



UNAPEC
UNIVERSIDAD APEC

Decanato de Ingeniería e Informática
Escuela de Informática

**ANÁLISIS SOBRE LA PROPUESTA DE
IMPLEMENTACIÓN DE SEMÁFOROS AUTOMATIZADOS
EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO EN EL PERIODO
DE MAYO A AGOSTO 2018**

Sustentante:

Yamil García Hernández (2014-0273)

Carrera:

Ingeniería de software (ISO)

Asesor:

Angel Asencio

Santo Domingo, Rep. Dom.

Julio, 2018

ANÁLISIS SOBRE LA PROPUESTA DE
IMPLEMENTACIÓN DE SEMÁFOROS AUTOMATIZADOS
EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO EN EL PERIODO
DE MAYO A AGOSTO 2018

DEDICATORIA

Para mis padres, Yamil y Zoraya, por amarme y proveerme de las herramientas necesarias y valores que me permiten cumplir mis sueños.

Para mi hermana, Sumaya, por ser una persona con la que siempre puedo contar.

Para mis amigos, compañeros y familiares, por siempre estar presentes y brindar ayuda y apoyo.

Yamil García Hernández

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido terminar mi carrera, dándome la fuerza y la dedicación necesaria para continuar estudiando todos los días.

A mis padres, Yamil y Zoraya, quienes estuvieron presentes dándome apoyo incondicional en mi proyecto personal.

A mi asesor de tesis el sr. Ángel Asencio, quien con actitud positiva y orientación incentivo el buen desarrollo del trabajo investigativo, comprometido conmigo y mi trabajo.

Finalmente, gracias a todas esas personas que de alguna manera me ayudaron y me dieron su apoyo durante mi investigación y carrera universitaria, gracias por haberme ayudado en alcanzar una de mis metas.

Yamil García Hernández

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	13
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO	20
Introducción del Capítulo I	21
Antecedentes del estudio	22
Bases teóricas	24
Carmen Orozco Barrenetxea (2002)	24
Andrew Downie (21 de abril de 2008)	26
Honeywell (1969)	26
Ethem Alpaydin (2016)	28
John Haugeland (1988)	32
Definición de términos	33
Semáforo	33
Semáforo inteligente	33
Inteligencia Artificial	33
Internet	33
Sensores	33
Contaminación	33
Embotellamiento	34
Machine Learning	34
(CO ₂) Dióxido de Carbono	34
(CH ₄) Metano	34
Hipótesis	35
Variables de investigación	37
Resumen del Capítulo I	39
CAPÍTULO II - METODOLOGÍA	41
Introducción del Capítulo II	42

Investigación científica	43
Métodos de investigación	44
Análisis	44
Síntesis	44
Estadístico	44
Inducción	44
Descripción del ámbito de la investigación	45
Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	47
Observaciones	47
Encuestas	47
Revisión de documentos	47
Tratamiento de la información	48
Fuentes de documentación	49
Primarias	49
Secundarias	49
Resumen del Capítulo II	50
CAPÍTULO III - ANÁLISIS	51
Introducción del Capítulo III	52
Análisis de los datos	53
Datos de género	54
Datos de edad	56
Datos de posesión de vehículo personal	58
Datos de medio de transporte comúnmente usado	60
Datos sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado	62
Datos de demora a causa de la congestión vehicular en la ciudad	64
Datos sobre daños causados por la congestión vehicular	66
Datos sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad	68
Datos sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad	70
Datos sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad	73
Análisis de los resultados	75
Identificar los afectados por esta problemática	75
Identificar beneficios de la solución al problema	75
Determinar intervinientes en la problemática	76
Identificar las consecuencias que trae consigo la problemática	76
Ver el nivel de aceptación sobre el uso de la tecnología para resolver la problemática	76
Propuesta	77

Documento visión	78
Introducción	79
Propósito	79
Alcance	79
Definiciones, Acrónimos y Abreviaciones	80
Posicionamiento	81
Oportunidad de negocio	81
Modelo organizacional del negocio	82
Definición del problema	82
Posición del producto	83
Descripción de los stakeholders	84
Entorno de usuario	86
Descripción del producto	87
Modelo de negocio	87
Perspectiva del producto	87
Resumen de los beneficios del sistema	87
Supuestos	88
Dependencias	88
Módulos requeridos	88
Módulos opcionales	89
Restricciones	90
Estándares aplicables	90
Características del sistema	91
Requerimientos de desempeño	91
Requerimientos de documentación	91
Requerimientos de ambiente	92
Manual de usuario	93
Especificación de requerimientos de software	94
Introducción	95
Propósito	95
Alcance	95
Definiciones, Acrónimos y Abreviaciones	95
Descripción general	96
Perspectiva de producto	96
Funciones del producto	96
Perfiles de usuario	97
Restricciones de diseño	97
Requisitos específicos	98
Interfaces gráficas	98
Interfaces de comunicación	98

Requerimientos funcionales	99
Modelado	99
Gestión de variables de entorno	102
Proceso de aprendizaje	104
Proceso de optimización	106
Monitoreo y control	107
Requerimientos no funcionales	110
Requerimientos de usabilidad	111
Requerimientos de desempeño	112
Requerimientos de portabilidad	113
Requerimientos de seguridad	114
Estudio de factibilidad	116
Introducción	118
Propósito	118
Descripción general	118
Factibilidad técnica	118
Recursos de hardware	119
Recursos de software	121
Factibilidad legal	122
Factibilidad económica	123
Recursos tecnológicos	124
Recursos humanos	125
Gastos operacionales	127
Gastos de implementación	128
Costo total de proyecto	129
Costo mensual de mantenimiento	131
Beneficios de la propuesta	133
Resumen del Capítulo III	135
CAPÍTULO IV - DISEÑO	136
Introducción del Capítulo IV	137
Diagramas estructurales	138
Diagrama de arquitectura de software	138
Diagrama de arquitectura de base de datos	139
Diagrama de dominio	140
Diagramas de comportamiento	141
Diagrama de actividades	141
Diagrama de estados	143
Diagrama de casos de uso	147
Resumen del Capítulo IV	193

CONCLUSIÓN	194
RECOMENDACIONES	197
BIBLIOGRAFÍA	198
ANEXOS	200
Anexo A: Encuesta	201
Anexo B: Anteproyecto	203

ÍNDICE DE FIGURAS

A continuación se presenta el índice de figuras a utilizar en este trabajo de investigación:

Figuras con referencia en bibliografía:

Figura 1 - Diagrama de aprendizaje de reforzamiento	30
Figura 2 - Algoritmo Q-Learning	31
Figura 3 - Parque vehicular de la República Dominicana	35

Gráficos con datos de la encuesta:

Figura 4 - Gráfico pastel de género en encuesta	55
Figura 5 - Gráfico de barra de género en encuesta	55
Figura 6 - Gráfico pastel de edad en encuesta	57
Figura 7 - Gráfico de barra de edad en encuesta	57
Figura 8 - Gráfico pastel de posesión de vehículo personal en encuesta	59
Figura 9 - Gráfico de barra de posesión de vehículo personal en encuesta	59
Figura 10 - Gráfico pastel del medio de transporte comúnmente usado en encuesta	61
Figura 11 - Gráfico de barra del medio de transporte comúnmente usado en encuesta	61
Figura 12 - Gráfico de barra sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado en encuesta	63
Figura 13 - Gráfico pastel de demora a causa de la congestión vehicular en encuesta	65
Figura 14 - Gráfico de barra de demora a causa de la congestión vehicular en encuesta	65
Figura 15 - Gráfico de barra sobre daños causados por la congestión vehicular en encuesta	67
Figura 16 - Gráfico pastel sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta	69
Figura 17 - Gráfico de barra sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta	69
Figura 18 - Gráfico pastel sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta	71
Figura 19 - Gráfico de barra sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta	72

Figura 20 - Gráfico pastel sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta 74

Figura 21 - Gráfico de barra sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta 74

Figuras de estructuración del negocio:

Figura 22 - Modelo de negocio 82

Figuras de la arquitectura del proyecto:

Figura 23 - Arquitectura de software 138

Figura 24 - Arquitectura de base de datos 139

Diagramas de dominios:

Figura 25 - Diagrama de dominio 140

Diagramas de actividades:

Figura 26 - Diagrama de actividades - Proceso de Aprendizaje 141

Figura 27 - Diagrama de actividades - Proceso de Optimización 142

Diagramas de estados:

