

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO DE SISTEMA PARA DISMINUCIÓN DE ACCIDENTABILIDAD EN CARRETERA

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero de Ejecución en Control e
Instrumentación Industrial

Alumno:

Alexander Javier García Oyarce

Profesor Guía:

Mag. Víctor Cárdenas Schweiger

2024

RESUMEN

KEYWORDS: CONTROLADOR, SINIESTRO, CLIMA, VISIBILIDAD.

El presente trabajo de título tiene por finalidad desarrollar un diseño de un sistema automatizado, para así aportar a la disminución de la cantidad de siniestros automovilísticos, por factores externos a las causas tangibles que provocan dichos eventos, para esto se utilizará un Controlador Lógico Programable, de forma de poder disminuir los efectos climáticos como la niebla, que afecta la visibilidad, a través de un sensor, además, se busca mejorar las señalizaciones de las calzadas en el lugar del proyecto, para mejorar las condiciones de conducción para los automovilistas, todo esto suministrado a través de un sistema de energía renovable a través de energía solar.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 CONCEPTOS GENERALES, PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS.	4
1.1 CONCEPTOS GENERALES	4
1.1.1 Definiciones	4
1.1.2 Tasa de accidentabilidad en Chile	5
1.1.3 Tasa de accidentabilidad en la región de Valparaíso	9
1.1.4 Causalidad de siniestros	11
1.1.5 Clima en los siniestros viales	13
1.1.6 Lugar a realizar estudio	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1 Definición del problema	16
1.2.2 Importancia de resolverlo	17
1.2.3 Involucrados	18
1.3 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.3.1 Requerimientos	19
1.3.2 Alternativas de solución	19
1.3.3 Alternativa seleccionada	19
1.4 OBJETIVOS.....	21
1.4.1 Objetivo general	21
1.4.2 Objetivos específicos	21

**2 SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEJORAR VISIBILIDAD Y GENERAR ALERTAS EN
CARRETERA 23**

2.1	LUGAR DONDE REALIZAR CONTROL DE VISIBILIDAD Y ALERTAS	23
2.2	CONTROLADOR.....	24
2.3	SENSOR DE VISIBILIDAD	25
2.4	COMUNICACIÓN ENTRE SENSOR Y CONTROLADOR	26
2.5	DISIPADOR DE NEBLINA Y SISTEMA DE ALERTAS.....	27
2.6	RADAR DE VELOCIDAD FOTOVOLTAICO	30
2.7	PROCESO DE CONTROL	32
2.8	VARIABLES DE CONTROL	34
2.9	SALA DE CONTROL	35
2.10	SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR OFF GRID.....	37
2.11	TABLERO DE CONTROL	40
3	SIMULACIONES Y EVALUACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO	42
3.1	RESULTADOS DE SIMULACIONES	42
3.1.1	Primer caso	42
3.1.2	Segundo caso.....	45
3.2	CARTA GANTT	48
3.3	MANTENIMIENTO DEL PROYECTO	49
3.4	COSTOS DEL PROYECTO	49
3.4.1	Costos por insumos	50
3.4.2	Costos por servicios.....	51
3.4.3	Costo total	52
	CONCLUSIONES	53

BIBLIOGRAFÍA.....	54
--------------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Evolución de siniestros de tránsito en Chile	7
Figura 1-2. Siniestros de tránsito en Chile por región.	9
Figura 1-3. Percepción de siniestros de tránsito.....	14
Figura 1-4. Percepción de riesgo en condiciones externas a los actores.	14
Figura 1-5. Diagrama de Ishikawa.	17
Figura 2-1. Camino La Pólvara.	23
Figura 2-2. PLC S7-1200 Y Fuente PM1207.....	24
Figura 2-3. Sensor de Visibilidad SWS-50.....	25
Figura 2-4. Módulo CM1241.	25
Figura 2-5. Sistema para mejora de visibilidad.	25
Figura 2-6. Baliza AS040.	30
Figura 2-7. Radar de velocidad fotovoltaico.	31
Figura 2-8. Diagrama de flujo del sistema.	33
Figura 2-9. Diagrama P&ID.....	34
Figura 2-10. Sala eléctrica.	36
Figura 2-11. Sistema fotovoltaico off grid.....	38
Figura 3-1. Simulación primer caso (1).	45
Figura 3-2. Simulación primer caso (2).	46
Figura 3-3. Simulación primer caso (3).	46
Figura 3-4. Simulación primer caso (4).	47

Figura 3-5. Simulación segundo caso (1).....	45
Figura 3-6. Simulación segundo caso (2).....	46
Figura 3-7. Simulación segundo caso (3).....	46
Figura 3-8. Simulación segundo caso (4).....	47
Figura 3-9. Carta Gantt.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Evolución de siniestro de tránsito Chile.....	6
Tabla 1-2. Siniestros por región año 2022	8
Tabla 1-3. Siniestros en la región de Valparaíso en los últimos 10 años.	10
Tabla 1-4. Siniestros en la región de Valparaíso en los últimos 10 años.	12
Tabla 1-5. Escala de evaluación para alternativas de solución.....	20
Tabla 1-6. Evaluación de alternativas.	20
Tabla 2-1. Características Baliza AS040.....	29
Tabla 2-2. Características Radar de velocidad.	31
Tabla 2-3. Variables de programa.	35
Tabla 2-4. Carga estimada del sistema.	39
Tabla 2-5. Características sistema fotovoltaico off grid.....	39
Tabla 3-1. Costos de insumos.	50
Tabla 3-2. Costos de servicios.	51
Tabla 3-3. Costos totales.....	52

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. **SIGLAS:**

Btu: British Thermal Unit.

CONASET: Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito.

FV: Válvula de flujo.

INE: Instituto Nacional de Estadísticas.

IP67: Índice de protección de los equipos para resistir exposición a polvo y salpicaduras.

LT: Transmisor de nivel:

M: Motobomba.

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

PLC: Controlador Lógico Programable.

VT: Transmisor de visibilidad.

B. **SIMBOLOGÍA:**

A: Amperio.

Ah: Amperio hora.

Bd: Baudio.

Cd: Candela.

Ø: diámetro.

°: grado.

°C: grados Celsius.

GHz: Giga Hertz.

h: hora.

km/h: Kilómetros por hora.

km²: Kilómetros cuadrados.

km: kilómetro.

kW: kilo Watt.

kWh/día: kilo Watt hora día.

kWh/m²/día: kilo Watt hora metro cuadrado día.

kWh/mes: kilo Watt hora mes.

mAh: miliamperio hora.

m: metro.

mm: milímetro.

°T: Temperatura.

Ton: Tonelada.

USB: Universal Serial Bus.

V: Volt.

Vca: Voltaje alterno.

Vdc: Voltaje continuo.

W: Watt.

INTRODUCCIÓN

El transporte o traslado se define como el conjunto de procesos que tienen como finalidad el desplazamiento y la comunicación, impulsados por las diversas necesidades de las personas, para ellas mismas o también para bienes. Por consecuencia, la interacción constante que se produce en las vías públicas genera una alta tasa de accidentes día a día, y con esto, lamentables pérdidas tanto humanas, como materiales.

El accidente o siniestro es el resultado más negativo de alguna eventualidad ocurrida en las vías de tránsito, ya que dicho evento tiene la capacidad de dañar severamente a las personas y cosas, teniendo repercusiones de muchas indoles, entre ellas las lesiones físicas, muchas veces con resultado de muerte, también daños emocionales difíciles de cuantificar, daños económicos que pueden ser consecuencia del mismo evento, o derivados de él por la incapacidad del afectado de poder trabajar, y de realizar sus actividades diarias de forma habitual. Por otro lado, también las familias de los implicados se ven afectados, ya que tienen que lidiar de forma indirecta con las secuelas antes mencionadas del accidente.

Hablando de accidentabilidad, según cifras de Carabineros de Chile, durante el año 2023 se registraron 78.238 siniestros viales, dejando la cantidad de 1.630 personas fallecidas, y más de 20.000 lesionados de diversa gravedad, cifra que ha tenido una leve disminución con respecto al año anterior, pero que sigue siendo igualmente negativa, donde se anotaron 86.050 siniestros (-9,1%) y 1.745 fallecidos (-6,3%) a nivel país.

En el año 2022, la región de Valparaíso fue la segunda locación con más accidentes de tránsito en el país con 9.459 siniestros, dejando la cantidad de 165 fallecidos, dicho puesto en el ranking está solo por detrás de la Región Metropolitana, que tuvo 23.970 siniestros viales.

Un factor importante para considerar en los siniestros viales son las condiciones meteorológicas, ya que el clima puede tener un impacto significativo en la seguridad vial, algunas de las formas en que este afecta los accidentes pueden ser las condiciones de las carreteras, ya que las lluvias, nieve y granizo pueden hacer que los caminos estén resbaladizos; otro factor es la visibilidad reducida, donde la niebla/neblina, la lluvia intensa pueden afectar la visión de los

conductores, y con eso generar un aumento en su tiempo de reacción, debido a que las condiciones climáticas pueden requerir cambios en la velocidad y distancias entre vehículos, afectando el tiempo de reacción ante alguna emergencia, esto sumado al estado de las carreteras, genera una condición insegura, y con ello un aumento de la probabilidad de que se ocasione algún siniestro vial.

De esta forma, se busca realizar el diseño de un sistema para disminuir la accidentabilidad ocasionada por factores como la baja visibilidad por condiciones climáticas, enfocando el estudio en el Ruta la Pólvora, camino que pertenece a la Ruta CH-60, la que en el año 2022 fue la carretera con más accidentes de la región de Valparaíso, registrando un total de 313 siniestros, dejando un saldo de 17 fallecidos, y 284 lesionados de diversa gravedad.

CAPÍTULO 1: CONCEPTOS GENERALES, PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

1 CONCEPTOS GENERALES, PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

En este capítulo, se verán los conceptos generales del proyecto, se presentarán las cifras de los siniestros viales a nivel país, y de sus consecuencias, para poder entender la problemática, y evaluar posibles soluciones para la misma.

1.1 CONCEPTOS GENERALES

A continuación, se presentan los conceptos generales y definiciones que se utilizarán en el proyecto, de modo de entender mejor las herramientas y mecanismos utilizados para el desarrollo de este.

1.1.1 Definiciones

Automatización: Es la aplicación de máquinas o procedimientos automáticos en la realización de un proceso, generalmente se asocia a la disminución de la intervención del ser humano en diversos sistemas o actividades.

Diagrama de Ishikawa: Herramienta que muestra la relación entre un problema (Causa) y sus consecuencias (Efecto).

Clima: Conjunto de condiciones atmosféricas propios de una región en particular, sigue un patrón a largo plazo.

Tiempo: Estado atmosférico de una región durante un corto periodo.

Accidente: Hecho azaroso, fortuito o inesperado que como resultado causa daño a las personas o las cosas.

Siniestro de tránsito: Hecho causal y evitable, que resulta con daño a las personas o cosas, que, a diferencia de un accidente, si se puede prevenir.

Autopista: Vía cuya función principal es el desplazamiento de larga distancia entre ciudades, o también a través de estas. Su capacidad vehicular es alta, y su diseño permite una operación segura a velocidades sobre los 90 km/h.

Autovía: Vía con características similares a las de una autopista, pero adaptadas a sitios urbanos, permite una operación segura a velocidades entre 70-90 km/h.

Avenida o calle: Vía urbana destinada a la circulación de los peatones, de los vehículos y de los animales.

Conductor: Persona que tiene control de un vehículo motorizado en la vía pública.

Causas de siniestros de tránsito: Registro oficial a cargo de Carabineros de Chile, que ilustra la causa basal probable de los siniestros de tránsito a nivel país.

Controlador Lógico Programable: Dispositivo utilizado para la automatización de procesos, y que tiene como finalidad manejar mediante un programa, diversas variables a través de sus entradas y salidas, tanto análogas como digitales.

Sensor: Dispositivo capaz de detectar una determinada acción externa, y responder en consecuencia.

1.1.2 Tasa de accidentabilidad en Chile

En los últimos años, la cantidad de siniestros automovilísticos en Chile ha sido una preocupación constante. De acuerdo con estadísticas oficiales, el país ha tenido una alta tasa de accidentes de tránsito, con un alza considerable con respecto a años anteriores. Estos hechos han dejado como resultado muchas víctimas fatales y lesionados, lo que ha generado preocupación en las autoridades y en la sociedad en general. Esta problemática se debe a una variedad de factores, incluido el incumplimiento de las normas de tránsito, el estado de las carreteras, condiciones climáticas, la falta de conciencia vial, entre otras.

A continuación, se ilustra mediante la tabla 1-1 la tasa de accidentabilidad a nivel país entre el año 2013 y 2022, según datos oficiales de Conaset.

