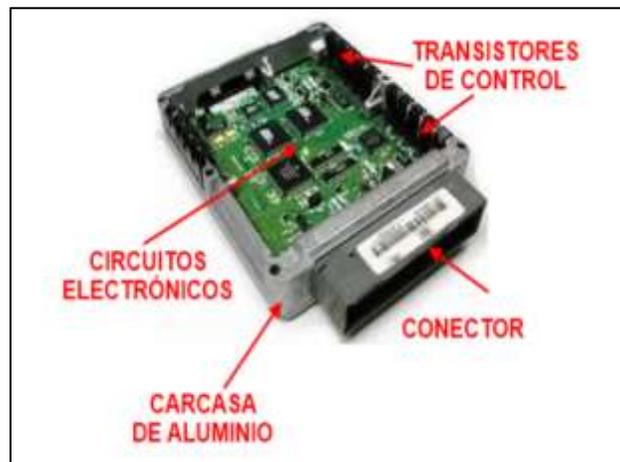


Figura 10: Unidad de Control del Motor

Nota. Extraído de (Quispe Cahuina, 2018)

1.3.1.2. Control del Sistema de Aceleración Electrónica.

Para el control del sistema electrónico se necesita de un control de lazo cerrado por lo general un controlador PID (control proporcional, integral y derivativo) que incluye los dos sensores APP (Accelerator Pedal Position o Sensor de Posición del Pedal de Aceleración).

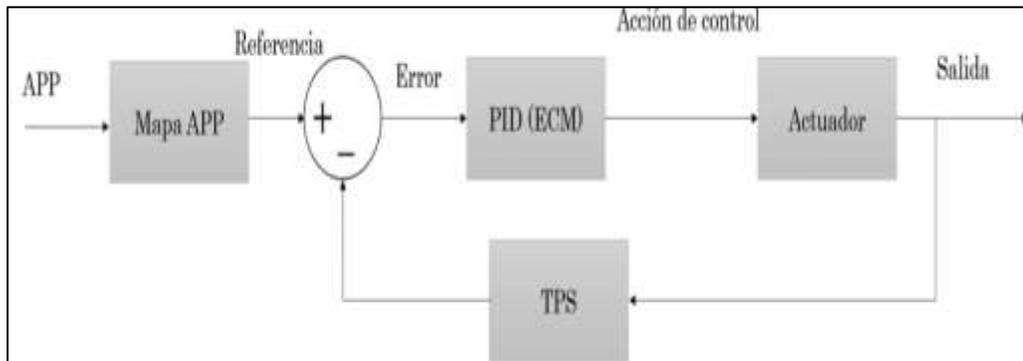


Figura 11: Control del Sistema de Aceleración Electrónico en un Vehículo

Nota. Tomada de (Quispe Cahuina, 2018)

Es importante destacar el bloque “Mapa APP”. En las modernas centralitas se puede modificar por software la posición “virtual” del pedal del acelerador, por ejemplo, re escalando su señal para que pisando a fondo se obtenga en realidad el 70% del valor, o bien modificando la función de transferencia para que, en lugar de ser lineal, sea curvada (Fernández, 2016).

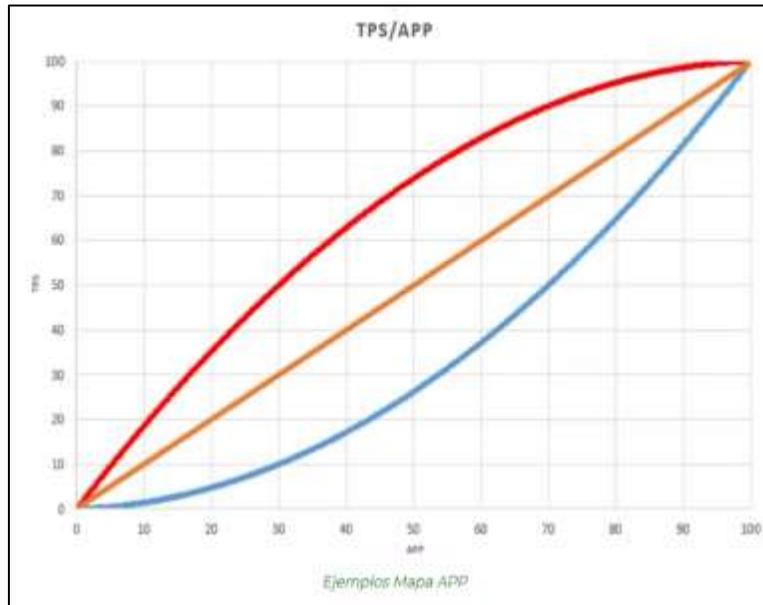


Figura 12: Ejemplo de Mapa APP

Nota. Representación gráfica de las señales del TPS y APP. Tomada de (Quispe Cahuina, 2018)

Para el objetivo de esta investigación, es justo en este control donde tendremos que centrarnos en especial el de las señales del APP para impedir que el vehículo se desplace cuando las puertas estén abiertas, pero tendremos que tomar en cuenta otros parámetros como las señales de ralentí, debido a que si se hace que la ECU no reciba las señales del pedal (APP) no habrá una señal sobre el cuerpo de acelerador, y no acelerará el vehículo, pero si la ECU no detecta una señal de comprobación de pedal conectado, generará una falla sobre el motor, trayendo consigo un código de error que bloqueará por completo el sistema de aceleración y solo se reiniciará con un Scanner, lo cual no se quiere. La señal de voltaje de ralentí se verá más adelante en la parte de la realización del circuito electrónico.

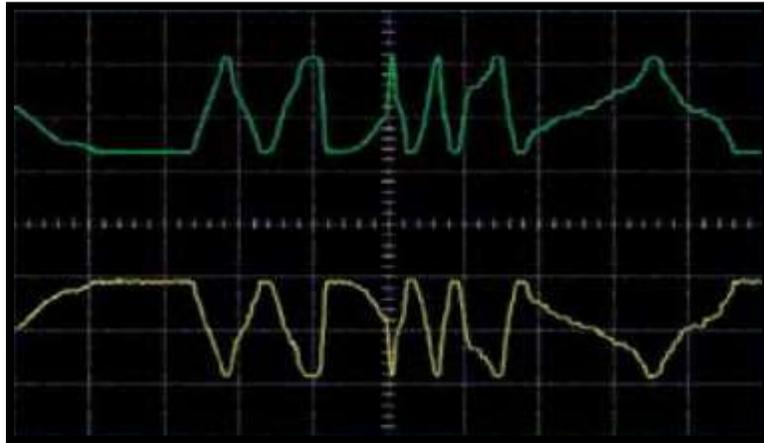


Figura 13: Señales del Sensor del Pedal de Aceleración

Nota. "APP1 (Amarillo) y APP2 (Verde), misma referencia (0V línea central), correlación $APP1 = 2 * APP2$ ". (Tu Taller Mecánico, 2020)

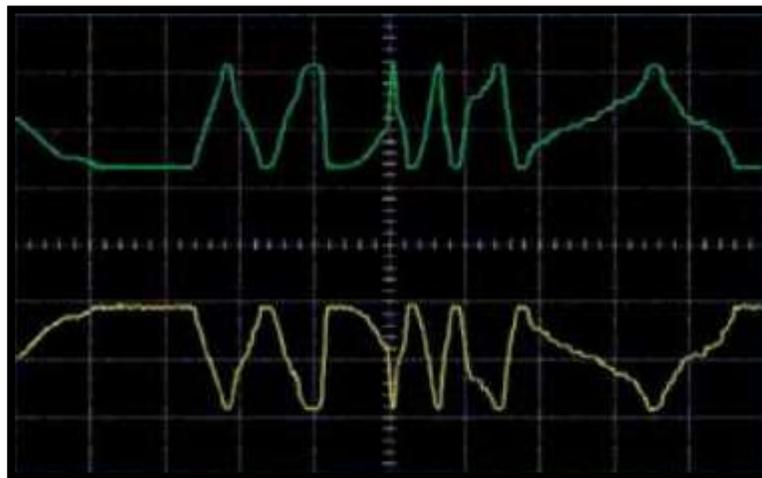


Figura 14: Señales del Cuerpo de Aceleración

Nota. Señal del cuerpo de aceleración. "TPS1 gráfica superior, TPS2 gráfica inferior". (Tu Taller Mecánico, 2020)



Figura 15: Interruptor para Puerta de Vehículos

Nota. Interruptor usado como indicador y determinar si la puerta del vehículo está abierta o cerrada.
Tomada de (AUTO-TECHTRONIC.COM, 2020)

1.3.2. Accionamientos de las Puertas en los Buses.

El accionamiento de las puertas en los buses se realiza mediante un circuito neumático. Tiene como componentes principales electroválvulas, pistones de doble y simple efecto , un compresor que es accionado por el motor del vehículo y un mando principal que es accionado por el conductor cuando desea abrir o cerrar las puertas. Cuando se acciona el mando de control se hace por medio de electroválvulas 3/2 , el aire presurizado llega al pistón de simple efecto generando un movimiento que se asocia a la mecánica de las puertas. De esta manera, permitiendo la apertura de la misma y de igual manera sucede con el cierre, lo cual cuenta con un mecanismo de estrangulamiento de la línea de presurización para que la apertura o cierre no sea tan brusco.

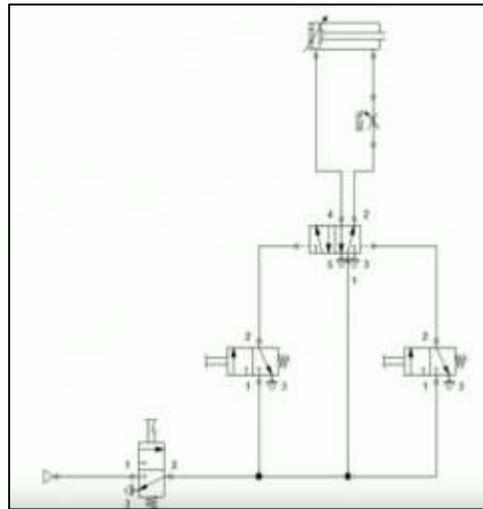


Figura 16: Diagrama Neumático Tradicional de Accionamiento de Puertas

Nota. Tomado de (Rodomin, 2017, 12:00)

Como se quiere controlar el sistema de cierre de las puertas de los ómnibus para que ningún pasajero quede atrapado al momento de que este subiendo; tendremos que controlar las electroválvulas neumáticas 3/2 por medio de impulsos eléctricos. Este control es realizado desde el circuito electrónico que se esta proponiendo. Este accionamiento de cierre solo será posible si no hay obstáculo alguno (pasajero) entre la puerta y para ello se hace uso de electroválvulas 3/2, 5/2, 5/3 en el caso de que la unidad de transporte no cuente con una. Estas electroválvulas se alimentan con 24 voltios desde un mando principal y son controladas por interruptores desde el tablero de control del bus que esta junto al chofer y panel de instrumentos del bus. Para controlar el accionamiento de las puertas se bloquea la alimentación de dicho mando. Además, se usa sensores de presencia que son instalados en la puerta en un lugar específico, para cumplir con dicho objetivo de detectar obstáculos en las puertas.

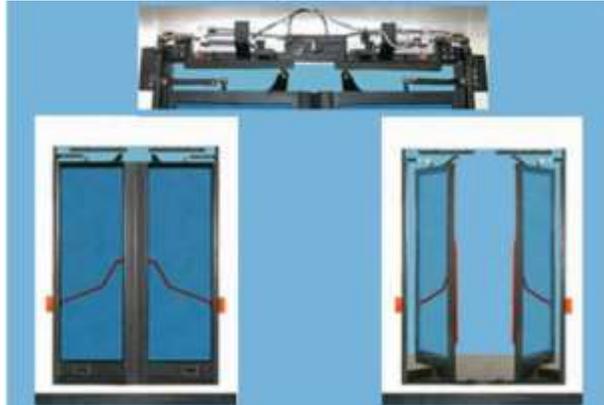


Figura 17: Puertas Rototrasladoras Internas Neumáticas de Buses

Nota. Tomado de (ISAFBUS, 2020)

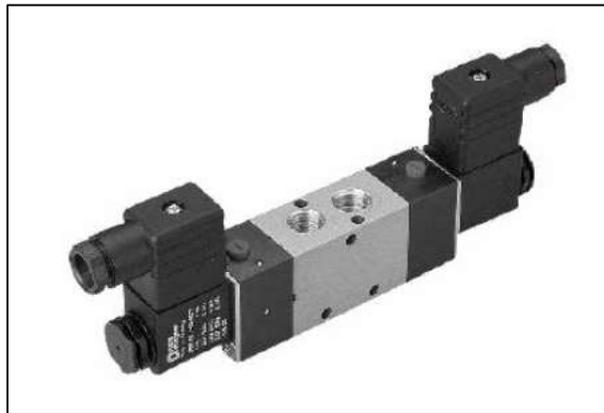


Figura 18: Electroválvula 5 vías Biestable 24 V

Nota. Electroválvula de reemplazo por la de 3 vías para el control de puertas en los buses. Tomada de (ADAJUSA, 2020)

1.3.2.1. Sensor de Velocidad del Vehículo.

El sensor de velocidad es el encargado de detectar si el auto está en movimiento o no. Las señales de este sensor son de utilidad para nuestro sistema de control de puertas. Gracias a este dispositivo, sabremos si el vehículo está detenido o en movimiento.



Figura 19: Sensor de Velocidad de Transmisión del Vehículo

Nota. El sensor de velocidad de la transmisión está conectado a la unidad de control del motor. Tomado de (Mendoza, 2019)

El sensor de velocidad del vehículo es del tipo Hall (como, por ejemplo, el CMP (Cam Shaft Position o Sensor de eje de levas)). Los sensores Hall se activan a través de un campo magnético externo. Cuando la densidad del flujo magnético alrededor del sensor sobrepasa cierto límite, éste lo detecta y emite un pequeño voltaje. Este voltaje es tan pequeño (del orden de microVoltios) que normalmente se amplifica, y esta es la señal que se manda a la ECU. (Valladares, 2019)

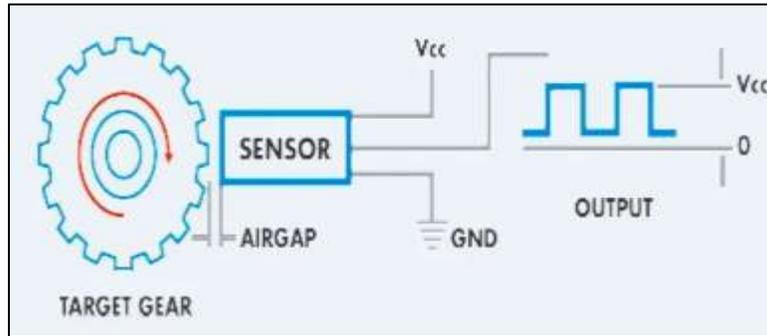


Figura 20: Principio de Funcionamiento del sensor de Velocidad

Nota. Señal de un sensor de efecto Hall, el cual nos entrega una señal de onda cuadrada. Extraído de (Valladares, 2019)

1.3.2.2. Sensor Infrarrojo.

Está compuesto de un emisor y un receptor, el emisor lo conforma un diodo LED (Light-Emitting Diode o Diodo emisor de luz) infrarrojo y el receptor está compuesto de un fototransistor.

En el blog INFAIMON indican,

Un detector infrarrojo es un tipo de dispositivo optoelectrónico que tiene la capacidad de medir la radiación electromagnética infrarroja que emiten los cuerpos que se encuentran dentro de su campo de visión. Se trata de un tipo de radiación que emiten todos los cuerpos de forma independiente a que exista otro tipo de luz ambiental. De este modo, permite observar espacios y objetos sin necesidad de que exista luz visible o de otro tipo en el entorno. (GRUPO INFAIMON, 2018)



Figura 21: Sensor Infrarrojo para Puertas de Buses RS - 15

Nota. Tomado de (BEA, 2019)

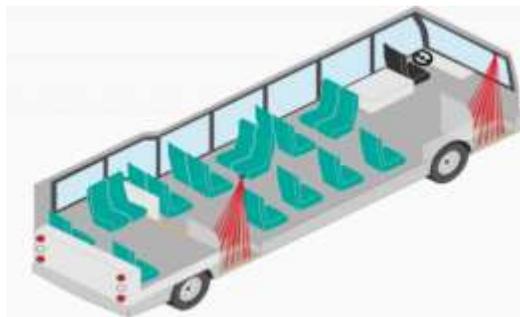


Figura 22: Ubicación de los Sensores de Presencia u Obstáculo en las Puertas del Bus

Nota. Tomado de (BEA, 2019)

Estos tipos de sensores son adecuados para las puertas de autobús y pueden tener dos propósitos principales: garantizar la seguridad de los pasajeros y reabrir las puertas. Normalmente, se montan encima de las puertas del autobús para evitar cualquier contacto no deseado entre el pasajero y la puerta. Tomado de (BEA, 2019)

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿De qué manera se logra el aseguramiento del ingreso y salida de pasajeros, controlando la aceleración y las puertas de acceso en los ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020?

1.4.2. Problemas Específicos

¿De qué manera se bloquea el sistema de aceleración de un bus de transporte público de Lima Metropolitana 2020?

¿De qué manera se controlar el sistema de apertura y cierre de puertas de un bus de transporte público en Lima Metropolitana 2020?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de control electrónico para el aseguramiento del ingreso y salida de pasajeros, controlando la aceleración y las puertas de acceso en los ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020.

1.5.2. Objetivos Específicos

O. E. 1: Desarrollar el circuito de control electrónico de bloqueo de aceleración de un bus de transporte público en Lima Metropolitana 2020.

O. E. 2: Desarrollar el circuito de control electrónico del sistema de apertura y cierre de puertas de un bus de transporte público en Lima Metropolitana 2020.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El desarrollo de este sistema de control electrónico asegurará el ingreso y salida de pasajeros, controlando la aceleración y las puertas de acceso en los ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020.

1.6.2. Hipótesis específicas

H. E. 1: El desarrollo del circuito de control electrónico de bloqueo de aceleración de un bus de transporte público en Lima Metropolitana 2020, permitirá el aseguramiento de ingreso y salida de los pasajeros.

H. E. 2: El desarrollo del circuito de control electrónico del sistema de apertura y cierre de puertas de un bus de transporte público en Lima Metropolitana 2020, permitirá el aseguramiento de ingreso y salida de los pasajeros.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Dado que el objetivo de la investigación es “Desarrollo de un sistema de control electrónico para el aseguramiento del ingreso y salidas de pasajeros en ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020”, se recurrió a un diseño experimental. De acuerdo con Hernández Pina et al. (2001) indica,

Un experimento es un proceso planificado de investigar con el que al menos una variable (llamada experimental o independiente: VI) es manipulada u operada intencionalmente por el investigador para conocer qué efectos produce ésta en al menos otra variable llamada dependiente (VD). (Hernández Pina , citado por César Bernal, 2010, p.118)

Para la mencionada autora; la variable independiente se conoce también como variable experimental o de tratamiento; la variable dependiente, conocida también como resultados o efectos, se refiere a los efectos observados en el estudio. Además de las variables independientes (VI) y las variables dependientes (VD) hay otras variables que actúan durante el experimento, las cuales se denominan variables intervinientes y extrañas, que en un experimento puro, verdadero, es necesario controlar para reducir su efecto, lo cual se hace creandounas condiciones especiales de laboratorio y de escogencia de sujetos de la investigación.Toda investigación experimental parte de hipótesis, por lo que el objetivo es probar esa hipótesis. (Bernal Torres, 2010, pag.118)

Es por tal motivo, tomando como referencia a estos actores, se consideró la investigación experimental siendo, el sistema de control electrónico la variable independiente y el aseguramiento del ingreso y salidas de los pasajeros la variable dependiente.

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1. Materiales.

Para la etapa de control se usó el microcontrolador PIC 16F628A, es el encargado de generar todas las instrucciones dependiendo de las diferentes condiciones que le hemos dado con el lenguaje de programación Ensamblador. En la etapa de alimentación se usaron componentes electrónicos tales como el integrado LM350 que es reguladores de voltaje variable y un XL4015E1 (convertidor DC/DC). Estos circuitos integrados suministran diferentes niveles de voltajes que serán aplicados al circuito electrónico propuesto. Además, se usaron capacitores de diferentes valores que ayudan en el filtrado y estabilización de la fuente de alimentación.

En la etapa de potencia se usaron transistores BJT (Bipolar Junction Transistor o Transistor de unión Bipolar) y MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor o Transistor de efecto de campo Metal-Óxido-Semiconductor) los cuales activan y desactivan el mando de control de la apertura y cierre de las puertas del ómnibus. También, se usó 2 relés de tipo estado sólido para conmutación de las señales del pedal de aceleración. Además, se usaron resistencias todas de 1/4W de potencia para polarizar los transistores y limitar la corriente en el circuito; así también, conectores e interruptores para poner en marcha el sistema de control electrónico.

Para detectar si hay algún obstáculo que se encuentre en medio de las puertas del bus, se usó sensores de presencia infrarrojo, dichas señales tendrán que ser acondicionadas por medio de Amplificadores Operacionales (OPAM) LM111 y el LM358 para la señal de ralentí cuando se hace el bloqueo de la señal del sensor de aceleración. Todos los datos obtenidos y medidos por los

diferentes sensores en su mayoría ubicados en el ómnibus son enviados y procesados por el microcontrolador PIC 16F628A, para luego ejecutar las diferentes tareas de acuerdo al programa diseñado en el lenguaje de programación Ensamblador.

2.2.2. Instrumentos.

Para el diseño del sistema de control electrónico se utilizó dos Software: El primero es Proteus que consta principalmente de dos programas: Ares e Isis. Con el programa Isis se puede elegir los componentes a utilizar y diseñar el plano eléctrico haciendo simulaciones en tiempo real; con el programa Ares se puede hacer el enrutamiento de las pistas electrónicas, ubicación y edición de los componentes. Ares se usa para la fabricación de las placas electrónicas. El segundo software es el MPLAB® X, que es una plataforma de desarrollo que permite escribir el programa para los PIC en lenguaje Ensamblador (assembler) o en C. Para cargar el programa al PIC 16F628A se usó el quemador PICkit2.

En el proceso de obtención de los datos del sistema de aceleración, se usó un Scanner automotriz Launch x431 Master, el cual nos permite obtener el valor de las señales del pedal de aceleración del vehículo en ralentí o marcha mínima, además de detectar alguna falla o algún código de error en el motor. El sensor de pedal del acelerador conocido como APP, es el encargado de transformar la posición del pedal en señales eléctricas y de esta manera poner en marcha el vehículo.

Se usó un osciloscopio automotriz de marca Hantek 1008c para determinar las señales del sensor de velocidad del vehículo, el cual permite saber si el bus está detenido o en marcha, permitiendo de esta manera, la apertura de las puertas cuando el ómnibus se ha detenido completamente. Asimismo, con el osciloscopio podemos visualizar las señales del sensor del pedal de aceleración en tiempo real.

2.2.3. Método.

Para el desarrollo del Sistema de control electrónico se usó el sistema de control en lazo abierto, debido a que “no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.” (Ogata, 2010). Además, “para los sistemas en que se conocen con anticipación las entradas y en las cuales no hay perturbaciones es aconsejable emplear un lazo abierto” (Ogata, 2010). Asimismo, el propio sistema del vehículo cuenta con un control de lazo cerrado PID para el control del sistema de aceleración. Es por ello, en nuestro sistema propuesto “a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija” (03fmeautomatismos, 2020). Tomando referencia a estos actores y como se conoce con anticipación cuáles serán las entradas en nuestra sistema propuesto; siendo las de la señal enviadas por el switch de la puerta del bus, velocímetro, sensor infrarrojo y una señal de de un sensor de seguridad para desactivar el sistema en caso de emergencia, se optó por el sistema de control en lazo abierto.

La condición principal para que actúe este sistema de control electrónico es cuando las puertas del bus estén abiertas, por tal motivo se instaló un interruptor para que detecte el estado de la puerta (abierta o cerrada) y a esto le sumamos las señales del velocímetro con las señales del sensor infrarrojo ubicado en la puerta para el control de la misma.

Cuando la puerta este abierta, entrará a funcionar el sistema de bloqueo de aceleración dejando una señal de referencia en ralentí de aproximadamente 0.4 V que entrará a la ECU y de esta manera evitar que el vehículo avance con las puertas abiertas, logrando que los pasajeros bajen y suban sin temor a que sean arrastrados. Con la señal de ralentí que genera el circuito electrónico, se logra evitar el código de falla en la ECU (código de error que se evidencia cuando algún sistema electrónico del vehículo no funciona correctamente).

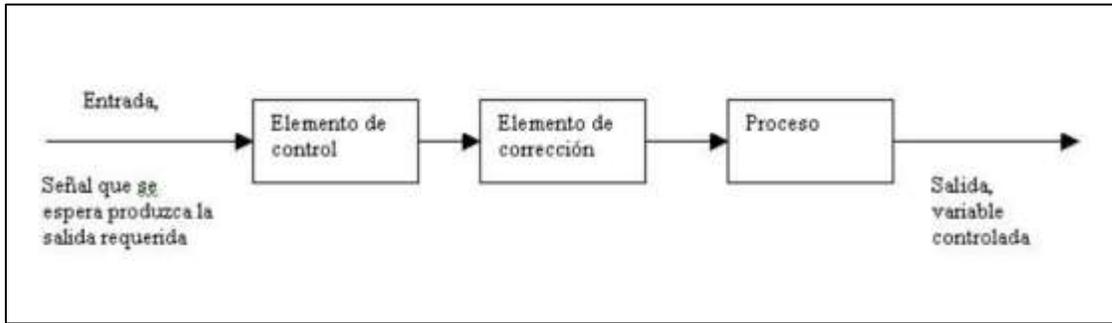


Figura 23: Tipo de Control en Lazo Abierto
 Nota. Tomado de (03fmeautomatismos, 2020)

Con el objetivo de que las puertas se abran cuando el vehículo este detenido completamente, se hace uso de adquisición de señales del velocímetro, el cual es un sensor de Efecto HALL que se encuentra en el sistema de transmisión del bus. Este sensor emite una señal cuadrada que será leída por un circuito de detección de pulsos, para luego ser procesada en el circuito electrónico propuesto en este proyecto. Si el circuito detecta que el bus está detenido permitirá la apertura de la puerta comandada por el conductor del bus; pero si el bus aún no se ha detenido no se podrá abrir la puerta por más que el conductor lo desee hacer.

La señal del sensor de presencia nos será útil para el momento en que si algún pasajero está subiendo o bajando y el conductor quiera cerrar la puerta no le será posible, evitando que dichos pasajeros queden atrapados entre las puertas.