Figura 28 - Diagrama de estados - Usuario 143

Figura 29 - Diagrama de estados - Cámara 143

Figura 30 - Diagrama de estados - Sensor 144

Figura 31 - Diagrama de estados - Intersección 144

Figura 32 - Diagrama de estados - Semáforo 145

Figura 33 - Diagrama de estados - Ciclo de Aprendizaje 145

Figura 34 - Diagrama de estados - Iteración de Aprendizaje 146

Diagramas de casos de usos:

Figura 35 - Diagrama de casos de uso general 147

Figura 36 - Diagrama de casos de uso - Modelado 148

Figura 37 - Diagrama de casos de uso - Gestión de variables de entorno 161

Figura 38 - Diagrama de casos de uso - Proceso de aprendizaje 170

Figura 39 - Diagrama de casos de uso - Proceso de optimización	176
Figura 40 - Diagrama de casos de uso - Monitoreo y control	179

ÍNDICE DE TABLAS

A continuación se presenta el índice de tablas a utilizar en este trabajo de investigación:

Tablas con referencia en la bibliografía:

Tabla 1 - Emisiones de Dióxido de carbono desde 1980 - 2002	24
---	----

Tablas con datos de la encuesta:

Tabla 2 - Datos de género en encuesta	54
Tabla 3 - Datos de edad en encuesta	56
Tabla 4 - Datos de posesión de vehículo personal en encuesta	58
Tabla 5 - Datos de medio de transporte comúnmente usado en encuesta	60
Tabla 6 - Datos sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado en encuesta	62
Tabla 7 - Datos de demora a causa de la congestión vehicular en encuesta	64
Tabla 8 - Datos sobre daños causados por la congestión vehicular en encuesta	66
Tabla 9 - Datos sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta	68
Tabla 10 - Datos sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta	71
Tabla 11 - Datos sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta	73

Tablas estructuración del negocio:

Tabla 12 - Definición del problema	82
Tabla 13 - Posición del producto	83
Tabla 14 - Stakeholder #1	84
Tabla 15 - Stakeholder #2	85

Tablas de requerimientos:

Tabla 16 - Requerimientos de ambiente	92
Tabla 17 - Requerimiento funcional #1	99
Tabla 18 - Requerimiento funcional #2	99
Tabla 19 - Requerimiento funcional #3	100
Tabla 20 - Requerimiento funcional #4	100
Tabla 21 - Requerimiento funcional #5	101
Tabla 22 - Requerimiento funcional #6	101
Tabla 23 - Requerimiento funcional #7	102
Tabla 24 - Requerimiento funcional #8	102
Tabla 25 - Requerimiento funcional #9	103
Tabla 26 - Requerimiento funcional #10	103
Tabla 27 - Requerimiento funcional #11	104
Tabla 28 - Requerimiento funcional #12	104
Tabla 29 - Requerimiento funcional #13	105
Tabla 30 - Requerimiento funcional #14	105
Tabla 31 - Requerimiento funcional #15	106
Tabla 32 - Requerimiento funcional #16	106
Tabla 33 - Requerimiento funcional #17	107
Tabla 34 - Requerimiento funcional #18	107
Tabla 35 - Requerimiento funcional #19	108
Tabla 36 - Requerimiento funcional #20	108
Tabla 37 - Requerimiento funcional #21	109
Tabla 38 - Requerimiento funcional #22	109
Tabla 39 - Requerimiento funcional #23	110
Tabla 40 - Requerimiento funcional #24	110
Tabla 41 - Requerimiento no funcional #1	111
Tabla 42 - Requerimiento no funcional #2	111
Tabla 43 - Requerimiento no funcional #3	112
Tabla 44 - Requerimiento no funcional #4	112
Tabla 45 - Requerimiento no funcional #5	113
Tabla 46 - Requerimiento no funcional #6	113
Tabla 47 - Requerimiento no funcional #7	114
Tabla 48 - Requerimiento no funcional #8	115
Tabla 49 - Requerimiento no funcional #9	115
Tabla 50 - Requerimiento no funcional #10	115
Tabla 51 - Requerimiento no funcional #11	116
Tabla 52 - Requerimientos del servidor de la central de control	119
Tabla 53 - Requerimientos de los ordenadores de la central de control	120

Tabla 54 - Requerimientos de los semáforos inteligentes	120
Tabla 55 - Requerimientos de las cámaras	120
Tabla 56 - Requerimientos de los sensores de proximidad	121
Tabla 57 - Sistemas operativos	121
Tabla 58 - Exploradores web	122

Tablas de recursos:

Tabla 59 - Recursos tecnológicos	125
Tabla 60 - Recursos humanos	127

Tablas de costos:

Tabla 61- Costos de establecimiento	128
Tabla 62 - Costos de implementación	129
Tabla 63 - Costo subtotal del proyecto	130
Tabla 64 - Costo total del proyecto	131
Tabla 65 - Costo subtotal mensual de mantenimiento	132
Tabla 66 - Costo total mensual de mantenimiento	133

Tablas de casos de uso:

Tabla 67 - Caso de uso #1 - Descripción	149
Tabla 68 - Caso de uso #1 - Flujo Básico	149
Tabla 69 - Caso de uso #1 - Flujo Alterno (FB-004)	150
Tabla 70 - Caso de uso #1 - Flujo Alterno (FB-007)	150
Tabla 71 - Caso de uso #1 - Flujo de Error (FB-005)	150
Tabla 72 - Caso de uso #2 - Descripción	151
Tabla 73 - Caso de uso #2 - Flujo Básico	151
Tabla 74 - Caso de uso #2 - Flujo Alterno (FB-004)	152
Tabla 75 - Caso de uso #2 - Flujo Alterno (FB-007)	152
Tabla 76 - Caso de uso #2 - Flujo de Error (FB-005)	152
Tabla 77 - Caso de uso #3 - Descripción	153
Tabla 78 - Caso de uso #3 - Flujo Básico	153
Tabla 79 - Caso de uso #3 - Flujo Alterno (FB-004)	154
Tabla 80 - Caso de uso #3 - Flujo Alterno (FB-007)	154
Tabla 81 - Caso de uso #3 - Flujo de Error (FB-005)	154
Tabla 82 - Caso de uso #4 - Descripción	155
Tabla 83 - Caso de uso #4 - Flujo Básico	155
Tabla 84 - Caso de uso #4 - Flujo Alterno (FB-004)	156

Tabla 85 - Caso de uso #4 - Flujo Alterno (FB-007)	156
Tabla 86 - Caso de uso #4 - Flujo de Error (FB-005)	156
Tabla 87 - Caso de uso #5 - Descripción	157
Tabla 88 - Caso de uso #5 - Flujo Básico	157
Tabla 89 - Caso de uso #5 - Flujo Alterno (FB-003)	158
Tabla 90 - Caso de uso #6 - Descripción	159
Tabla 91 - Caso de uso #6 - Flujo Básico	159
Tabla 92 - Caso de uso #6 - Flujo Alterno (FB-003)	160
Tabla 93 - Caso de uso #7 - Descripción	162
Tabla 94 - Caso de uso #7 - Flujo Básico	162
Tabla 95 - Caso de uso #7 - Flujo Alterno (FB-004)	163
Tabla 96 - Caso de uso #7 - Flujo Alterno (FB-007)	163
Tabla 97 - Caso de uso #7 - Flujo de Error (FB-005)	163
Tabla 98 - Caso de uso #8 - Descripción	164
Tabla 99 - Caso de uso #8 - Flujo Básico	164
Tabla 100 - Caso de uso #8 - Flujo Alterno (FB-004)	165
Tabla 101 - Caso de uso #8 - Flujo Alterno (FB-007)	165
Tabla 102 - Caso de uso #8 - Flujo de Error (FB-005)	165
Tabla 103 - Caso de uso #9 - Descripción	166
Tabla 104 - Caso de uso #9 - Flujo Básico	166
Tabla 105 - Caso de uso #9 - Flujo Alterno (FB-003)	167
Tabla 106 - Caso de uso #10 - Descripción	168
Tabla 107 - Caso de uso #10 - Flujo Básico	168
Tabla 108 - Caso de uso #10 - Flujo Alterno (FB-003)	169
Tabla 109 - Caso de uso #11 - Descripción	171
Tabla 110 - Caso de uso #11 - Flujo Básico	171
Tabla 111 - Caso de uso #11 - Flujo Alterno (FB-004)	172
Tabla 112 - Caso de uso #12 - Descripción	173
Tabla 113 - Caso de uso #12 - Flujo Básico	173
Tabla 114 - Caso de uso #13 - Descripción	174
Tabla 115 - Caso de uso #13 - Flujo Básico	174
Tabla 116 - Caso de uso #14 - Descripción	175
Tabla 117 - Caso de uso #14 - Flujo Básico	175
Tabla 118 - Caso de uso #15 - Descripción	177
Tabla 119 - Caso de uso #15 - Flujo Básico	177
Tabla 120 - Caso de uso #16 - Descripción	178
Tabla 121 - Caso de uso #16 - Flujo Básico	178
Tabla 122 - Caso de uso #17 - Descripción	180
Tabla 123 - Caso de uso #17 - Flujo Básico	180
Tabla 124 - Caso de uso #17 - Flujo Alterno (FB-004)	181