Tabla 1-1. Evolución de siniestro de tránsito Chile

Año	Siniestros	Fallecidos	Lesionados			Total lesionados	Total víctimas
			Graves	Menos graves	Leves		
2013	73.276	1.623	7.430	4.416	47.746	59.592	61.215
2014	78.445	1.630	7.457	4.012	46.416	57.885	59.515
2015	79.880	1.646	7.773	3.791	46.381	57.945	59.591
2016	91.711	1.675	8.830	4.344	50.389	63.563	65.238
2017	94.879	1.483	8.534	4.201	49.436	62.171	63.654
2018	89.311	1.507	7.859	4.092	45.988	57.939	59.446
2019	89.983	1.617	7.752	4.065	45.932	57.749	59.366
2020	64.707	1.485	6.430	3.378	32.295	42.103	43.588
2021	80.751	1.688	8.103	4.142	39.683	51.928	53.616
2022	86.050	1.745	8.536	4.141	39.913	52.590	54.335
Totales	828.993	16.099	78.704	40.582	444.179	563.465	579.564
Promedios	82.899	1.609	7.870	4.058	44.417	56.346	57.956

Fuente: <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales/>

Como se puede ver en la tabla 1-1, en los últimos años post pandemia se ha generado un alza en la cantidad de siniestros viales, al igual que en el caso de los fallecidos y lesionados de diversa gravedad, esto marca una pequeña tendencia que genera preocupación tanto en las autoridades como en el sentimiento de seguridad de la ciudadanía, a continuación en la figura 1-1, se muestra un gráfico con la evolución de los siniestros de tránsito y fallecidos en Chile en el periodo entre los años 2003-2022.

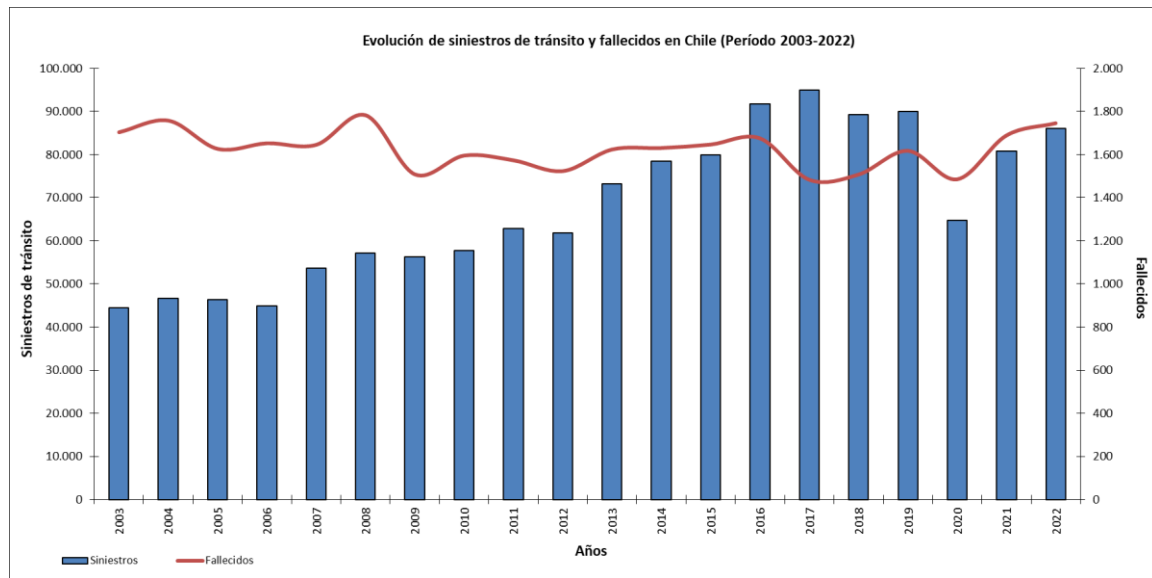


Figura 1-1. Evolución de siniestros de tránsito en Chile

Tomando como referencia solo el año 2022, a modo de determinar las comunas con mayor accidentabilidad se tiene los datos que se ilustran en la tabla 1-2, y también una gráfica mostrada en la figura 1-2, como se aprecia a continuación.

Tabla 1-2. Siniestros por región año 2022

Región	Siniestros	Fallecidos	Total lesionados	Índice de severidad
Arica y Parinacota	1.400	46	1.214	3,29
Tarapacá	2.048	54	1.034	2,64
Antofagasta	3.029	66	1.771	2,18
Atacama	1.438	52	967	3,62
Coquimbo	3.683	92	2194	2,5
Valparaíso	9.459	165	5.538	1,74
Metropolitana	23.970	382	10.976	1,59
L.G.B. O'Higgins	5.483	147	3.689	2,68
Maule	7.848	168	5.755	2,14
Ñuble	2.874	63	1.843	2,19
Biobío	9.105	156	6.448	1,71
Araucanía	6.296	144	4.710	2,29
Los Ríos	2.418	74	1.804	3,06
Los Lagos	5.354	107	3.382	2
Aysén	469	13	471	2,77
Magallanes	1.176	16	794	1,36
Total	86.050	1.745	52.590	2,03

Fuente: <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales/>

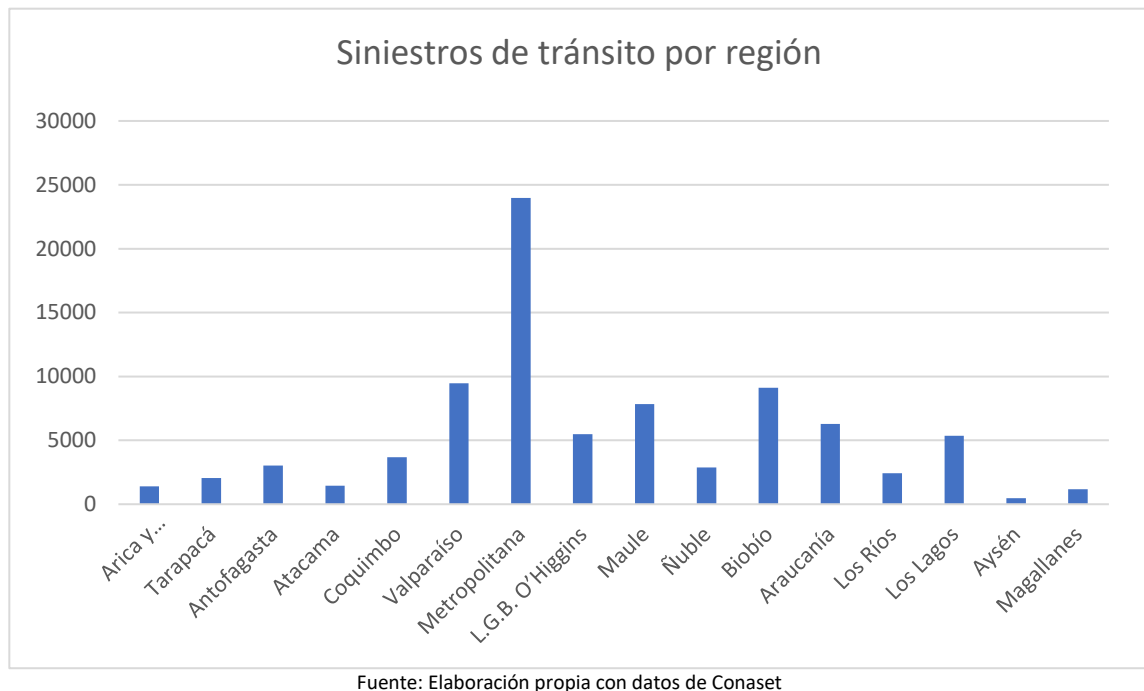


Figura 1-2. Siniestros de tránsito en Chile por región.

1.1.3 Tasa de accidentabilidad en la región de Valparaíso

La Región de Valparaíso es una de las dieciséis regiones que componen Chile. Con una superficie de 16.396 km² y una población de 1.815.902 habitantes, es la segunda región más poblada del país, solo superada por la región Metropolitana de Santiago, esto según el INE, cuyo dato fue obtenido en el Censo del año 2017. Es una de las regiones de mayor demografía y su importancia a nivel nacional es muy grande en ámbitos como la cultura, la economía y el turismo.

Ahora bien, si se habla de la accidentabilidad de la región, esta se encuentra en el segundo lugar a nivel nacional según cifras del año 2022, con un total de 9.459 de siniestros, representando al 11% de los accidentes totales del país, siendo este un indicio de que es una región crítica de siniestros en el territorio nacional. Si se tiene en cuenta los datos de años anteriores, se observa una tendencia en aumento en los siniestros en la región, en el año 2020

hubo una disminución a causa de las restricciones de movilidad por el COVID-19, pero posterior a eso se encuentra en alza, como se puede ver a continuación en la tabla 1-3.

Tabla 1-3. Siniestros en la región de Valparaíso en los últimos 10 años.

Año	Siniestros			Fallecidos	Lesionados
	Urbana	Rural	Total		
2013	7.513	1.148	8.661	115	6.948
2014	7.047	1.093	8.140	131	5.565
2015	8.199	1.061	9.260	118	6.561
2016	9.684	1.069	10.753	149	6.937
2017	8.881	1.022	9.903	141	6.168
2018	8.175	981	9.156	137	6.041
2019	8.300	1.192	9.492	150	6.319
2020	6.223	1.002	7.225	121	4.815
2021	7.333	1.302	8.635	145	5.426
2022	7.416	2.043	9.459	165	5.538
Total	78.771	11.913	90.684	1.372	60.318
Promedio	7.877	1.191	9.068	137	6.032

Fuente: <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales/>

A pesar de que la cantidad de accidentes en la Región de Valparaíso ha variado en los últimos diez años, sigue siendo superior al promedio nacional en términos de accidentes, muertes y lesionados, más aún si no se incluye a la Región Metropolitana en el análisis. La mayoría de los accidentes en la zona ocurren en zonas urbanas, pero más del 50% de los fallecidos ocurren en zonas rurales.

La región de Valparaíso presentó en el 2022 un aumento del 9,5% en el total de siniestros de tránsito, un 13,8% en la cantidad de fallecidos, y un 2,1% el en total de lesionados con respecto al año anterior.

Las comunas con mayor accidentabilidad de dicho año en la región fueron lideradas por Viña del Mar (1.697), seguida de Valparaíso (1.233) y Quilpué (944).

1.1.4 Causalidad de siniestros

La causalidad es un tema muy importante para entender el fenómeno de la accidentabilidad vial, ya que, si recordamos la definición de siniestro, es un hecho totalmente evitable que se puede evadir si se cumplen las normas de tránsito, ya sea respetando límites de velocidad, señalizaciones, y conducir siempre en buen estado de lucidez. Es por esto, que a continuación se ilustra en la tabla 1-4, las principales causas de los siniestros automovilísticos en Chile, según datos oficiales recogidos por Carabineros de Chile, y publicados por Conaset en el año 2022.

Cabe destacar que las siguientes causas son tangibles, de forma que agentes externos tales como condiciones del entorno, no están incluidos, pero si son un factor determinante como se podrá ver más adelante.

Tabla 1-4. Siniestros en la región de Valparaíso en los últimos 10 años.

Causa	Siniestros	Fallecidos	Graves	Menos graves	Leves	Total lesionados	Índice de severidad
Imprudencia del conductor	48.503	593	3.710	1.752	19.157	24.619	1,22
Alcohol en conductor	9.081	113	1.152	697	5.787	7.636	1,24
Desobediencia a señalización	8.149	90	758	330	5.074	6.162	1,1
Velocidad imprudente y pérdida de control del vehículo	7.771	499	1.319	651	4.750	6.720	6,42
Causas no determinadas	4.147	28	376	149	1.197	1.722	0,68
Otras causas	3.311	33	293	156	1.166	1.615	1
Imprudencia del peatón	1.549	295	463	160	679	1.302	19,04
Fallas mecánicas	1.242	16	133	92	817	1.042	1,29
Deficiencias viales	1.023	9	63	35	408	506	0,88
Drogas y/o fatiga en conductor	899	55	181	80	665	926	6,12
Imprudencia del pasajero	203	2	27	15	136	178	0,99
Alcohol en peatón	160	12	60	24	68	152	7,5
Alcohol en pasajero	12	0	1	0	9	10	0
Total	86.050	1.745	8.536	4.141	39.913	52.590	2,03

Fuente: <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales/>

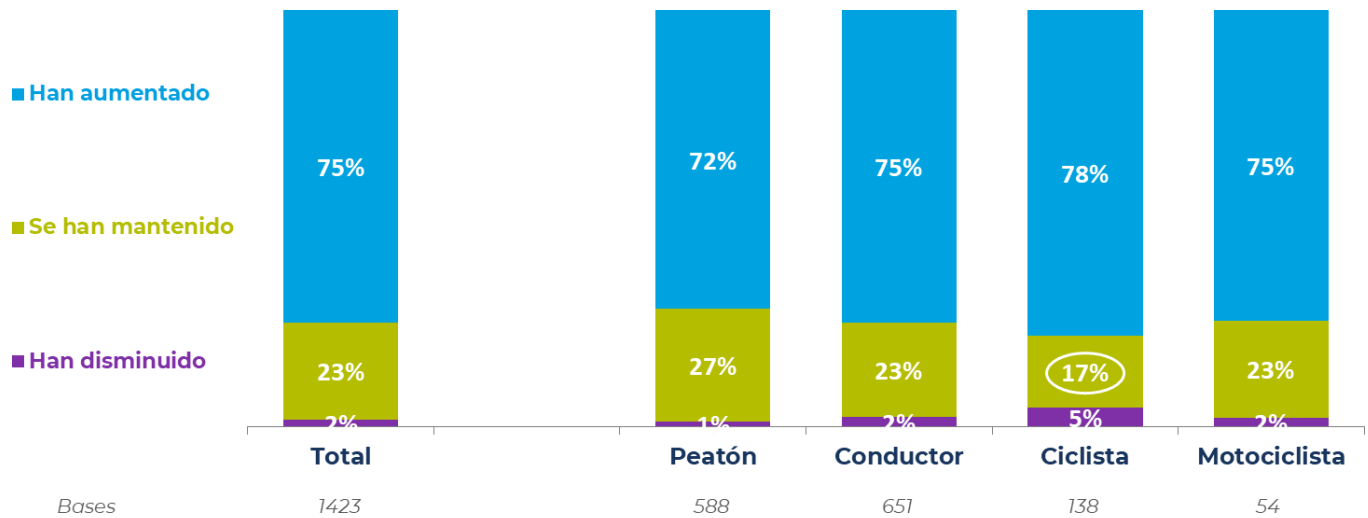
De esta forma, se puede entender que los siniestros viales son siempre atribuibles a algún fallo humano, son siempre evitables si se siguen las normas, y que no son un hecho fortuito, sin embargo, también pueden haber factores externos que afecten, y que aumenten de manera considerable el riesgo de que ocurra algún siniestro automovilístico, tales como las vías muy monótonas, que pueden afectar la concentración, también los caminos en mal estado, o finalmente, los factores meteorológicos como la lluvia, llovizna, y la neblina.