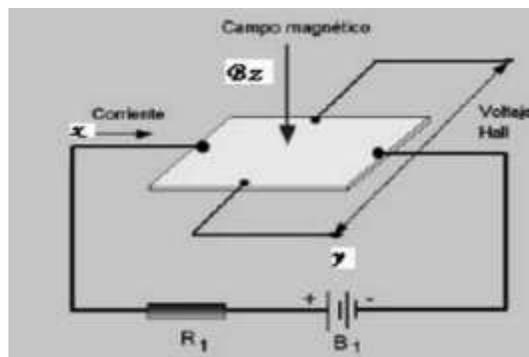


Figura 24: Efecto Hall

Nota. Efecto Hall se basa por la aparición de un campo eléctrico en un material conductor o semiconductor por el cual circula una corriente. Tomado de (Auto Avance, 2013)

Para el diseño de los circuitos se hará uso del método de diseño electrónico contra ruido, puesto que en los sistemas automotrices existe ruido electromagnético, generado por los diferentes circuitos eléctricos del automóvil, como la ignición de las bobinas y el alternador del vehículo.

2.3. Procedimiento del Desarrollo del Sistema de Control Electrónico

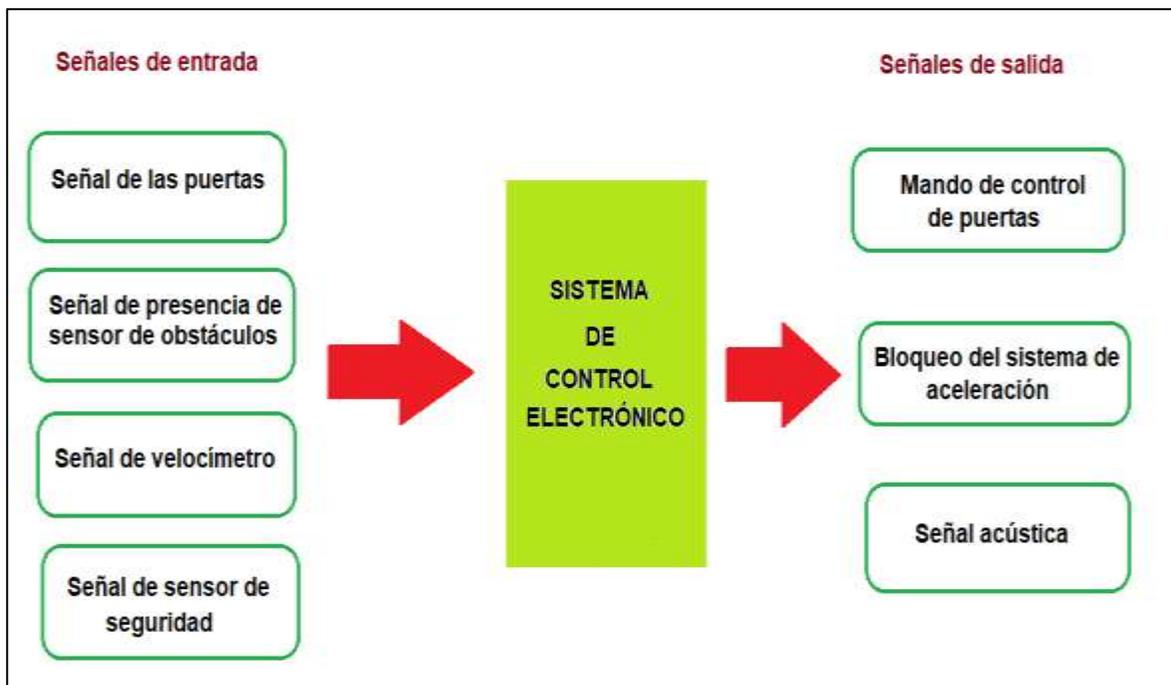


Figura 25: Diagrama de Flujo del Funcionamiento del Sistema de Control Electrónico.

Nota. Se muestra el diagrama de flujo en bloques, apreciándose las señales de entradas del sistema de control electrónico propuesto y a su vez haciendo control del mando de sistema de puertas y del sistema de aceleración del bus. Elaboración propia

2.3.1. Desarrollo del Control Electrónico de Bloqueo de Aceleración

Después de haber estudiado el sistema de aceleración del vehículo, el sistema de apertura/cierre de las puertas y ciertas señales como las del velocímetro; pasaremos a describir cómo se realizó el sistema de control electrónico que ejecutan dichas funciones. Es por ello que, en este apartado, hablaremos sobre el diseño del bloqueo del sistema de aceleración del vehículo.

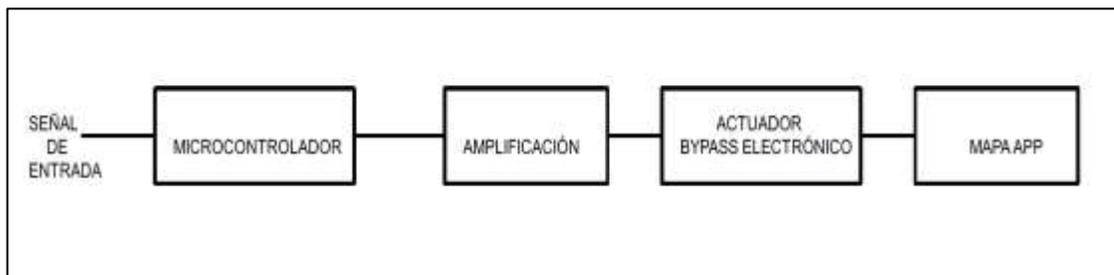


Figura 26: Control en Lazo Abierto del bloqueo del MAPA APP

Nota. Elaboración propia

En la figura 26, se puede observar el control en lazo abierto del bloque del sistema de aceleración debido a que conocemos cual será el valor de la entrada, esta puede tomar el valor de 0 V o 5 V. Además, se conoce el valor de la salida que debe ser de un rango de 0.3 V a 0.6 V y después estas señales de voltaje entraran a la ECU para que siga el flujo control propio de la misma. A continuación, se explica cada bloque:

Microcontrolador. - Consta del PIC 16F628A, encargado de realizar todas las ordenes se nuestro sistema de control.

Amplificación. - Consta de un transistor BJT 2N3904 capaz de amplificar la corriente de salida del Microcontrolador.

Actuador Bypass. - Consta de un relé de tipo SSR y Amplificadores operacionales, encargado de conmutar y generar las señales de ralentí del sensor APP

Mapa APP. - Son las señales del sensor APP y las que se desea controlar para que siempre este en ralentí dependiendo de la señal de entrada (puertas).

Antes de continuar detallando sobre el desarrollo del control electrónico de bloqueo de aceleración; entraremos a detallar como la ECU hace el control de la aceleración y mantener en ralentí al vehículo. En apartados anteriores se describió que la ECU hace un control de lazo cerrado sobre el sistema de aceleración electrónico del vehículo. Este control de lazo cerrado es un control PID y como todo sistema de control cerrado tiene su setpoint (señal de referencia), controlador, actuador y un sensor de retroalimentación, en estos vehículos es lo mismo. El setpoint es dado por el conductor al momento de pisar el pedal de aceleración, ese desplazamiento axial que se hace en el pedal del acelerador es transformado a una señal eléctrica por medio del sensor APP y enviado al controlador (ECU). De acuerdo a la señal enviada por el APP la ECU hace los cálculos y envía la señal al actuador a controlar en este caso es el actuador de aceleración electrónica u obturador electrónico, este componente consta de un motor DC que es el encargado de abrir y cerrar una paleta o mariposa para permitir ingresar más o menos aire al motor, a su vez este actuador lleva consigo un sensor llamado TPS que se encarga de retroalimentar a la ECU si se ha realizado el desplazamiento correcto de la mariposa de acuerdo al setpoint y de esta manera poder acelerar o desacelerar al vehículo. Además, la ECU mantiene el motor del vehículo en ralentí cuando nadie pisa el acelerador con la finalidad de que no se apague. Entonces, si el sistema aceleración de control electrónico del vehículo se hace por medio de un control de lazo cerrado ¿por qué nosotros elegimos realizar un sistema de lazo abierto para bloquear la aceleración? La respuesta a esta pregunta es porque lo explicado anteriormente es solo una pequeña parte de lo que la ECU hace para que el motor pueda acelerar y en combinación con la caja de velocidades el vehículo avance. Además de controlar la mariposa, la ECU también hace control de inyección y control de

encendido del motor de combustión interna del vehículo. Esto nos lleva a indicar que en la programación de la ECU se incluyen los Mapas de inyección y Mapa de encendido. Estos mapas “Se entiende como una tabla con datos, que según en qué columna y fila se le acceda nos da un valor específico, que representa algo en particular”. (Skyseb, 2009) y es así como la ECU tomando en cuenta las RPM del motor, la carga del motor dado por sensor MAP (Manifold Absolute Pressure o Sensor de presión absoluta del multiple) puede poner el motor del vehículo en ralentí, inyectar más o menos combustible, adelantar o atrasar el encendido con la finalidad de mantener un óptimo rendimiento del motor.

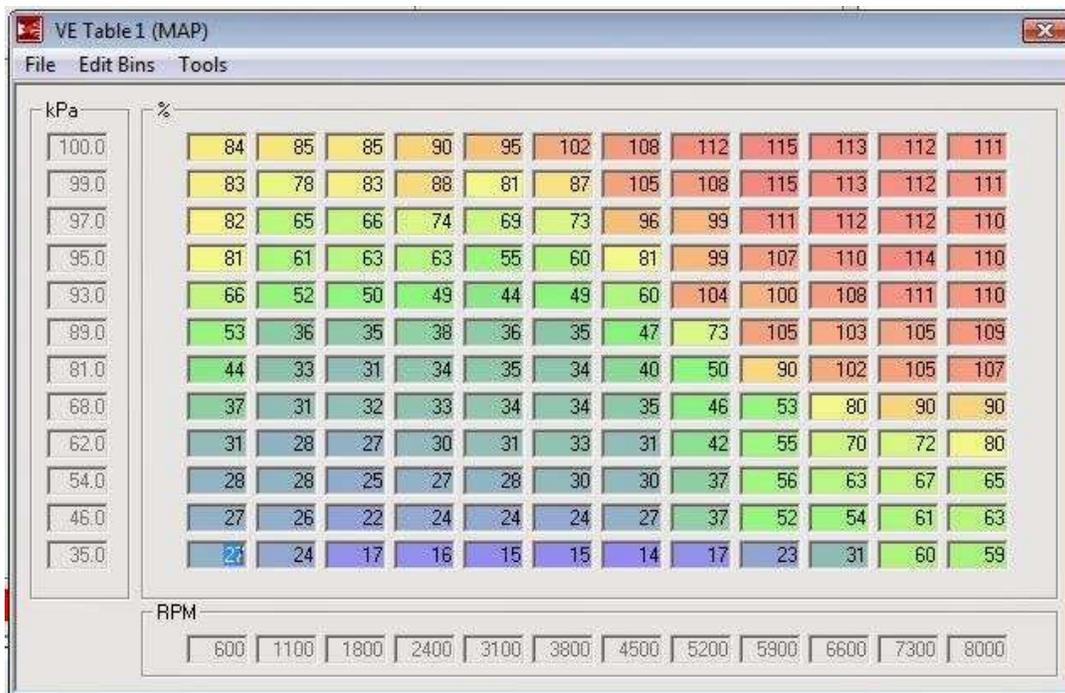


Figura 27: Mapa de Inyección de los motores de Combustión Interna

Nota: Extraído de (Lich, 2015)

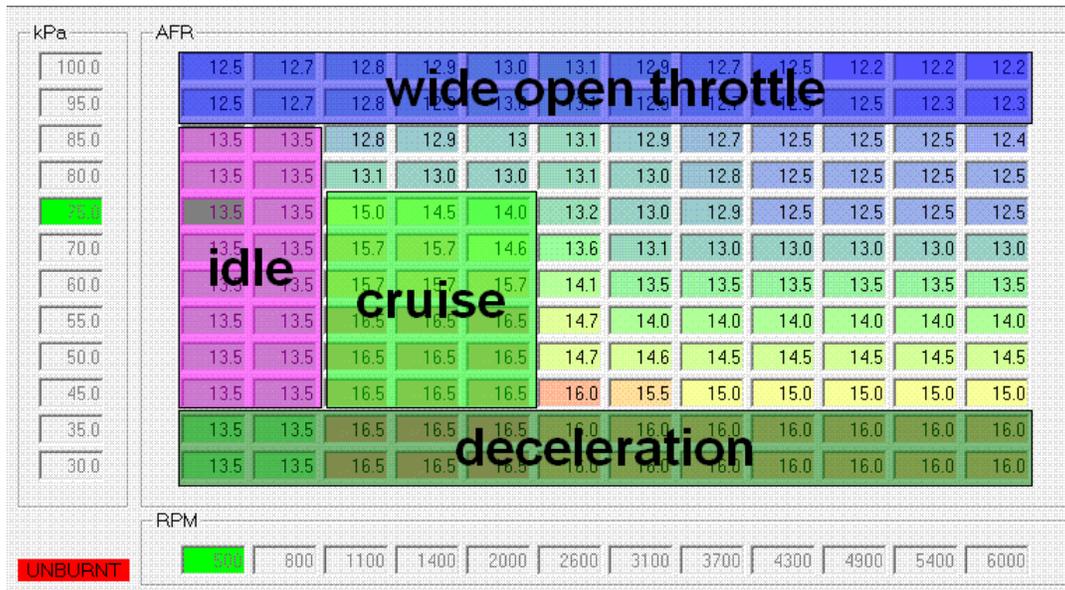


Figura 28: Relación de Aire y Combustible

Nota: Tomado de (Lich, 2015)

Como se puede apreciar, para poder acelerar un vehículo no es solo controlar la mariposa del vehículo. También, hay que hacer muchas más acciones sobre otros actuadores, como los inyectores y las bobinas de encendido. Pero, todo esto inicia cuando se pisa el acelerador del vehículo. Es por eso, nuestro sistema propuesto para el bloqueo de la aceleración del vehículo se basa en controlar las señales del APP y con un control de lazo abierto es suficiente debido a que conmutamos las señales del APP y además generamos señales de ralentí como si estuviéramos simulando un sensor APP. Si quisiéramos usar un sistema de control cerrado tendríamos que acceder al Mapa de inyección y Mapa de encendido, esto nos llevaría a tener que reprogramar y rediseñar la ECU de cada vehículo donde queramos aplicar nuestro sistema, lo cual no es viable porque los mapas de inyección y encendido los tiene cada fabricante de los motores y hacer esto generaría demasiado costo, quizás para otras aplicaciones sería útil pero no para el objetivo de este

proyecto. Es por ello que se decidió hacer un control de lazo abierto en las señales del sensor del APP.

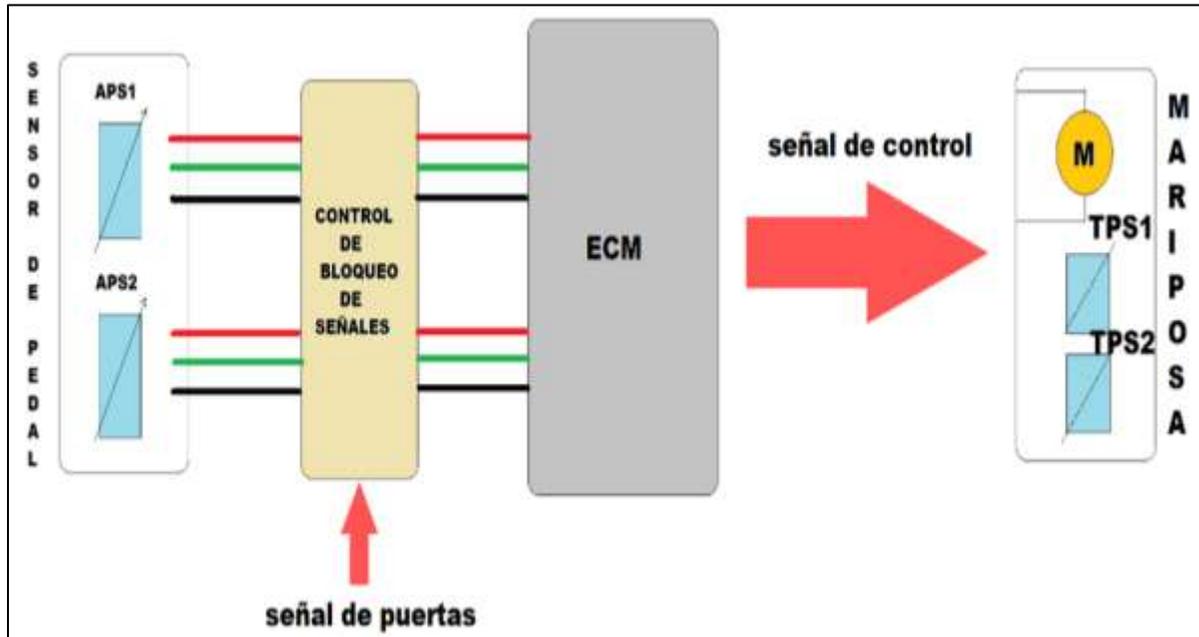


Figura 29: Esquema del Sistema de Bloqueo de Aceleración

Nota. En la figura 29, se observa las señales del sensor de pedal ingresan al circuito propuesto y después son enviadas a la ECU o ECM dependiendo de la señal de las puertas. Elaboración propia

En esta etapa describiremos, los circuitos a usar para leer las señales tales como la del velocímetro, pedal de aceleración, las señales de puerta.

2.3.1.1. Microcontroladores PIC.

Según Angulo Usategui y Angulo Martínez (2003) en su libro de Microcontroladores PIC Diseño Práctico de Aplicaciones indica,

El microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio

dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (embedded controller). (pag. 1)

Con el propósito de cumplir nuestros objetivos en este proyecto de tesis, usamos el PIC 16F628A, el cual es un microcontrolador de 18 pines, bajo consumo de energía y bajo costo económico, también es muy usado en diferentes proyectos por ser accesible y por sus características tales como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Características del PIC 16F628A

Característica	Propiedad
Memoria de programa	1K Bytes
Memoria SRAM	224 Bytes
Memoria EEPROM	128 Bytes
Pines de E/S	16
Entradas analógicas (ADC)	No
Salidas PWM ^a	2
Oscilador	Frecuencia máxima 20 MHz. Oscilador interno de 4 MHz.
Comparadores	2
Números de pines	18
Encapsulado	PDIP, SOIC, SSOP, QFN

Nota. ^a "Pulse Width Modulation o Modulación por ancho de pulso". Tomado (datasheet del PIC 16F628A)

El PIC 16F628A es el componente principal que ejecuta todas las funciones de acuerdo a las señales de entrada; es así, por ejemplo, cuando las puertas del bus estén abiertas, el microcontrolador entrará a bloquear las señales del sensor del pedal y poniendo una señal de

ralentí. La frecuencia designada a trabajar con el PIC es de 4 MHz, generada por un cristal de cuarzo y va conectado con sus respectivos condensadores de 22 pF en paralelo a GND (Ground o Tierra) con la finalidad de estabilizar la frecuencia por temas de ruido que puedan interferir en el funcionamiento. Al trabajar a una frecuencia de 1 MHz según la hoja de datos del microcontrolador este consumirá una corriente de aproximadamente 120 uA, aunque esto se puede reducir a (100 nA @ 2.0 V) cuando se pone en modo sleep. La máxima capacidad de corriente de cada uno de los pines de los puertos en modo sumidero (sink) o en modo fuente (source) es de 25 mA. (Microchip Technology Inc., 2002) La máxima capacidad de corriente total de los puertos se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 2

Capacidad de Corriente de los Puertos del Microcontrolador PIC 16F628A

Puertos	Modo	
	Sumidero	Fuente
Puerto A	100 mA	100 mA
Puerto B	100 mA	100 mA
Total	200 mA	200 mA

Nota. La máxima corriente en los puertos A y B en modo sumidero o fuente es de 200 mA (Combinado) y de 25 mA por cada pin I/O (Input/Output o Entrada/ Salida).

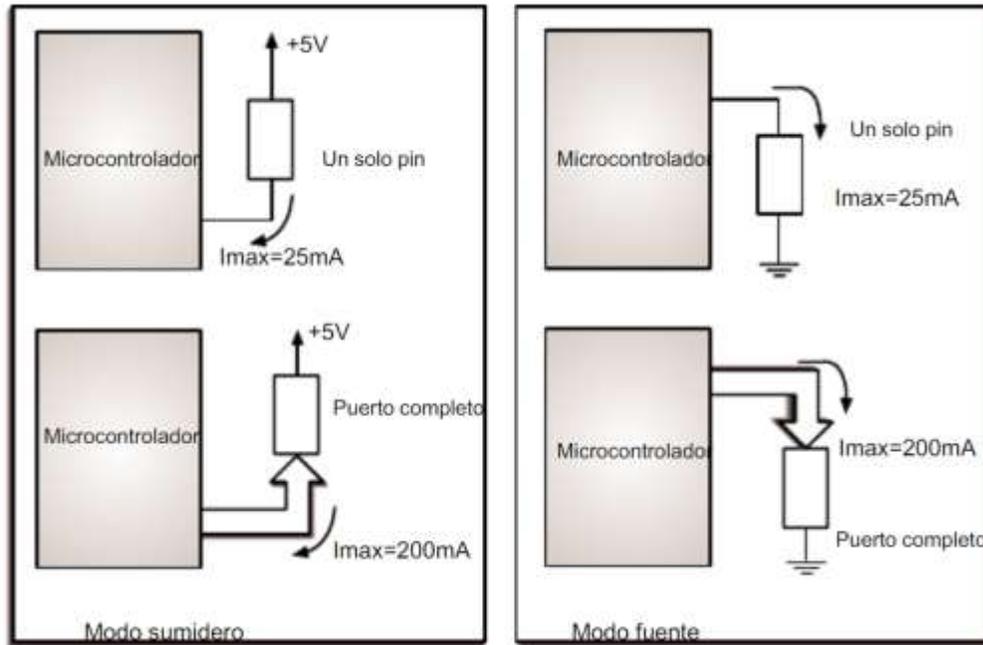


Figura 30: Capacidad de Corriente de los Pines y Puertos del PIC 16F628A

Nota. Extraído de (Parra, 2020)

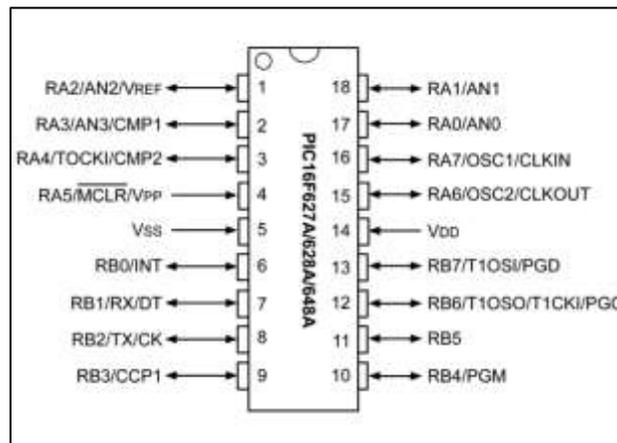


Figura 31: Diagrama de Pines del PIC 16F628A

Nota. Tomado de (Microchip Technology Inc., 2002)

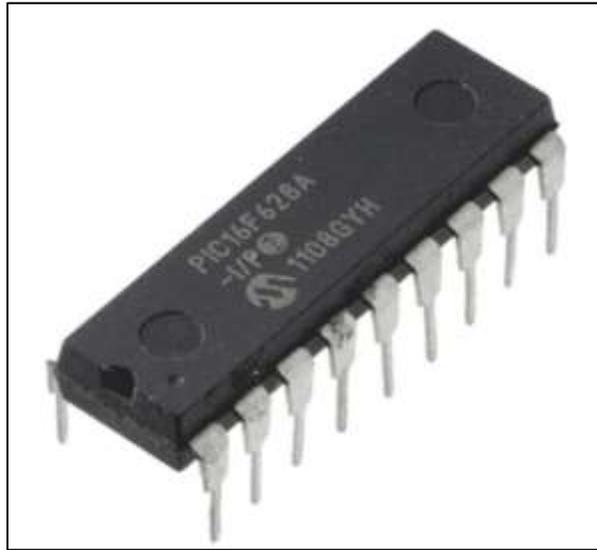


Figura 32 : Encapsulado tipo PDIP del Microcontrolador PIC 16F628A

Nota. Tomado de (ElectroCrea, 2020)

2.3.1.2. Circuito de Acondicionamiento de Señales de Entrada.

Las señales de entrada al microcontrolador son las del velocímetro, interruptor de puertas (abiertas o cerradas), de obstáculos y las del pedal de aceleración. Con las señales del pedal y velocímetro no habrá problema alguno, puesto que dichas señales están en un rango de 0 V a 5 V las cuales son aceptadas por el microcontrolador; pero las otras señales están en un rango de 0 a 12 V, es por ello que se debe usar un acondicionamiento de señales para convertirlas en un rango de 0 V a 5 V evitando de esta manera falsas señales y además sea aceptado por el microcontrolador.

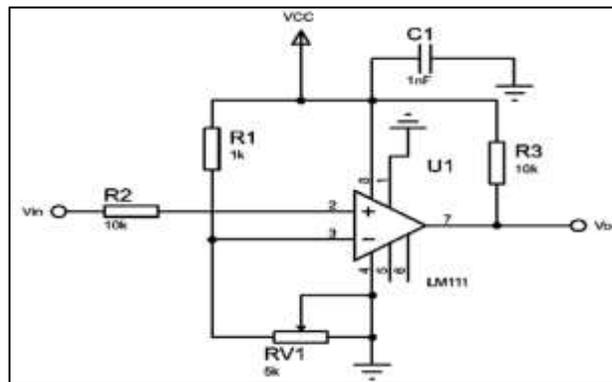


Figura 33: Circuito Acondicionador de Señales

Nota. Amplificador Operacional (OPAM) LM111 en modo comparador. Elaboración propia

Para el acondicionamiento de las señales usamos el amplificador operacional LM111 por sus características que se muestran en la Tabla 3, las cuales se adecuan a nuestro diseño. La configuración que se muestra en la figura 33, es en modo comparador conmutando de 0 V a 5 V. Si el voltaje de entrada (V_{in}) supera el valor de referencia calibrada por el potenciómetro RV1 de 5 k Ohm en la salida se obtendrá 0 V y si la señal de entrada es menor a la de referencia se obtendrá 5V en la salida. De esta manera podemos evitar falsas señales, especialmente por el ruido eléctrico.