Tabla 125 - Caso de uso #17 - Flujo de Error (FB-005)	181
Tabla 126 - Caso de uso #18 - Descripción	182
Tabla 127 - Caso de uso #18 - Flujo Básico	182
Tabla 128 - Caso de uso #19 - Descripción	183
Tabla 129 - Caso de uso #19 - Flujo Básico	183
Tabla 130 - Caso de uso #19 - Flujo Alterno (FB-004)	184
Tabla 131 - Caso de uso #19 - Flujo Alterno (FB-007)	184
Tabla 132 - Caso de uso #19 - Flujo de Error (FB-005)	184
Tabla 133 - Caso de uso #20 - Descripción	185
Tabla 134 - Caso de uso #20 - Flujo Básico	185
Tabla 135 - Caso de uso #20 - Flujo Alterno (FB-004)	186
Tabla 136 - Caso de uso #20 - Flujo Alterno (FB-007)	186
Tabla 137 - Caso de uso #20 - Flujo de Error (FB-005)	186
Tabla 138 - Caso de uso #21 - Descripción	187
Tabla 139 - Caso de uso #21 - Flujo Básico	187
Tabla 140 - Caso de uso #21 - Flujo Alterno (FB-003)	188
Tabla 141 - Caso de uso #22 - Descripción	189
Tabla 142 - Caso de uso #22 - Flujo Básico	189
Tabla 143 - Caso de uso #23 - Descripción	190
Tabla 144 - Caso de uso #23 - Flujo Básico	190
Tabla 145 - Caso de uso #24 - Descripción	191
Tabla 146 - Caso de uso #24 - Flujo Básico	191
Tabla 147 - Caso de uso #24 - Flujo Alterno (FB-004)	192
Tabla 148 - Caso de uso #24 - Flujo Alterno (FB-007)	192
Tabla 149 - Caso de uso #24 - Flujo de Error (FB-005)	192

INTRODUCCIÓN

Esta investigación está direccionada a el análisis del embotellamiento vehicular en la ciudad de Santo Domingo; para presentar una posible solución. El tránsito no está coordinado de manera eficiente, lo que causa el embotellamiento vehicular, el cual no permite a los conductores y peatones (vehículos no propios) transitar de forma fluida, lo que provoca pérdida de tiempo. Este problema se evidencia día a día; identificado según la encuesta por los afectados y algunos autores que han presentado sugerencias al respecto.

La concurrencia de este evento es posiblemente causado por los cambios repentinos en la cantidad de vehículos de cada uno de los carriles sin haber ningún cambio en la secuencia que utilizan los semáforos de la ciudad.

Si este problema no se trata lo antes posible, la situación podría empeorar a un nivel más alto del cual está actualmente, ya que la cantidad de vehículos en la ciudad va creciendo, lo que implicaría más vehículos en estos embotellamientos, provocando más retrasos, pérdida de tiempo y molestias.

Como una posible solución se ha pensado en la implementación de semáforos automatizados/inteligentes, que utilizan tecnologías como *machine learning* e inteligencia artificial para tomar decisiones sobre cambios repentinos en la cantidad de vehículos por carril. Motivo por el cual se ha creado como parte de la solución para esta investigación.

En este trabajo se detallarán cada uno de los factores que debieron tomarse en cuenta para realizar la investigación y cómo estos afectan los datos que definieron las conclusiones y recomendaciones del mismo. Más adelante se podrá observar que la investigación sigue una estructura, que ha sido definida con la intención de facilitar su lectura.

El trabajo de grado tiene la siguiente estructura:

En el Capítulo I está contemplado el marco teórico de la investigación que comprende todos los conceptos necesarios para entender la problemática que se ha planteado.

En el Capítulo II se describen los tipos de investigaciones que se identifican en el trabajo, así como los métodos que se han utilizado para la recolección de datos y las técnicas empleadas.

En el Capítulo III se enfoca en la propuesta, empezando por la encuesta que se ha realizado y el desarrollo de documentos de análisis de software.

En el Capítulo IV se desarrolla el diseño y la arquitectura que responde a la posible solución de la problemática que se ha planteado, estos diseños tienen la finalidad de definir cómo ha de funcionar la propuesta según los estándares de la Ingeniería de Software.

Por último, se describen las conclusiones y recomendaciones que dio como resultado este trabajo de grado.

CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO

Introducción del Capítulo I

Con la finalidad de exponer a fondo las causas que intervienen en la problemática de los embotellamientos en la ciudad de Santo Domingo y definir la complejidad y los recursos necesarios para resolverlo con una propuesta de semáforos inteligentes, en el siguiente capítulo se definirán los términos claves utilizados para la investigación, sus bases teóricas y antecedentes del estudio que afectaron al mismo.

Para entender mejor cómo afecta realmente la problemática a la ciudad de Santo Domingo es necesario mencionar temas de impacto social y referentes al medio ambiente, ya que se relacionan de forma directa con la necesidad de resolver la situación actual.

Se describirán a profundidad términos como los semáforos inteligentes, para así saber exactamente de qué trata esta nueva tecnología, así también como la forma en que funcionan utilizando otros términos como la inteligencia artificial y el *machine learning*.

La contaminación es otro de los términos y bases teóricas que se tomarán en cuenta en el desarrollo de este capítulo, puesto que los embotellamientos causan directamente daño al medio ambiente debido a los gases tóxicos que los vehículos producen.

Es importante destacar que el capítulo representa el marco teórico de la investigación, por lo que todo lo referente a términos, teorías y antecedentes serán detallados solamente en la siguiente sección.

Antecedentes del estudio

La necesidad de automatizar de una forma dinámica los semáforos no es algo nuevo, más bien, es algo que ha sido discutido desde el 2004 en adelante. En ese mismo año salió un estudio del Dr. Jürgen Krimmling del instituto de Telemática del Tráfico de la Universidad Técnica de Dresde Alemania, que explica que la gran mayoría de los semáforos a nivel mundial están basados en un sistema que utiliza un patrón de tiempo estático, ocasionando así que los mismos siempre tengan un tiempo definido, sin embargo, durante los años esto ha cambiado y hasta países tercermundistas como la República Dominicana utilizan sistemas con cierto control dinámico que les permite modificar estos patrones de tiempo hasta por días de la semana.

A pesar de que exista un sistema parcialmente dinámico que ayude a ajustar con estudios los patrones del tiempo en que un semáforo debe cambiar a verde para cierto carril, sigue siendo algo que no está automatizado, causando que el trabajo de las instituciones de control vehicular sea tedioso y no exacto, ya que durante un solo momento del día pueden haber grandes cambios del flujo vehicular.

Otro fallo que comenta el Dr Krimmling sobre estos sistemas parcialmente dinámicos es que no permiten tener un control exacto sobre el tiempo que realmente necesita cada carril, ya que no cuenta con sensores infrarrojos, cámaras, entre otros dispositivos de medición exacta para saber variables importantes tales como el número de vehículos y la distancia entre ellos.

Más adelante, referente a la investigación de Krimmling, Christoph Hecht, responsable de tráfico en el club del automóvil ADAC, que es la mayor organización del automóvil en Europa contando con más de 16 millones de miembros, menciona que es cierto que estos sistemas parcialmente dinámicos son mejores que aquellos sistemas estáticos, sin embargo, se dividen los grupos ya que algunas vehículos fluyen mucha más rápido que los demás ya que se le da prioridad.

Krimmling menciona que el verdadero reto es buscar una solución que le permita a todos los conductores ser afectados de la menor manera posible sobre el flujo del tránsito que está siendo parte actualmente. Esto quiere decir que el conductor sienta que se mueve constantemente y que siempre pueda

avanzar, aunque sea de poco a poco y de forma justa. Con una solución basada en semáforos inteligentes, todas estas variables se toman en cuenta.