1.1.5 Clima en los siniestros viales

El clima es un agente muy importante que considerar en el riesgo de ocasionarse algún siniestro vial, ya que este puede afectar la conducción tanto de forma brusca o gradual. Los principales factores que pueden causar alteraciones en la seguridad del tránsito son las lluvias, temperaturas, neblina, aumento en el nivel del mar, viento, entre otros.

Cuando se habla de la causalidad de los siniestros de tránsito, los organismos oficiales tales como Carabineros de Chile y Conaset, atribuyen en su mayoría dichos eventos a causas tangibles como fallas humanas, y en su minoría a causas externas como fallas mecánicas o deficiencias viales, sin embargo, hay situaciones externas difíciles de controlar que afectan directa o indirectamente a que estas situaciones ocurran.

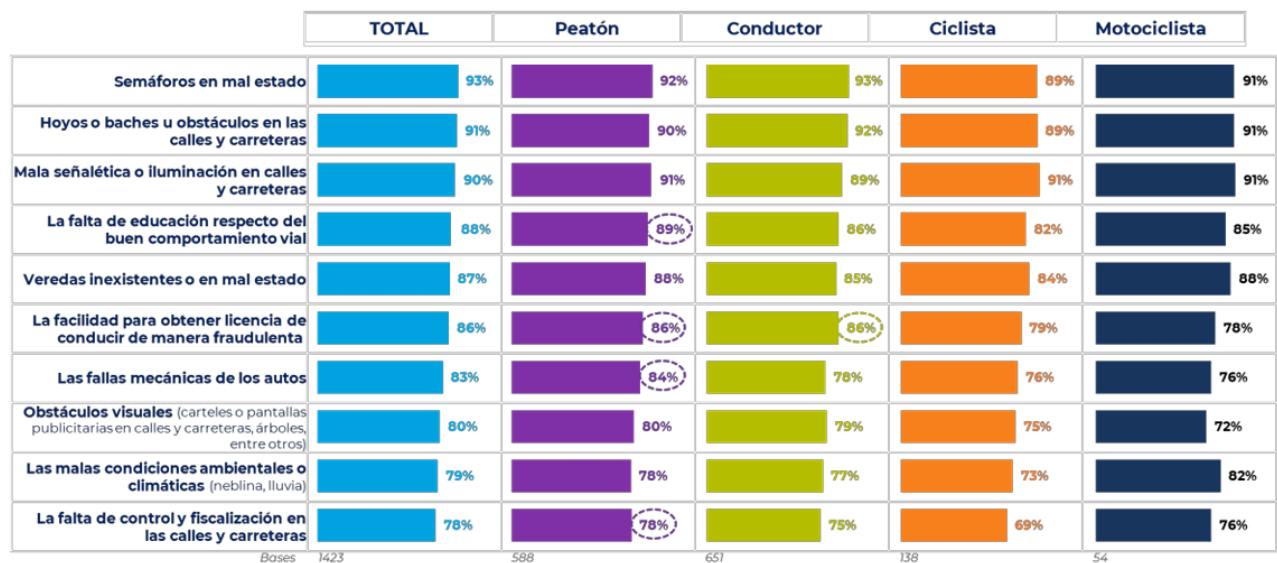
Si se tiene en cuenta los resultados del Estudio Opinión Pública Seguridad Vial en Chile de Conaset del 2023, en el cual se encuestaron un total de 1.423 personas, se puede comprender las tendencias que tiene la ciudadanía con respecto a factores de riesgo y el sentimiento de seguridad de la ciudadanía en la conducción, como es en el caso de la percepción de aumento de accidentes, como se muestra en la figura 1-3.



Fuente: Estudio de opinión pública de seguridad vial en Chile, Cadem 2023.

Figura 1-3. Percepción de siniestros de tránsito.

De la figura 1-3, se puede comprender que, en el sentimiento de la mayoría de la gente, los accidentes han aumentado con el tiempo, esto se puede atribuir a fallas humanas generalmente, como se mencionó anteriormente, sin embargo, si se revisa la percepción de riesgo en condiciones externas a los involucrados, se puede apreciar a mayor escala la tendencia de estos, como se ilustra en la figura 1-4.



Fuente: Estudio de opinión pública de seguridad vial en Chile, Cadem 2023.

Figura 1-4. Percepción de riesgo en condiciones externas a los actores.

Finalmente, de los datos obtenidos en la encuesta, se puede resumir que la ciudadanía tiene la percepción de que los accidentes han sostenido un alza en el tiempo, y por otra parte, que los factores externos, a pesar de no ser considerados como causas basales de los siniestros de tránsito, también son un factor clave en la posibilidad de ocurrencia de los mismos, ya que, como denota la figura anterior, del total de entrevistados el 79% cree que las malas condiciones ambientales o climáticas tiene una gran relevancia y aporta complejidad a la hora de conducir.

1.1.6 Lugar a realizar el estudio

A modo demostrativo para realizar el proyecto, se escogió una ruta para estudiar el impacto de un sistema que permita reducir la accidentabilidad en carretera, esta ruta será el Camino La Pólvara de Valparaíso, que une el acceso sur del Puerto, hasta el sector de Placilla, la cual pertenece a la Ruta 60 CH. Esta ruta está a cargo del Ministerio de Obras Públicas (MOP), específicamente a través de su Dirección de Vialidad.

El Camino La Pólvara es una ruta clave para la comuna de Valparaíso, ya que es una arteria muy importante tanto en temas de abastecimiento, por su conexión con el puerto, como también en la eliminación de desechos de la comuna, ya que allí se encuentra el Relleno Sanitario El Molle. Otros puntos de interés en la ruta son el Centro Penitenciario de Valparaíso, y el Cementerio Parque del Sendero.

El Camino la Pólvara es un punto crítico de la región hablando de siniestros, ya que es una de las rutas que más siniestros tiene año a año, tanto por sus caminos con curvas pronunciadas, pendientes y condiciones de niebla provocados por la vaguada costera, de hecho, como ya se mencionó, dicho camino pertenece a la Ruta 60 CH, la cual en el año 2022 fue la ruta que encabezó el ranking de accidentes en la región de Valparaíso, con un total de 313 siniestros, que dejaron un resultado de 17 fallecidos, y 284 lesionados de diversa gravedad. Es por este motivo que se eligió este sector para realizar el estudio, precisamente en el sector de Acceso ZEAL, por su gran cantidad de vehículos pesados en tránsito (principalmente camiones), y por su cercanía al Cementerio y Centro Penitenciario antes mencionados.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las mayores problemáticas de la ciudadanía en la actualidad es la cantidad de siniestros de tránsito que ocurren día tras día, es un hecho que en los últimos años estos han ido en alza según las cifras oficiales, y eso ha generado un sentimiento de inseguridad en la sociedad, quienes tienen la percepción de que los accidentes viales son un tema que no se ha podido controlar, a pesar de los esfuerzos de los entes correspondientes con mejoramientos de calles y campañas de concientización y educación vial.

1.2.1 Definición del problema

Los siniestros de tránsito, como se vio anteriormente, se producen por diversas causas tangibles, donde se pueden destacar:

- Imprudencia del conductor
- Alcohol en el conductor
- Pérdida de control del vehículo
- Fallas mecánicas
- Deficiencias viales

Sin embargo, es importante mencionar que hay factores externos que pueden propiciar estas causas, o aumentar la posibilidad de que ocurra un siniestro vial, es aquí donde se encuentra el factor que se desea controlar, para mitigar la cantidad de eventos con resultados que afectan la seguridad de las personas, y este es el elemento climático, el cual puede afectar la visibilidad de las carreteras, mantener los caminos resbaladizos, y producir efectos negativos en los conductores, como es el caso de los cambios de temperatura.

Las soluciones que se han dado a lo largo del tiempo por las autoridades son en su mayoría para generar conciencia y reeducar a los conductores, pero poco y nada se ha hecho para mejorar las condiciones para optimizar la conducción, más de lo común, que son proyectos viales enfocados en mejoramientos de las mismas rutas o instalación de señalizaciones, es por esto, que se desea generar un sistema automatizado a través de un Controlador Lógico Programable, para

Figura 1-5. Diagrama de Ishikawa.

1.2.3 Involucrados

Los principales afectados por esta problemática son:

- Conductores de camiones de transporte: Debido a que el Camino la Pólvora es una ruta crítica en tema de transporte de carga, los conductores de los camiones se ven afectados diariamente por las condiciones de la carretera, es por esto que una mejora en la condición conllevaría una mejor en las herramientas para que los trabajadores cumplan su labor diaria.
- Trabajadores de empresas del sector: En la zona se encuentran diversas fuentes de trabajo, por lo cual los trabajadores de la empresa ZEAL, Relleno Sanitario El Molle, Cementerio Parque del Sendero, Empresa de transporte Sol del Pacífico, Centro Penitenciario de Valparaíso, entre otras, se verían beneficiados en aspectos de seguridad en el trayecto de ida y vuelta a su lugar de trabajo y su hogar.
- Conductores/ciudadano común: Ya que la ruta une el sector puerto con Placilla, los ciudadanos que la usan con otros motivos que no sea trabajo también se verían afectados de manera positiva por la mejora de la carretera, y de forma indirecta, también se verían beneficiados los ciudadanos comunes que se ven favorecidos por el transporte de productos que se transportan por esa área, ya que es camino principal de envío de cargas que son exportados e importados a diario a través del Puerto de Valparaíso, donde destacan productos de tecnología, alimentación, vestuario, automovilísticos, entre otros.

1.3 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

La solución de la problemática apunta al diseño de un sistema automatizado para la reducción de accidentes en la ruta por malas condiciones climáticas, para que de esta forma el tránsito por la carretera sea más seguro para los involucrados.

1.3.1 Requerimientos

Para solucionar el problema, se desea tener un control a tiempo real de las condiciones de visibilidad en el área, para así poder actuar con un sistema que sea capaz de reducir la mala visibilidad por neblina, además de contar con un sistema que alerte a los conductores de las condiciones de la ruta para aumentar el estado de alerta en los mismos, y así tener una condición más segura al conducir.

1.3.2 Alternativas de solución

Para solucionar el problema antes mencionado, se plantearán tres alternativas que serán evaluadas posteriormente bajo una serie de criterios para escoger la opción óptima.

- Alternativa 1: Hacer nada. Esta opción no genera ningún cambio en la condición actual, por lo que no soluciona la problemática.
- Alternativa 2: Mejorar estado de la carretera y añadir señalizaciones. Esta solución no soluciona del todo la problemática, y no sale de lo común, por lo que es bajo en innovación. Solamente genera alerta en los trabajadores en limitar la velocidad, pero no actúa sobre la variable climática.
- Alternativa 3: Implementación de sistema automatizado a través de PLC, se elige este controlador por la posibilidad de ampliar el sistema para modificaciones futuras, además de tener una fácil programación y una interfaz sencilla. Con esta opción se busca tener un monitoreo constante de la densidad de la neblina captada a través de un sensor, y que este al detectar una densidad alta actuar sobre dicha variable a través de un sistema de supresión. Añadido a esto, se desea implementar un sistema de alerta del estado de la visibilidad del área. El sistema será energizado a través de un sistema de generación fotovoltaica off grid.

1.3.3 Alternativa seleccionada

Para seleccionar la alternativa óptima a implementar, se deben considerar factores comparativos que permitan ilustrar la mejor alternativa, los que se especifican en la tabla 1-6. Dichas alternativas se evaluarán con una escala del 1 al 5, siendo 1 “Muy Deficiente” y 5 “Óptimo”, como se indica en la tabla 1-5.

Tabla 1-5. Escala de evaluación para alternativas de solución.

Muy deficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Óptimo
1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar las soluciones propuestas, se considerarán cinco aspectos relacionados con la implementación del proyecto. Cada ítem tendrá el mismo porcentaje de relevancia y los puntajes se sumarán, siendo seleccionado el que tenga el puntaje más alto, como se visualiza en la tabla 1-6.

Tabla 1-6. Evaluación de alternativas.