Tabla 3

Especificaciones Técnicas del OPAM LM111

Características	Propiedades
Rango de temperatura	0 °C a +70 °C.
Rango de tensión de entrada diferencial	± 30 V.
Consumo de poder	135 mW a ± 15 V
Requiere resistencia de	pull-up
Corriente máxima (I_{max})	50 mA

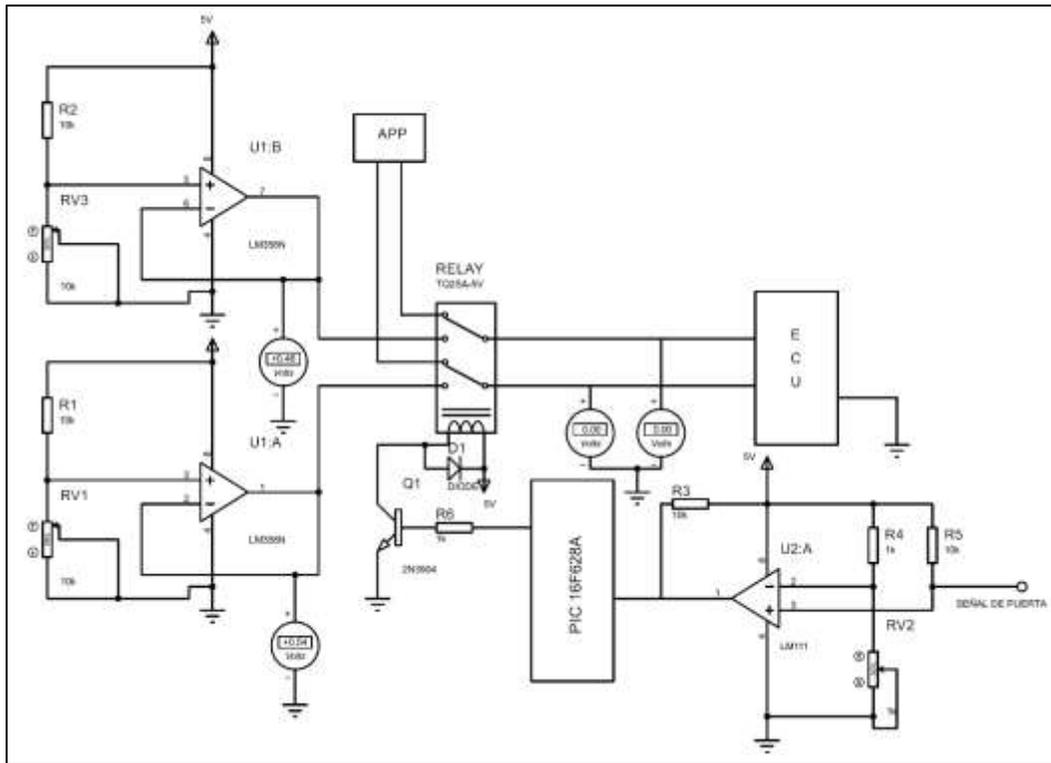


Figura 34: Circuito de Bypass Electrónico de las señales del sensor APP

Nota. En la figura 34, se muestra el circuito que hace posible la conmutación de las señales del sensor de aceleración, esto se hace para lograr el bloqueo del sistema de aceleración cuando las puertas están abiertas. Elaboración propia

Para lograr el bloqueo de las señales del sensor del pedal del acelerador del vehículo; se usaron los amplificadores operacionales LM358N en modo seguidor de voltaje, teniendo un voltaje de referencia de 0.34 V y 0.45 V que se calibran por medio de los potenciómetros RV3 y RV1. Las salidas de los OPAM van conectados a un relé tipo SSR TQ2SA-5V de contactos normalmente abierto y normalmente cerrado, se usa este tipo de relé por su tiempo de activación y desactivación que está alrededor de los milisegundos. Con esto se logra que al momento de la conmutación la ECU no logre captar esta interrupción impidiendo que almacene código de error en su memoria. El SSR es controlado por el microcontrolador PIC 16F628A mediante el transistor BJT 2N3904;

se eligió este transistor, debido a que nos entrega una corriente de colector mayor a los 100 mA, la cual es suficiente para activar al relé.

2.3.2. Desarrollo del Control Electrónico del Sistema de Apertura y Cierre de Puertas

Después de haber acondicionado las señales de entrada al microcontrolador y haber generado la señal de ralentí simulando el pedal del acelerador en reposo con el LM358. Pasaremos a describir la etapa de potencia que será la encargada de recibir las ordenes (señales) del microcontrolador y controlar el mando de la apertura o cierre de las puertas del bus.

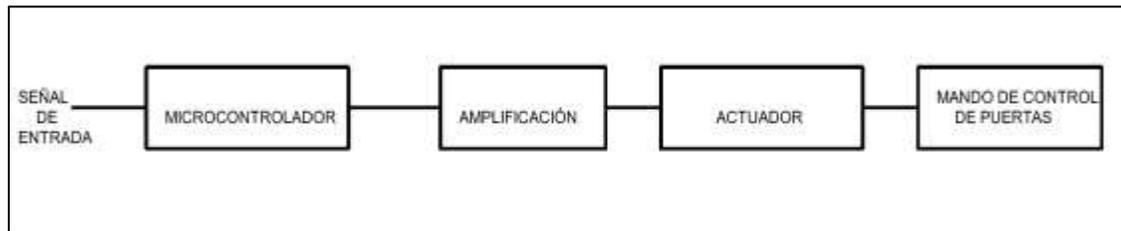


Figura 35: Control en Lazo Abierto del Control del Mando de Puertas

Nota. Elaboración propia

En la figura 35, se puede observar el control en lazo abierto del control de mando de puertas, debido a que conocemos cual será el valor de la entrada, esta es la del velocímetro y sensor infrarrojo puede tomar el valor de 0 V o 5 V. Además, se conoce el valor de la salida que debe ser la de la alimentación al mando de 12 V o 24. A continuación, se explica cada bloque:

Microcontrolador. - Consta del PIC 16F628A, encargado de realizar todas las ordenes de nuestro sistema de control.

Amplificación. - Consta de 2 transistores MOSFET capaz de activar o desactivar el actuador

Actuador. - Consta de un relé propio del vehículo que activa y desactiva la alimentación principal del mando de puertas.

Mando de control de puertas. - Es el encargado de activar la apertura o cierre de las puertas.

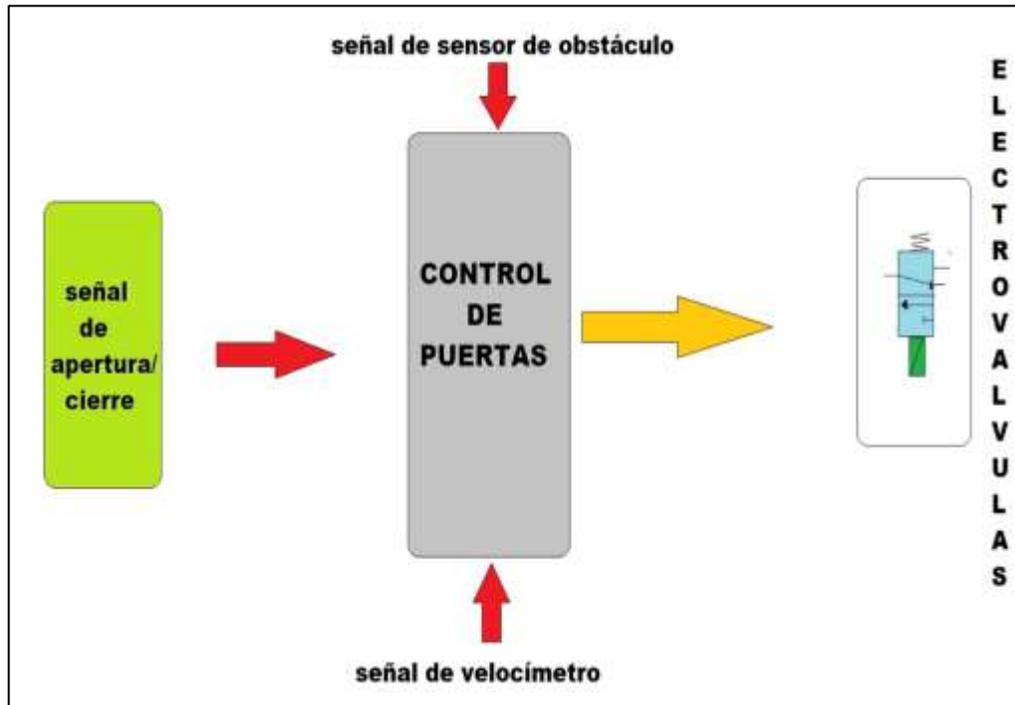


Figura 36: Diagrama del Control de Puertas del Bus

Nota. Diagrama general del control de puertas que depende de la señal del switch de puerta y la del velocímetro. Elaboración propia.

2.3.2.1. Transistores MOSFET.

Básicamente el transistor MOSFET es un dispositivo controlado por voltaje y poder controlar cargas altas como motores, relé, electroválvulas, etc. “Un MOSFET es un dispositivo semiconductor utilizado para la conmutación y amplificación de señales. El nombre completo, Transistor de Efecto de Campo de Metal-Óxido-Semiconductor (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, MOSFET) se debe a la constitución del propio transistor” (García González, 2016).

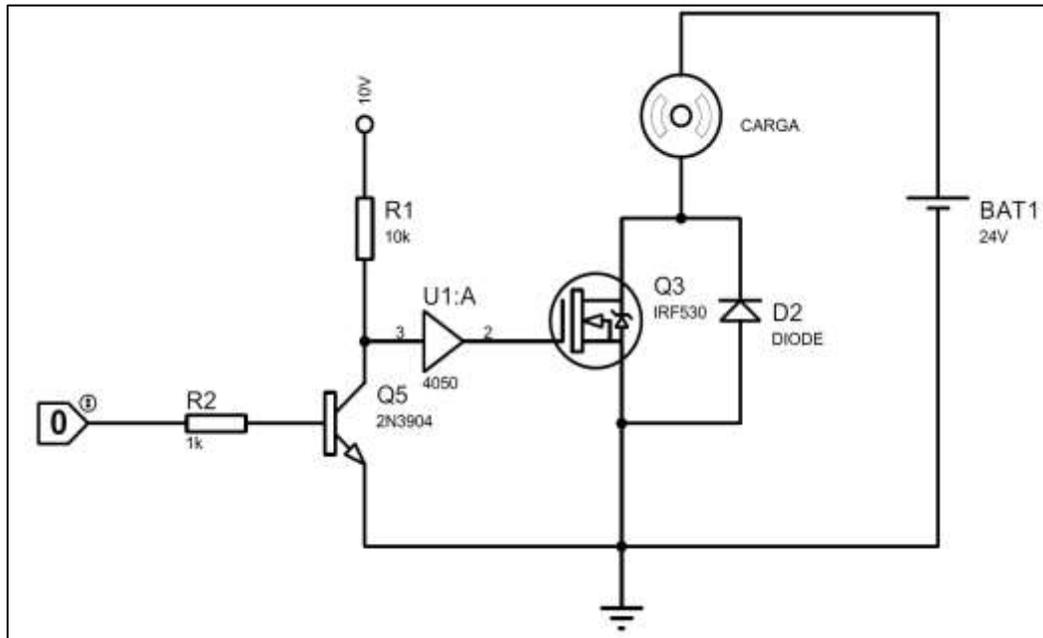


Figura 37: Etapa de Potencia, Permite la Apertura y Cierre de las Puertas

Nota. Para controlar el mando de las electroválvulas de las puertas se usa el MOSFET IRF530N de canal N que se encuentra trabajando en la región de corte y saturación. Para cada control de electroválvula se dispondrá de un circuito como el de la figura 37. El mando de control de puertas se simula en el circuito con el nombre de "CARGA". Elaboración propia

En la figura 37, se observa que el MOSFET tiene un circuito de pre- excitación, conformado por el transistor BJT NPN 2N3904 y el circuito integrado CD4050. Esto se hace debido a que el MOSFET tiene que tener un voltaje 10 V V_{GS} (Gate-Source o Compuerta - Fuente) para que funcione en las zonas de corte y saturación a una conmutación de 30 ns y de esta manera obtener la máxima corriente drenador (I_D). Se eligió el transistor 2N3904 por su poco consumo de corriente, este transistor también se encuentra trabajando en la zona de corte y saturación. Además, se sabe que un MOSFET es controlado por una fuente de voltaje, donde nos atrevemos a decir que la corriente I_{GS} es cero; es por ello, con el transistor 2N3904 nos basta para poder excitarlo, y esto va a depender de las órdenes del microcontrolador que ingresen a la base del BJT. Asimismo, se eligió el CD4050, debido a que internamente está compuesto de 2 transistores de canal N y P en

configuración Push-Pull, logrando activar y desactivar al IRF530N. Gracias a esta configuración que tiene el CD4050 se evita que la compuerta del IRF530N se quede cargada con un voltaje a pesar de que se desactiva; si la compuerta se queda cargada con este voltaje, el MOSFET se llegará a quemar.

Se usó el IRF530N por su corriente Drenador (ID) de 22 A, además de sus otras características que se muestran en la Tabla 4. Esta corriente es suficiente para poder controlar las electroválvulas de las puertas, debido a que una electroválvula consume una potencia de 5 W a 24 V. A continuación, calcularemos la potencia disipada (Pd) y la corriente máxima que circulará por el IRF530N con el control de una carga de consumo de 5 W, es decir cuando se activa una electroválvula.

Ecuación 1. Potencia Eléctrica

$$P = V * I \quad (1)$$

Donde:

- P es la potencia eléctrica.
- V es el voltaje.
- I es la intensidad de corriente.

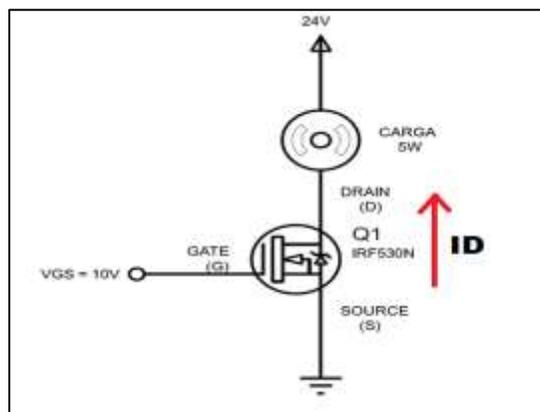


Figura 38: Configuración del IRF530N

Nota. Transistor está en configuración de corte y saturación, debido a que queremos usarlo como interruptor y aprovechar su máxima capacidad de corriente. Elaboración Propia

Hallamos el valor de la corriente $I = I_D$ reemplazando los valores en (I) . Para este caso cuando el voltaje V_{GS} es 10V consideramos al transistor como un cable obteniendo la corriente en la carga de:

$$5W = 24V * I$$

Despejando I,

$$I = 5W/24V$$

$$I = 208 \text{ mA}$$

Ahora que tenemos la corriente $I_D = 208 \text{ mA}$, pasamos a calcular la potencia disipada por el transistor MOSFET. Para obtener la potencia que disipa el transistor, vamos a considerar la resistencia entre Drain y Source $r_{DS(ON)} = 1.5 \Omega$ cuando el voltaje V_{GS} es 10V y una temperatura de juntura T_j máxima de 75 °C.

Reemplazando los valores en (I) obtenemos una potencia disipada de:

$$P = V * I$$

Se sabe por la Ley de Ohm que $V = R * I$, entonces tenemos:

$$Pd = 1.5(0.5) * (0.5)$$

$$Pd = 375 \text{ mW}$$

El valor de la potencia disipada (Pd) nos será de utilidad para definir si el transistor debe o no llevar disipador.

Tabla 4

Características y Beneficios del Transistor MOSFET IRF530N

Especificaciones	Símbolo	Condición de Test	valor	Unidad
Voltaje de ruptura Drain-source	BVDSS	$D = 250 \mu A,$ $V_{GS} = 0V$	100	V
Corriente de fuga Gate-source	IGSS	$V_{GS} = \pm 20 V$	± 100	nA
Voltaje umbral Gate-source	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250 \mu A$	2 - 4	V
Resistencia Drain-source ON	$r_{DS(ON)}$	$I_D = 22 A, V_{GS} = 10V$	0.064	Ω

Nota. Se muestran las principales características del IRF530N. Asimismo, se evidencia el voltaje VGS debe de ser de 10V para una corriente drenador de 22 A.

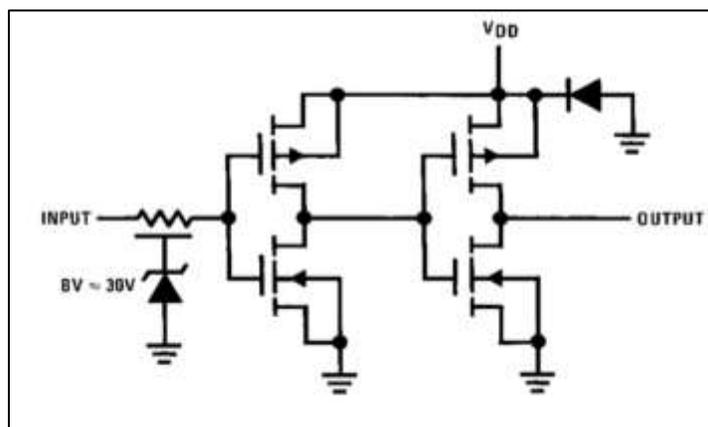


Figura 39: Diagrama Interno de Circuito Integrado CD4050

Nota. Los búferes hexadecimales CD4050BC son circuitos integrados monolíticos complementarios MOS (CMOS) construidos con modo de mejora con transistores de canal N y P. Extraído de (Farchild Semiconductor, 2020)

Tabla 5

Características y Beneficios del Transistor 2N3904

Especificaciones	Símbolo	Valor	unidad
Voltaje base-colector	VCBO	60	V
Voltaje emisor-colector	VCEO	40	V
Voltaje base-emisor	VEBO	6	V
Corriente colector	IC	200	mA
Corriente base	IB	50	mA

Nota. Se muestran las principales características del 2N3904, que se tuvo en cuenta para su elección para la etapa de pre-excitación del IRF530N.

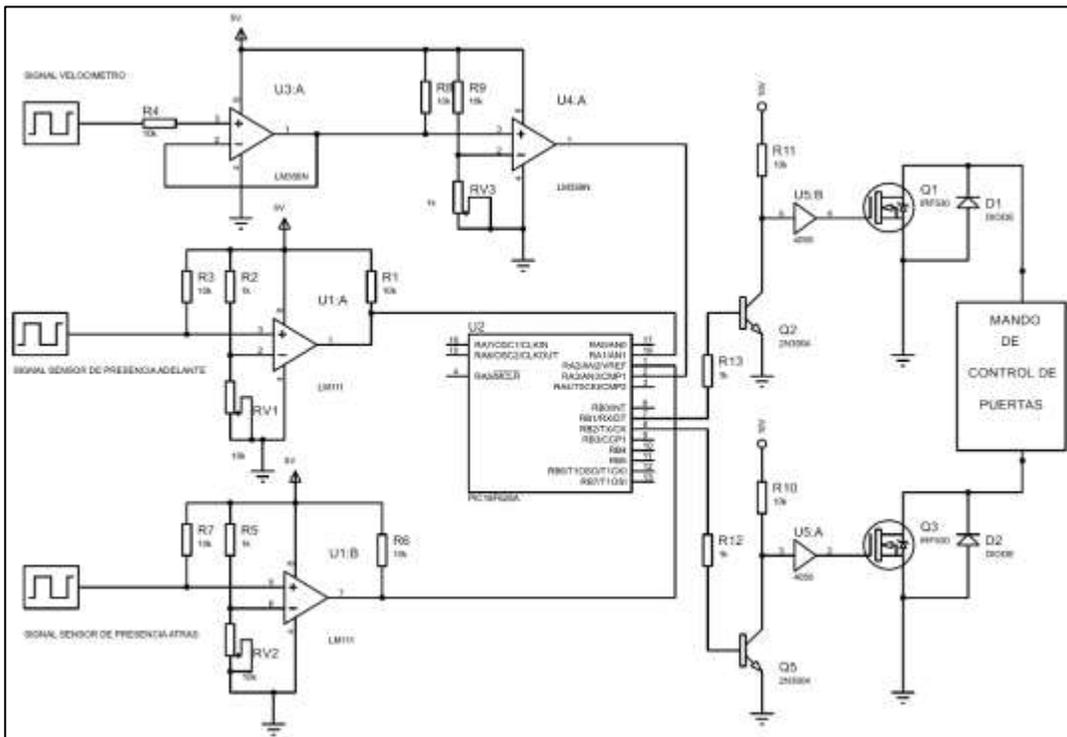


Figura 40: Circuito Electrónico del Control de Puertas

Nota. En la figura 40, se muestra el circuito que controla la alimentación de las electroválvulas de las puertas. Se puede observar el acondicionamiento de las señales de los sensores de presencia que son

ubicados en la puerta delantera y puerta posterior. Asimismo, la señal del velocímetro ingresando a un seguidor de voltaje para que no afecte al circuito propio del bus; luego esta señal pasa a un OPAM LM358N que está en modo comparador. Finalmente estas señales son leídas por el microcontrolador PIC 16F628A para hacer el control del bloqueo del mando de la apertura y cierre de las puertas. Elaboración propia.

El sensor de presencia que va ubicado en las puertas, es el encargado de detectar si hay una persona en medio de la puerta, esto se hace con la finalidad de garantizar que nadie quede atrapado en las mismas y para eso, se impide que el conductor pueda cerrar las puertas. Este sensor es de proximidad fotoeléctricos E18-D80NK. A continuación, presentamos sus características.

Tabla 6

Especificaciones Técnicas del Sensor E18-D80NK

Características	valores
Voltaje de operación	5 V
Corriente de operación	20 mA máx.
Corriente de salida (carga)	100 mA
Rango de detección	3 cm a 80 cm
Emisor de luz	Led infrarrojo
Sensor fotoeléctrico infrarrojo	Tipo difuso / opaco
Salida	Tipo NPN normalmente abierto (NO) (ON: GND / OFF: VCC)
Temperatura de trabajo	-25 a 70 °C
Longitud de cable	80 cm



Figura 41: Sensor E18-D80NK

Nota: Extraído de (Naylamp Mechatronics, 2020)

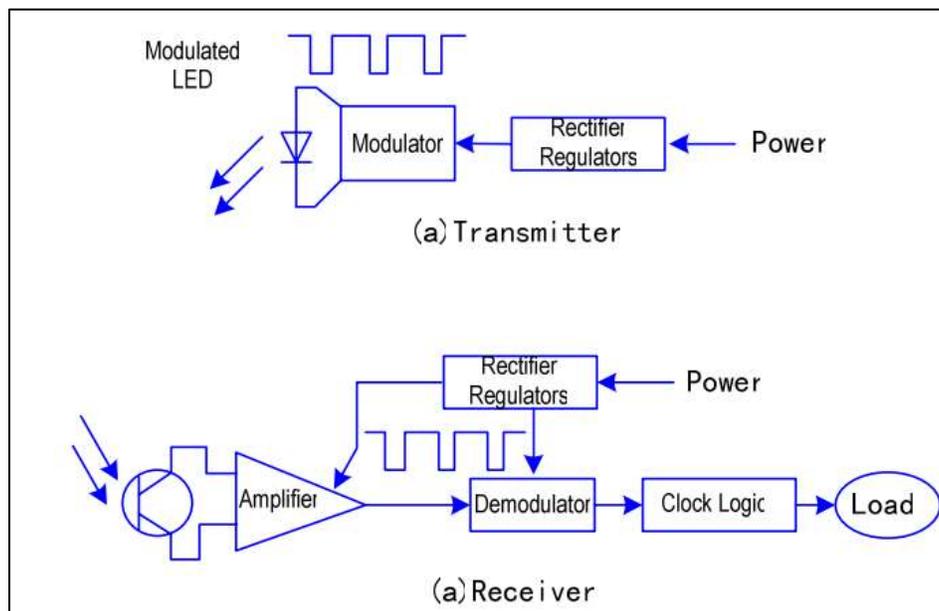


Figura 42: Diagrama de Composición Interna del Sensor E18-D80NK-N

Nota. Extraído de (Naylamp Mechatronics, 2020)

Como se muestra en la tabla 6, el rango de detección este sensor fotoeléctrico es de 3 a 80 cm.

Este rango de detección es posible, debido a que internamente tiene un potenciómetro que podemos ajustar y de esta manera modificar la distancia de detección que sea conveniente para nuestro proyecto. Para este proyecto estamos usando la máxima distancia de detección que es 80 cm debido a que la distancia de la superficie del bus a la puerta es mayor a 1 metro y como se quiere detectar objetos o personas que se encuentren paradas en la puerta se usa tal rango.

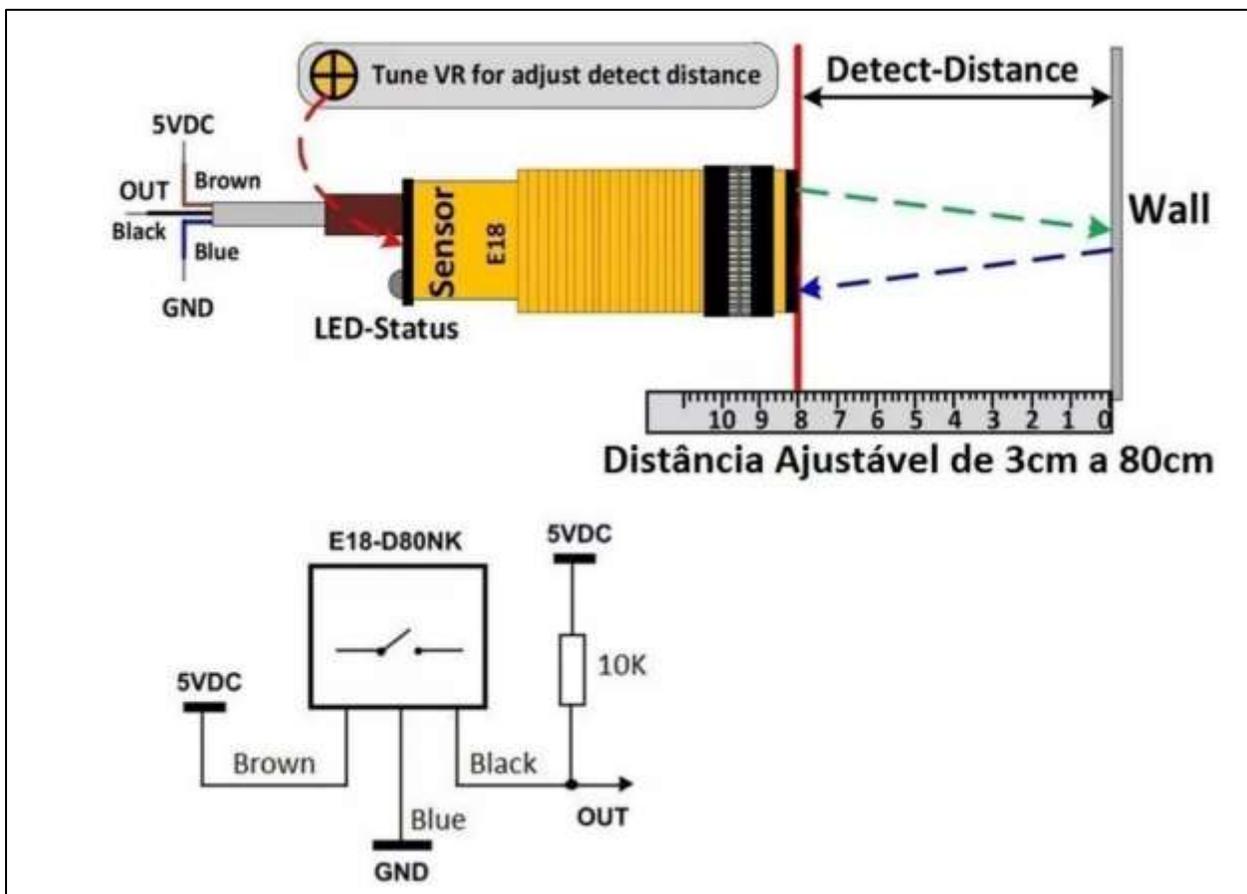


Figura 43: Calibración del Rango de Detección del Sensor E18-D80NK

Nota. Extraído de (Tiwins Chip, 2020)

2.3.2.2. Cálculo y Elección del Disipador para el MOSFET IRF530N.

Todo semiconductor recorrido por una corriente eléctrica, parte de esa energía eléctrica aplicada se transforma en calor por el efecto de Joule conocida como energía térmica. Esta energía se genera en el interior del semiconductor causando un aumento de su temperatura en el interior y cuando esto sucede el tiempo de vida del componente es menor. Asimismo, si esta temperatura interna sobrepasa el valor máximo del fabricante causará la fusión térmica del mismo y por tanto se llegará a destruir. Es por ello que debemos evitar este aumento de temperatura, permitiendo la evacuación de su temperatura interna hacia el medio ambiente, lograremos hacer esto con disipadores de aluminio.