Las variables con las que Krimmling desarrolló su investigación son las siguientes:

- Velocidad promedio de los vehículos en cada vía
- Uso del combustible
- Temperatura
- Tiempo del día
- Distancia entre los vehículos
- Cantidad de vehículos

Krimmling menciona que si es posible tomar todos estos puntos en cuenta durante el cálculo para medir el tiempo que se debe imputar en el sistema de semáforos dinámicos, entonces, de esa forma realmente se podría tener un control eficaz del flujo vehicular de una zona. En el tiempo de su investigación no se contaba con la tecnología actual de *machine learning* ni inteligencia artificial, por lo que no tomó en cuenta que se le podría enseñar a un sistema a tomar las decisiones correctas basadas en sus variables de investigación, sin embargo, esta investigación si cuenta con el apoyo de la tecnología actual, por lo que se utilizará esto como base de la misma.

National Geographic hace menciones sobre esta investigación y las recientes implementaciones de semáforos inteligentes en otros países ya que realmente cambia la forma como el planeta es afectado por los gases tóxicos que los vehículos producen. Es importante destacar que al implementar tecnologías como estas no solo facilita el trabajo para las personas que tienen la responsabilidad de mantener el control del tráfico, sino que también provee a los conductores y peatones un mejor flujo vehicular y menos impacto al medio ambiente.

Bases teóricas

Carmen Orozco Barrenetxea (2002)

La Dra. Carmen Orozco Barrenetxea, como especialista en química publica un estudio en el año 2002 donde expresa que es la contaminación ambiental según la química y cómo afecta éste al mundo. La Dra. menciona que los problemas de contaminación como el efecto invernadero, destrucción del ozono estratosférico, lluvia ácida, y otros, traerán muchas repercusiones negativas para nuestra sociedad en el futuro.

Una de las principales causas de la contaminación a nivel mundial son los gases tóxicos que expulsan las máquinas mientras realizan una tarea en específico. El caso que aplica a esta investigación son 2 gases en específico conocidos como CO₂ o Dióxido de Carbono y el CH₄ o Metano que son los principales gases que emiten los vehículos a través del escape y combustión, lo que quiere decir que son gases de emisión constante que afectan directamente al planeta.

La Dra. Carmen hace énfasis que dichos gases como un principal causante del efecto invernadero, que aumenta la temperatura dentro de la atmósfera terrestre provocando cambios radicales en los ecosistemas. Su investigación realizada en el 2002 muestra la siguiente tabla:

Tabla 1 - Emisiones de Dióxido de carbono desde 1980 - 2002

Emisiones de gases de efecto invernadero desde 1980 - 2002			
País	CO₂ (10⁶t)	CH₄ (10⁶t)	Unidad PIB (t)
Canadá	126	79	608
Estados Unidos	1.443	692	558
Japón	281	26	268
Australia	72	90	1.035
Nueva Zelanda	7	21	1.375
Alemania	201	56	488
Austria	17	6	457

Bélgica	33	8	604
Dinamarca	18	6	496
España	60	28	709
Finlandia	18	4	447
Francia	106	52	395
Grecia	24	7	1.200
Holanda	51	26	705
Irlanda	8	8	1.037
Italia	113	37	465
Noruega	9	26	568
Portugal	11	6	1.231
Reino Unido	166	75	599
Suecia	21	5	295
Suiza	13	5	269
Turquía	40	23	1.132
Países OCDE	2.840	1.290	516
Resto del mundo	6.400	5.100	552

Emisiones en toneladas de dióxido de carbono y metano de los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y del resto del mundo por unidad de PIB (Producto Interno Bruto)

La tabla anterior muestra claramente que hace más de 10 años la situación ya era alarmante, con una emisión de gases realmente increíble. Más adelante daremos datos exactos del año actual, sin embargo, con la tabla previa se puede dar a entender que buscar la manera de reducir la expulsión de estos gases ayudaría bastante al planeta, aun sea desde un país tan pequeño en tamaño como la República Dominicana.

Andrew Downie (21 de abril de 2008)

Andrew Downie en su estudio sobre la congestión vehicular en Brasil menciona que esta se produce comúnmente en las hora punta u horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que provocan pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.

El estudio refleja que una gran cantidad de las personas que viven en Sao Paulo, Brazil duran una cantidad excesiva de tiempo en congestiones vehiculares y hacen todo tipo de actividades, tales como afeitarse, maquillarse o hablar con las personas en los vehículos que se les encuentran en paralelo. Todo este tipo de actividades durante un embotellamiento son actos normales que ocurren día a día en esta ciudad a causa de la gran cantidad de gente que vive en ella, 20 millones de personas según el censo del 2007.

El dato interesante que menciona Andrew Downie es que la congestión vehicular no es algo que permanece estático, sino que siempre va en aumento, ya que la cantidad de vehículos y personas en una ciudad tiende a crecer. En la Republica Dominicana todos los años hay más personas, habiendo ya un crecimiento de la población en los últimos 5 años de un 1.23% (según la ONE - Oficina Nacional de Estadística) que corresponde a un estimado de 130,000 personas por año.

Si la República Dominicana no toma medidas sobre el flujo de vehículos en la ciudad, entonces los embotellamientos podrían ser más frecuentes provocando así un mayor impacto negativo ambiental y al desarrollo del país, tal cual como ocurrió en Brasil durante la década pasada.

Honeywell (1969)

Habló por primera vez de los sensores. Así como las personas pueden experimentar sensaciones como calor, frío, duro, blanco, fuerte o desagradable, los dispositivos electrónicos pueden ser entrenados para simular dichas sensaciones, dice Honeywell en su estudio sobre los sensores en el año 1969.

Los sensores son cualquier dispositivo que posee una propiedad sensible a una magnitud de un medio en específico y al variar esta magnitud también varía con una intensidad la propiedad, esto quiere decir, que manifiesta la presencia de dicha magnitud y también su medida exacta.

Al día de hoy los sensores son muy utilizado en la industria, ya que permiten transformar variables de instrumentación a variables eléctricas para medir aquellas magnitudes o intensidades de ciertos elementos para así ofrecer medidas exactas que sirven como datos de uso.

Entre aquellas variables de instrumentación que son utilizadas por los sensores tenemos:

- Intensidad lumínica
- Temperatura
- Distancia
- Aceleración
- Inclinación
- Presión
- Desplazamiento
- Fuerza
- Torsión
- Humedad
- Movimiento
- PH
- Entre otros

Los sensores son utilizado al día de hoy por muchas áreas, entre ellas la robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, software, entre otras, gracias a la facilidad que tienen estos dispositivos de ser usados para cualquier área en particular, dígase, prácticos.

Entre los sensores que ayudarían bastante a tomar aquellas variables que afectan el tráfico tenemos:

Temperatura:

Para poder medir la temperatura actual en el cual se encuentra la ciudad.

Visión artificial:

Para observar la concurrencia de vehículos en una zona en particular.

Proximidad:

Para poder medir la proximidad entre los vehículos y la cantidad de vehículos que se encuentra en una zona.

Ethem Alpaydin (2016)

Después de la decepción de sistemas expertos programados en base lógica en los años 1980s, ha llegado al campo el aprendizaje automático, entregando significantes resultados. Dice Ethem Alpaydin en su investigación sobre el *machine learning* en el año 2016.

El concepto “Aprender Automáticamente” o como comúnmente se conoce, *machine learning*, es una nueva disciplina científica del ámbito de la inteligencia artificial que permite crear sistemas que aprenden a identificar patrones complejos en millones de datos.

La “máquina” realmente es un algoritmo, que revisa los datos y es capaz de predecir en base a patrones, comportamientos futuros. Las palabras “Aprender Automáticamente” fueron usadas explícitamente a causa de que el “aprender” de estos algoritmos es muy similar a la forma como aprendemos los humanos a realizar una acción y “automáticamente” porque no se necesita intervención humana para que funcione correctamente y de forma eficaz.

El día de hoy el *machine learning* tiene muchos usos ya que remueve uno de los límites que poseía el software durante mucho años, y es la capacidad de tomar decisiones, ya que normalmente aquellas decisiones eran tomadas por algoritmos muy específicos desarrollados dentro del software, sin embargo, en caso de haber una nueva decisión a tomar, el sistema procederá con una salida por defecto, que al final, no era beneficiosa.