Alternativa/Criterio	Hacer nada	Mejora en ruta y señalizaciones	Implementación de sistema a través de PLC
Innovación	1	2	5
Factibilidad	1	4	4
Costos de implementación	5	3	2
Beneficio	1	3	5
Puntuación Final	8	12	16

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 1-6, la alternativa 3 es la opción óptima para la solución de la problemática del proyecto.

1.4 **OBJETIVOS**

Posterior a analizar y elegir la solución óptima, a continuación, se determinan los objetivos del proyecto.

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema automatizado para mejorar condiciones de visibilidad por neblina en carretera y generar alertas para los automovilistas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la importancia del diseño de un sistema para la disminución de los siniestros viales.
- Identificar la ruta para realizar el estudio.
- Realizar la ingeniería de detalle para el proyecto.
- Realizar estudio de costos del proyecto.

CAPÍTULO 2: SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEJORAR VISIBILIDAD Y GENERAR ALERTAS EN
CARRETERA

2 SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEJORAR VISIBILIDAD Y GENERAR ALERTAS EN CARRETERA

En este capítulo, se profundizará mayormente la solución seleccionada, especificando el tipo de controlador a utilizar, el sensor, tipo de comunicación, sistema de supresión de neblina, el proceso de control y el sistema de suministro de energía del proyecto.

Es importante entender que dicha ruta está a cargo del Ministerio de Obras Públicas, por ende a dicho ente se pretende presentar la propuesta.

2.1 LUGAR DONDE REALIZAR CONTROL DE VISIBILIDAD Y ALERTAS

El lugar a realizar el proyecto, como se mencionó en el capítulo anterior, será el Camino La Pólvara de Valparaíso, precisamente en el lugar de la rotonda de acceso a la Empresa Zeal, se eligió este lugar por la afluencia vehicular del sector, ya que ahí ingresan tanto los trabajadores, como también automovilistas que se dirigen a diversas zonas, por motivos de cualquier índole.

Este sector cuenta con pistas bidireccionales para el tránsito vehicular, con tres pistas en cada dirección, en la figura 2-1 se muestra el lugar del mapa donde se desea realizar el estudio, con la demarcación donde estará el sistema de mejora de visibilidad.



Fuente: Google Maps.

Figura 2-1. Camino La Pólvara.

2.2 CONTROLADOR

El controlador seleccionado para ejecutar el proyecto será el PLC Siemens S7-1200, el modelo a utilizar es el 1214C DC/DC/DC, el cual cuenta con 14 entradas digitales, 10 salidas digitales (ambas de 24 Vdc), y 2 entradas análogas (0-10 Vdc). La alimentación del controlador es de 20,4-28,8 Vdc. También dispone con una memoria de 1.024 bytes para entradas, 1.024 bytes para salidas, y 8.192 bytes para marcas en su programación. La fuente de poder para suministrar el voltaje de alimentación requerido será la Siemens PM1207, la que tiene una entrada de 120/230 Vca, y una salida de 24 Vdc/2,5 A.

El controlador por utilizar es de la gama de entrada de la marca Siemens, pero cumple con los requerimientos mínimos para llevar a cabo el proyecto a cabalidad, en la figura 2-2 se puede apreciar tanto el PLC a utilizar, como la fuente que le suministrará energía al mismo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-2. PLC S7-1200 Y Fuente PM1207.

2.3 SENSOR DE VISIBILIDAD

El sensor que se utilizará será el Sensor de Visibilidad SWS-50 de la marca Biral, el cual es adecuado para mediciones de visibilidad, niebla y otras obstrucciones a la visión. El sensor proporciona una salida de datos digitales en serie, tanto del alcance óptico y del coeficiente de extinción. Su uso es recomendado para aeropuertos, helipuertos, carreteras y estaciones de monitoreo meteorológico. Este sensor utiliza la tecnología de medición de dispersión frontal, para realizar la medición en cualquier condición meteorológica. Este mide la cantidad de luz dispersada en las partículas en suspensión que pasan por el volumen de la muestra. La salida de datos en serie se ve plasmado en el estándar RS-232C y RS422/RS485. La temperatura de operación va desde los -40°C hasta los 60°C, y cuenta con un calentador integrado para condiciones que estén por debajo de las deseables, cuenta con IP67. La alimentación del sensor es de 9-36 Vdc (normalmente se usa 24 Vdc). El rango de medición está entre los 10 m y los 40 km, y esta no se ve afectada por luces locales. La velocidad de datos varía entre los 1200-57.600 Bd, el valor por defecto es de 9.600 Bd. Sus salidas análogas son de 0-10 Vdc, y de 4-20 mA.

En la figura 2-3, se presenta el Sensor de Visibilidad SWS-50.

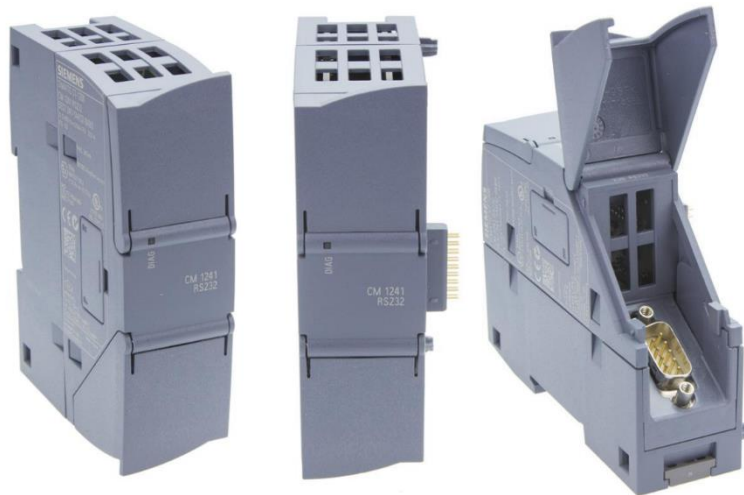


Fuente: <https://sensovant.com/productos/meteorologia/visibilidad-tiempo-presente-tormentas/sensor-de-visibilidad-2/>

Figura 2-3. Sensor de Visibilidad SWS-50.

2.4 COMUNICACIÓN ENTRE SENSOR Y CONTROLADOR

Para realizar la comunicación entre el Sensor de Visibilidad SWS-50 y el controlador, una opción es agregar un módulo adicional para la entrada serie RS232, de esta forma, se puede utilizar el de la marca Siemens, modelo CM 1241, el cual es compatible con la línea de PLC S7-1200 que será ocupado en el proyecto. En la figura 2-4, se puede apreciar el módulo CM 1241, y su modo de conexión tanto al PLC, como la salida RS232 que va hacia el sensor de visibilidad.



Fuente: <https://www.automation24.es/siemens-cm-1241-rs232-6es7241-1ah32-0xb0>

Figura 2-4. Módulo CM1241.

La utilización del módulo anterior es para el uso de una configuración más avanzada del sensor, ya que dicho modo de salida digital está orientada a una medición tanto del rango de visibilidad, como también de precipitaciones, de esta forma, si solo se requiere la medición de visibilidad, se recomienda la utilización de las salidas análogas que proporciona el sensor, que pueden ser de 0-10Vdc o de 4-20 mA.

De todas formas, se deja constancia de la posibilidad de utilización del módulo de comunicación mencionado anteriormente, a modo de posibilidad de mejora del sistema para el futuro.

De esta manera, finalmente se utilizará la comunicación mediante la entrada análoga integrada en el PLC seleccionado, en dicha comunicación el sensor puede enviar datos de visibilidad en el rango de 10 m hasta 40 km, con un valor recomendable de 2 km según especificaciones del sensor, lo cual cubre con creces la necesidad del proyecto, de necesitarse una medición mayor, se deberá utilizar la comunicación serial mediante el módulo CM1241.

2.5 DISIPADOR DE NEBLINA Y SISTEMA DE ALERTAS

El sistema para disipar la neblina será mediante una difusión automática por aspersores de materiales higroscópicos, dicho material aglutina las gotas de humedad en el aire, dando lugar a otra de un mayor tamaño, que posteriormente se precipitarán al piso en forma de lluvia, dando como resultado la disminución y eliminación de la neblina en el sector, y con ello, llevando una mejora en la visibilidad para los automovilistas. El material higroscópico para utilizar será cloruro sódico al 30%, ya que según estudios realizados es el componente con mejores resultados, teniendo un mejoramiento de al menos 30 m de visibilidad, en nieblas densas de menos de 40 m.

El sistema de riego del material se encuentra alojado sobre una estructura de soporte fija, en forma de pérgola, tiene una altura de 5 m, y el ancho es de 22 m, de forma de cubrir las seis pistas que componen la carretera en ambas direcciones (tres por cada dirección), la estructura tendrá un largo de 400 m, previo a la entrada de la rotonda Zeal.

Luego de aplicado el producto, este generará humedad en el pavimento por el efecto lluvia, la cual será descartada por el drenaje del lugar, se recomienda generar mantenciones y limpiezas en el lugar para eliminar los residuos del cloruro de sodio, y así evitar el desgaste anticipado de la carretera.

Se desea una autonomía del sistema de por lo menos 1 hora de funcionamiento continuo, por lo cual se pedirá que la empresa a cargo de la instalación contemple el cálculo tanto del estanque de material higroscópico necesario para garantizar el uso, y de la bomba a instalar

según las características de los difusores, y del sistema de regadores, además, se solicitará la instalación de un sensor de nivel diferencial en el estanque, con una salida análoga de 4-20 mA.

La empresa a cargo del montaje del sistema de supresión de neblina mostrado será Construcciones San José, quienes ya cuentan con experiencia en proyectos innovadores de esta índole, quienes formaron parte del mejoramiento de condiciones de visibilidad en la autovía A-8 en Lugo, España.

En la figura 2-5, se presenta el sistema de mejora de visibilidad de pérgola, visto desde dentro, y en funcionamiento.



Fuente: https://www.transportes.gob.es/carreteras/nuestro-trabajo/innovacion/sistemas_proteccion_antiniebla_autovia_a-8

Figura 2-5. Sistema para mejora de visibilidad.

Para el sistema de alertas visuales, se utilizará un sistema de capta faros solares led, modelo AS040 de la marca Densl, los cuales se instalarán en cada una de las líneas de la calzada y delimitaciones de carriles, en una distancia de 20 m entre cada una. Las balizas tienen una

autonomía de 180 h de funcionamiento continuo en modo destellante gracias a su batería integrada de litio, el tiempo de carga es de tan solo 3 h.

Cabe destacar la gran importancia que tiene la instalación de estos elementos, ya que una buena señalización vial es fundamental en la seguridad de los involucrados, para poder mantenerlos alertas en todo momento, y por consecuencia, que la ocurrencia de los siniestros se vea disminuida. Estas señalizaciones estarán en funcionamiento en todo momento, incluido cuando no haya problemas de visibilidad por neblina, para ayudar a marcar los carriles cuando baje la iluminación natural del día. También es importante recalcar el hecho que posee alimentación con energía solar, la que es una fuente renovable, y también amigable con el medio ambiente.

Las principales características del producto se presentan en la tabla 2-1, y la imagen referencial en la figura 2-6.

Tabla 2-1. Características Baliza AS040.

N° de leds	3 leds (unidireccional)
Diámetro de led	Ø10 mm a 35°
Intensidad por cara	24 a 54 Cd (función del color)
Dimensiones	Ø120 mm x 50 mm
Áltura máx. por encima del firme	6 mm
Peso	0,7 kg
Resistencia mecánica	30 Tons
Batería	NI-MH600 mAh 1,2V
Panel solar	2,5V / 180 mAh

Fuente: <https://densl.com/wp-content/uploads/2022/03/5-Balizamiento-Vial-8.pdf>



Fuente: <https://densl.com/wp-content/uploads/2022/03/5-Balizamiento-Vial-8.pdf>

Figura 2-6. Baliza AS040.

2.6 RADAR DE VELOCIDAD FOTOVOLTAICO

Con la finalidad de apoyar a los conductores, especialmente en el momento de la activación del sistema disipador por la humedad del asfalto, se realizará la instalación de un radar de velocidad con indicador de la marca Evolis Movility, el cual cuenta con un panel fotovoltaico para la alimentación de este, dicho implemento estará configurado para una velocidad máxima permitida de 50 km/h, el cual es lo indicado en el sector. La instalación de los radares se proyecta para ambos extremos de la pérgola, en ambos sentidos de la ruta, y el funcionamiento será para todo momento.

Las principales características técnicas se ilustran en la tabla 2-2, y la imagen referencial está en la figura 2-7.

Tabla 2-2. Características Radar de velocidad.

Pantalla	Dígitos	3 dígitos (0 a 199)
	Emoji	Colores: verde/rojo
	Led	Vida útil > 100.000 h
Antena Doppler	Alcance	Hasta 300 m
	Precisión	+/- 1 %
	Frecuencia	24,125 GHz
Configuración	Local	USB y Bluetooth (PC, tablet, smartphone)
	Remota	4G e interfaz web
Alimentación	Batería	De Plomo 12 V 22 Ah
	Panel Solar	100 W / Células monocristalinas de alto rendimiento
	Autonomía	1 semana

Fuente: <https://alcosafe.cl/wp-content/uploads/2024/06/FICHA-RADAR-EVOLIS-MOBILITY.pdf>



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-7. Radar de velocidad fotovoltaico.