“Un disipador es un componente metálico generalmente de aluminio que se utilizan para evitar que algunos dispositivos electrónicos como, transistores bipolares, reguladores, circuitos integrados etc. se calienten y se dañen” (Electrónica completa, 2020).

Procederemos a calcular el disipador para poder evacuar la temperatura y evitar quemar el componente. Para lograr estos cálculos se usan los siguientes datos obtenidos del datasheet del MOSFET mostrados en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7
Especificaciones Térmicas del IRF530N

Especificaciones Térmicas	
Temperatura máxima en la unión del transistor en funcionamiento (T_j)	150 °C
Resistencia térmica de la unión y el ambiente ($R_{\theta JA}$)	62 °C/W
Resistencia térmica de la unión y la capsula ($R_{\theta JC}$)	1.76 °C/W
Resistencia térmica entre la capsula del transistor y el disipador ($R_{\theta cd}$)	1.2

Nota. La resistencia térmica $R_{\theta cd}$ es elegida 1,2 debido a que el IRF530N es de tipo TO - 220

Primero, hallamos la temperatura máxima interna que el transistor puede trabajar agregando un factor de seguridad térmica (k)

Ecuación 2. Factor de Seguridad Térmica (k)

$$T_{jmax} = k * T_{jmax} \quad (2)$$

Donde (k) tomará los valores de:

$k = 0.5$ para un diseño normal con temperatura ambiente moderada.

$k = 0.6$ para economizar el tamaño del disipador.

$k = 0.7$ Cuando el disipador permanezca en posición vertical y en el exterior (mejora de convención).

Reemplazando los datos de la Tabla 7 en (2) y k como 0.5 debido a que el IRF530N se encuentra sin disipador, obtenemos lo siguiente:

$$T_{jmax} = 0.7 * 150 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{jmax} = 75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Esto indica que nuestro transistor elegido solo podrá soportar una temperatura térmica T_j máximo de $75 \text{ } ^\circ\text{C}$ en pleno funcionamiento. Si se llegara a sobrepasar esta temperatura podría llegar a quemarse.

Segundo, ahora que se sabe la temperatura interna máxima que puede soportar el IRF530N pasaremos a encontrar la temperatura interna (T_j) con la que va a trabajar al momento de controlar el sistema de puertas. Esto se hace con la Ley de Ohm térmica.

Se puede afirmar que, extrapolando los términos, estamos ante una revisión de la

Ley de Ohm para parámetros térmicos. En este caso la similitud son los términos

como temperaturas por tensiones, resistencias térmicas por resistencias óhmicas y flujo de calor por corriente eléctrica. (Electrónica completa, 2020)

La ley de Ohm térmica se define de la siguiente manera,

Ecuación 3. Ley de Ohm Térmica

$$T_j = P_d * R_{\theta JA} + T_a \quad (3)$$

Donde:

- T_j es la temperatura máxima en la unión del transistor en funcionamiento.
- P_d es la potencia máxima del transistor en funcionamiento.
- $R_{\theta JA}$ es la resistencia térmica de la unión y el ambiente.
- T_a es la temperatura ambiente

Con esta fórmula determinaremos la la temperatura interna del transistor cuando este disipando la potencia máxima (P_d).

Reemplazando los valores en (3) obtenemos:

$$T_j = P_d * R_{\theta JA} + T_a$$

$$T_j = 0.375W * 62 \frac{C}{W} + 25 \text{ } ^\circ C$$

$$T_j = 48.25 \text{ } ^\circ C$$

Con el valor obtenido de $T_j = 48.25 \text{ } ^\circ C$ indica que la temperatura interna del transistor IRF530N está dentro del rango permitido por el fabricante y no necesita llevar disipador.

2.3.2.3. Mando de Control de Puertas del Bus.

El mando de control de puertas está conformado por dos switches (interruptores) de 3 posiciones con retorno automático a la posición neutro; gracias a este tipo de interruptores, basta

con uno para controlar la apertura y cierra de la puerta. Un interruptor es para la puerta de subida del pasajero (puerta delantera) y el otro para controlar la puerta de bajada (puerta posterior).



Figura 44: Mando para la Apertura y Cierre de la Puerta del Bus

Nota. Elaboración propia

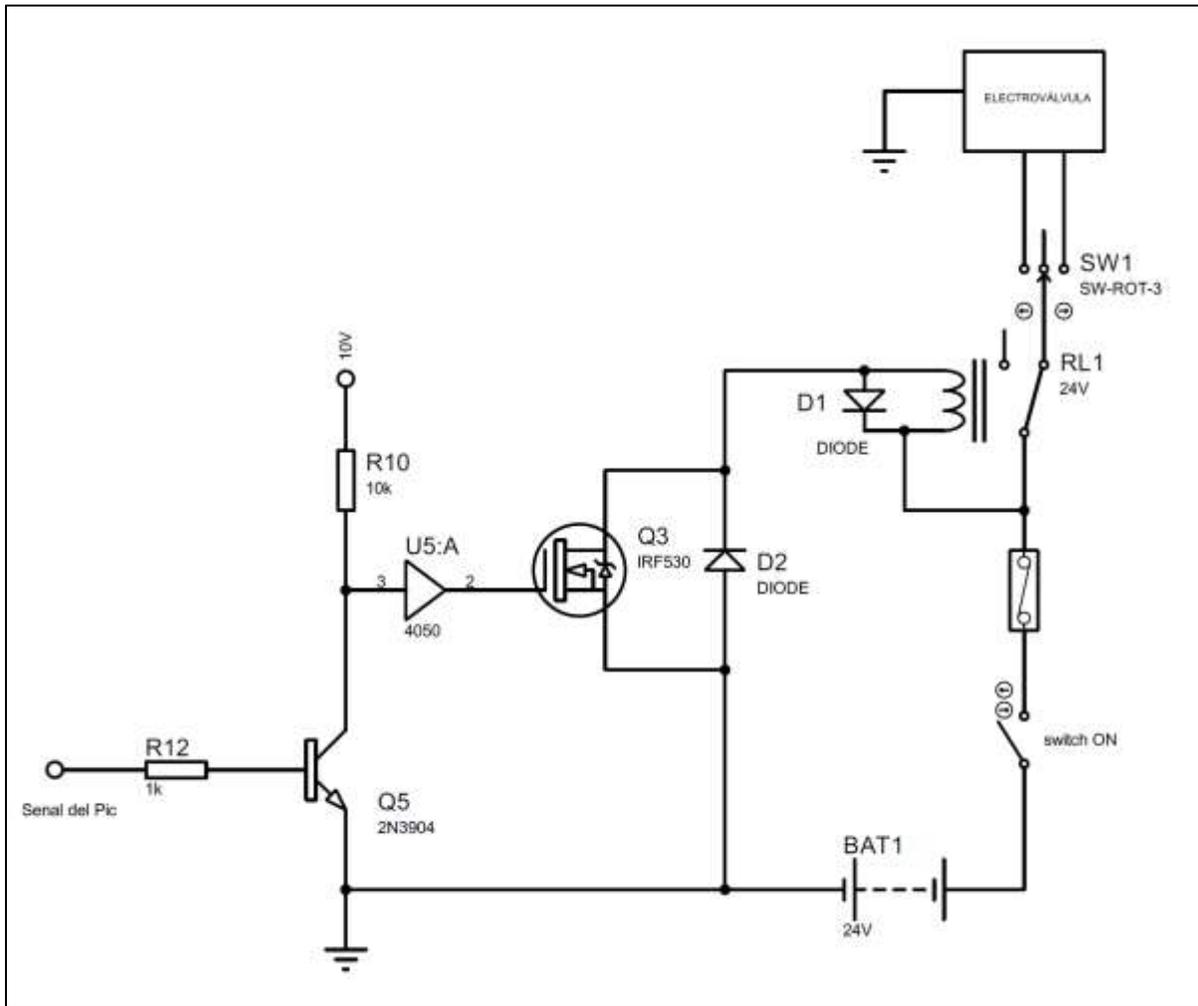


Figura 45: Conexión del Mando de control de Puertas

Nota. En la figura 45, se observan las conexión del sistema de control de puertas con el mando de puertas, representado el SW1 como el interruptor y el relé de 24 V que hace la conmutación de tal señal de acuerdo a la activación del IRF530N que es comandado por el PIC 16F628A de acuerdo a la programación realizada.

2.3.3. Desarrollo de la Fuente de Alimentación

La alimentación principal con la que cuentan los ómnibus de transporte público es de 24 VDC conformada por dos baterías de 12 VDC/120 A conectadas en serie. Nuestro sistema de control se debe alimentar con 5V, además el voltaje para activar los transistores de potencia (IRF530N) es de 10V. Por ello, debemos diseñar una fuente de alimentación que cuente con estas características para no correr con el riesgo de alimentar el circuito con una sobretensión. Asimismo, se tiene en cuenta la cantidad de corriente que consume todo el circuito de control electrónico cuando se encuentra trabajando a plena carga (máximo trabajo). A continuación, se muestra la tabla 8 del consumo de los componentes que conformar el diseño del circuito electrónico.

Tabla 8

Consumo de Corriente de los Componentes del Circuito de Control Electrónico

Componentes	Consumo por Unidad	Número de Componentes en el Circuito	Consumo por el Número de Componentes
PIC 16F628A	250 mA	1	250 mA
LM111	50 mA	5	250 mA
LM358	50 mA	2	100 mA
Relé SSR	30 mA	2	60 mA
2N3904	100 mA	3	300 mA
Sensor de Presencia	150 mA	2	300 mA
CD4050	46 mA	1	46 mA
Total			1306 mA

Como se muestra en la Tabla 8, el consumo de corriente del circuito de control electrónico es menor a 2 A. Para el diseño de la fuente de alimentación consideramos el doble del consumo de

energía; es decir diseñaremos una fuente de alimentación con los voltajes de 5V con un suministro de energía por encima de los 4 A y la de 10 V superior a los 2 A.

Para obtener la fuente de voltaje de 5 V se usó el XL4015E1 convertidor DC/DC (reductor), este es un regulador de voltaje a una frecuencia fija de 180 KHz capaz de conducir una carga de 5 A con alta eficiencia, baja ondulación y excelente línea y Regulación de carga requiriendo un mínimo número de componentes externos, el regulador es fácil de usar e incluye compensación de frecuencia y un oscilador de frecuencia fija. (XLSEMI, 2020)

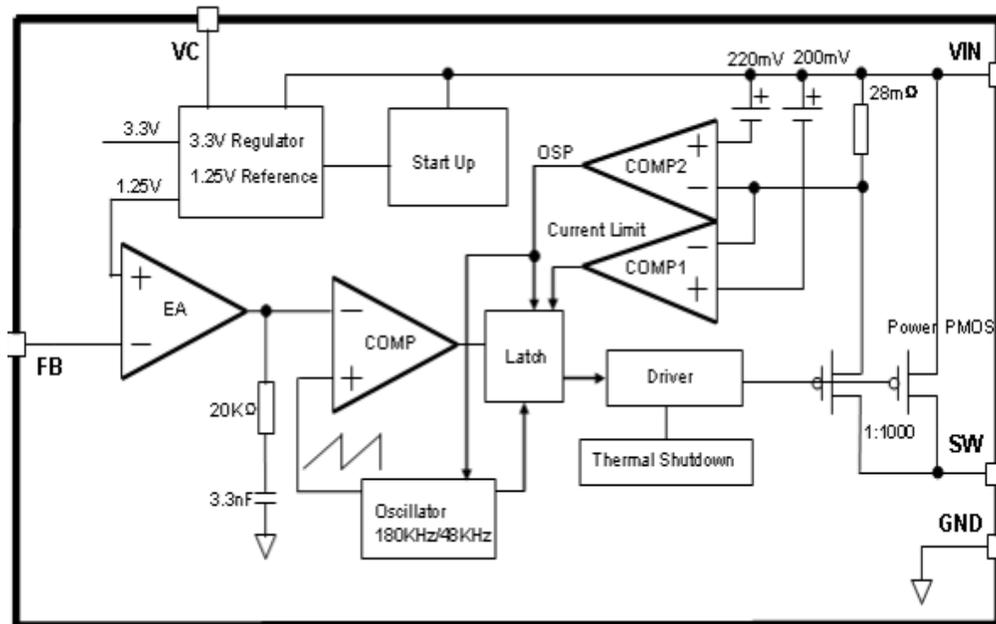


Figura 46: Diagrama de Bloques de Función del XL4015

Nota. Extraído de (XLSEMI, 2020)

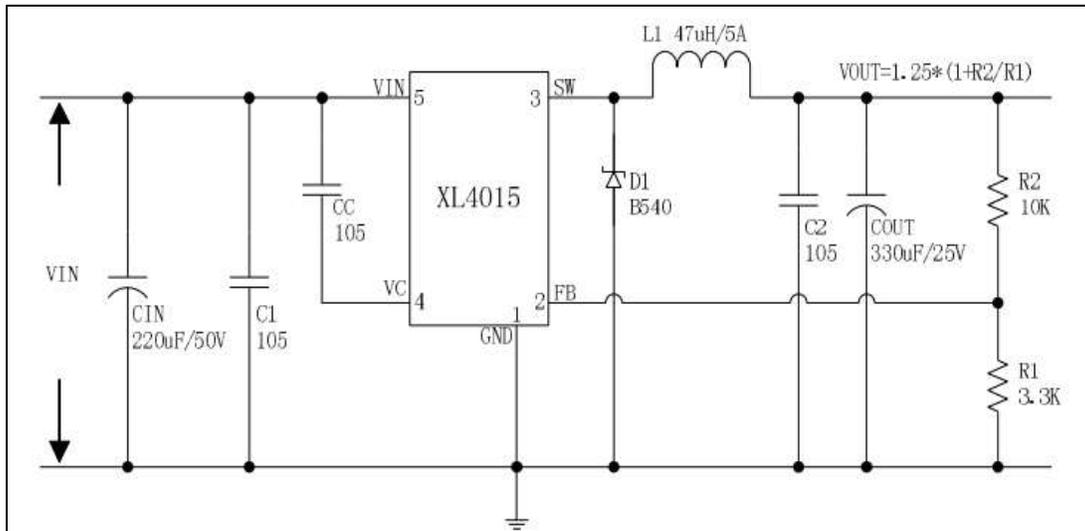


Figura 47: Circuito Aplicativo del XL4015 para una Fuente Regulable

Nota. Voltaje de entrada, Voltaje de salida ($V_{IN}=8V\sim 36V$, $V_{OUT}=5V/5A$). Tomado de (XLSEMI, 2020)

Para la fuente de 10 V se usa el regulador de voltaje variable LM350, por sus características que soporta un voltaje de entrada de 35 V y una corriente de salida máxima de 3 A según su datasheet.

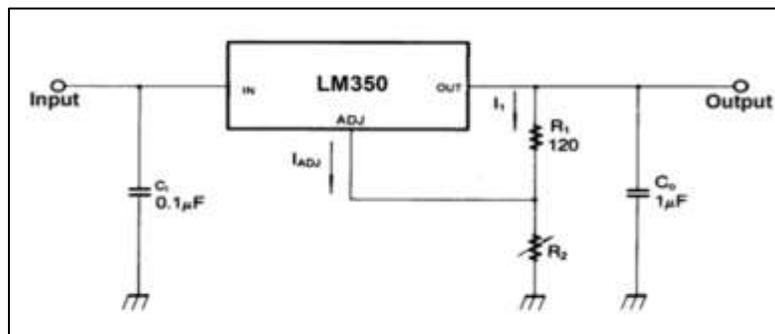


Figura 48: Regulador de Voltaje Variable LM350

Nota. Tomado de (Fairchild Semiconductor, 2020)

Como se describió antes, el XL4015E1 y el LM350 son reguladores de voltaje variables; debido a esto, al usar estos componentes electrónicos se tienen que hacer cálculos de las resistencias que

se usan como retroalimentación (Feedback) para obtener el voltaje de salida requerido que es de 5 V y 10 V. Por ello, se usa la fórmula del regulador general de voltaje.

Ecuación 4. Fórmula del Regulador General de Voltaje

$$V_{out} = 1.25(1 + R2/R1) + (i_{ADJ})R2 \quad (4)$$

Donde:

- V_{out} es el voltaje de salida
- $R1$ es la resistencia fija determina por el fabricante (120 Ohm)
- $R2$ resistencia de ajuste para obtener el voltaje de salida
- i_{ADJ} es la corriente de ajuste

Con esta fórmula podemos calcular los valores de $R2$, ya que esta resistencia se conecta en serie con el pin de ajuste del regulador a tierra y es por este pin donde se hace la regulación del voltaje de salida deseado. El i_{ADJ} es la corriente de ajuste, por lo general está en el orden del valor de los micro Amper (uA) por tal motivo en los cálculos se suele despreciar dicho valor.

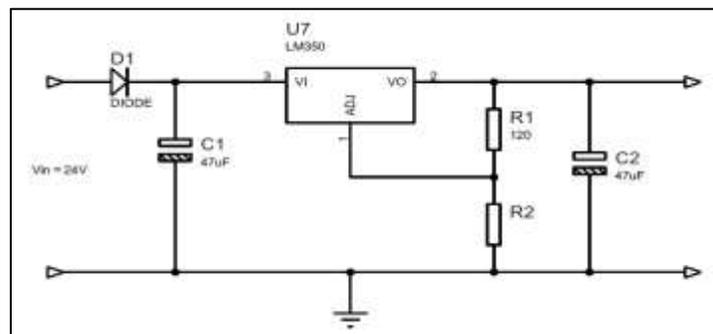


Figura 49: Circuito de Fuente de Voltaje de 10V con el LM350

Nota. En la figura 49, se muestra el uso del regulador LM350 realizado en el Software Proteus, en el programa Isis. Elaboración propia

Para obtener la fuente de voltaje de 10V se deben realizar diferentes cálculos para R2 que se muestran a continuación.

Cálculos de R2 para obtener una fuente de salida de 10V:

$$V_{out} = 1.25 \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + (i_{ADJ})R2$$

Despejamos R2 y despreciamos el valor de i_{ADJ} por ser muy pequeño

$$R2 = \left(\frac{V_{out}}{1.25V} - 1 \right) \times R1$$

Reemplazamos los valores

$$R2 = \left(\frac{10V}{1.25V} - 1 \right) \times 120\Omega = 840 \text{ Ohm}$$

La resistencia calculada para obtener el voltaje de salida de 10V con el regulador LM350 para excitar los transistores MOSFET es de 840 Ohm a $\frac{1}{4}$ W; como dicho valor de resistencia no existe en el mercado lo aproximamos a 1k Ohm y obtendremos una fuente de aproximadamente 12V, lo cual está dentro de lo permitido para activar a los IRF530N.

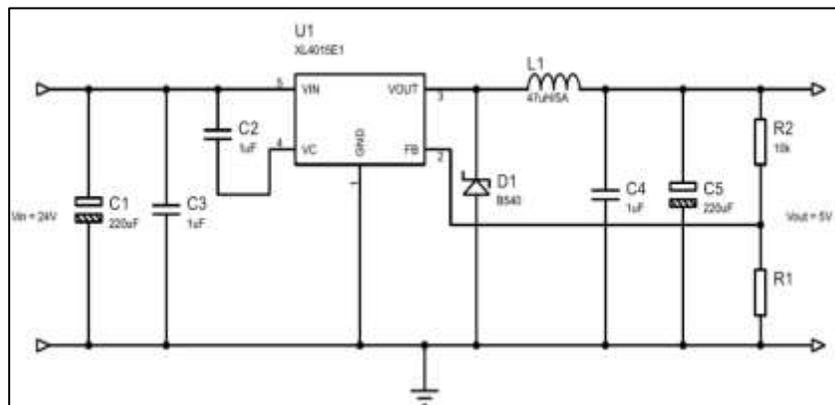


Figura 50: Fuente de Voltaje de 5V con el XL4015E1

Nota. En la figura 50, se muestra el circuito de la fuente de voltaje con el XL4015E1 realizado en el Software Proteus, en el programa Isis. Elaboración propia

Para obtener la fuente de voltaje de 5V se deben realizar diferentes cálculos para R2 que se muestran a continuación.

Cálculos de R1 para obtener una fuente de salida de 5V:

$$V_{out} = 1.25 \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + (i_{ADJ})R2$$

Despejamos R2 y despreciamos el valor de i_{ADJ} por ser muy pequeño

$$R1 = R2 / \left(\frac{V_{out}}{1.25V} - 1 \right)$$

Reemplazamos los valores

$$R1 = \frac{10k\Omega}{\left(\frac{5V}{1.25V} - 1 \right)} = 3.3 K Ohm$$

La resistencia calculada para obtener el voltaje de salida de 5V con el regulador XL4015E1 para alimentar a todo el circuito de control electrónico es de 3.3 k Ohm a ¼ W; como dicho valor de resistencia no existe en el mercado la reemplazaremos por un potenciómetro de precisión para obtener dicho valor y sea exacto, debido a que este voltaje es crítico y debe de ser 5 V en la salida.

Después de haber realizado los cálculos respectivos, se procede a implementar el circuito en el software Proteus, para sus respectivas pruebas y su diseño en Ares que se muestra en el capítulo de resultados.

2.3.4. Programación del Microcontrolador PIC 16F628A.

El entorno de desarrollo integrado (IDE) que se usó para programar el microcontrolador PIC 16F628A es el MPLAB® X.

MPLAB® X es una Plataforma de Desarrollo Integrada bajo Windows, con múltiples prestaciones, que permite escribir el programa para los PIC en lenguaje ensamblador (assembler) o en C (el compilador C se compra aparte), crear proyectos, ensamblar o compilar, simular el programa y finalmente programar el componente, si se cuenta con el programador adecuado. (Dispositivos Lógicos Microprogramables, 2003)

El flujo de programación del sistema de control electrónico, inicialmente empieza con la rutina de la configuración de los puertos y registros del microcontrolador PIC 16F628A. En este proyecto de investigación se configuró el Puerto A (PORTA) como entrada para las señales del pedal de aceleración (APP), velocímetro, puertas y sensor de obstáculos. El puerto B (PORTB) se configuró como puerto de salidas para realizar el control de la aceleración y de las puertas. Después de haber configurado los puertos, configuramos el registro CMCON (Registro de control del Comparador), este registro lo desactivamos con la finalidad de habilitar los pines RA3 y RA4 como entradas o salidas, para este caso como entradas.

Como se ha descrito en capítulos anteriores, el sistema de control electrónico propuesto controla dos sistemas del vehículo de transporte público; uno es el del bloqueo de la aceleración y el otro, el del bloqueo de las puertas. Por ello, pasaremos a describir las consideraciones que se tuvo en cuenta en cada sistema para realizar el algoritmo y poder programar el PIC. Primero explicaremos el diagrama de flujo del control de bloqueo del sistema de aceleración y después el del control de las puertas del bus. Cabe indicar que al último estos dos diagramas de flujo de programación que se muestran a continuación están relacionados y programados en el mismo PIC 16F628A en lenguaje Ensamblador.

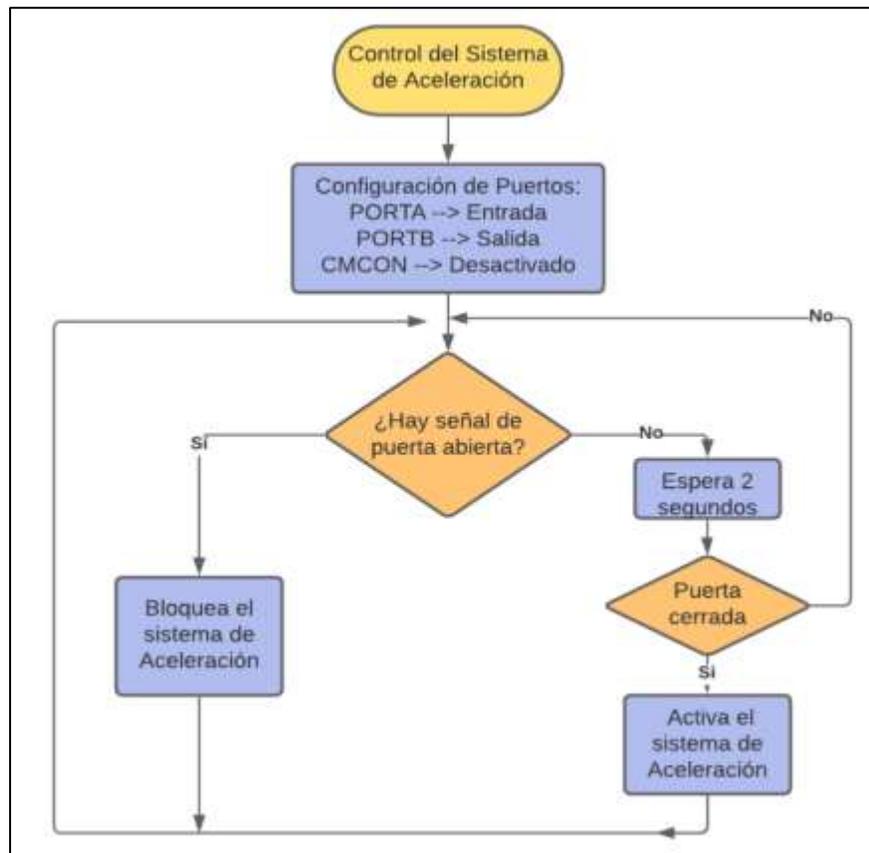


Figura 51: Diagrama de Flujo de Programación del Control de Aceleración

Nota. Elaboración propia

Las señales del switch de las puertas son las que constantemente indican al microcontrolador si las puertas están abiertas o cerradas y es la condición como se muestra en la figura 50 para poder hacer el control sobre el sistema de aceleración. Por ello, en el microcontrolador generamos un algoritmo que siempre este pendiente de estas señales. En el momento de que algún pasajero este subiendo o bajando del bus, el vehículo deberá estar detenido y por más que el conductor intente ponerlo en marcha no podrá hacerlo, por el simple hecho de que las puertas se encuentran abiertas y se bloquea las señales del acelerador. Por otro lado, si las puertas se cierran se esperarán 2 segundos aproximadamente, aquí usamos la librería de retardos para generar este tiempo, después

se vuelve a verificar si las puertas están cerradas y si esto es cierto activa el sistema de aceleración para que el bus se ponga en movimiento. Esto se hace con la finalidad de permitirle al pasajero que suba con prudencia y evitar caídas dentro del bus.