Entre los usos que tiene el machine learning actualmente son:

- Detectar fraudes en transacciones
- Predecir fallos de equipos tecnológicos
- Prever que empleados serán más rentables el próximo año
- Seleccionar clientes potenciales
- Predecir el tráfico
- Saber cual es el mejor momento para publicar tweets o actualizaciones de facebook
- Decidir cuál es la mejor hora para llamar a un cliente
- Y un sinnúmero de utilidades que mejoran la forma como las personas vivimos en el planeta

Entre los tipos de *machine learning* tenemos:

Aprendizaje supervisado:

Este aprendizaje se basa en el concepto básico de funciones, donde cada entrada de dato está representado por una etiqueta y esta es utilizada por el algoritmo para aprender en qué casos es válida la etiqueta y en cuáles no.

Básicamente con este aprendizaje, el algoritmo acepta como maestro a un humano experto en el área para así actuar de la manera que este le enseña para así identificar patrones similares en un futuro.

Esta forma de aprendizaje solamente es funcional si existe la manera de obtener datos etiquetados para enseñarles al algoritmo.

Entre los algoritmos más comunes para esto tenemos:

- Árbol de decisiones
- Regresión lineal
- Redes de neuronas

Aprendizaje no supervisado:

Puede darse el caso de que no se posean las etiquetas de una entrada de datos para un algoritmo a causa de que puede ser muy costoso o simplemente porque no se cuentan con humanos expertos para identificar cuáles etiquetas pertenecen a cada entrada.

En este aprendizaje hasta el humano podría sorprenderse de las conclusiones con las cuales sale el algoritmo estudiante, ya que los patrones, grupos y reglas serán definidos por el mismo algoritmo.

El algoritmo más conocido de este tipo es: *k-means clustering*.

Aprendizaje semi-supervisado:

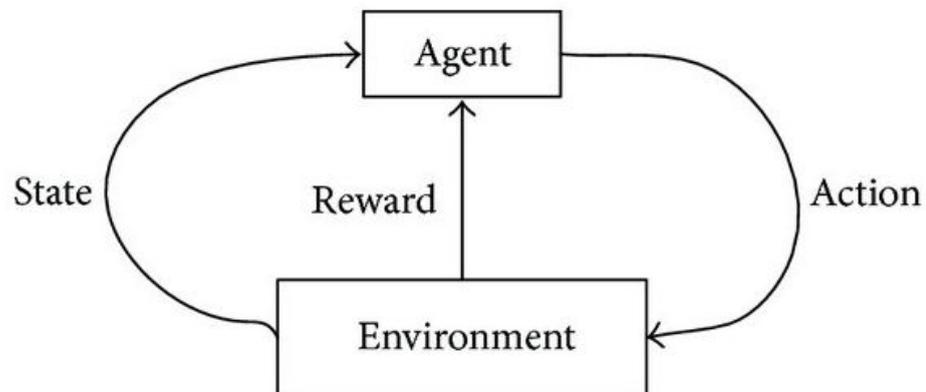
Este es un caso intermedio entre el aprendizaje supervisado y el no supervisado donde algunos datos de entrada tienen etiquetas y otros no, es usualmente usado cuando los datos de entradas son muy amplios y no se poseen los recursos para etiquetar todos los datos de entrada.

Aprendizaje de reforzamiento:

Este aprendizaje es el más parecido al aprendizaje humano, ya que se basa en la observaciones y la interacción con el medio para tomar acciones y decisiones que maximicen o minimicen los riesgos de que un evento suceda en un contexto en específico.

Este tipo de aprendizaje va directamente relacionado con la inteligencia artificial, ya que permite al algoritmo determinar automáticamente un comportamiento dado en un contexto en específico, tal como una persona.

Figura 1 - Diagrama de aprendizaje de reforzamiento



Este diagrama de aprendizaje de reforzamiento expresa como un agente o algoritmo toma acciones sobre el estado de un ambiente basado en observaciones para afectar de manera positiva o negativa.

Entre los algoritmos más usados tenemos:

- *Q-Learning*
- Diferencia Temporal (TD)
- Redes adversas profundas

Algoritmo Q-Learning

El algoritmo *Q-Learning* es una técnica del aprendizaje de reforzamiento utilizado en *machine learning* para encontrar una política óptima, que le solicita a un agente tomar una decisión bajo ciertas circunstancias.

Este algoritmo está basado en una técnica libre de modelo, que no requiere que se le incluya un modelo inicial para poder aprender y encontrar una política óptima.

Si el proceso de toma de decisiones es finito, el algoritmo eventualmente encuentra una política óptima en base a valor total de todas las recompensas obtenidas de los pasos exitosos, comenzando por el estado inicial.

El algoritmo básico utiliza las siguientes variables:

- Valor antiguo
- El ritmo de aprendizaje
- La recompensa
- El factor de descuento
- Un estimador óptimo del valor futuro

Figura 2 - Algoritmo Q-Learning

$$Q^{new}(s_t, a_t) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot \underbrace{Q(s_t, a_t)}_{old\ value} + \underbrace{\alpha}_{learning\ rate} \cdot \left(\underbrace{r_t}_{reward} + \underbrace{\gamma}_{discount\ factor} \cdot \underbrace{\max_a Q(s_{t+1}, a)}_{estimate\ of\ optimal\ future\ value} \right)$$

learned value

Esta figura muestra la fórmula con todas las variables incluidas en el algoritmo *Q-Learning*, entre ellas el valor antiguo, el ritmo de aprendizaje, la recompensa, el factor de descuento, y una predicción del siguiente valor de Q.

John Haugeland (1988)

La Inteligencia artificial es una cosa nueva y diferente porque las computadoras actualmente hacen algo muy parecido a lo que se supone que hace la mente. Nuestra computadora podría tener una “mente propia”, dice John Haugeland en su investigación sobre tecnología moderna en el año 1988.

La inteligencia artificial, también conocida como inteligencia computacional, es aquella exhibida por las máquinas, donde una máquina “inteligente” ideal es un agente racional flexible que puede percibir su entorno y llevar acciones que permitan realizar con éxito una tarea o objetivo.

Al día de hoy aquellas máquinas que utilizan inteligencia artificial son aquellas que poseen funciones cognitivas que los humanos asociamos como otras mentes humanas, ya que les permite aprender y resolver problemas de forma automática.

La tecnología según avanza va descartando el término de inteligencia artificial en usos comunes como el reconocimiento óptico de caracteres o *robots* de ajedrez que funcionen por sí mismos, ya que realmente la inteligencia artificial se basa en la toma de decisiones más que en seguir un algoritmo estático para tomar dichas decisiones.

Los dos puntos más importantes para la inteligencia artificial es que la máquina o algoritmo sea capaz de razonar y actuar dependiendo de su entorno y contexto.

En conjunto con Nils John Nilsson, se definió que los cuatro pilares básicos en los que se apoya la inteligencia artificial son:

- La búsqueda del estado requerido en un conjunto de estados producidos por acciones posibles
- Los algoritmos genéticos
- Las redes neuronales artificiales
- El razonamiento mediante una lógica formal análogo al pensamiento abstracto humano

Definición de términos

Semáforo

Es un dispositivo de señalización luminosa que se encarga de regular el tráfico en las vías públicas y que se basa en generalmente 3 luces (Rojo, Verde y Amarillo). Diccionario de la real academia española.

Semáforo inteligente

Son aquellos semáforos que cuentan con inteligencia artificial en su software y que poseen una serie de herramientas, como sensores, cámaras e internet para poder tomar decisiones razonables sobre el tránsito vehicular. Estas también cuentan con paneles solares incluidos que tienen la función de brindar energía en caso de la ocurrencia de un fallo eléctrico.

Inteligencia Artificial

Es ese nuevo y apasionado esfuerzo por hacer pensar a las computadoras. Haugeland, J. (1988). Inteligencia artificial. México, D.F: Siglo Veintiuno Editores.

Internet

Es una red de computadoras, localizadas en casi todos los países del mundo. Esta permite interconectar de manera directa cada uno de estos dispositivos procesadores con la intención de enviar y recibir paquetes de datos. Restrepo, J. (2006). Internet para todos. New York: Vintage.

Sensores

Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Bănică, Florinel-Gabriel (2012). Chemical Sensors and Biosensors: Fundamentals and Applications. Chichester, UK: John Wiley & Sons. p. 576.

Contaminación

La contaminación es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso. Spengler, John D. and Sexton, Ken (1983) "Indoor Air Pollution: A Public Health Perspective" Science (New Series) 221(4605): pp. 9-17.

Embotellamiento

Acumulación excesiva de personas o vehículos que impide la circulación normal por un lugar. Andrew Downie (21 de abril de 2008), The World's Worst Traffic Jams.