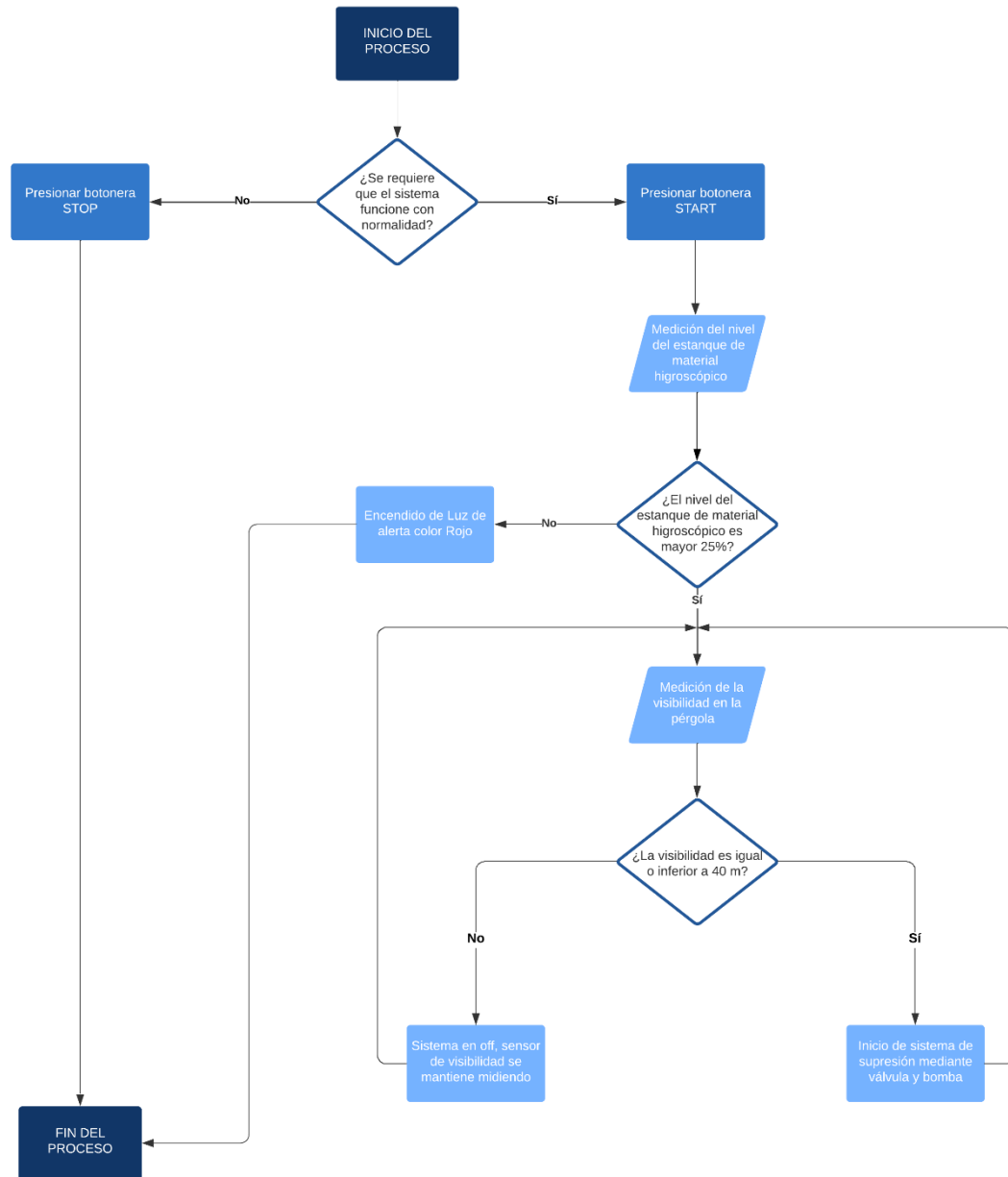
2.7 PROCESO DE CONTROL

Para dar inicio al proceso se debe presionar la botonera start, y con ello una luz piloto de color verde que indicará el estado de funcionamiento, de esta forma, el sensor de visibilidad (VT) empezará a medir la calidad de visión del ambiente dentro de la pérgola con una distancia total de 400 m, el valor deseado para la visibilidad será igual o mayor a 40 m, de ser menor, se dará inicio al sistema de difusión de material higroscópico, en primera instancia se activará una válvula (FV), que hará llegar el material a la motobomba (M), a los 5 segundos esta se iniciará para llevar el material a los difusores y actuar sobre la neblina; si el valor de visibilidad es el deseado, o si alcanza el deseado, el sistema se mantendrá apagado, y con el sensor midiendo continuamente. La motobomba se requerirá que sea monofásica (220 V), el sistema de fuerza constará de un guardamotor, y un relé para la activación del bombeo.

Un punto importante para considerar es el nivel del estanque de material higroscópico, por esto en sensor de nivel (LT) se encontrará censando en todo momento la presencia de material dentro del estanque, de esta forma si el nivel es menor a 25% se encenderá una luz de advertencia roja, en ese caso el sistema no puede operar, si el sistema se encuentra detenido se mantendrá encendida una luz piloto de color amarillo.

Para cualquier caso que se necesite detener el sistema, este contará con una botonera stop, que apagará el proceso y con esto, se encenderá la luz de color amarilla mencionada anteriormente.

En la figura 2-8 se presenta el diagrama de flujo del proceso.

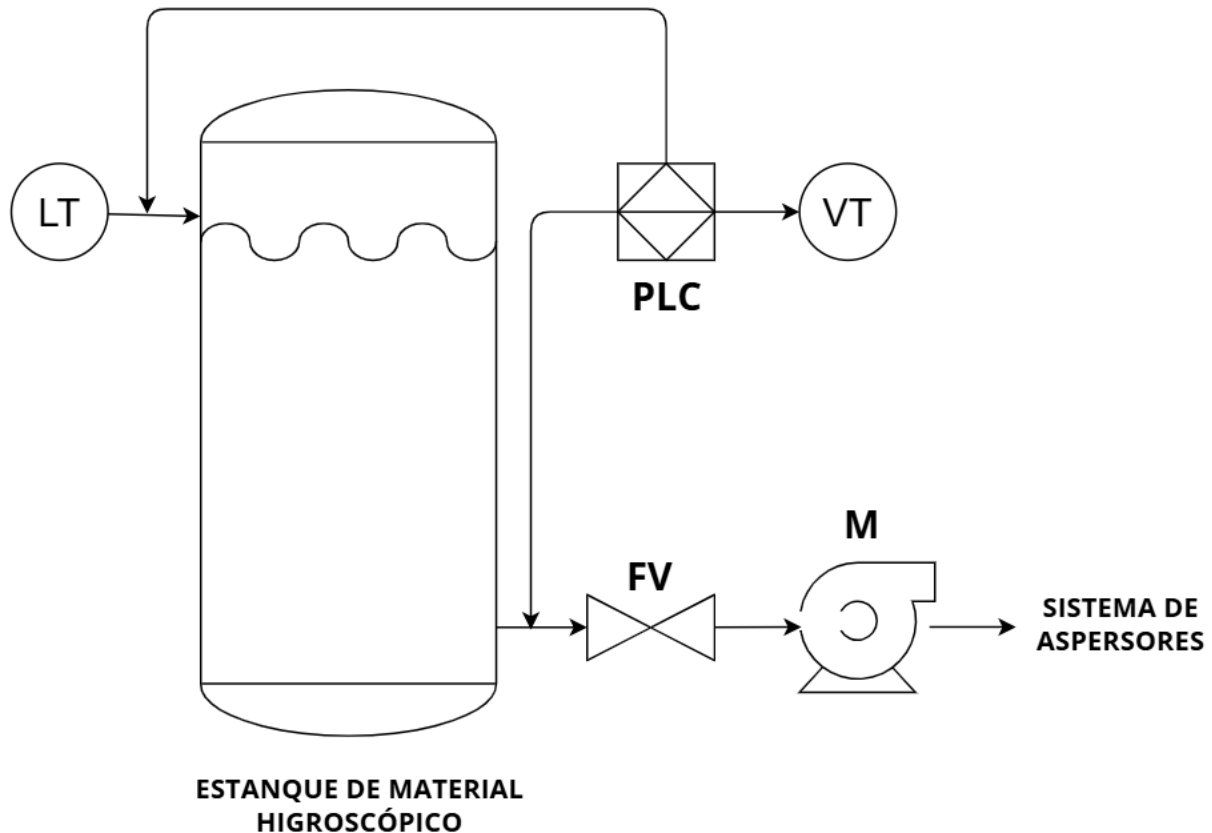


Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-8. Diagrama de flujo del sistema.

El sistema será programado en lenguaje Ladder, a través del software TIA PORTAL V15, que es compatible con el controlador seleccionado, el archivo de programa será adjuntado con el proyecto. El lazo de control a utilizar es a lazo abierto, ya que mediante los sensores se dará paso al funcionamiento de la bomba de material higroscópico.

En la figura 2-9, se muestra el diagrama P&ID.



Fuente: Elaboración propia en base a la solución propuesta.

Figura 2-9. Diagrama P&ID del sistema.

2.8 VARIABLES DE CONTROL

El desarrollo del programa que llevará a cabo el proceso explicado anteriormente fue realizado mediante el software TIA PORTAL V15, que utiliza lenguaje Ladder para su funcionamiento, el archivo descrito se encuentra adjunto al informe, en formato ".ap15".

A continuación, se presenta en la tabla 2-3, las variables utilizadas y su direccionamiento en el programa.

Tabla 2-3. Variables de programa.

Tipo de variable	Dispositivo	Direccionamiento
Entrada	Botonera Start	I0.0
Entrada	Botonera Stop	I0.1
Entrada	Sensor de nivel de estanque	IW 64
Entrada	Sensor de visibilidad	IW 66
Salida	Motobomba	Q0.0
Salida	Electroválvula	Q0.1
Salida	Luz piloto encendido (verde)	Q0.2
Salida	Luz piloto apagado (amarillo)	Q0.3
Salida	Luz piloto nivel estanque bajo (rojo)	Q0.4

Fuente: Elaboración propia.

Las simulaciones mediante el software mencionado anteriormente están ilustradas en el siguiente capítulo.

Tanto para el caso de la motobomba y de la electroválvula son requerimientos solicitados a la empresa Construcciones San José, encargada de instalar el sistema de supresión de neblina, por lo tanto el modelo y capacidad de ambas queda a cargo de ellos.

2.9 SALA DE CONTROL

Para albergar los elementos de control del proyecto, los que estarán dentro de un tablero, será necesario contar con una caseta para ser usada como sala de control, de modo de proteger la instalación tanto de agentes ambientales, como de acciones humanas que puedan perjudicar el correcto funcionamiento del sistema.

Esta contará con el tablero de control, además de un escritorio y silla para que el operador/mantenedor que vaya a ejecutar sus labores tenga las comodidades básicas para realizar las mismas, también contará con aire acondicionado, enchufes e iluminación.

Esta se ubicará al costado de la carretera, y cerca de la instalación del sistema de alimentación con energía solar.

La caseta seleccionada será un container modular con aire acondicionado de la empresa Container SCL, esta tiene unas dimensiones de 6 m de largo, 2,4 m de ancho y 2,4 metros de alto en su interior, está fabricado de acero laminado frío de 0,8 mm plegado, tiene piso flotante, aislación con lana de 50 mm, revestimiento de fibrocemento de 4mm y cuenta con dos ventanas.

Posee 2 enchufes dobles, dos luminarias, el aire acondicionado equipado es de 9000 Btu, su alimentación es de 220/240 V, el consumo máximo es de 1.090 W.

En la figura 2.10, se presenta el container a utilizar.



Fuente: <https://www.containerscl.cl/>

Figura 2-10. Sala eléctrica.

2.10 SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR OFF GRID

Para abastecer de energía eléctrica al proyecto, se optó por un sistema fotovoltaico off grid, esto debido a las condiciones del sector, el cual cuenta con una radiación global horizontal de 5,12 (kWh/m²/día), con una Radiación Global Inclinado 33° de 5,53 (kWh/m²/día), una Directa Normal de 6,32 (kWh/m²/día) y una Difusa Horizontal de 1,33 (kWh/m²/día), y con una frecuencia de nubes del 19%. Esto quiere decir que las condiciones de radiación del sector son muy favorables para la instalación del sistema fotovoltaico.

De esta manera el sistema se mantendrá con energía de forma aislada de la red eléctrica, ya que se va a autoabastecer. Se prefirió esta opción por ser la óptima por sobre otras, por ejemplo, la eólica, ya que en el sector no es idóneo por las condiciones del viento, lo cual también promueve la acumulación de neblina en muchas ocasiones.

Un sistema fotovoltaico off grid, es un sistema de generación de energía eléctrica aislada de la red, usada normalmente en lugares apartados y poco accesibles, como es en este caso. Este tipo de instalación se forma normalmente con las siguientes partes:

- Paneles solares: Son los encargados de captar la radiación solar y convertirla en la energía eléctrica, existen diversos tipos de módulos fotovoltaicos, siendo los monocristalinos y policristalinos los más populares. La energía que entrega es en corriente continua, y no es regular.
- Controlador/Regulador: Se encarga de controlar y regular la carga de las baterías, evitando descargas no deseadas y sobre descargas. Regula la tensión producida por los paneles a un nivel deseado.
- Baterías: Elementos para almacenar la energía generada, es un elemento primordial por el hecho de que el sistema se encuentra aislado de la red eléctrica.
- Inversor: Convierten la energía de corriente continua a corriente alterna para su uso final.