Son 2 las señales enviadas por el APP hacia la ECU, una está alrededor de 0.4 V y la otra 0.5 V esto es en ralentí (motor encendido, vehículo sin movimiento y sin pisar el pedal del acelerador). Estas señales entran al sistema de control para ser bloqueadas y de acuerdo a las condiciones del programa, permitirá su salida hacia la ECU. Es por ello, cuando entre en funcionamiento el sistema de control, impedirá que estas señales se comuniquen con la ECU. En consecuencia, esto generará un código de error haciendo que se encienda la lámpara indicadora del motor (Check). Para evitar este error, en el circuito se genera dos señales de voltaje iguales a las del sensor APP en ralentí. Así, en el momento que se bloquen las señales del pedal, permita hacer una conmutación de señales, haciendo que a la ECU le lleguen siempre las señales de ralentí. Si en algún momento fallará alguno de los sensores, el sistema propuesto automáticamente se desactiva y el microcontrolador se pone modo sleep hasta que se haga un reseteo y de esta manera evitamos que ocurran problemas por falla de sensores. Además, se cuenta con un sensor ubicado debajo del pedal para desactivar el sistema, esto es posible si el sistema falla estando el vehículo en movimiento.

En la figura 52, se muestra el diagrama de flujo de programación para el control de apertura y cierre de puertas. Primero, se empieza configurando los puertos, después de ello se genera la primera condición de verificar si las puertas está abiertas o cerradas; si el resultado de esta condición es “Sí” indica que la puerta está abierta y que puede ser cerrada; antes de ello pasará a la condición de verificar si hay señal de los sensor de obstáculo, si el resultado de esta nueva condición es “Sí” indica que hay alguien que está abordando o bajando del bus y por tal motivo se

bloquea el mando de control de las puerta de donde se detectó la señal de obstáculos; hay que recordar, en cada puerta va instalado un sensor de obstáculo o presencia infrarrojo; pero si la condición del sensor de obstáculo resulta ser “No” indica que no hay nadie entre las puertas permitiendo la activación del control de mando de las puertas y el conductor podrá cerrar las puertas. Por otro lado, si el resultado de la primera condición de la señal de puertas resulta ser “No” indica que la puerta está cerrada y que el bus puede estar en movimiento o no. Por ello, generamos la condición de preguntar si tenemos señal del velocímetro o no; si el resultado de esta nueva condición resulta ser “Sí” indica que el bus está en movimiento y por ello se bloquea el mando de las puertas impidiendo su apertura; pero si el resultado es “No”, esto indica que el bus está en reposo, entonces se activa el control de mando de puertas para que el conductor pueda abrir la puertas que deseé.

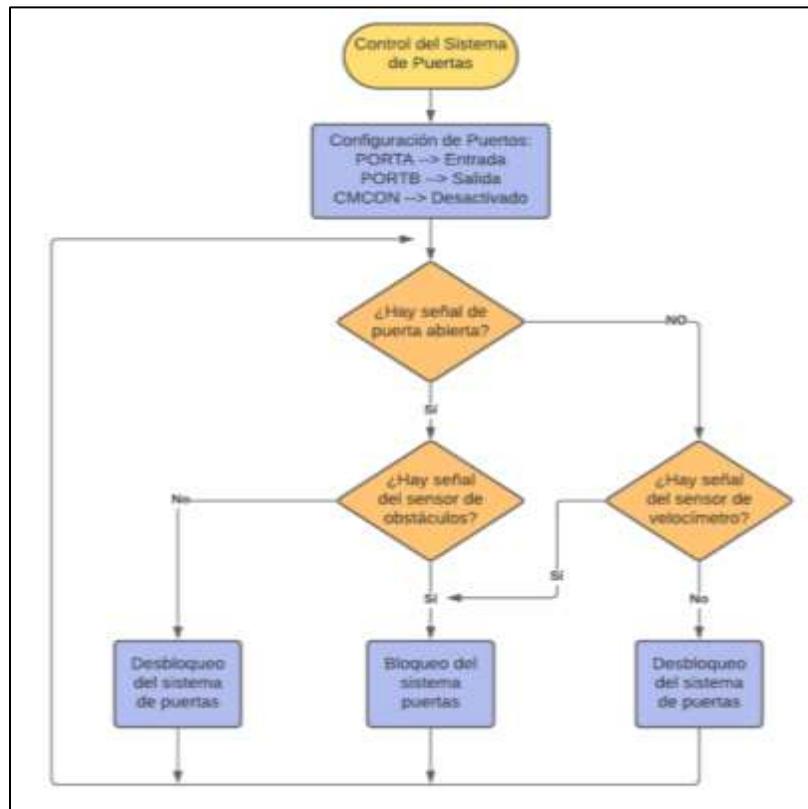


Figura 52: Diagrama de Flujo de Programación del Control de Puertas

Nota. Elaboración propia

2.3.5. Diseño de la Tarjeta Electrónica del Circuito de Control Electrónico

El diseño de la tarjeta electrónica se realiza en el software Proteus V8.7, por ser más accesible con el manejo de sus herramientas y por ser una herramienta de diseño muy poderosa para simular los circuitos y ver el diseño en 3D.

Configuramos el proyecto paso a paso, para después diseñar la PCB correspondiente.

- 1) Insertamos los componentes requeridos para elaborar el circuito del sistema de control.

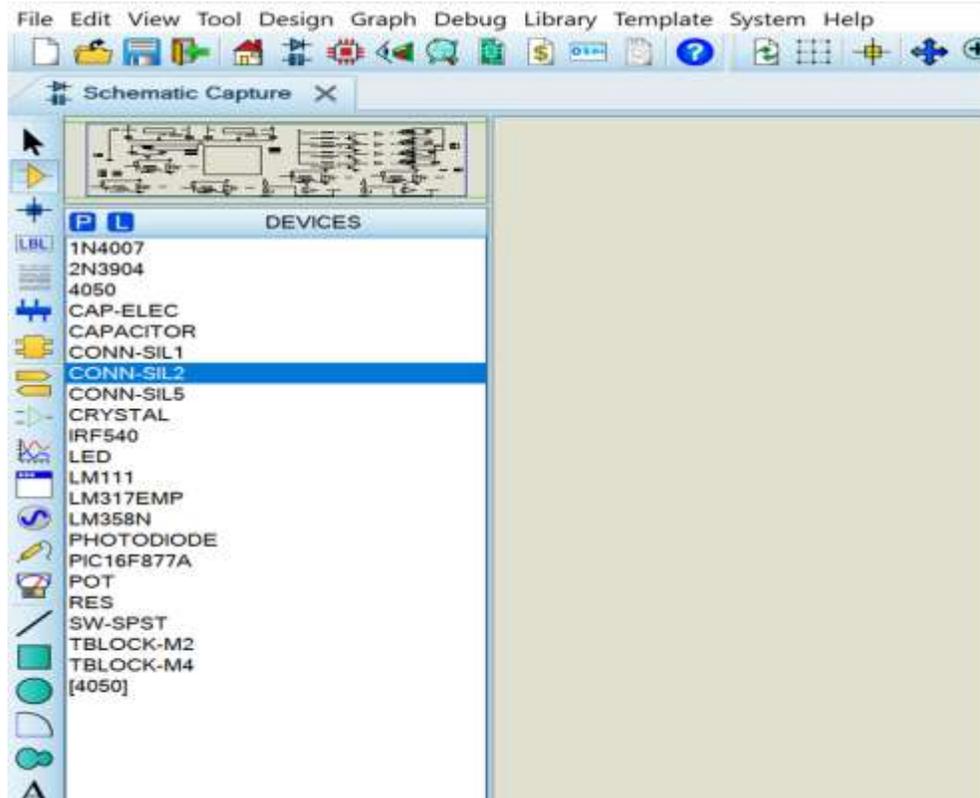


Figura 53: Selección de Componentes a Usar para el Circuito

Nota. Elaboración propia

2) Realizamos las conexiones correspondientes entre los componentes.

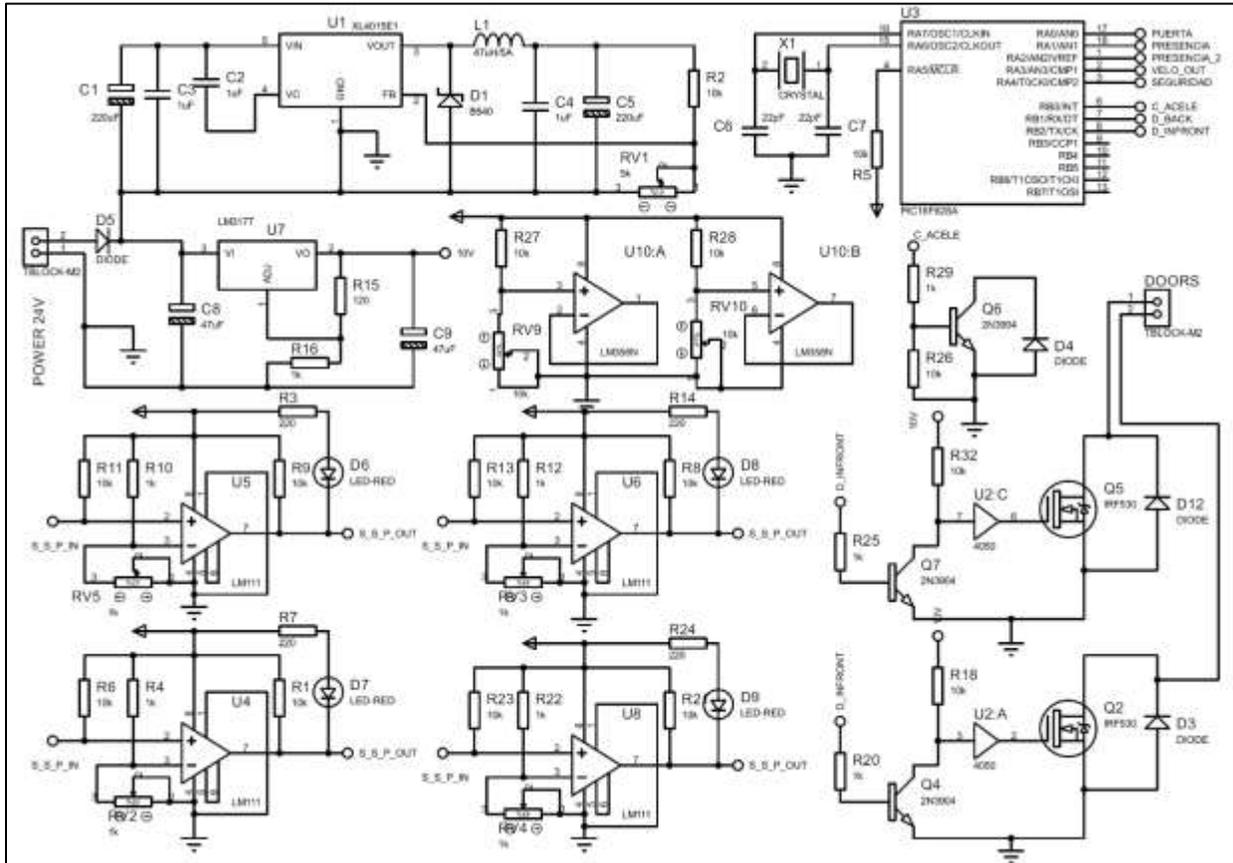


Figura 54: Conexión de los Componentes Electrónicos

Nota. Elaboración propia

3) Configuramos los componentes con sus respectivas características.

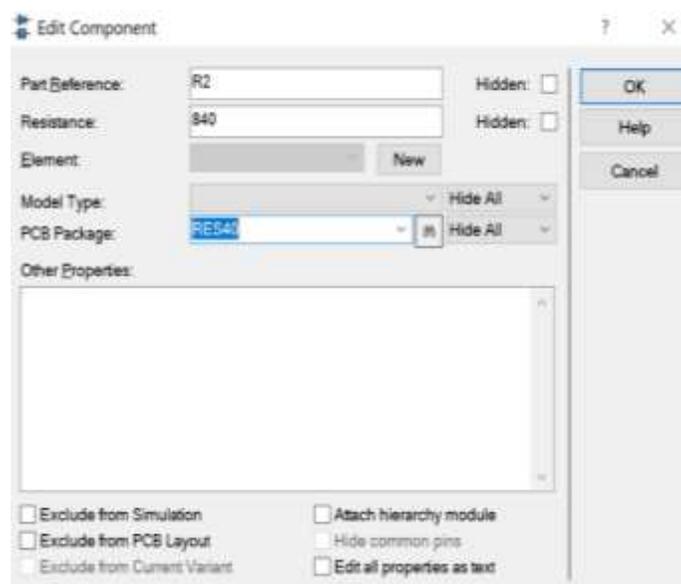


Figura 55: Configuración de Componentes

Nota. Cabe indicar que todas las resistencias usadas en el circuito de control electrónico son de $\frac{1}{4}$ de Vatio. Elaboración propia

Después de haber finalizado el esquemático podemos pasar a desarrollar la PCB con la herramienta de ARES.

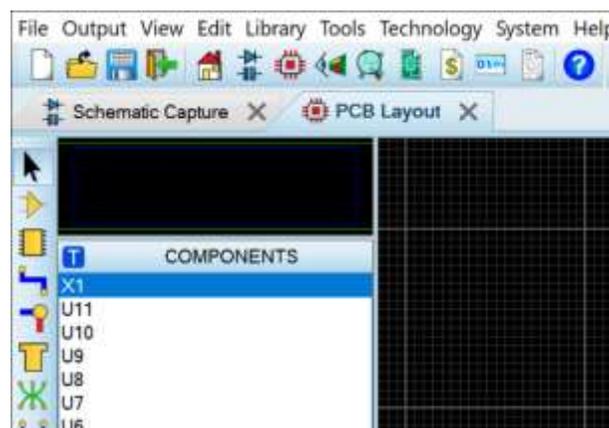


Figura 56: Diseño del Circuito Electrónico en Ares

Nota. Elaboración propia

4) Añadimos un polígono en 2D de Toolbox

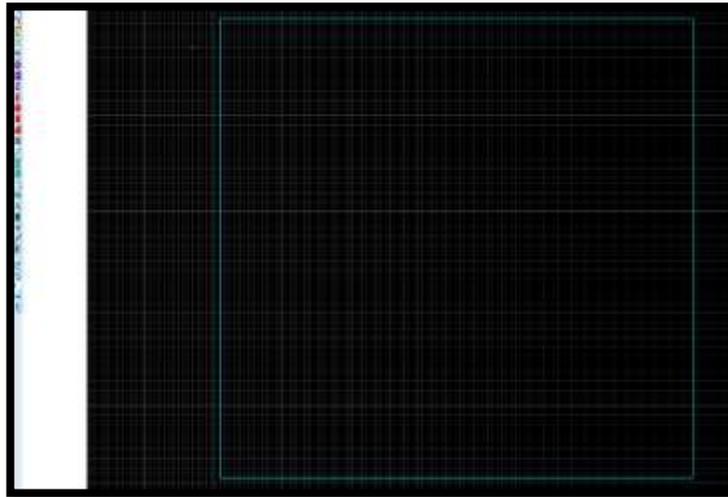


Figura 57: Polígono en Aires

Nota. Este polígono corresponde al área del diseño nuestro circuito, por ello debemos asociarlo con la capa “Board Edge”. Haciendo click derecho en polígono y modificando en la opción “Change layer” en la opción de menú. Elaboración propia

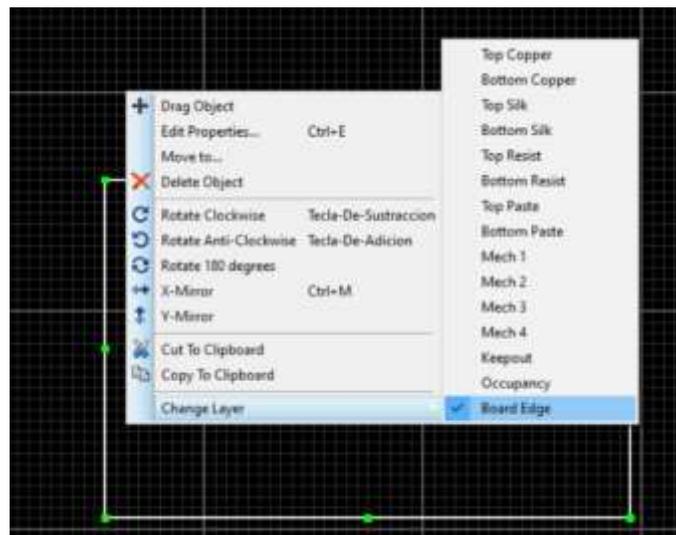


Figura 58: Configuración del Board Edge o Borde del Tablero

Nota. Elaboración propia

- 5) Definimos las medidas que tendrá la placa de nuestro circuito (hacemos click sobre uno de los bordes el rectángulo).

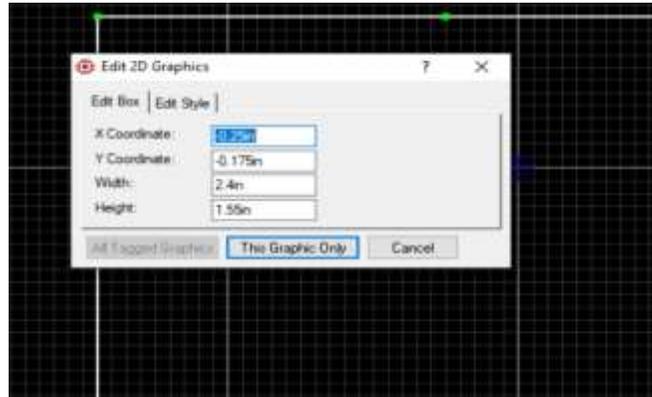


Figura 59: Configuración de Dimensiones de la Tarjeta Electrónica

Nota. Elaboración propia

- 6) Una vez configurado las medidas de nuestra placa, pasamos a ubicar los componentes dentro del rectángulo amarillo. Esto se hace arrastrando cada componente a la posición deseada.

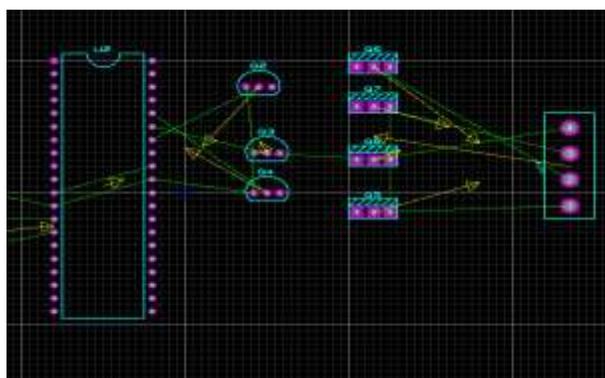


Figura 60: Ubicación de los Componentes

Nota. Elaboración propia

Verificamos que todos los componentes estén dentro del rectángulo, de no ser así redimensionamos el tamaño de la placa.

- 7) Procedemos a realizar el ruteo de las pistas, teniendo en cuenta si las líneas son de señales o de alimentación.

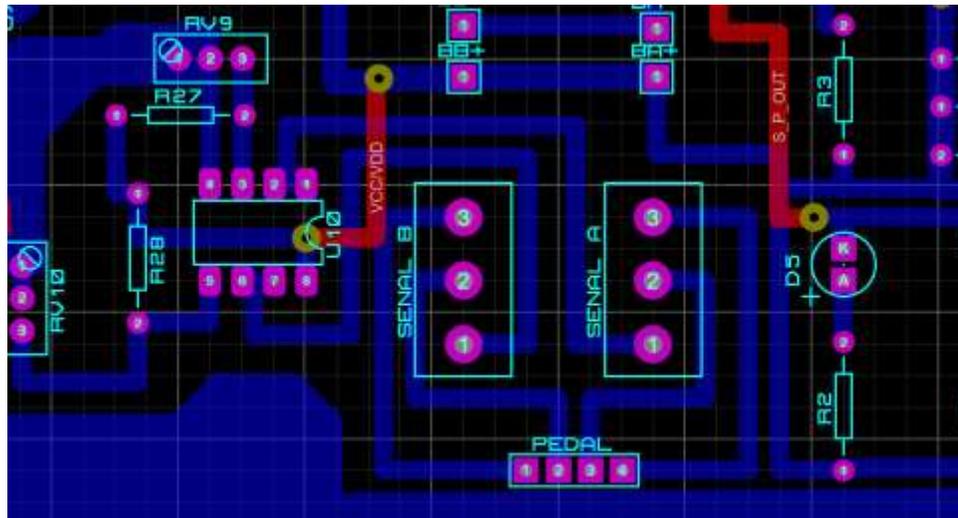


Figura 61: Ruteo de las Pistas del Circuito Electrónico

Nota. Elaboración propia

- 8) Un aspecto importante en el diseño de circuitos impresos es las dimensiones de las pistas que debe tener al conectar un componente a otro, esto se debe a la cantidad de corriente que debe conducir por ella y las dimensiones de esta no deben intervenir en su función. Por lo tanto, podemos usar un programa que nos puede generar el ancho de las pistas que depende del grosor del cobre y la longitud de la pista.



Figura 62: Representación Gráfica de una Pista en PCB

Nota. Extraído de (Aguirre, 2014)

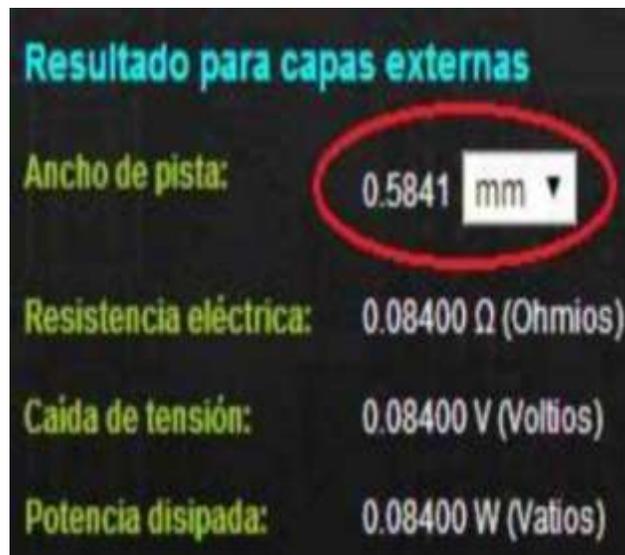


Figura 63: Plataforma de Cálculo de Dimensiones de Pista

Nota. Tomado de (Aguirre, 2014)

Con este programa podemos determinar el ancho de las pistas, si resulta que las medidas no son las adecuadas podemos modificarlas y con esto aseguramos de tener un buen diseño.

2.4. Aspectos Éticos

Teniendo en cuenta los principios éticos, en la presente investigación se citan todas fuentes con sus respectivos autores. Además, toda la información mostrada he investigada fueron obtenidas de fuentes confiables que se muestran en el capítulo de referencias.

El desarrollo de este sistema de control electrónico no afecta en lo absoluto con el funcionamiento de las unidades de transporte en donde vaya a ser instalado, porque se tuvo en cuenta todos los aspectos requeridos al momento de su diseño y por tal motivo este sistema es una mejora en las unidades de transporte para el acceso seguro de los pasajeros.

La instalación de este sistema de control electrónico en las unidades de transporte público no afecta en las revisiones técnicas que pasan estos vehículos.

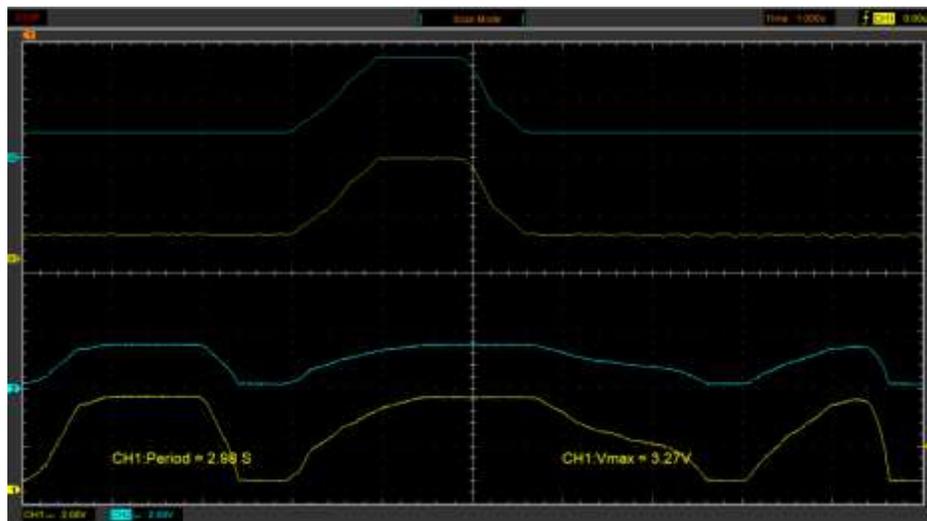


Figura 65: Señales del Sensor APP Activado

Nota. Se muestran las señales del sensor del acelerador del vehículo cuando las puertas están cerradas y el conductor está acelerando. El CH1 es el APP1 y el CH2 es el APP2, estas señales fueron obtenidas con el osciloscopio automotriz Hantek 1008C. Elaboración propia

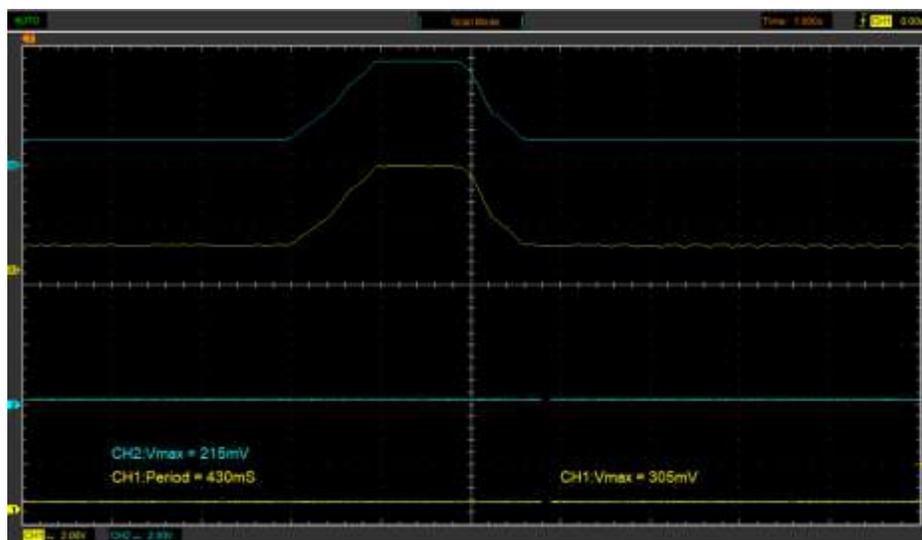


Figura 66: Señales del Sensor APP Bloqueado

Nota. Se muestran las señales del sensor del acelerador bloqueadas, esto indica que las puertas están abiertas y el circuito propuesto está en funcionamiento; habilitando un valor de referencia de 215 mV para APP2 y 305 mV para el APP1. Elaboración propia

Tabla 9

Señales Obtenidas del Sensor del Pedal de Aceleración (APP)

Posición del Pedal	Valor en Voltios	Estado del Motor
Suelto	0.3	ralentí
Pisado a la mitad	2.35	Media carga
Pisado a fondo	4.67	Carga total

En la Tabla 9, se puede apreciar los diferentes valores que toma la posición del pedal. Es aquí donde el sistema de control electrónico toma las referencias para bloquear la aceleración del vehículo cuando las puertas están abiertas. Además, pone voltajes de referencia de un rango de 0.3 V a 0.7 V y de esta manera evitar que se generen códigos de error en el vehículo.