Machine Learning

Es una teoría que ayuda a procesar los datos en conocimiento. Alpaydin, E. (2016). Machine learning : the new AI. Cambridge, MA: MIT Press.

(CO₂) Dióxido de Carbono

Gas incoloro y vital para la vida en la Tierra. Este compuesto químico se encuentra en la naturaleza y está compuesto de un átomo de carbono unido con enlaces covalentes dobles a dos átomos de oxígeno. Fuentes naturales incluyen volcanes, aguas termales, géiseres y es liberado por rocas carbonatadas al diluirse en agua y ácidos. Diccionario de la real academia española.

(CH₄) Metano

Gas incoloro, inodoro y muy inflamable, más ligero que el aire, que en la naturaleza se produce por la descomposición de la materia orgánica, especialmente en los pantanos, y se desprende del gas del petróleo, del gas de las turberas, del grisú de las minas de carbón, etc.; se emplea como combustible y para producir cloruro de hidrógeno, amoníaco, acetileno y formaldehído. Diccionario de la real academia española.

Hipótesis

La investigación se basa en una hipótesis fundamental:

“Entre menos adaptado a los cambios este el sistema de control de tránsito, mayor será la cantidad de embotellamientos vehiculares en la ciudad de Santo Domingo.”

La ciudad de Santo Domingo es la capital de la República Dominicana, por lo tanto, es una de las provincias con mayor población y sin lugar a duda es aquella que posee más vehículos personales. Contando con más de un 41% de los vehículos del país según el censo del 2018, Dirección General de Impuestos Internos (11 de mayo del 2018).

Figura 3 - Parque vehicular de la República Dominicana

Provincia	Tipo de Vehículo								Total
	Automóviles	Autobuses	Jeep	Carga	Motocicletas	Volteo	Máquinas Pesadas	Otros	
Azua	0.7%	1.0%	0.8%	1.3%	1.6%	1.4%	0.6%	0.5%	1.3%
Bahoruco	0.3%	0.5%	0.4%	0.3%	0.5%	0.6%	0.1%	0.1%	0.4%
Barahona	0.6%	0.8%	0.8%	0.8%	1.4%	1.0%	0.3%	0.8%	1.1%
Dajabón	0.3%	0.3%	0.5%	0.6%	0.6%	0.5%	0.5%	0.2%	0.5%
Distrito Nacional	36.7%	33.8%	30.0%	35.1%	15.9%	32.7%	47.9%	54.1%	24.6%
Duarte	2.3%	2.0%	2.0%	2.8%	4.4%	2.1%	4.7%	1.1%	3.5%
El Seibo	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.9%	0.5%	0.3%	0.1%	0.6%
Eliás Piña	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.2%	0.1%	0.3%
Españolat	1.9%	1.6%	2.5%	2.8%	2.9%	2.1%	0.8%	1.0%	2.6%
Hato Mayor	0.3%	0.6%	0.5%	0.6%	1.0%	0.7%	0.7%	0.2%	0.8%
Hermanas Mirabal	0.8%	0.8%	1.1%	1.1%	1.7%	1.0%	1.0%	0.3%	1.3%
Independencia	0.2%	0.4%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.1%	0.1%	0.2%
La Altagracia	1.4%	3.4%	2.5%	2.4%	4.0%	2.8%	1.5%	1.3%	3.1%
La Romana	1.6%	2.5%	2.0%	1.7%	4.0%	1.9%	1.9%	1.2%	3.0%
La Vega	2.9%	2.5%	3.8%	4.0%	7.6%	4.5%	5.2%	1.6%	5.7%
María Trinidad Sánchez	0.8%	0.7%	0.9%	1.1%	2.3%	1.4%	1.4%	0.3%	1.6%
Monseñor Nouel	1.1%	1.3%	1.6%	1.3%	2.9%	1.8%	1.0%	0.8%	2.1%
Monte Cristi	0.5%	0.4%	0.8%	1.1%	4.2%	0.9%	2.3%	0.6%	2.6%
Monte Plata	0.6%	1.0%	0.8%	0.9%	1.0%	1.0%	0.5%	0.2%	0.9%
Pedernales	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	0.0%	0.2%	0.1%
Peravia	1.0%	1.5%	1.2%	1.4%	1.8%	1.9%	0.6%	1.2%	1.5%
Puerto Plata	2.1%	2.9%	3.7%	2.6%	3.1%	3.1%	1.3%	1.9%	2.9%
Samaná	0.3%	0.8%	0.7%	0.5%	1.1%	1.5%	0.2%	0.1%	0.8%
San Cristóbal	3.2%	3.4%	3.7%	3.4%	6.2%	4.9%	1.7%	4.3%	4.9%
San José de Ocoa	0.2%	0.3%	0.4%	0.4%	0.6%	0.6%	0.1%	0.1%	0.5%
San Juan	1.2%	1.2%	1.2%	1.3%	2.0%	1.9%	2.0%	0.4%	1.6%
San Pedro de Macorís	1.5%	2.2%	1.8%	1.5%	3.4%	1.2%	1.0%	1.8%	2.6%
Sánchez Ramírez	1.1%	0.8%	0.9%	1.2%	1.5%	1.0%	1.7%	0.3%	1.3%
Santiago de los Caballeros	11.2%	7.6%	13.1%	9.9%	6.3%	10.9%	7.6%	7.3%	8.5%
Santiago Rodríguez	0.3%	0.4%	0.6%	0.8%	0.6%	0.6%	0.3%	0.6%	0.6%
Santo Domingo	23.5%	24.0%	19.7%	16.4%	12.8%	13.4%	11.4%	16.4%	16.4%
Valverde	1.0%	0.9%	1.2%	1.6%	2.8%	1.2%	1.4%	0.5%	2.1%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Parque vehicular de la República Dominicana según provincia y clase de vehículo al 31 de diciembre de 2017 en porcentajes, DGII.

Cada día hay más vehículos que transitan por las calles de Santo Domingo, lo que quiere decir que hay cambios en la cantidad de vehículos y la forma como transitan por la ciudad constantemente, sin embargo, los semáforos no han cambiado en años y siempre funcionan de la misma manera, lo cual no trae beneficios, sino todo lo contrario.

Variables de investigación

Afectados:

Son aquellas personas que son perjudicadas por la situación actual.

Indicadores

- Tiempo perdido
- Combustible perdido

Técnicas de medición

- Encuesta

Beneficios:

Son bienes que se hacen o se reciben.

Indicadores

- Tiempo ahorrado
- Combustible ahorrado

Técnicas de medición

- Encuesta

Intervinientes:

Son aquellas personas que influyen en la situación actual.

Indicadores

- La capacidad de respuesta al cambio
- El uso de nuevas tecnologías

Técnicas de medición

- Encuesta

Consecuencias:

Son las repercusiones que trae consigo la problemática.

Indicadores

- Impacto ambiental
- Impacto social

Técnicas de medición

- Encuesta

Plan de mejora:

Es el remedio estructurado que podría ser utilizado para resolver el problema actual.

Indicadores

- Impacto
- Confiabilidad
- Usabilidad
- Seguridad
- Complejidad
- Recursos necesarios

Técnicas de medición

- Encuesta

Resumen del Capítulo I

En el capítulo I pudimos observar el marco teórico el cual se basa esta investigación de análisis sobre la propuesta de implementación de semáforos automatizados en la ciudad de Santo Domingo en el periodo de mayo a agosto 2018 donde se mostró que estudios anteriores como el del Dr. Jürgen Krimmling del Instituto de Telemática del Tráfico de la Universidad Técnica de Dresde Alemania forman parte directa de los antecedentes de la investigación, donde se muestra como aquellas variables no tomadas por los semáforos convencionales podrían afectar de manera directa el flujo de los vehículos dentro de la ciudad, tales como:

- Velocidad promedio de los vehículos en cada vía
- Uso del combustible
- Temperatura
- Tiempo del día
- Distancia entre los vehículos
- Cantidad de vehículos

También se vieron las bases teóricas de la investigación tales como:

- El daño ambiental causado por gases tóxicos por la Dra. Carmen Orozco Barrenetxea.
- La congestión vehicular y sus efectos dentro de una ciudad en crecimiento por Andrew Downie y su estudio en Sao Paulo, Brazil.
- El uso y la forma en cómo funcionan los sensores por Honeywell.
- El maravilloso nuevo mundo con el *machine learning* y su ilimitado uso en el día a día por Ethem Alpaydin.
- El concepto básico de lo que es la inteligencia artificial y en que se basa por John Haugeland.