Tabla 2-4. Carga estimada del sistema.

Artefacto	N° de equipos	Potencia (W)	Tiempo de uso diario	kWh/día	kWh/mes
Aire acondicionado	1	1090	4 h	4,36	122,08
Equipo fluorescente 2x18W	2	36	8 h	0,576	16,128
Bomba 3HP	1	2238	1 h	2,238	62,66
Enchufes hembra 150W	2	150	6 h	1,8	50,4
Elementos tablero eléctrico	1	70	24 h	1,68	47,04
Sensor de nivel	1	15	24 h	0,36	10,08
Electroválvula	1	10	1 h	0,01	0,28
Foco led exterior sala eléctrica	1	10	6 h	0,06	1,68
		3805			310,348

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores ilustrados anteriormente, se obtuvo una carga total de 3805 W, y un consumo mensual de 310,348 kWh/mes, y con ello se calculó, mediante la página de Enerlife, un sistema fotovoltaico con las características presentadas en la tabla 2-5.

Tabla 2-5. Características sistema fotovoltaico off grid.

Potencia del inversor	3,3 kW
Cantidad paneles Mono-Perc 450W	8 paneles
Cantidad de baterías 250 Ah Gel	4 baterías

Fuente: <https://enerlife.cl/calculadoras/offgrid/>.

2.11 TABLERO DE CONTROL

El circuito de control del proyecto estará albergado en un tablero de control, el cual se ubicará en una caseta tipo contenedor que estará al costado de la instalación fotovoltaica que alimentará de energía las necesidades del proyecto. El tablero debe cumplir con unos requerimientos mínimos, con el fin de mantener un entorno de seguridad tanto para trabajadores que deban realizar mantenimientos en el sistema, como también para la misma instalación, esto según la Normativa Eléctrica Chilena, y de sus Pliegos Técnicos RIC, que establecen las exigencias que deben ser consideradas en el diseño, puesta en servicio, operación y mantenimiento de toda instalación de consumo de energía en el país. Los requerimientos mínimos para el proyecto son:

- El tablero deberá poseer un sistema de bloqueo físico de cerradura con llave, al cual solo tenga acceso personal calificado y autorizado.
- En la tapa, deberá poseer una identificación para la tensión de servicio, nombre y contacto del responsable del equipo, y una que diga “TABLERO DE CONTROL” en la parte superior.
- Se deberá respetar el código de colores de los conductores, según la normativa vigente mencionada anteriormente.
- La conexión se realizará mediante borneras, en ningún caso se aceptará conexiones entre dispositivos.
- Las conexiones de los conductores serán efectuados con sus respectivos terminales de ferrule, para garantizar una instalación firme, previniendo daños y facilitando el conexionado y futuras mantenciones.
- La distribución de los conductores se realizará mediante canaletas ranuradas, de modo de no sobrecargar de cables el tablero, y llevar un orden adecuado del mismo.
- El montaje de los equipos será efectuado mediante riel din.
- Se dejará un espacio disponible de al menos el 30% para futuras instalaciones.

CAPÍTULO 3: SIMULACIONES Y EVALUACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO

3 SIMULACIONES Y EVALUACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO

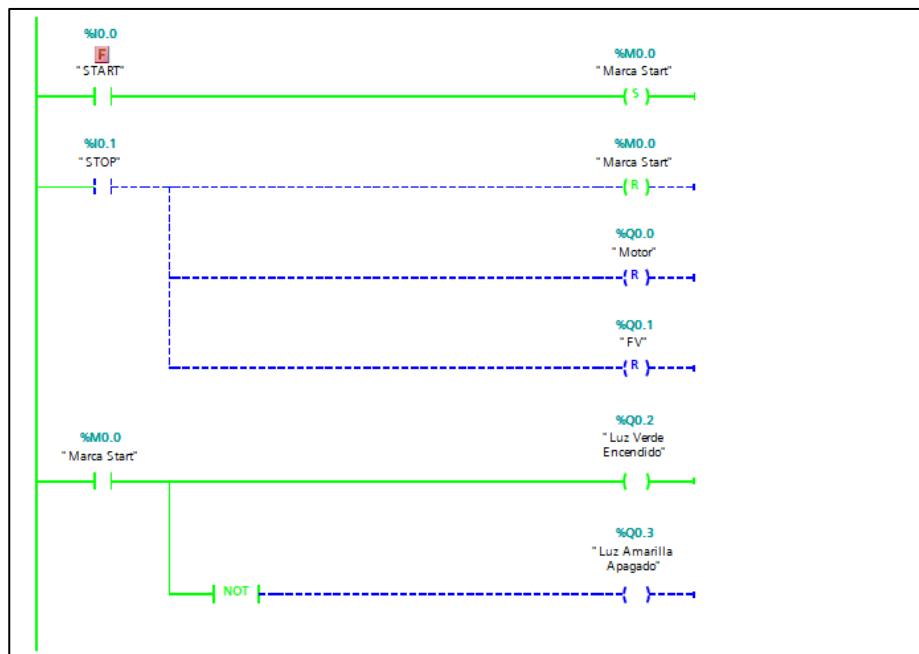
En este capítulo, se ilustrarán los resultados de las simulaciones obtenidos a través del software TIA Portal V15. Además, se realizará la carta Gantt del proyecto, junto con el análisis de los costos de este.

3.1 RESULTADOS DE SIMULACIONES

Se realizaron las simulaciones mediante el software TIA Portal V15, y la función integrada de PLC SIM, separando en dos casos con diversas condiciones de funcionamiento.

3.1.1 Primer caso

Para este primer caso, se simuló el sistema con el estanque al 0%, y una visibilidad de 0m, para denotar el funcionamiento del sistema con el estanque vacío. Las figuras referenciales son 3-1, 3-2, 3-3 y 3-4.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-1. Simulación primer caso (1).

Figura 3-2. Simulación primer caso (2).

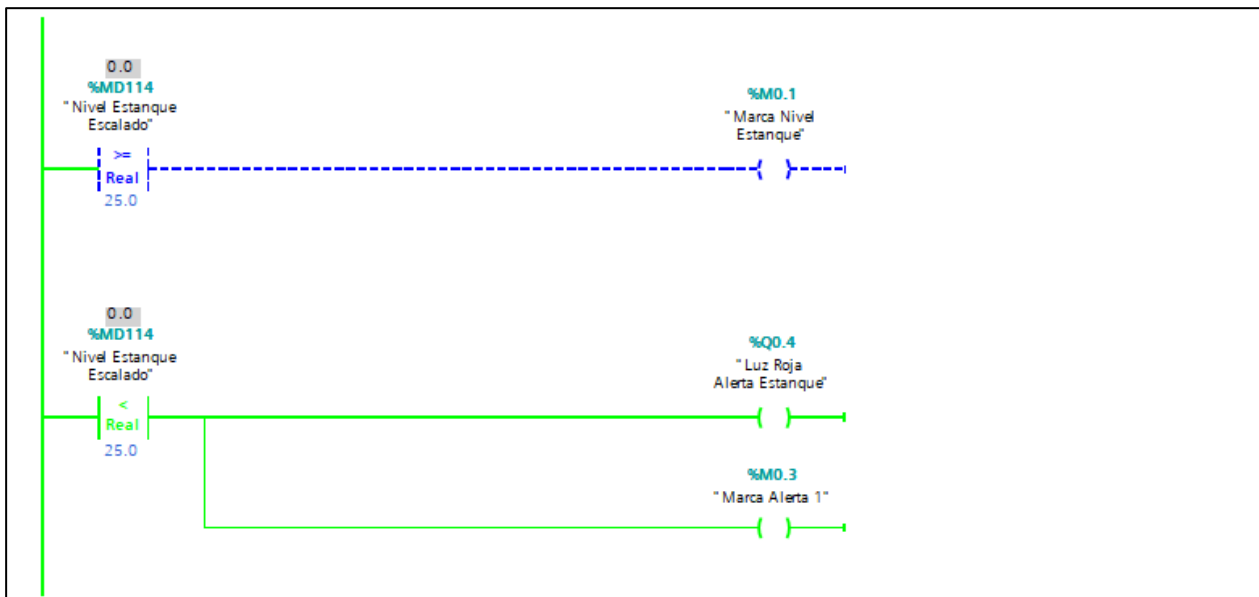
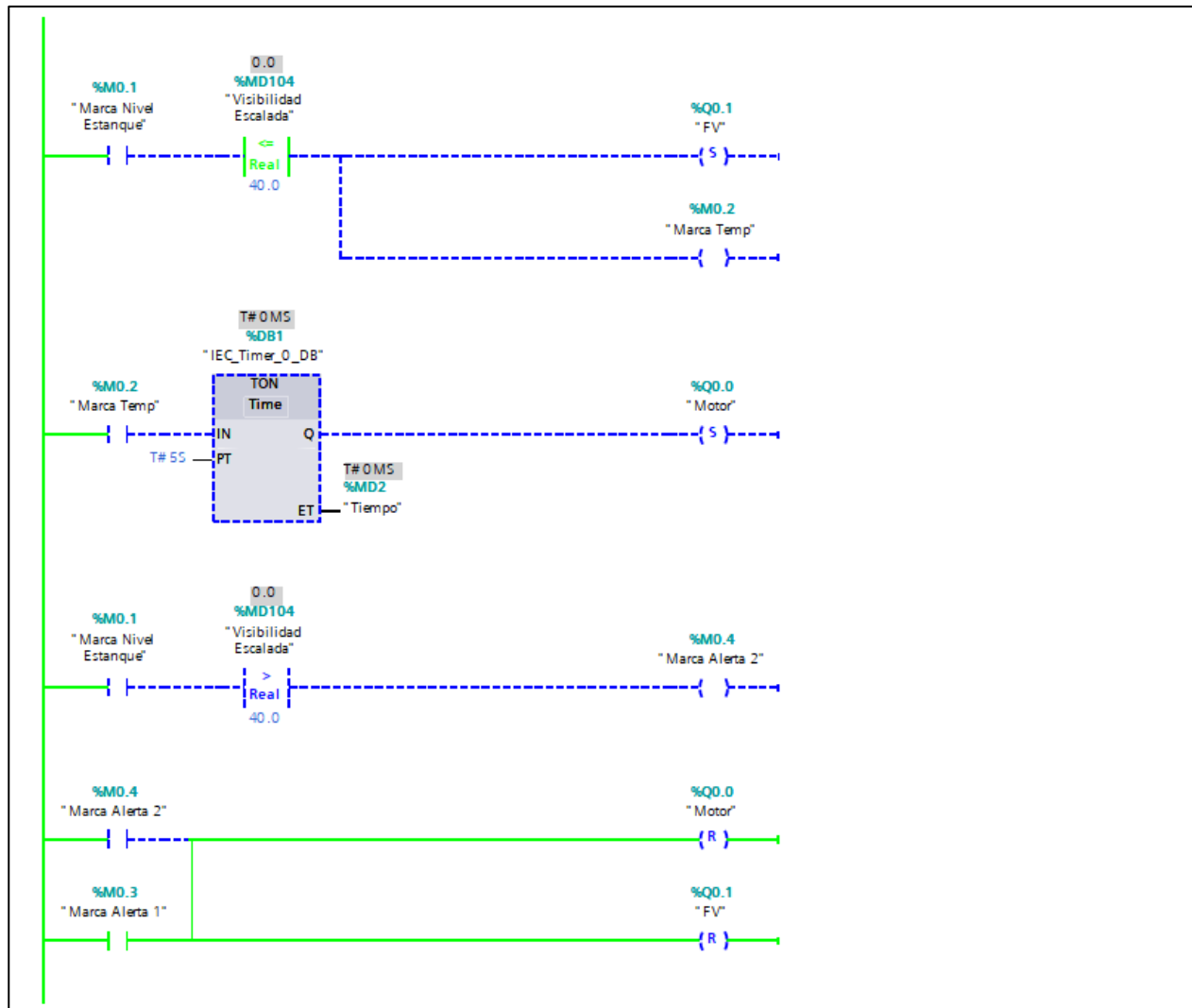


Figura 3-3. Simulación primer caso (3).