Tabla 10

Resultado del Estado de Marcha del Bus

Posición de Puerta	Bloqueo de Aceleración	Estado del Bus
Cerrada	No	Se puede poner en marcha
Abierta	Si	No se permite la aceleración

En la Tabla 10, se muestra el estado del bus que depende esencialmente de las señales que detecta el sensor de posición de la puerta y solamente el bus se pondrá en marcha cuando se detecte que las puertas están completamente cerradas. Esto es porque el microcontrolador PIC 16F628A ejecuta la orden de desbloquear y bloquear las señales del sensor del pedal de acelerador. A continuación, se esquematiza el diagrama de control del bloqueo de aceleración y las simulaciones en Proteus cuando la puerta está cerrada y abierta.

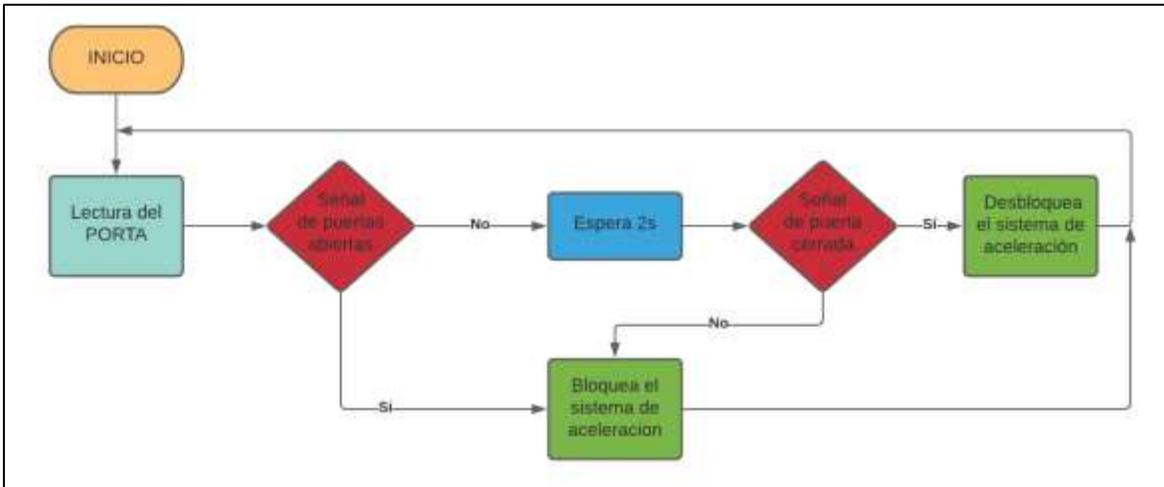


Figura 67: Diagrama de Control del Bloqueo de Aceleración

Nota. En la figura 67, se esquematiza el control para activar y desactivar el sistema de aceleración del vehículo. Todo empieza leyendo las entradas del PORTA del PIC 16F628A. Para este sistema tendremos dos situaciones. La primera, cuando las puertas estén abiertas automáticamente se bloquea el sistema de aceleración. La segunda es cuando se cierran las puertas se espera 2 segundos y después hacemos que se vuelva a comprar si verdaderamente la puerta está cerrada y de ser así desbloqueamos el sistema de aceleración y el vehículo podrá acelerar y ponerse en marcha. Elaboración Propia.

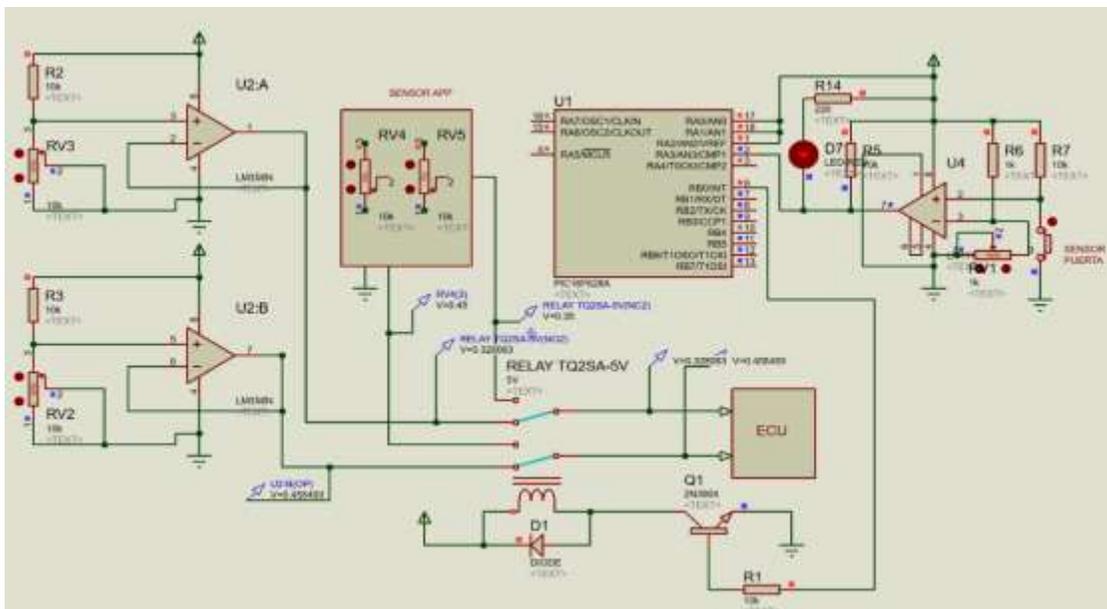


Figura 68: Simulación del Sistema de Aceleración con la Puerta Abierta

Nota. En la figura 68, se muestra la manera en que actúa el sistema de aceleración cuando la puerta está abierta. La puerta es simulada con un pulsador normalmente abierto (en este caso el pulsador está activado lo que indica que la puerta está abierta). En la simulación se aprecia que las señales del sensor APP ingresan a los pines normalmente cerrado del relé TQ2SA-5V. Asimismo, se visualiza las señales de ralentí generadas por los OPAM LM358 ingresando a los pines normalmente abierto del relé. Es así, cuando la puerta se abre o se encuentra abierta el sistema de control automáticamente bloquea el sistema de aceleración. Esto se hace por medio del microcontrolador que activa el transistor 2N3904 y este a su vez activa el relé logrando bloquear las señales del APP e ingresando las señales del ralentí hacia la ECU y de esta manera el vehículo no acelera. Elaboración Propia

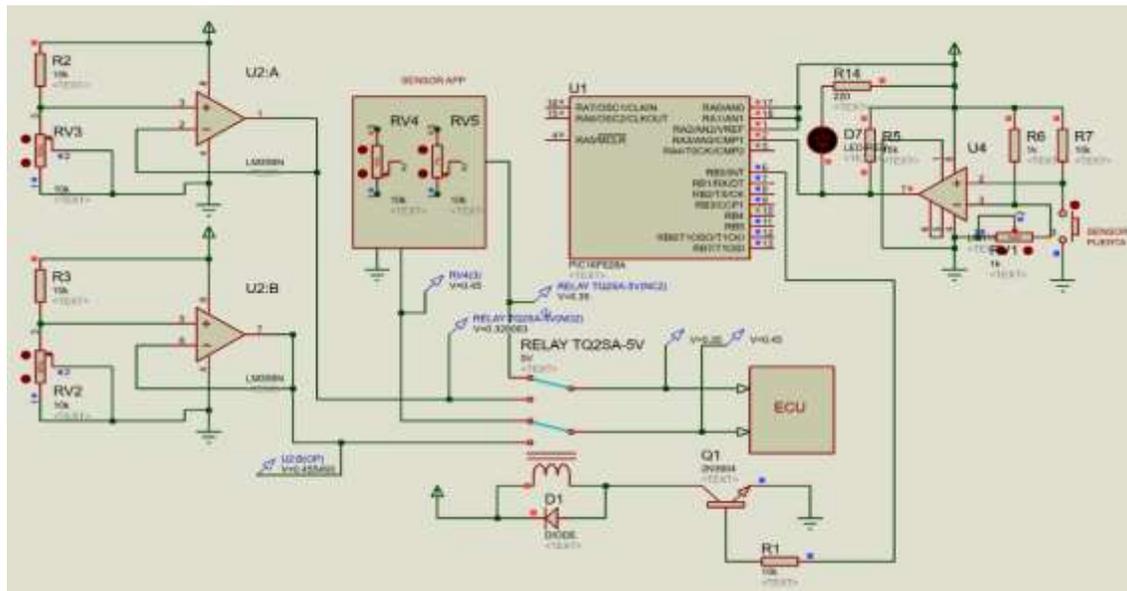


Figura 69: Simulación del Sistema de Aceleración con la Puerta Cerrada

Nota. En la figura 69, se muestra la simulación del sistema de aceleración cuando se cierra la puerta, cuando el microcontrolador detecta esta señal, automáticamente desactiva el relé y se activa la aceleración del bus, pero antes de eso espera un tiempo de 2 segundos y confirma si en verdad la puerta está cerrada. Esto se hace con la finalidad de darles tiempo a los pasajeros que se acomodan en sus asientos y evitar caídas dentro del bus. Elaboración propia

3.2. Análisis e Interpretación de los Resultados que se Obtuvo con el Desarrollo del Circuito de Control Electrónico de Puertas.

Inicialmente, el sistema de control electrónico esta sin funcionamiento, lo que nos indica que las puertas están cerradas y el vehículo en movimiento, y entrará en funcionamiento cuando algún pasajero solicite bajar del bus, en ese momento se verifican las señales del velocímetro del vehículo.

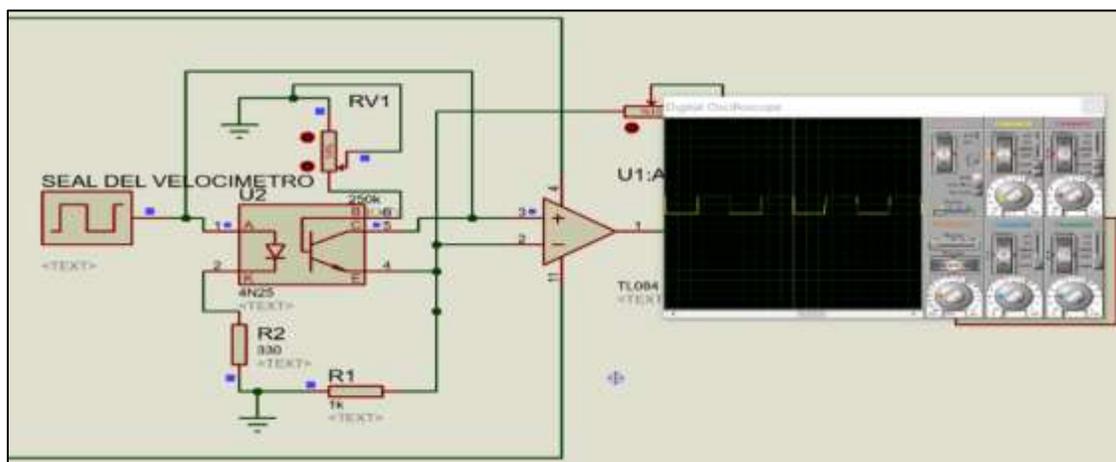


Figura 70: Señales Simuladas del Sensor de Velocímetro del Bus

Nota. Simulación realizada en el software Proteus. Elaboración propia

Tabla 11

Señales del Sensor de Velocidad de un Bus

Señal Velocímetro en Voltios(V)	Valor Filtrado en Voltios (V)	Acciones por el Microcontrolador Sobre las puertas
5	0	Permite la apertura
3,7	5	No se apertura
2,5	5	No se apertura
1	5	No se apertura

Como se puede apreciar en la Tabla 11, las señales que nos brinda el sensor son valores de voltaje de 0 a 5 V, siendo 0 V cuando el vehículo está en movimiento y cuando se detecta voltaje de un rango mayor a 4.7 V es cuando el bus está detenido, y de acuerdo a estas condiciones el microcontrolador realiza los respectivos algoritmos para determina la acción sobre el mando de control de las puertas del vehículo.

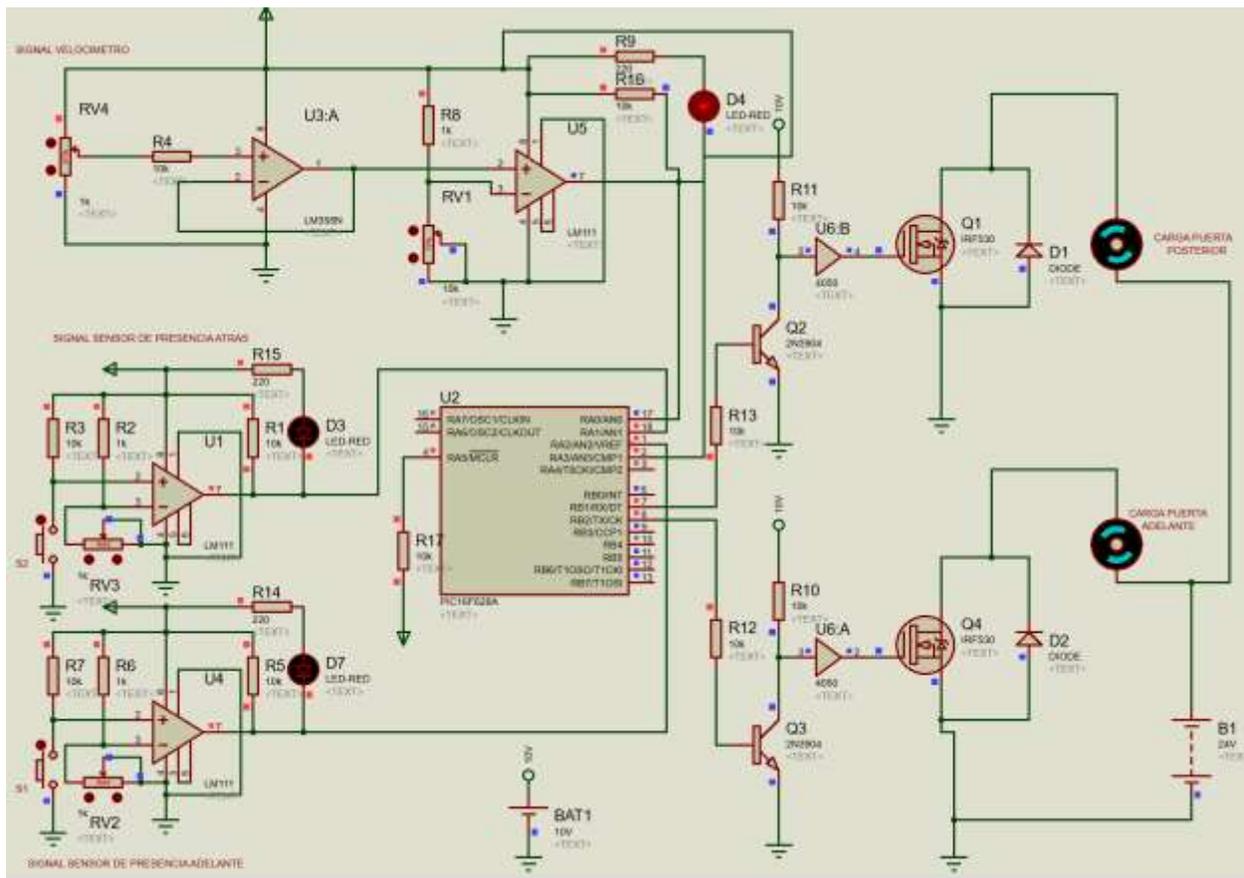


Figura 71: Simulación del Control de Puertas Cuando el Bus está en Movimiento

Nota. En la figura 71, se observa que se está detectando señal del sensor de velocidad (Simulado por el potenciómetro RV4), esto se evidencia cuando el LED 4 este encendido. Esto nos indica que el vehículo está en movimiento y por lo tanto el microcontrolador activa los transistores de Q2 y Q4 para lograr desactivar el mando de cada puerta en este caso simulado con un motor con el nombre de carga de puerta (adelante y atrás). Y de esta manera se logra evitar las puertas cuando el bus está en movimiento.

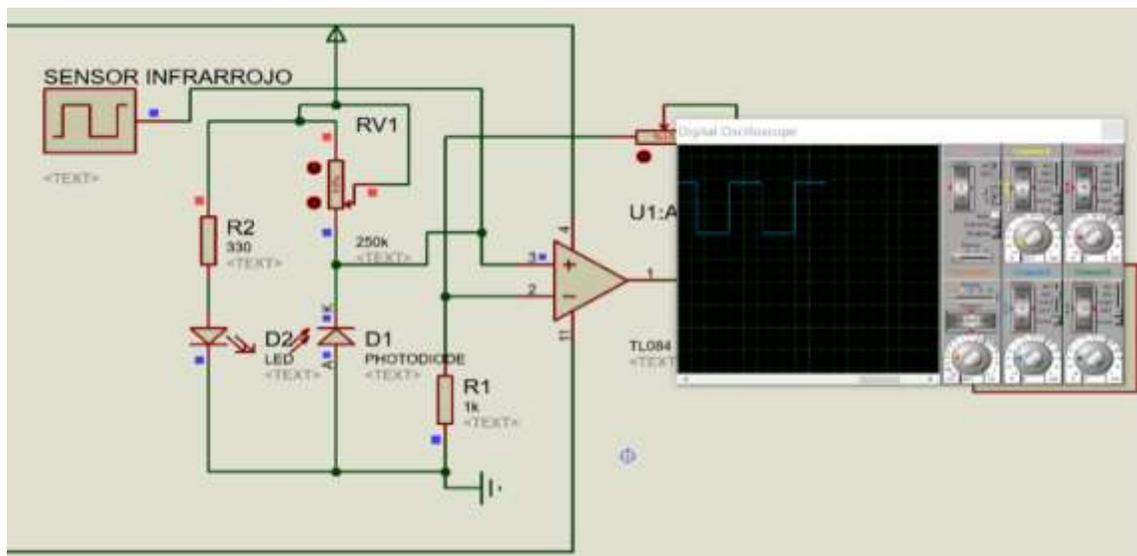


Figura 72: Simulación del Sensor Infrarrojo Ubicado en las Puertas.

Nota. Elaboración propia

Las señales que nos brinda el sensor infrarrojo que se encuentra ubicado en las puertas son captadas por un amplificador operacional en modo comparador y luego enviadas al microcontrolador, estas señales son valores lógicos “1” y “0” comportándose de alguna manera como un contador de personas, solo que en este trabajo lo usamos como detector de personas para evitar que alguien pueda quedar atrapado cuando suba o baje del bus y el conductor intente cerrar la puerta.

Tabla 12

Valores Obtenidos del Sensor Infrarrojo

Presencia de Objetos	Valor en Voltios(V)	Acciones del Microcontrolador sobre las Puertas
NO	5	Permite el cierre
SI	0	No Permite el cierre

En la simulación del sensor infrarrojo mostrada en la figura 71, se logra observar en el osciloscopio virtual una señal cuadrada, donde el valor bajo de señal indica que se detectó la presencia de algún objeto y cuando la señal es alta no hay presencia alguna. Para evitar que haya falsas señales se usó un amplificador operacional LM111 con un determinado voltaje de referencia en modo de comparador, es así como podemos colaborar los datos mostrados en la Tabla 12.

Todos los datos descritos anteriormente son los resultados y acciones del control de las puertas del bus y dichos datos son enviados al microcontrolador para que ejecute determinadas acciones que se encuentran en el algoritmo de programación previamente realizado. Para controlar la aceleración del vehículo se tuvieron que estudiar los sistemas del vehículo el cual se describió en apartados anteriores a este. Se hacen uso de los datos del switch de la puerta el cual nos indica si la puerta está cerrada o abierta. A continuación, se esquematiza el diagrama de control del bloqueo del bloqueo del mando de las puertas y las simulaciones en Proteus cuando entran a funcionar los sensores de presencia ubicados en cada puerta, además de la señal del velocímetro.

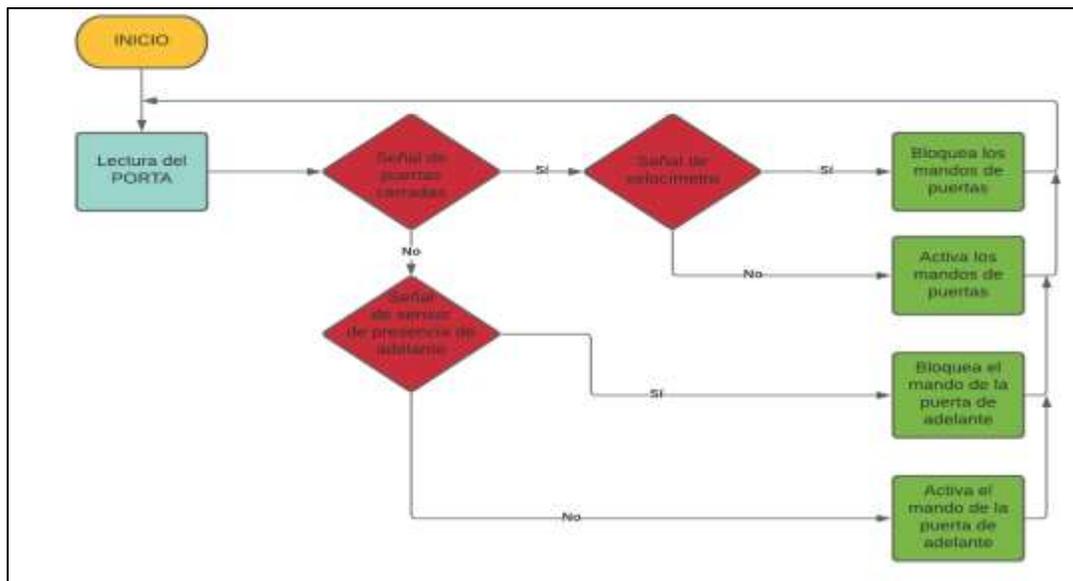


Figura 73: Esquema de Control de la Puerta de Adelante con Sensor de Presencia y Velocímetro

Nota. En la figura 73, se esquematiza el flujo de control del mando de las puertas. Este sistema entrará a funcionar tomando referencia la posición de las puertas (abiertas o cerradas). Elaboración propia

Si las puertas están cerradas se pasa a revisar las señales del velocímetro y si no hay señal del velocímetro, se permite la apertura de las puertas. Pero si no es así, el sistema bloquea el mando de las puertas. Cuando las puertas estén abiertas, se procede a verificar las señales del sensor de presencia. En este esquema, el control lo analizamos con el sensor de presencia de la puerta de adelante, esto indica que si hay alguien en medio de la puerta se bloquea el mando de la puerta y así impedimos que cierre la puerta.