Se definieron los siguientes términos que son importantes para que se entienda la investigación:

- Semáforo
- Semaforo inteligente
- Inteligencia artificial
- Internet
- Sensores
- Contaminación

- Embotellamiento
- Machine learning
- Dióxido de carbono
- Metano

En el capítulo también se expresó la hipótesis de la investigación haciendo énfasis que el crecimiento del parque vehicular en la república dominicana es constante. Consigo también las variables de investigación:

- Afectados
- Beneficios
- Intervinientes
- Consecuencias
- Plan de mejora

CAPÍTULO II - METODOLOGÍA

Introducción del Capítulo II

Antes de realizar cualquier tipo de investigación, es necesario conocer a que realmente se le llama investigación, el cual se define como un proceso organizado que tiene como propósito dar respuesta a una pregunta o hipótesis. Además de que se describirán los métodos que se utilizaron para esta investigación.

Este capítulo tendrá como base explicar de forma explícita cuál fue la metodología utilizada en la investigación para expresar las conclusiones y recomendaciones que se mostrarán al final del trabajo.

También en este capítulo de la investigación están definidas las personas que fueron los sujetos de estudio para en análisis, es decir, definiendo la población y la muestra. Al mismo tiempo, se explicará cómo se procesó la información recolectada y presentada mediante técnicas de investigación.

Investigación científica

El diseño de la investigación será del tipo no-experimental, ya que en esta se realizará un análisis sobre la situación actual y se identificarán los recursos necesarios y la complejidad de una solución al respecto con la limitante de no realizar un experimento sobre la misma, dígase, implementar o probar dichas soluciones sobre una población en específico durante un tiempo determinado.

El enfoque de la investigación será del tipo mixto, ya que serán incluidos datos de tipo cuantitativos y cualitativos por las diferentes técnicas de recopilación de datos que serán utilizados. Los datos cualitativos son importantes para esta investigación, ya que este es un tema que afecta socialmente en la ciudad de Santo Domingo y debe ser medido a través de los comentarios de las personas. Los datos cuantitativos también son muy importantes, ya que en base a la cantidad de vehículos en horas pico se podrían realizar cálculos de cómo podría ser todo esto organizado para que los embotellamientos mermen en su totalidad.

La orientación de la investigación será del tipo transversal, ya que solo se tomará en cuenta la situación durante el tiempo de la investigación.

Esta investigación será de tipo descriptiva, ya que en la misma se explorará la situación actual sobre los embotellamientos en la ciudad de Santo Domingo y también se describirán los hechos y/o causas que provocan esta problemática para identificar los recursos necesarios y la complejidad de la solución.

Las investigaciones de tipo descriptiva son aquellas que utilizan la descripción como la representación de hechos o eventos por medio del lenguaje, de modo tal que al leer o escuchar las expresiones verbales, se puede evocar el evento representado o figurado. En la descripción se pueden utilizar cualquier variedad del lenguaje tales como escritos, gráficos, ilustraciones y símbolos. Dicho por El Dr. Luis Amado Gutiérrez en el año 2006.

Métodos de investigación

La investigación utilizará los siguientes métodos:

Análisis

Es conocido como un método cada vez más perfecto y en constante mejora que se basa en la deducción y en el esfuerzo de interpretación. Según Laurence Bardin (1991).

En este trabajo de investigación se analizará la información, para hacer las descripciones de las causas del problema y la posible solución.

Síntesis

Segun Leopoldo-Eulogio Palacios (2005) es considerado como una inversión al análisis, ya que es un texto perfectamente comprensible por sí mismo.

En este trabajo de investigación serán acoplados los datos adquiridos del análisis, creando así información que será de utilidad para la investigación.

Estadístico

Segun Alicia Garrido Luque y Jose Luis Alvaro (1995), un análisis estadístico tiene como principal función organizar los datos y el cálculos de índices numéricos para una muestra.

En esta investigación se utilizará para seleccionar las muestras de población para las entrevistas y encuestas, además de los gráficos estadísticos que serán incluidos en la investigación.

Inducción

Segun Cesar Augusto Bernal Torres (2006), este método utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general.

En esta investigación se partirá de un problema principal del cual se le podrá encontrar causas, hechos y posibles soluciones.

Descripción del ámbito de la investigación

La población, según Mario Tamayo y Tamayo (2001), es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación.

Para esta investigación, tomando en cuenta los datos estadísticos de la ciudad de Santo Domingo proporcionados por la Oficina Nacional de Estadística (ONE) y la Dirección General de Impuestos Internos (DGII), se toma como población los 1,614,841 conductores y los 1,380,370 peatones haciendo una suma total de 2,995,211 habitantes en la ciudad de Santo Domingo según el censo realizado a finales del 2017.

El segmento a tomar en cuenta para la investigación está basado en los conductores frecuentes y peatones en la ciudad de Santo Domingo.

La muestra, según Mario Tamayo y Tamayo (2001), descansa en el principio de que las partes representan el todo y por tanto refleja las características que definen la población de la cual fue extraída, lo cual nos indica que es representativa.

Para esta investigación se utilizó un cálculo de muestra básico aleatorio que concluyó con que el total de encuestas a realizar debe ser alrededor de 384 donde un 53.91% corresponde a conductores y el 46.09% restante corresponde a los peatones.

A continuación el detalle del cálculo de la muestra:

Segmento	Conductores frecuentes en la ciudad de Santo Domingo
	Peatones en la ciudad de Santo Domingo
Universo	Aproximadamente 1,614,841 conductores frecuentes
	Aproximadamente 1,380,370 peatones

Clasificación	VR	%	Encuestas
Conductores frecuentes	1,614,841	53.91%	207
Peatones	1,380,370	46.09%	177
Total	2,995,211	100%	384

Fórmula a utilizar: $n = [(Z^2 \times P \times Q \times N) / ((E^2 \times (N - 1)) + (Z^2 \times P \times Q))]$

Variables:

Grado de confianza: $Z^2 = 1.96^2 = 3.8416$

Segmento investigado: $P = 50\% = 0.5$

$Q = 50\% = 0.5$

$E^2 = 5\%^2 = 0.05^2 = 0.0025$

Universo: $N = 2,995,211$

Operación:

$n = (3.8416 \times 0.5 \times 0.5 \times 2,995,211) / ((0.0025 \times (2,995,211 - 1)) + (3.8416 \times 0.5 \times 0.5))$

Resultado:

$384.11 \approx 384$

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Las técnicas de recopilación de información que serán utilizadas en esta investigación son:

Observaciones

Parte de los datos que se utilizarán serán basados en observaciones que serán realizadas durante las horas pico en las calles centrales de la ciudad de Santo Domingo, Distrito Nacional. De esta forma se podrá observar la cantidad de vehículos y peatones durante las diferentes etapas de tiempo, también el tiempo promedio que los vehículos toman para llegar de un punto A a un punto B.

Encuestas

Estas se utilizarán con una población de conductores con preguntas cerradas, uno de los parámetros de las encuestas es ver el nivel de aceptación de una posible solución utilizando semáforos automáticos/inteligentes.

Revisión de documentos

Para la investigación se planea utilizar los documentos ya existentes sobre temas relacionados a la misma. También está planificado la solicitud de algunos de los datos a las mismas instituciones del estado, ya que estas poseen registros de los vehículos en la ciudad de Santo Domingo.

Tratamiento de la información

Los datos recopilados mediante las encuestas realizadas a la muestra, fueron analizados, interpretados y transformados a información útil, utilizando gráficos estadísticos de tipo pastel y tabla de datos para lograr un buen entendimiento de las conclusiones y recomendaciones mostradas al final de la investigación, estos están presentados en el capítulo III - Análisis del estudio.

Las entrevistas realizadas a cada una de las personas seleccionadas para la investigación también son incluidas en los análisis realizados dentro del capítulo III de la investigación, ya que forman parte del conjunto de datos que se toman en cuenta para el diseño de la solución.

Fuentes de documentación

Las fuentes de información a utilizar serán:

Primarias

- Los conductores frecuentes en la ciudad de Santo Domingo
- Los peatones en la ciudad de Santo Domingo

Secundarias

- Oficina para el Reordenamiento del Transporte
- Documentos con temas relacionados a la problemática y la solución disponibles en la biblioteca de la Universidad APEC y en Internet

Resumen del Capítulo II

En capítulo II hace referencia a la metodología a utilizar durante el transcurso del proyecto; se expresa que la investigación utilizará un tipo descriptivo no-experimental con un enfoque de tipo mixto donde se incluyen datos tanto de tipo cuantitativo como cualitativos.