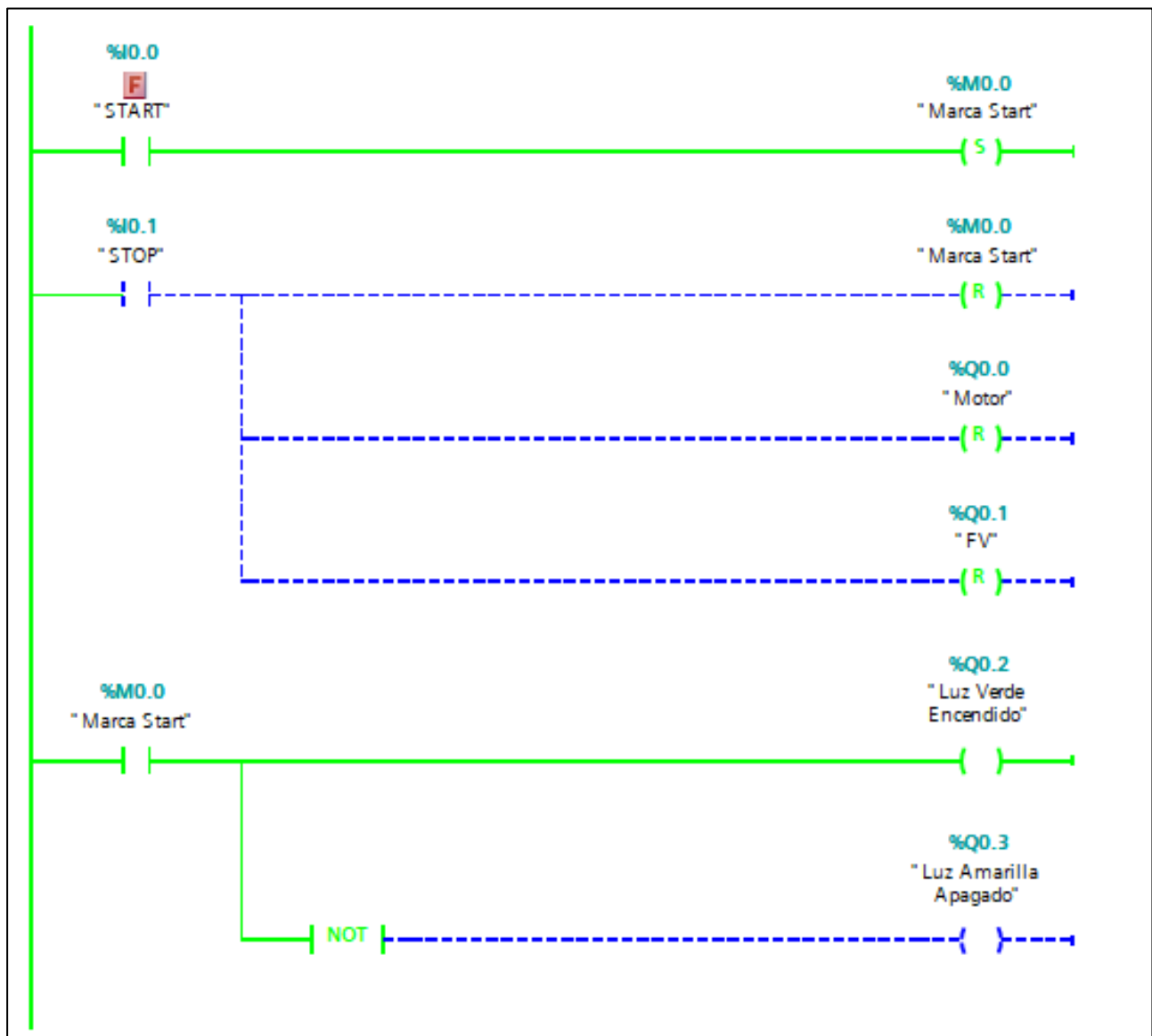
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-4. Simulación primer caso (4).

De la simulación anterior, se puede notar que la visibilidad era muy desfavorable para los conductores, pero la condicionante del nivel del estanque al 0% no permitió el funcionamiento del sistema. Por lo tanto, en ningún momento se activa la salida de la válvula FV, ni del motor para dispersar el material higroscópico.

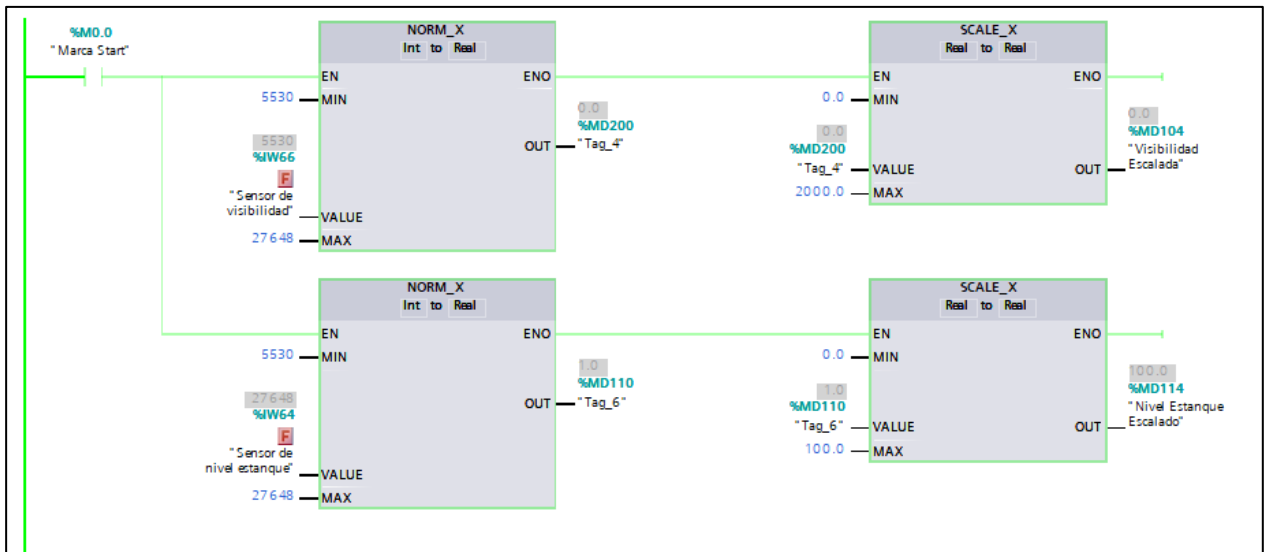
3.1.2 Segundo caso

Para este segundo caso, a diferencia del primero, la simulación se hizo con un nivel del estanque al 100% de capacidad, y una visibilidad desfavorable de 0 m, dando los resultados ilustrados en las figuras 3-5, 3-6, 3-7 y 3-8.



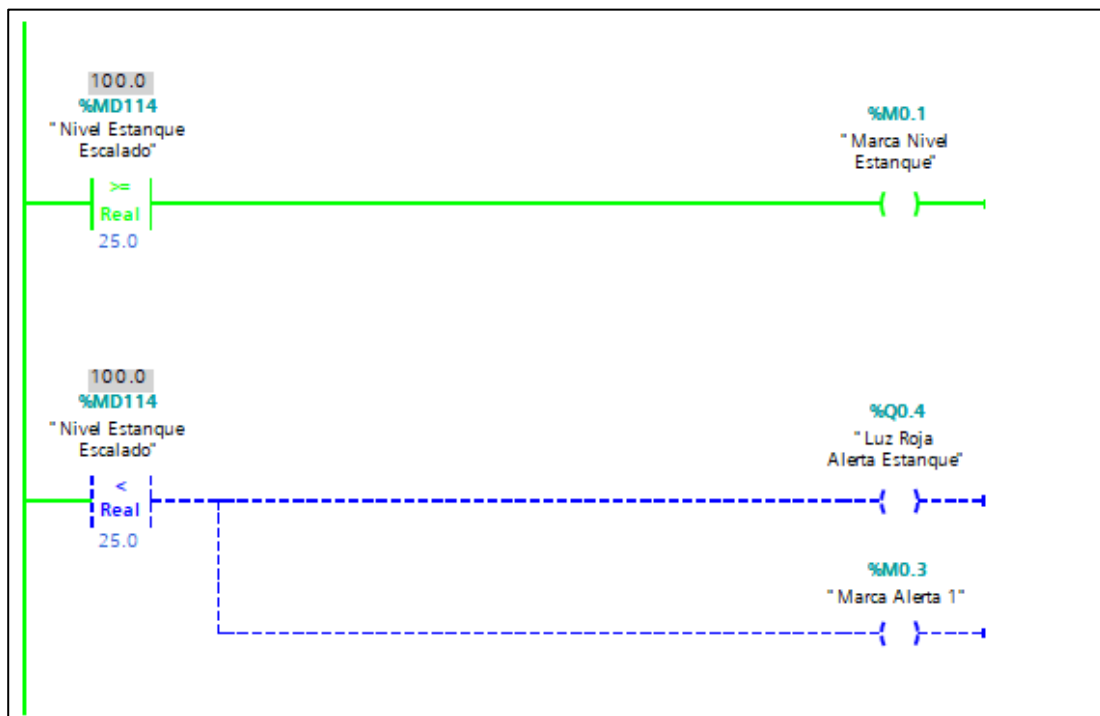
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-5. Simulación segundo caso (1).



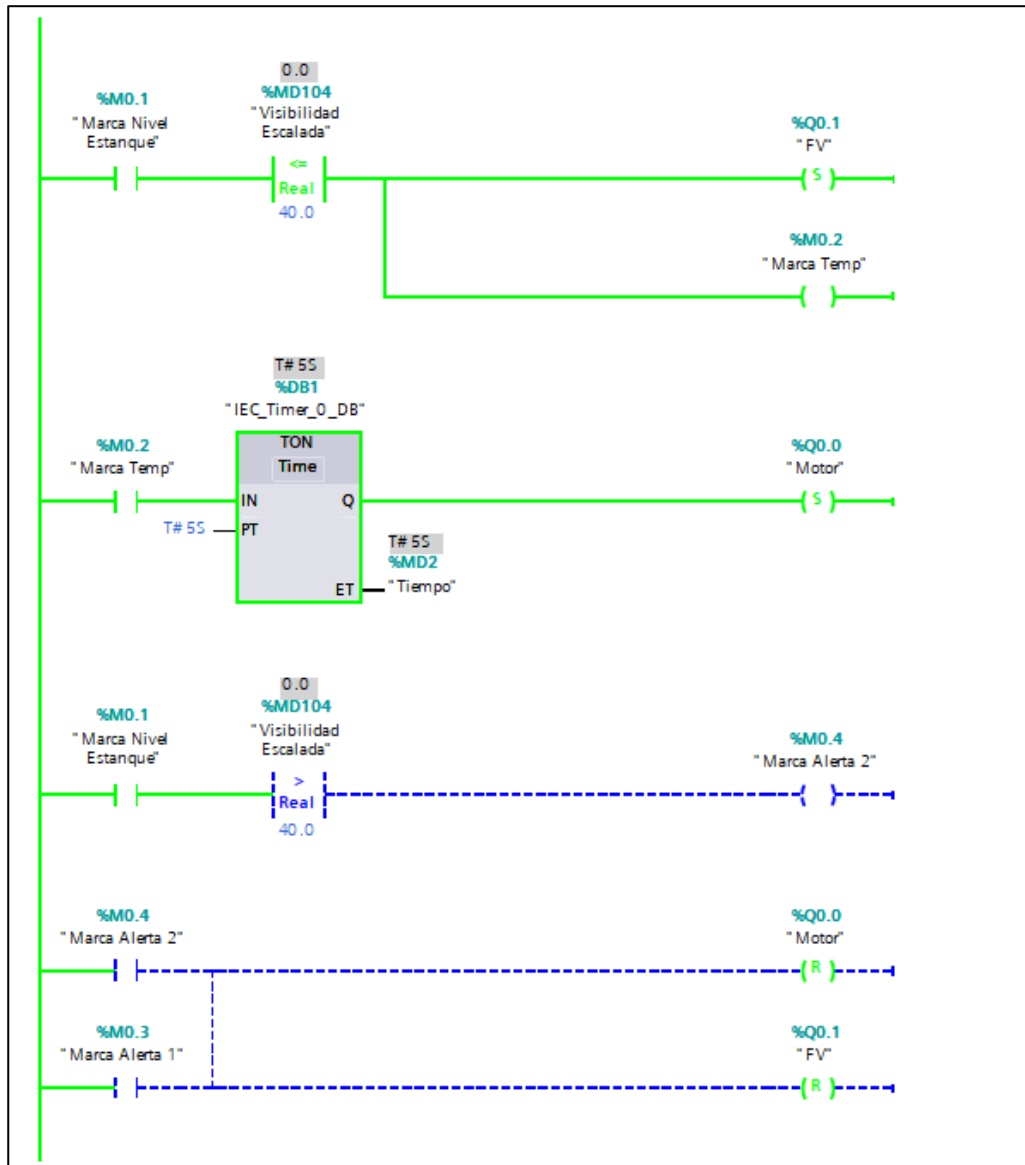
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-6. Simulación segundo caso (2).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-7. Simulación segundo caso (3).



Fuente: Elaboración propia.