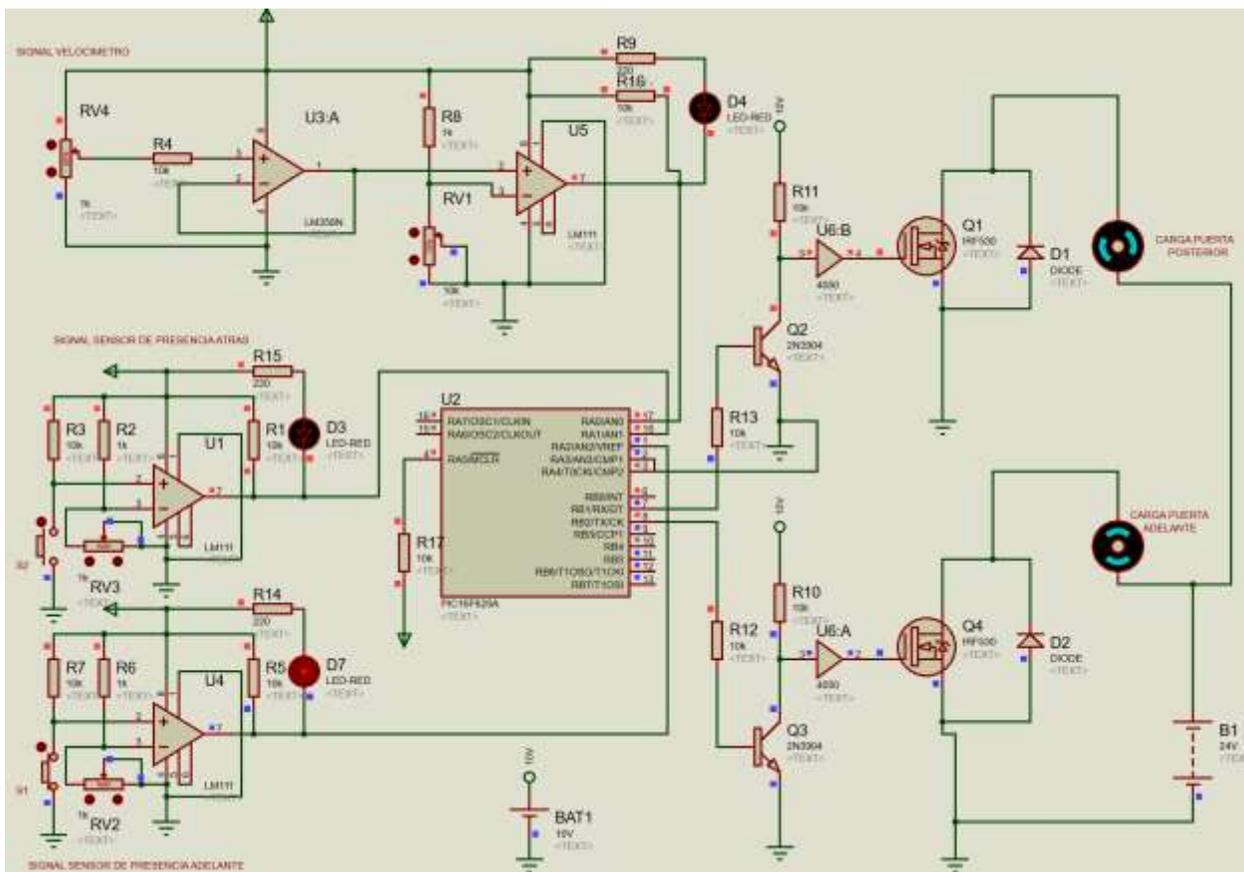


Figura 74: Simulación del Control de Mando de la Puerta de Adelante

Nota. Se muestra la desactivación del mando de la puerta de adelante cuando se detecta personas en medio de la misma y cuando el vehículo está detenido. Elaboración propia

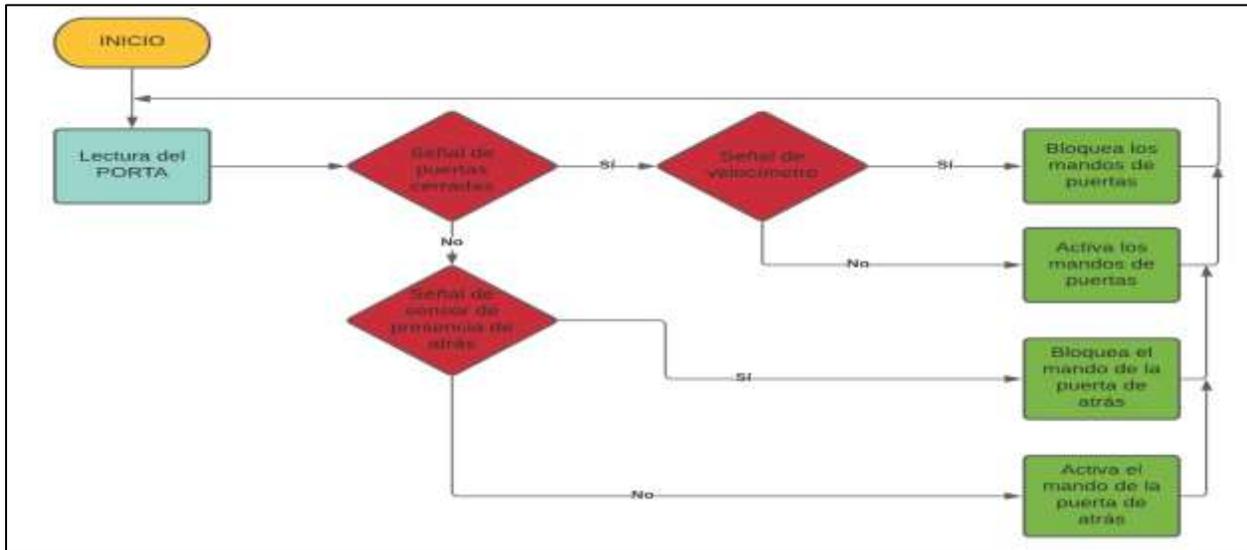


Figura 75: Esquema de Control de la Puerta de Atrás con Sensor de Presencia y Velocímetro

Nota. En la figura 75, se esquematiza el flujo de control del mando de las puertas. Este sistema entrará a funcionar tomando referencia la posición de las puertas (abiertas o cerradas). Elaboración propia

En este esquema de control, analizamos el sensor de presencia de la puerta posterior con el sensor del velocímetro y al igual que el de la puerta de adelante también se bloquea el mando de la puerta cuando hay alguien entre ella, pero esta vez se hace con el mando de control de la puerta posterior.

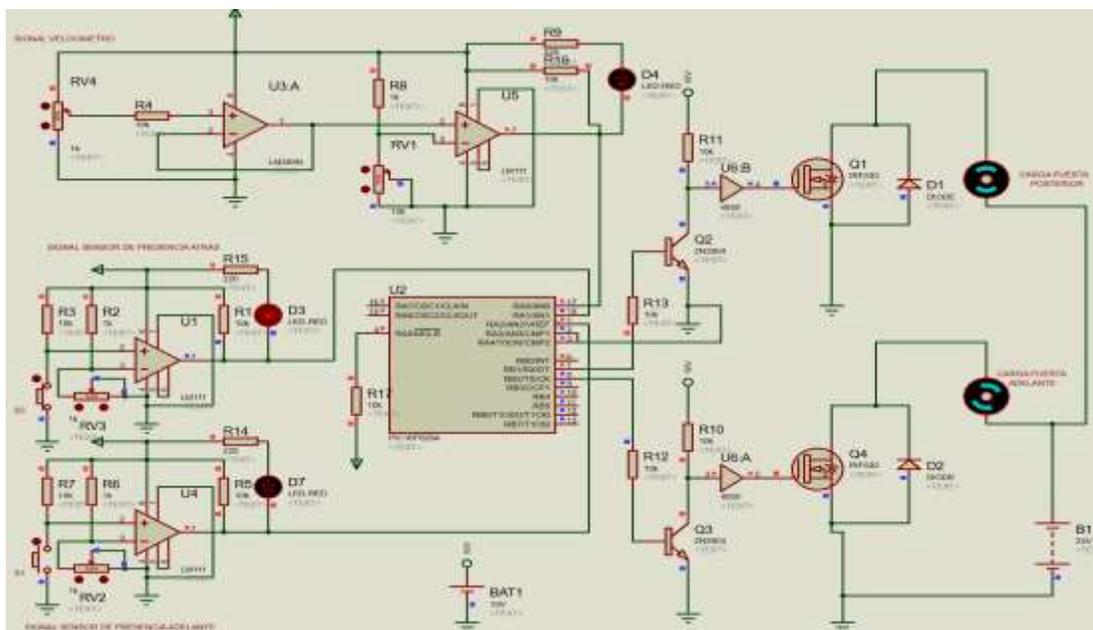


Figura 76: Simulación del Control de Mando de la Puerta de Atrás

Nota. Se muestra la desactivación del mando de la puerta de adelante cuando se detecta personas en
 medio de la misma (led rojo encendido D3) y cuando el vehículo está detenido (led D4 apagado).

Elaboración propia.

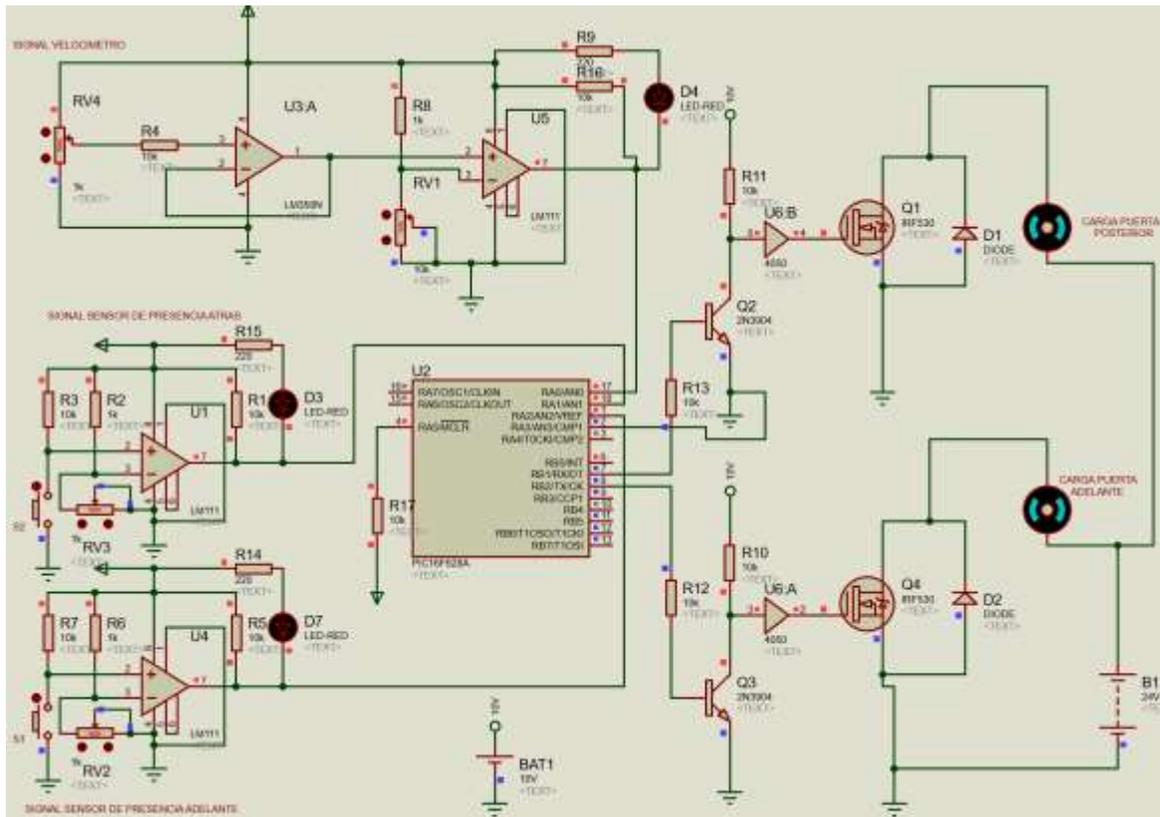


Figura 77: Simulación del Sistema de Control de Mando de las Puertas

Nota. En la figura 77, se muestra el funcionamiento del control de mando de puertas cuando el sistema de
 control no está en funcionamiento, esto quiere decir que las puertas pueden ser abiertas y cerradas por el
 conductor debido a que no hay señal del velocímetro y tampoco señales de los sensores de presencia.

Elaboración propia

3.3. Análisis e Interpretación de los Resultados que se Obtuvo con el Desarrollo de la Fuente de Voltaje

Para el diseño de la fuente de alimentación se tuvo que tomar en cuenta el voltaje, corriente y potencia que requerían todos los componentes que conforman el sistema de control, tanto de consumo como de suministro, A continuación, se muestra una tabla de todas estas variables.

Tabla 13

Principales Componentes del Sistema Electrónico con su Consumo de Corriente

Componentes	Consumo por Unidad	Número de Componentes en el Circuito	Consumo por el Número de Componentes
PIC 16F628A	250 mA	1	250 mA
LM111	50 mA	5	250 mA
LM358	50 mA	2	100 mA
Relé SSR	30 mA	2	60 mA
2N3904	100 mA	3	300 mA
Sensor de Presencia	150 mA	2	300 mA
CD4050	46 mA	1	46 mA
Total			1306 mA

Nota. Estos son los componentes principales, para determinar el consumo total se tuvo que multiplicar estos valores por la cantidad de dispositivos que se encuentran en la placa.

Teniendo en cuenta los valores de la Tabla 13 y agregando el doble del consumo total, se diseñó la fuente de 10 voltios usando el LM350 que alimenta al circuito de pre-excitación de los MOSFET. La fuente de 5 V se obtuvo con el XL4015, los resultados se muestran en la siguiente Tabla 14.

Tabla 14

Valores Obtenidos de las Fuentes de Voltaje

Voltaje de la Fuente en Volt (V)	Resistencia del Feedback Calculada en Ohm	Corriente en Amper (A)	Potencia De la Fuente en Watts (W)
5	3300	5	25
10	840	3	30

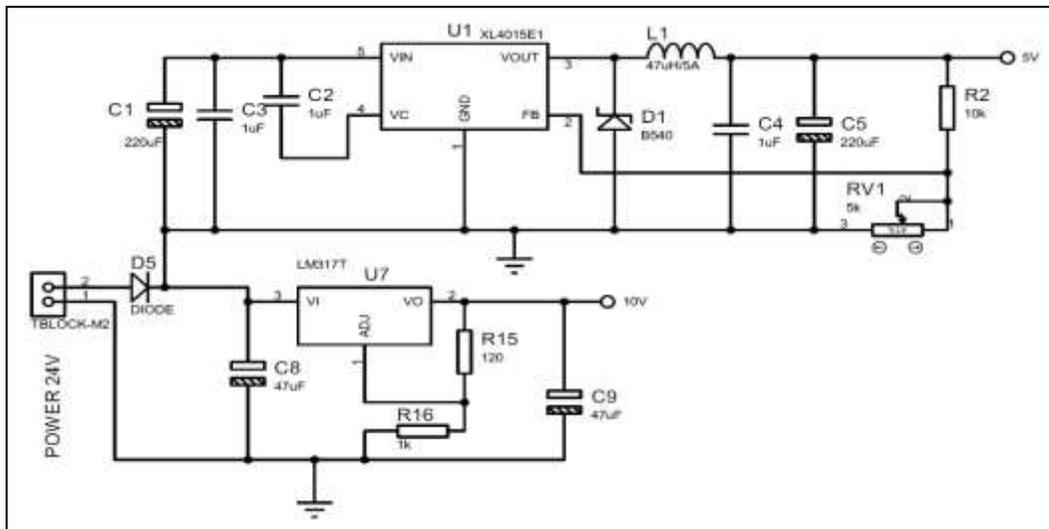


Figura 78: Esquemático eléctrico de la fuente de Alimentación de 5 V y 10 V

Nota. Elaboración propia

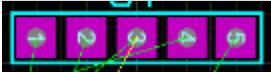
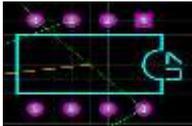
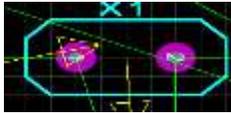
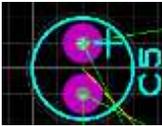
En la figura 78, se visualiza el uso del regulador de voltaje LM350 a un valor fijo de salida de voltaje que está determinado por la resistencia R16 de un valor de de 1 k Ohm y al regulador XL4015 para la fuente de 5 V. Además, se observan condensadores electrolíticos que cumplen la función de eliminar el ruido que se pueda introducir por la línea (efecto transitorio), el diseño de la fuente cuenta con un diodo de seguridad conectado en serie a la línea positiva, el cual evitara que se malogre el circuito si es que se cambia la polaridad de conexión.

3.4. Análisis e Interpretación de los Resultados que se Obtuvo con el Desarrollo de la Tarjeta Electrónica del Sistema de Control Electrónico

El diseño de la tarjeta electrónica se realizó en el programa Ares del software Proteus. A continuación, se muestran los resultados de las dimensiones recomendadas.

Tabla 15

Dimensiones del Ruteo de los Componentes en Ares

Dimensiones Recomendadas		Valor
Objeto/ parámetro		
Pad regleta		80 - 60
Pad bornera		100-60
Pad transistor/regulador		80 - 40
Pad circuito integrado Lm111		80 - 30
Pad resistencias		80 - 30
Pad Crystal		80 - 30
Pad condensadores		80 - 30
Board Edge		147.5 mm x 100 mm

Nota. En la Tabla 15, se muestran las dimensiones que se deben tener en cuenta al momento de
 rutear la tarjeta electrónica, teniendo en cuenta el tamaño de los componentes.

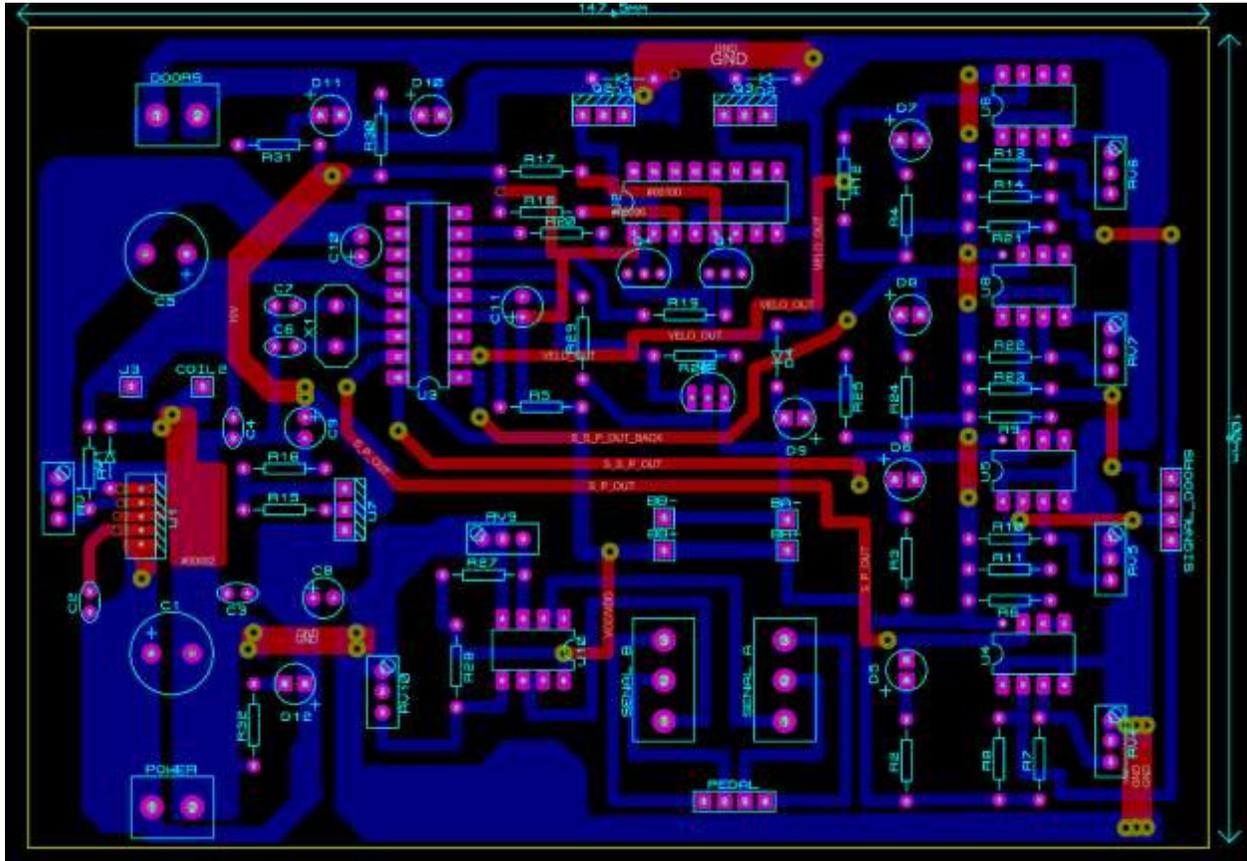


Figura 79: Ruteo de Pistas del Sistema de Control Electrónico

Nota. En la figura 79, se observa el ruteo de todas las pistas del sistema de control electrónico, con
 lo que se da a conocer que es una tarjeta electrónica de doble capa. Se recurrió al diseño de doble
 capa para evitar realizar puentes en las pistas y evitar que haya un cruce entre ellas. Elaboración
 propia.

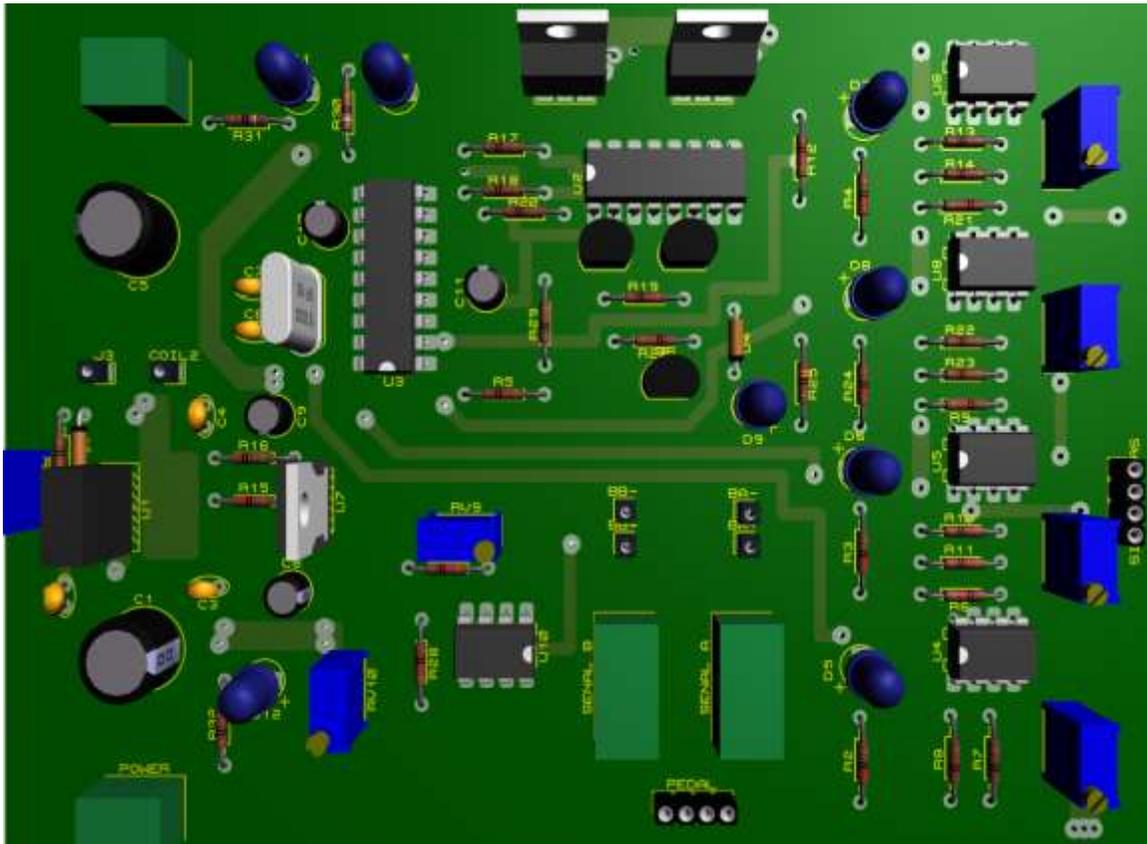


Figura 80: Diseño de la Tarjeta Electrónica del Sistema de Control Electrónico Vista en 3D

Nota. En la figura 80, se muestra el diseño final del circuito de control electrónico que hace posible el aseguramiento del ingreso y salidas de pasajeros en ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020. Elaboración propia.

En este sistema de control electrónico están los dos subsistemas de control; el de bloqueo de aceleración y control de puertas con sus respectivas fuentes de alimentación. Las medidas de la tarjeta son de 147.5 mm x 100 mm, siendo una medida adecuada para su construcción y su respectiva instalación en los ómnibus de transporte público.

3.5. Presupuesto del Desarrollo del Prototipo del Sistema de Control Electrónico

Tabla 16

Presupuesto de los Materiales y Construcción del Prototipo

Cantidad	Componentes	Precio Unitario	Importe
1	Regulador de voltaje x14015	S/ 5.00	S/ 5.00
1	Regulador de voltaje lm350	S/ 3.00	S/ 3.00
2	Transistor IRF530n	S/ 3.50	S/ 7.00
3	Diodo 1N4007	S/ 0.50	S/ 1.50
1	Diodo BD15	S/ 0.80	S/ 0.80
3	Transistor 2N3904	S/ 0.30	S/ 0.90
1	Diodo 6A10	S/ 1.00	S/ 1.00
1	Bobina 47uF 5A	S/ 2.00	S/ 2.00
1	Cristal de cuarzo de 4Mhz	S/ 1.00	S/ 1.00
1	PIC 16F628A	S/ 6.00	S/ 6.00
1	Integrado CD4050	S/ 1.50	S/ 1.50
4	Amplificador Lm111	S/ 1.50	S/ 6.00
1	Amplificador Lm358n	S/ 1.50	S/ 1.50
1	Relay TQ2-5V	S/ 10.00	S/ 10.00
2	Capacitor electrolítico 220 uF 35V	S/ 0.50	S/ 1.00
2	Capacitor electrolítico 47 uF 35V	S/ 0.50	S/ 1.00
1	Capacitor electrolítico 470 uF 16V	S/ 0.30	S/ 0.30
1	Capacitor electrolítico 220 uF 16V	S/ 0.30	S/ 0.30
2	Capacitor cerámico 22 pF	S/ 0.20	S/ 0.40
5	Capacitor cerámico 0.1 uF	S/ 0.20	S/ 1.00
2	Bornera de 2 pines	S/ 0.50	S/ 1.00
1	Placa para circuito impreso 12 x 15 cm	S/ 15.00	S/ 15.00
2	Borneras de 4 pines	S/ 0.50	S/ 1.00
1	Sócate de integrado de 18 pines	S/ 1.00	S/ 1.00
1	Sócate de integrado de 16 pines	S/ 1.00	S/ 1.00
4	Sócate de 8 pines	S/ 1.00	S/ 4.00
6	Potenciómetro trípode 10k	S/ 1.50	S/ 9.00
10	Resistencia de 1k 1/4 w	S/ 0.10	S/ 1.00
10	Resistencia de 10k 1/4 w	S/ 0.10	S/ 1.00
7	Diodo led	S/ 0.20	S/ 1.40
1	Caja de plástico de 12 x 15 x 5 cm	S/ 10.00	S/ 10.00
7	Sensor E18-D80NK	S/ 25.00	S/ 175.00
1	Mano de obra	S/ 150.00	S/ 150.00
Total			S/ 421.60

Tabla 17

Presupuesto de Instalación del Prototipo en el Bus

Cantidad	Descripción	Precio Unitario		Importe	
20	Metros de cable apantallado 4x24AWG				
	Hurrican	S/	2.50	S/	50.00
5	Metros de cable automotriz N° 16	S/	0.70	S/	3.50
1	Cinta aislante 3 m	S/	2.50	S/	2.50
	Servicio de instalación	S/	250.00	S/	250.00
Total				S/	306.00

Tabla 18

Presupuesto Total de la Construcción e Instalación del Prototipo del Sistema de Control Electrónico

Descripción	Precio Unitario		Importe	
Presupuesto de Materiales y construcción del prototipo	S/	321.60	S/	421.60
Presupuesto de instalación del Prototipo	S/	206.00	S/	306.00
Total			S/	727.60

En la Tabla 16, se muestra el presupuesto para construir el Sistema de control electrónico incluyendo los precios de los materiales, la mano de obra de su fabricación y el precio de los sensores de presencia. En la Tabla 17, se muestra el precio de la instalación del sistema de control electrónico que incluye materiales para su instalación y el servicio de instalación. Finalmente en la tabla 18, se muestra el presupuesto total para construir el prototipo e instalarlo en los buses. A continuación, se muestra imágenes de la construcción del prototipo del sistema de control electrónico para el aseguramiento de ingreso y salida de los pasajeros en ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020.