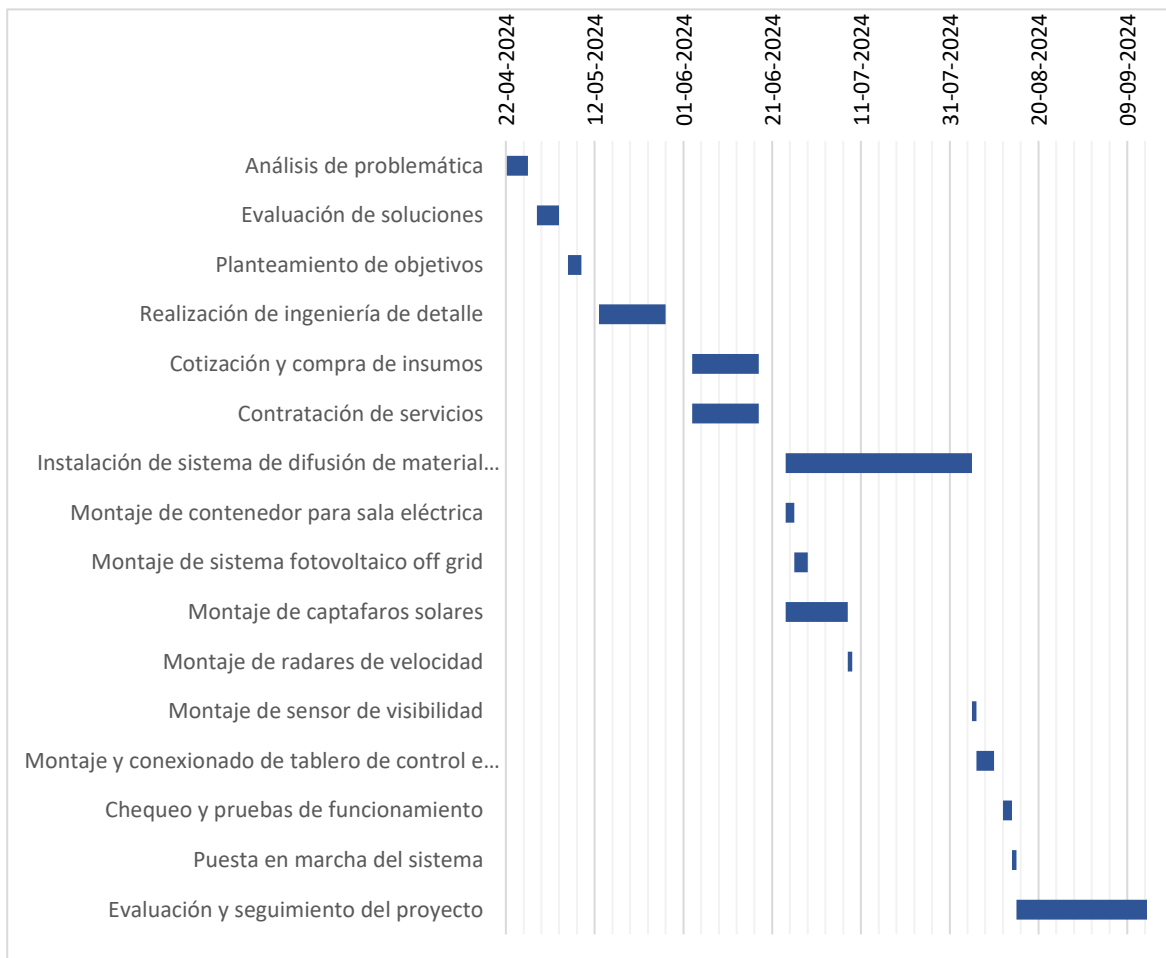
Figura 3-8. Simulación segundo caso (4).

Para este caso, la visibilidad también es desfavorable, pero el nivel del estanque está al 100%, de esta forma, una vez iniciado el sistema, se enciende la luz verde, luego se activa la válvula de seguridad FV, y pasado de 5 segundos se enciende el motor. El sensor se encontrará midiendo en todo momento para evaluar tanto las condiciones de visibilidad, como del nivel de estanque.

Se debe estar monitoreando el nivel del estanque de modo que al vaciarse, se pueda volver a llenar, se solicitará a Construcciones San José la reposición del material higroscópico.

3.2 CARTA GANTT

Con la finalidad de organizar los tiempos de trabajo para llevar a cabo el proyecto, y poder evaluar los costos de este, se realizó una carta Gantt, donde se analizó los tiempos desde la etapa de planificación hasta la ejecución. Para la etapa de planificación se consideró una jornada de trabajo de lunes a viernes, mientras que para la ejecución y puesta en marcha se consideró un tiempo continuo de trabajo. La carta Gantt se presenta en la figura 3-9.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-9. Carta Gantt del proyecto.

3.3 MANTENIMIENTO DEL PROYECTO

En temas de mantenimiento, para el caso del tablero eléctrico, se deberá hacer una revisión, limpieza y reapriete de terminales al menos una vez al año, para asegurar la firmeza de las conexiones y un buen funcionamiento general, también se incluye la instalación eléctrica de la sala de control.

Por otro lado, el sensor de visibilidad requiere pequeñas mantenciones, específicamente en temas de limpieza, en un periodo de cada tres meses, por otro lado, el manual solicita que se le haga una calibración cada seis meses.

Para el caso del radar de velocidad, se solicitará una mantención simple también, en un periodo de una vez al año.

Finalmente, para los servicios externos, se les solicitará a las empresas Enerlife y Construcciones San José que realicen una mantención a sus sistemas una vez al año, con una garantía de mantención válida por tres años, y en caso de falla, deberán acudir a solucionar el problema a la brevedad.

3.4 COSTOS DEL PROYECTO

Los costos asociados al proyecto serán organizados en dos categorías: las que son costos por insumos y costos por servicio, se descartó realizar costos operacionales para los trabajadores, ya que, al hacerse el estudio en el sector de Valparaíso, no será necesario gastar recursos en traslados y hospedaje, de la misma forma, para llevar a cabo el proyecto, se buscará trabajadores de las zonas aledañas a la comuna de Valparaíso.

Es importante comprender que una vez terminado el proyecto, se deberá contratar un operador para estar en el lugar en caso de cualquier emergencia, el ente encargado de realizar estas gestiones deberá ser el Ministerio de Obras Públicas.

Los valores fueron calculados en UF, con fecha del 27 de septiembre de 2024.

3.4.1 Costos por insumos

Estos costos comprenden los valores de todos los materiales, equipos e instrumentos necesarios para el proyecto, sin considerar servicios externos. En la tabla 3-1, se aprecia el desglose de los insumos, con sus especificaciones y valor total.

Tabla 3-1. Costos de insumos.

Insumo	Marca	Modelo	Cantidad	Valor unitario	Valor total CLP	Valor total UF
PLC	Siemens	S7 1214 DC/DC/DC	1	\$ 430.060	\$ 430.060	11,35
Fuente de alimentación	Siemens	PM1207	1	\$ 81.417	\$ 81.417	2,15
Módulo RS232	Siemens	CM1241	1	\$ 142.125	\$ 142.125	3,75
Sensor de visibilidad	Biral	SWS-50	1	\$ 7.339.490	\$ 7.339.490	193,66
Baliza Fotovoltaica	Densl	AS040	160	\$ 90.990	\$ 14.558.400	384,14
Radar de velocidad	Alcosafe	Evolis Movility	2	\$ 5.355.000	\$ 10.710.000	282,59
Tablero de control	Globaltronic	500x400x200 IP65	1	\$ 66.450	\$ 66.450	1,75
Riel Din perforado	Stanford	35X7,5mm Tira 1m	2	\$ 1.850	\$ 3.700	0,10
Canaleta ranurada	Lexo	W25XH25 2m	1	\$ 3.490	\$ 3.490	0,09
Cable de alimentación	Coviflex	RV-K 3x12 AWG (100 m)	1	\$ 271.100	\$ 271.100	7,15
Cable de instrumentación	Flexitel	H05VV5-F 5x1 mm ² (20 m)	1	\$ 50.560	\$ 50.560	1,33
Guardamotor	ABB	MS116	1	\$ 43.399	\$ 43.399	1,15
Relé	Schneider Elect.	LC1D12BD	1	\$ 46.644	\$ 46.644	1,23
Total					\$ 33.746.835	890,44

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Costos por servicios

Se entiende por servicio a cualquier actividad realizada por una empresa externa, o por trabajadores que realicen cualquier labor remunerada para beneficio directo del proyecto. En la tabla 3-2, se especifica a detalle el servicio requerido, la empresa o profesional que lo realiza, y el valor total del servicio. El pago a los trabajadores se estimó mediante el precio que se maneja en el mercado.

Tabla 3-2. Costos de servicios.

Servicio	Detalle	Cantidad/días	Valor	Valor total CLP	Valor total UF
Instalación sistema de difusión de material higroscópico	Empresa Construcciones San José	1	\$ 26.967.301	\$ 26.967.301	711,56
Contratación camión grúa para traslado y montaje de container	Empresa ISM Service (2 días)	2	\$ 360.000	\$ 720.000	19,00
Montaje de sistema fotovoltaico off grid	Empresa Enerlife	1	\$ 5.915.000	\$ 5.915.000	156,07
Montaje captafaros solares	Maestro OCCC (14 días)	14	\$ 80.000	\$ 1.120.000	29,55
	Ayudante OCCC (14 días)	14	\$ 60.000	\$ 840.000	22,16
	Taladro para concreto	1	\$ 645.740	\$ 645.740	17,04
	Carretilla 120 lts	1	\$ 152.300	\$ 152.300	4,02
	Adhesivo bicomponente 2,5 kg Densl	12	\$ 32.816	\$ 393.792	10,39
	Pala punta de huevo acero	2	\$ 14.990	\$ 29.980	0,79
Montaje radares de velocidad	Maestro OCCC (2 días)	1	\$ 80.000	\$ 80.000	2,11
	Ayudante OCCC (2 días)	1	\$ 60.000	\$ 60.000	1,58

Montaje sensor visibilidad	Maestro Eléctrico Instrumentista	1	\$ 100.000	\$ 100.000	2,64
	Ayudante Eléctrico	1	\$ 80.000	\$ 80.000	2,11
Montaje y conexión de tablero de control e instrumentación	Maestro Eléctrico Instrumentista (4 días)	4	\$ 100.000	\$ 400.000	10,55
	Ayudante Eléctrico (4 días)	4	\$ 80.000	\$ 320.000	8,44
Chequeo, pruebas de funcionamiento y puesta en marcha	Maestro Eléctrico Instrumentista (3 días)	3	\$ 100.000	\$ 300.000	7,92
	Ayudante Eléctrico (3 días)	3	\$ 80.000	\$ 240.000	6,33
Diseño del proyecto	Ingeniero de Ejec. En Control e Inst. Ind.	44	\$ 120.000	\$ 5.280.000	139,32
Total				\$ 43.644.113	1151,59

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 Costo total

De los costos de insumos y servicios, se obtuvieron los valores totales del proyecto, a modo de poder solventar cualquier imprevisto, se consideró un excedente del 5% del valor final, para mayor seguridad. Estos datos se muestran en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Costos totales.

Detalle	Valor CLP	Valor UF
Insumos	\$ 33.746.835	890,44
Servicios	\$ 43.644.113	1151,59
Imprevistos 5%	\$ 3.869.547	102,10
Total	\$ 81.260.495	2144,13

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Es importante recalcar la importancia de la implementación de este tipo de sistemas, ya que conllevan un gran y positivo impacto en la calidad de las condiciones de conducción para los afectados. La prevención de siniestros es un tema muy importante a nivel país, y el avocar los esfuerzos a medidas mitigadoras con planificación, son mucho más útiles que las típicas medidas reactivas que se suelen usar hasta el día de hoy.

De esta forma, la inversión monetaria del proyecto es invaluable, ya que, al no ser un modelo de negocio, no se verá un retorno ni ganancia monetaria de la inversión, por otro lado, los beneficios serán netamente humanos, y mejorando la calidad de vida de las personas, lo cual es un valor incalculable, pero muy importante para los objetivos del proyecto.

Para esto, es necesario la elección de la tecnología adecuada al sistema, sin sobredimensionar en demasía los elementos necesarios a utilizar, pero siempre dejando una brecha de mejora para modernizaciones futuras, pues el mejoramiento continuo es un valor fundamental en cualquier proyecto.

La utilización de energía solar como fuente de energía del proyecto es un matiz para destacar, las energías renovables son presente y futuro para el mundo actual, y llegaron para quedarse, debido al impacto positivo que tienen en el medio ambiente, y se recalca el hecho de la utilización de un recurso natural casi inagotable, que es el sol.

Finalmente, se hace hincapié en lo necesario que es la concientización sobre las buenas conductas al conducir, y lo fundamental del autocuidado.

BIBLIOGRAFÍA

Estadísticas Generales Conaset - <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales/>

Observatorio de Seguridad Vial - <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/>

Estadísticas regionales - <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-regionales/>

Diagnóstico de siniestros de tránsito en la Región De Valparaíso - <https://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2023/06/Valpara%C3%ADso-2022.pdf>

Datasheet PLC S7-1200 - <https://media.automation24.com/datasheet/es/6ES72141AG400XB0.pdf>

Datasheet fuente PM1207 - <https://media.automation24.com/datasheet/es/6EP13321SH71.pdf>

Datasheet CM1241 - <https://media.automation24.com/datasheet/es/6ES72411AH320XB0.pdf>

Datasheet SWS-050 - <https://sensovant.com/hojas%20datos/meteorologia/sensovant-SWS050.0313.00b.pdf>

Manual SWS-050 - <https://www.biral.com/wp-content/uploads/2018/02/SWS-050T-Manual-DOC106480.01A.pdf>

Calculadora sistema off grid Enerlife - <https://enerlife.cl/calculadoras/offgrid/#f1p1>

Calculadora solar - <https://solar.minenergia.cl/exploracion>

Contenedor para sala eléctrico - <https://www.containerscl.cl/contacto/>

Proyectos Grupo San José - https://gruposanjose.biz/data/pdf/1617185109_1230535684.pdf

Datasheet Baliza AS040 - <https://densl.com/wp-content/uploads/2021/02/CATALOGO-2021-5.-Balizamiento-vial.pdf>

Datasheet radar de velocidad - <https://alcosafe.cl/wp-content/uploads/2024/06/FICHA-RADAR-EVOLIS-MOBILITY.pdf>