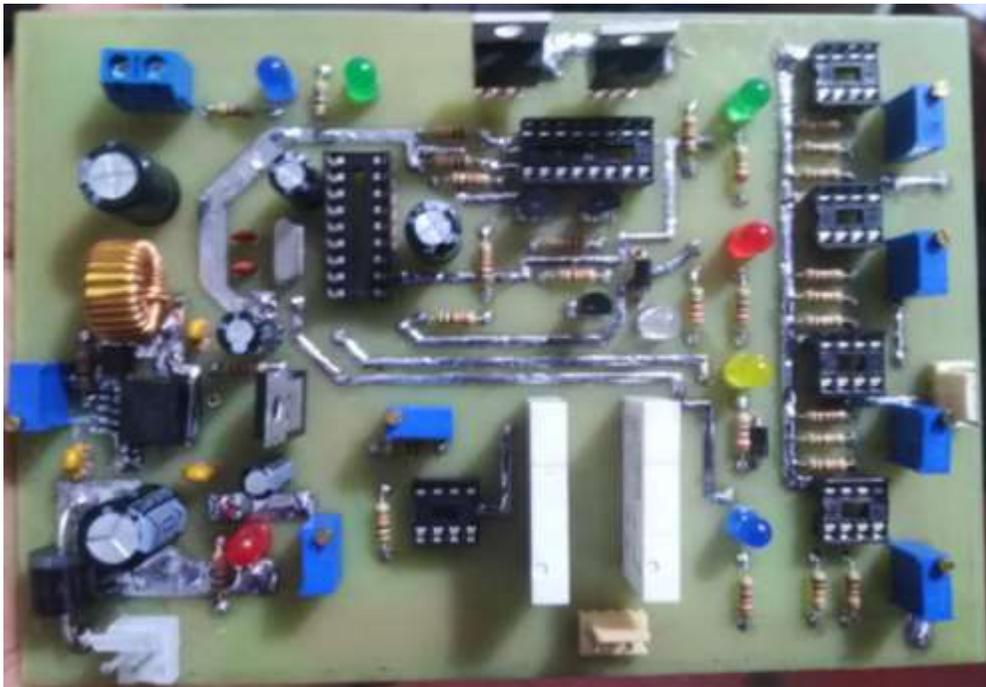


Figura 81: Desarrollo de la Tarjeta Electrónica del Sistema de Control Electrónico

Nota. Elaboración propia

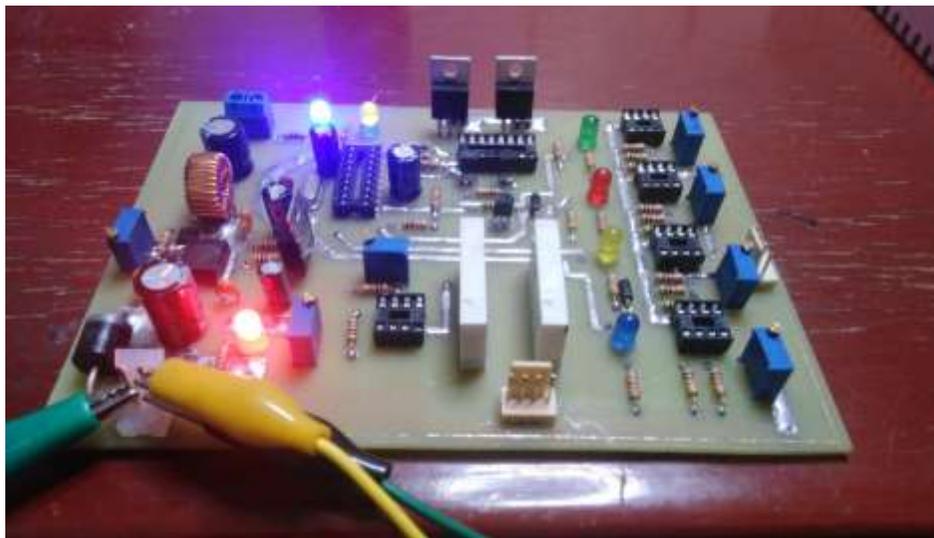


Figura 82: Testeo de la Tarjeta Electrónica del Sistema de Control Electrónico

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

A partir de los hallazgos obtenidos, aceptamos la hipótesis general que establece, el desarrollo de este sistema de control electrónico logrará el aseguramiento del ingreso y salida de pasajeros, controlando la aceleración y las puertas de acceso en los ómnibus de transporte público de Lima Metropolitana 2020.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación guardan relación con lo que sostiene Fuentes & Zabala (2013) quienes señalan que el control de apertura automático de las puertas de un bus, ayuda a la seguridad de los pasajeros en el recorrido de la ruta del transporte público. Asimismo, los hallazgos encontrados se suman a un sistema de seguridad integral en autobuses, tales como lo mencionan los autores Leopoldo, Laura, Juan, Vicent, & Peris (2016). Ello es acorde con lo que se halla en este trabajo.

Las técnicas usadas para lograr los resultados de este trabajo son diferentes a las de otras investigaciones similares a este. Tal es el caso de la investigación de Pérez Rodríguez, Ayabaca Chalaco, & Pintado Becerra (2007), donde logran la seguridad de los usuarios en los buses a través de un sistema de apertura automático de puerta haciéndolo trabajar en conjunto con el sistema neumático de frenos de la unidad. En este presente trabajo, estos resultados se obtienen bloqueando el sistema de aceleración y el control de mando de puertas.

A pesar que en los distintos trabajos de investigación similares a este, usan diferentes técnicas para su desarrollo, se llega a cumplir con el objetivo de lograr el aseguramiento del ingreso y salida de pasajeros en el transporte público en Lima Metropolitana 2020.

4.2. Conclusiones

- Mediante diferentes pruebas realizadas en simulación y en un vehículo, se pudo comprobar el correcto funcionamiento del desarrollo del sistema de control electrónico logrando el aseguramiento del ingreso y salida de pasajeros, controlando la aceleración y las puertas de acceso en los ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020. Las pruebas se llevaron a cabo en bus de transporte público con motor Cummins del año 2013. Además, se hicieron pruebas con una computadora (ECU) de un vehículo NISSAN año 2003 Modelo AD.
- Con el desarrollo del control electrónico de bloqueo de aceleración de un bus, se pudo impedir que el vehículo avance cuando las puertas se encuentren abiertas, logrando que los pasajeros suban y bajen de la unidad de transporte con total seguridad, además, de impedir que la ECU genere código de error (CHECK ENGINE) al momento de su funcionamiento.
- Con el desarrollo del control electrónico del sistema de apertura y cierre de puertas de un bus, se pudo lograr que las puertas sean abiertas solo cuando el ómnibus se encuentre completamente detenido y sean cerradas cuando no haya algo o alguien en medio que impida el proceso de cierre.
- Con el desarrollo electrónico de la fuente de alimentación se pudo lograr energizar el sistema de control electrónico, teniendo una fuente de voltaje de 5 V a 5 A como máximo que alimenta al circuito de control de bloqueo de aceleración. Asimismo, se obtuvo una fuente con una salida de 10 V con 3 A para la etapa de potencia del sistema de apertura y cierre de puertas.

4.3. Recomendaciones

Considerando la importancia de este trabajo de investigación y en relación a los resultados obtenidos. Este trabajo de tesis deja la posibilidad de continuar investigando los sistemas de los vehículos y poder acoplarlo con otros sistemas tales como el GPS, se plantean algunas sugerencias a tener en cuenta para posteriores investigaciones a este trabajo de investigación desarrollado.

- Obtener los diagramas eléctricos y electrónicos para conocer cada parte del bus o vehículo donde se aplique la investigación.
- De acuerdo al sistema o tipo del vehículo donde se realice la investigación, se recomienda diseñar un sistema de control en lazo cerrado para un mejor control de las variables. Esto siempre y cuando no afecte al sistema del bus.
- Realizar diferentes pruebas dinámicas que incluyan simulación de averías de sensores y actuadores, esto con el objetivo de garantizar que el sistema esté preparado para cualquier situación de emergencia.
- Trabajar con los equipos e instrumentos adecuados para no generar una falla en el vehículo o bus de transporte público donde se van a realizar las pruebas.

REFERENCIAS

- García González, A. (4 de Enero de 2016). *PANAMAHITEK*. Obtenido de ¿Qué es y cómo se utiliza un MOSFET?: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-mosfet/>
- 03fmeautomatismos*. (17 de Agosto de 2020). Obtenido de <https://sites.google.com/site/03fmeautomatismos/home/tipos-control>
- (6 de Octubre de 2020). Obtenido de HELLA TECH WORLD. El aliado del Taller: <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores/Sensor-de-pedal-acelerador-3851/>
- ADAJUSA*. (7 de Octubre de 2020). Obtenido de <https://adajusa.es/electrovalvulas-38/electrovalvula-38-5-vias-biestable-24vca-mindman.html#attachments>
- Aguirre, Á. (31 de Octubre de 2014). *ISSUU*. Obtenido de Diseño y Elaboración de Circuitos Impresos: https://issuu.com/rubendariocardenasespinosa/docs/dise__o_electr__nico_con_proteus_8?fbclid=IwAR1mlzUORQIP-PvxyotwcTssRkMhcdvKJ-UPOEuAy89SHGcdh9P09Q3TfEo
- Arrieta, R. A. (15 de Noviembre de 2016). *Centro de Soporte Automotriz C.A., CESAT C.A.* Obtenido de Conoce el Sistema de Aceleración Electrónico: <http://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/471-conoce-el-sistema-de-aceleracion-electronico>
- Auto Avance*. (23 de Mayo de 2013). Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/145-efecto-hall/>
- AUTO-TECHTRONIC.COM*. (7 de Octubre de 2020). Obtenido de <https://www.auto-techtronic.com/producto/switch-universal-para-puertas-de-autos/>
- BEA. (Viernes de Julio de 2019). *BEA*. Obtenido de RS-15 SENSOR DE APERTURA Y PRESENCIA PARA PUERTAS INTERIORES DE TRENES: <https://www.bea-sensors.com/es/producto/rs-15/>
- Bernal Torres, C. A. (2010). Investigaciones experimentales. En B. T. Augusto, *Metodología de la investigación* (pág. 118). Colombia: Prentice Hall.
- Buenas Tareas*. (30 de Agosto de 2015). Obtenido de <https://www.buenastareas.com/ensayos/Control-Mimo/77702101.html>
- Dispositivos Logicos Microprogramables*. (4 de Enero de 2003). Obtenido de MPLAB-IDE v6.60: <http://perso.wanadoo.es/pictob/mplab.htm>
- ElectroCrea*. (14 de Octubre de 2020). Obtenido de <https://electrocrea.com/products/pic-16f628-a>
- Electrónica completa*. (17 de Octubre de 2020). Obtenido de <http://electronicacompleta.com/lecciones/disipadores/>
- Fairchild Semiconductor. (16 de Octubre de 2020). *ALLDATASHEET.COM*. Obtenido de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/53583/FAIRCHILD/LM350.html>

- Farchild Semiconductor. (Junio de 2020). *ALLDATASHEET.COM*. Obtenido de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/50859/FAIRCHILD/CD4050.html>
- Fernández, P. (24 de Febrero de 2016). *DIVULGACIÓN DE FDET*. Obtenido de EL ACELERADOR ELECTRÓNICO, ¿CÓMO FUNCIONA?: <http://fdetonline.com/acelerador-electronico-funciona/>
- Fuentes, J., & Zabala, G. (2013). *Diseño de un sistema para el control de apertura de puertas y registro automático del tiempo durante el recorrido de buses urbanos e implementación de un prototipo*. Tesis de grado en Ingeniería, Universidad Técnica del Norte, Facultad de educación, ciencia y tecnología 2013, Ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3373>
- GRUPO INFAIMON. (12 de Abril de 2018). *INFAIMON*. Obtenido de Detector infrarrojo: funcionamiento y aplicaciones: <https://blog.infaimon.com/detector-infrarrojo-funcionamiento-aplicaciones/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (Abril de 2018). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de Análisis de los Accidentes de Tránsitos Ocurridos en el Año 2016: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1528/cap03.pdf
- ISAFBUS. (7 de Octubre de 2020). Obtenido de <http://www.isaf-bus-components.com/spagnolo/puertaRIN.htm>
- Leopoldo, A., Laura, A., Juan, D., Vicent, G., & Peris, J. C. (2016). Proyecto SAFEBUS: Sistemas Avanzados de Seguridad Integral en Autobuses. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*. Valencia, España. doi:10.1016/j.riai.2015.04.006
- Llich. (15 de Abril de 2015). *Megachorro*. Obtenido de Principios automatización de mapas de inyección : <https://megachorro.blogspot.com/2015/04/principios-optimizacion-de-mapas-de.html>
- Mendoza, S. (10 de Septiembre de 2019). *AUTOMEXICO.COM*. Obtenido de <https://automexico.com/mantenimiento/sensor-de-velocidad-de-transmision-como-funciona-y-cuales-son-sus-fallas-mas-comunes-aid4935>
- Microchip Technology Inc. (2002). *ALLDATASHEET.COM*. Obtenido de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/74968/MICROCHIP/PIC16F628A.html>
- Moller, R. (2011). Una Propuesta de Mejoramiento del Transporte Público Colectivo en Santiago de Cali. *Ingeniería y Competitividad*, 3(1), 19-34. doi:<https://doi.org/10.25100/iyc.v3i1.2333>
- Naylamp Mechatronics*. (20 de Noviembre de 2020). Obtenido de Sensor de proximidad fotoeléctrico Infrarrojo E18-D80NK: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/236-sensor-de-proximidad-fotoelectrico-infrarrojo-e18-d80nk.html>
- Observatorio Urbano desco. (24 de Junio de 2019). *Observatorio Urbano desco*. Obtenido de POBLACIÓN EN LIMA METROPOLITANA: <http://observatoriourbano.org.pe/project/poblacion-en-lima-metropolitana/>
- Ogata, K. (2010). Sistema de control en lazo abierto. En K. Ogata, & M. M. Romo (Ed.), *Ingeniería de control moderna* (S. D. Canto, Trad., Quinta edición ed., pág. 8). España: PEARSON EDUCATION, S.A. Recuperado el 1 de 2020 de 2020

- Oña, R. (2019). *Desarrollo de un prototipo para el control y monitoreo automático del ingreso y salida de pasajeros en un bus interprovincial con alertas SMS*. (Tesis de grado en Ingeniería), Universidad Tecnológica Israel, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2103>
- Osada Mochizuki, J. A. (2012). *Implementación de un vehículo de pruebas para el desarrollo de un sistema de estacionamiento autónomo mediante visión robótica*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1760>
- Parra, L. A. (14 de Octubre de 2020). *Academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/12851095/El_Microcontrolador_PIC16F877_Resumen_de_hoja_de_datos
- Quispe Cahuina, D. (Julio de 2018). *TEMPLATESYARD*. Obtenido de <https://www.davidquispecahuinamotors.top.mx/2018/07/sistema-de-aceleracion-electronico.html#>
- Quispe, C. D. (19 de Julio de 2018). Obtenido de <https://www.davidquispecahuinamotors.top.mx/2018/07/sistema-de-aceleracion-electronico.html>
- Rocca, K. (15 de Mayo de 2019). *Adolescente muere al caer de un bus manejado por conductor que tiene 38 papeletas*. Obtenido de Ojo: <https://ojo.pe/policial/adolescente-muere-al-caer-de-un-bus-manejado-por-conductor-que-tiene-38-papeletas-317050/>
- Rodomin, V. (23 de Mayo de 2017). *YOUTUBE*. Obtenido de Control Neumático de Puertas: https://www.youtube.com/watch?v=ALtrtUYTZwg&ab_channel=VirgilioRodomin
- Skyseb. (28 de Diciembre de 2009). *GM-Ecu Corsa 1.6 8v*. Obtenido de Interpretando Mapa de Inyección Principal: <http://gmecu.blogspot.com/2009/12/interpretando-mapa-de-inyeccion.html>
- Terrones Cabanillas, J. A. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control operativo de alcoholemia para la empresa Galvanoplastia Yhabal S. A. C*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima. Lima: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2752>
- Twins Chip*. (26 de Noviembre de 2020). Obtenido de Sensor de proximidad IR para evitar obstáculos E18-D80NK: https://www.twinschip.com/Proximity_Sensor_E18-D80NK
- Tu Taller Mecánico. (7 de Octubre de 2020). Diagnóstico y fallas en el Sistema de Aceleración Electrónico (Cuerpo y Pedal). *Tu Taller Mecánico*, 24. Obtenido de <https://www.electronicayservicio.com/Modules/melbastudioCommerce/Main/Src/Catalog/Items/TM7.pdf>
- UNUMIS*. (7 de Octubre de 2020). Obtenido de https://www.umunishit.com/index.php?main_page=product_info&products_id=7710
- Valladares, C. (viernes de Julio de 2019). *Petrolheadgarage*. Obtenido de Sensor de velocidad del vehículo (VSS): <https://petrolheadgarage.com/Posts/sensor-de-velocidad-del-vehiculo-vss/>
- XLSEMI. (16 de Octubre de 2020). *ALLDATASHEET.COM*. Obtenido de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/763184/ETC2/XL4015E1.html>

ANEXOS

ANEXO A. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA DE SERVICIO DE TRANSPORTES SAN GERMÁN



Lima 04 de noviembre del 2020

Sres. Universidad Privada del Norte

Es grato dirigirme a ustedes, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el Sr. Alex Daniel Pizarro Chozo con DNI 48419318, egresado de la Carrera de Ingeniería electrónica de la Universidad Privada de Norte que ustedes representan, ha sido aceptado en nuestra Empresa de Servicio de Transporte San German S.A. para que desarrolle la Tesis para obtener el título de Ingeniero electrónico desarrollando el trabajo titulado:

"Desarrollo de un sistema de control electrónico para el aseguramiento de ingreso y salida de pasajeros en ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020"

Cabe resaltar que Sr. Alex Daniel Pizarro Chozo, asume el compromiso de alcanzar a nuestro despacho los resultados de esta investigación, para ver la posibilidad de la implementación en nuestras unidades cuya flota es de cincuenta y nueve (59) unidades.

Aprovecho la oportunidad para expresarles mi consideración y estima personal.

Atentamente

EMPRESA DE SERVICIO DE TRANSPORTE
SAN GERMÁN S.A.

VICTOR LUIS DEL CARMEN MARTINIANO
Burgos Gerente

ANEXO B. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

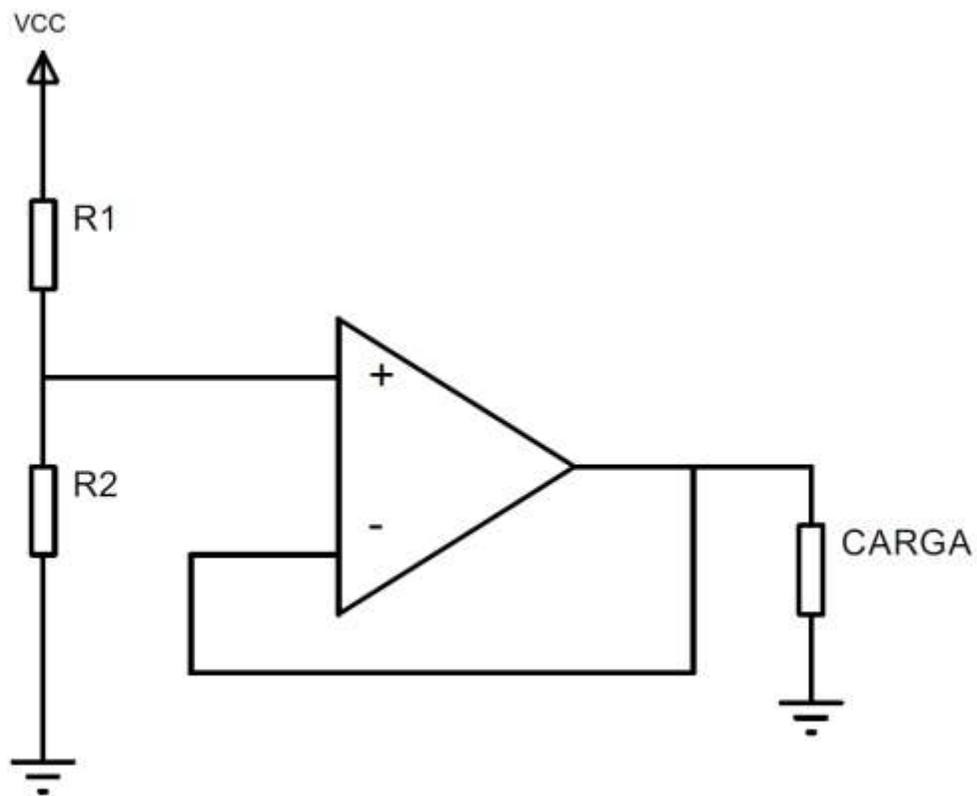
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
BUSQUEDA DE INFORMACIÓN	■							
ANILISIS DE INFIORMACIÓN		■						
BUSQUEDA DE IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS		■						
ENTORNO DE DESARROLLO			■					
LIBRERIAS A UTILIZAR		■						
DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO		■	■	■	■			
CONSTRUCCIÓN INICIAL DEL SISTEMA			■	■	■			
PRUEBAS Y AJUSTES						■		
CONSTRUCCIÓN FINAL DEL PROYECTO							■	
PRESENTACIÓN FINAL								■

Nota. El desarrollo de este trabajo de investigación empezó el 07 de septiembre del 2020 tomándose a partir de la fecha como semana 1 y finalizó el 31 de octubre del mismo año siendo la semana 8.

Elaboración propia

ANEXO C. CIRCUITO SEGUIDOR DE VOLTAJE (BUFFER)



Nota. Elaboración propia

ANEXO D. DIMENSIONES Y ESQUEMÁTICO DEL RELÉ TQ2SA-5V

DIMENSIONS (mm inch)

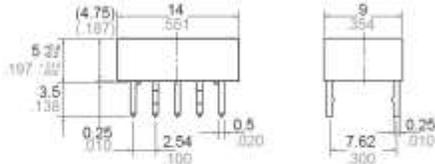
The CAD data of the products with a **CAD Data** mark can be downloaded from <https://industrial.panasonic.com/oc/e/>

1. Standard PC board terminal and Self-clinching terminal

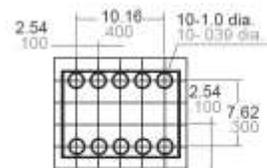
CAD Data



External dimensions
Standard PC board terminal

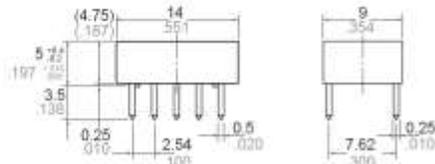


PC board pattern (Bottom view)



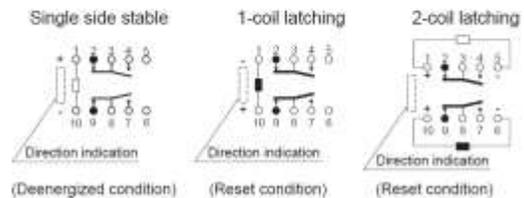
Tolerance: $\pm 0.1 \pm 0.04$

Self-clinching terminal



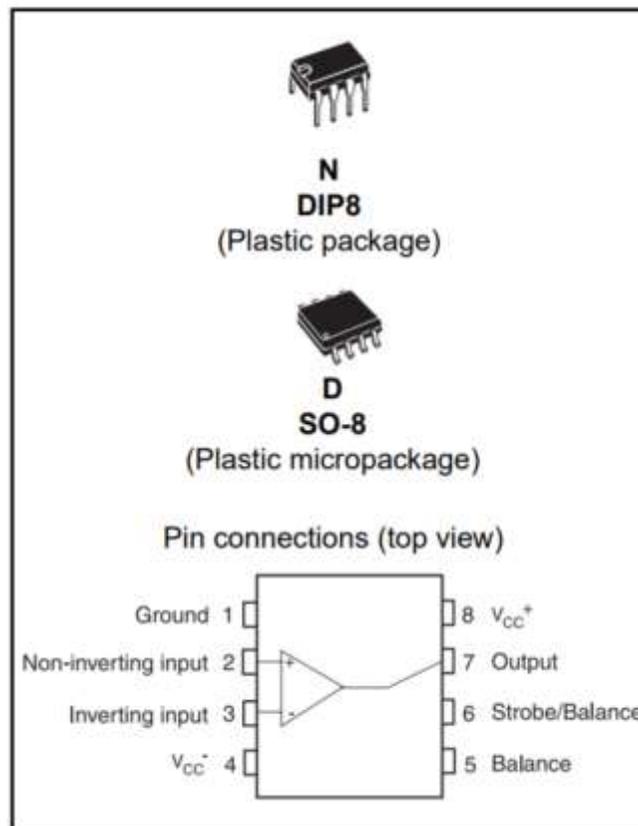
General tolerance: $\pm 0.3 \pm 0.12$

Schematic (Bottom view)



Nota. Extraído de datasheet del relé TQ2SA-5V

ANEXO E. PACKAGE DEL LM111



Nota. Extraído del datasheet del LM111

ANEXO F. OSCILOSCOPIO HANTEK 1008C



Nota. Elaboración propia

ANEXO G. SCANNER DE DIAGNÓSTICO MASTER X431



Nota. Elaboración propia

ANEXO H. TESTEO DE LA TARJETA DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO



Nota. Elaboración propia

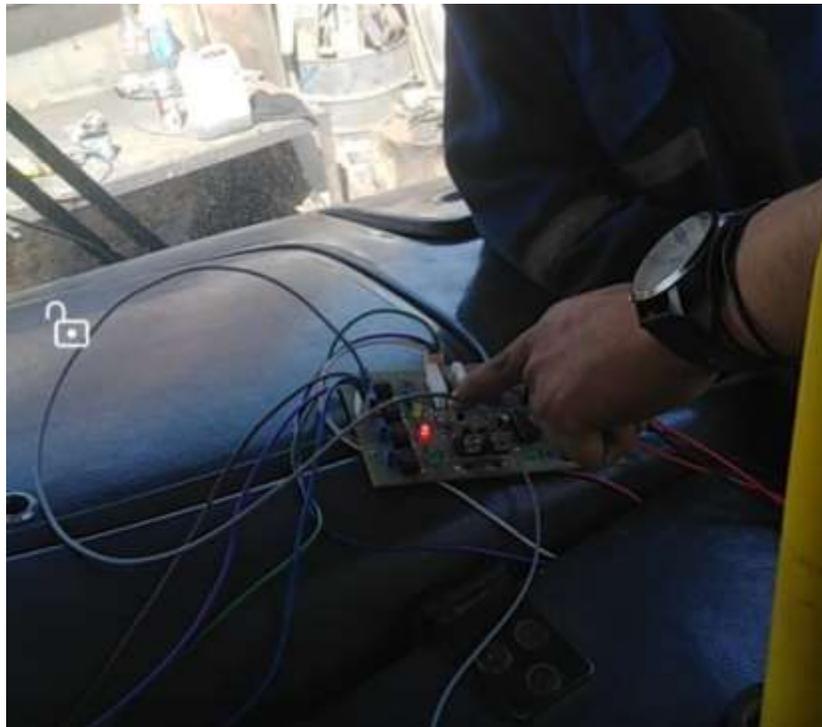
ANEXO I. MEDICIÓN DE CONSUMO DE CORRIENTE DE LA TARJETA DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO



Nota. Elaboración propia

ANEXO J. INSTALACIÓN Y PRUEBA DEL PROTOTIPO EN BUS DE TRANSPORTE PÚBLICO







Elaboración Propia