La investigación tendrá una orientación de tipo transversal, ya que solo se tomará en cuenta el tiempo actual, dígame año 2018.

El capítulo menciona que los métodos a utilizar son:

- Análisis
- Síntesis
- Estadístico
- Inducción

Y que los instrumentos de las cuales se dispondrán son:

- Observaciones
- Encuestas
- Revisión de documentos

Las fuentes de documentación principales para esta investigación son los conductores frecuentes y los peatones en la ciudad de Santo Domingo. Por lo que fueron tomados como segmento de la población en general de la República Dominicana para definir la muestra que se utilizara para realizar las encuestas. El total de encuestas tentativo a realizar es de 384, que serán realizadas a conductores frecuentes y a peatones.

El capítulo también expresa que los datos adquiridos a través de estas encuestas y entrevistas serán analizados, interpretados y transformados en información útil en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO III - ANÁLISIS

Introducción del Capítulo III

El objetivo de este capítulo es analizar los datos obtenidos de la encuesta realizada a los habitantes de la ciudad de Santo Domingo sobre lo que opinan en cuanto al flujo vehicular dentro de la ciudad. Estos datos cuantitativos serán mostrados a través de gráficos en pastel y gráficos de barra para exponer de una forma más sencilla los resultados.

También se verá la propuesta que incluye semáforos inteligentes en la ciudad de Santo Domingo con una idea general de lo que ésta presenta, un documento visión, las especificaciones de los requerimientos de software, un estudio de factibilidad y un diagrama de dominio.

Análisis de los datos

Para el desarrollo de la encuesta se tomó como muestra un total de 384 habitantes aleatorios de la ciudad de Santo Domingo a través del portal web *Google Forms* o “Formularios de Google” siendo su traducción al español.

La encuesta realizada cuenta con 10 preguntas de selección múltiple que tiene los siguientes objetivos:

- Identificar los afectados por esta problemática
- Identificar beneficios de la solución al problema
- Determinar intervinientes en la problemática
- Identificar las consecuencias que trae consigo la problemática
- Ver el nivel de aceptación sobre el uso de la tecnología para resolver la problemática

Las preguntas incluidas en la encuesta son:

1. ¿Cual es su género?
2. ¿Cual es su edad?
3. ¿Posee usted un vehículo propio?
4. ¿Qué medio utiliza normalmente para desplazarse por la ciudad de Santo Domingo?
5. ¿Porque utilizas este medio para transportarse?
6. ¿Considera usted que el medio que utiliza para transportarse le presenta demoras a causa de la congestión vehicular en la ciudad?
7. Si su respuesta anterior afirma que si existe congestión vehicular, ¿Que daños considera usted esté causa y le preocupa?
8. ¿Considera que el medio que utiliza para transportarse podría ser más fluido?
9. ¿Quién considera usted es responsable de optimizar la fluidez de este medio de transporte?
10. ¿Apoyaría una solución que utilice la tecnología para optimizar la fluidez del medio que utiliza para transportarse?

Para ver más a detalle las respuestas disponibles por cada pregunta puede ver el “Anexo A - Encuesta”. A continuación una explicación detallada de los resultados obtenidos.

Datos de género

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, 188 personas seleccionaron el género “hombre” siendo un 49% del total, otras 184 personas seleccionaron el género “mujer” siendo un 48% del total y las 12 personas restantes seleccionaron “otro” siendo el 3% restante. (Ver Tabla 2, Figura 4 y Figura 5).

Al ver los resultados se puede concluir que la demografía es igual en porcentaje en hombres como en mujeres. El resultado de otros fue mucho menor, sin embargo, el mismo fue incluido en la encuesta con el fin de respetar la cultura no discriminante que expone la Universidad APEC (Institución primogénita de Acción Pro Educación y Cultura).

Tabla 2 - Datos de género en encuesta

Datos de género en encuesta		
Género	Personas	Porcentaje
Hombre	188	49%
Mujer	184	48%
Otros	12	3%
Total	384	100%

Tabla de datos sobre el género seleccionado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 4 - Gráfico pastel de género en encuesta

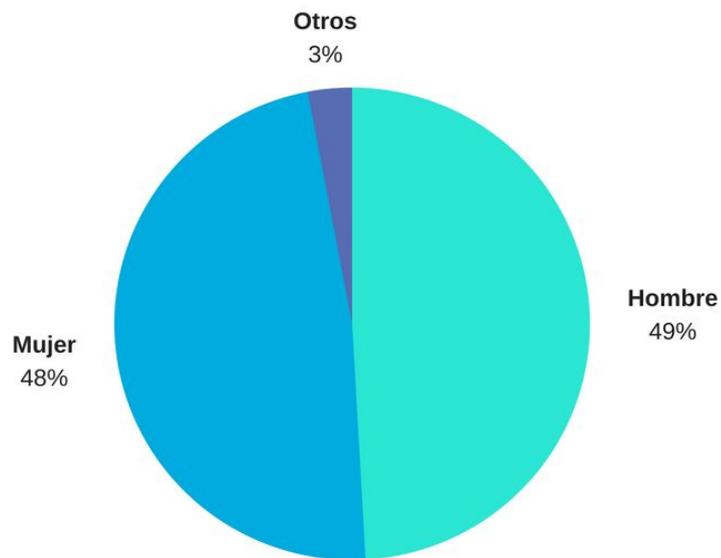


Figura en gráfico de pastel sobre los datos del género seleccionado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 5 - Gráfico de barra de género en encuesta

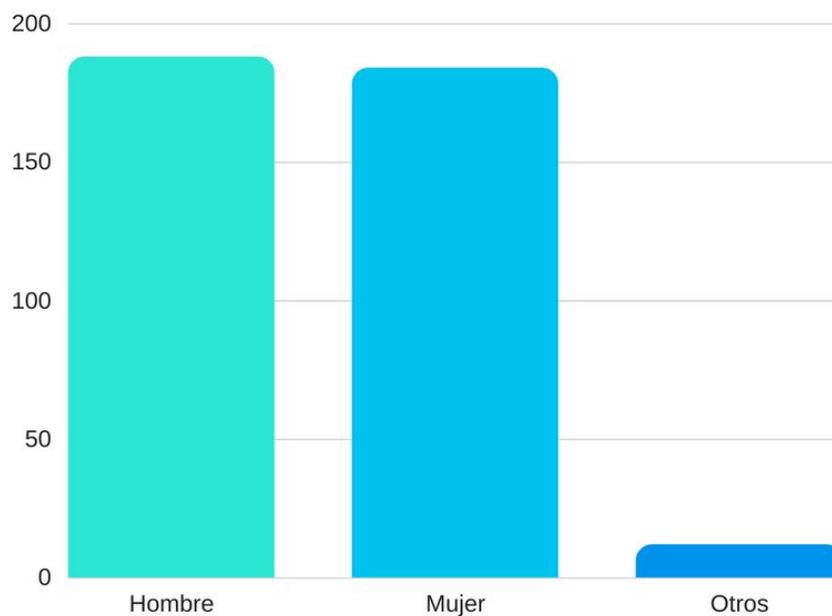


Figura en gráfico de barra sobre los datos del género seleccionado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos de edad

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, 165 personas tienen una edad entre 16 y 24 años siendo un 43% del total, otras 65 personas tienen una edad entre 25 y 30 años siendo un 17% del total, otras 77 personas tienen una edad entre 31 y 40 años siendo un 20% del total y las 77 personas restantes tienen una edad mayor a 41 años siendo el 20% restante. (Ver Tabla 3, Figura 6 y Figura 7).

Al ver los resultados se puede concluir que la demografía nos afirma que hay una gran cantidad de jóvenes que participaron en la encuesta y que su opinión sobre las demás preguntas es mayoritaria en comparación con las demás. Sin embargo, los adultos maduros, dígame mayores a 25 años, que ya tienen mucha más experiencia en las calles de la ciudad forman un 57% en conjunto que tendrá bastante impacto también sobre las preguntas siguientes.

Tabla 3 - Datos de edad en encuesta

Datos de edad en encuesta		
Edad	Personas	Porcentaje
16-24 años	165	43%
25-30 años	65	17%
31-40 años	77	20%
41 años o más	77	20%
Total	384	100%

Tabla de datos sobre la edad seleccionada en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 6 - Gráfico pastel de edad en encuesta

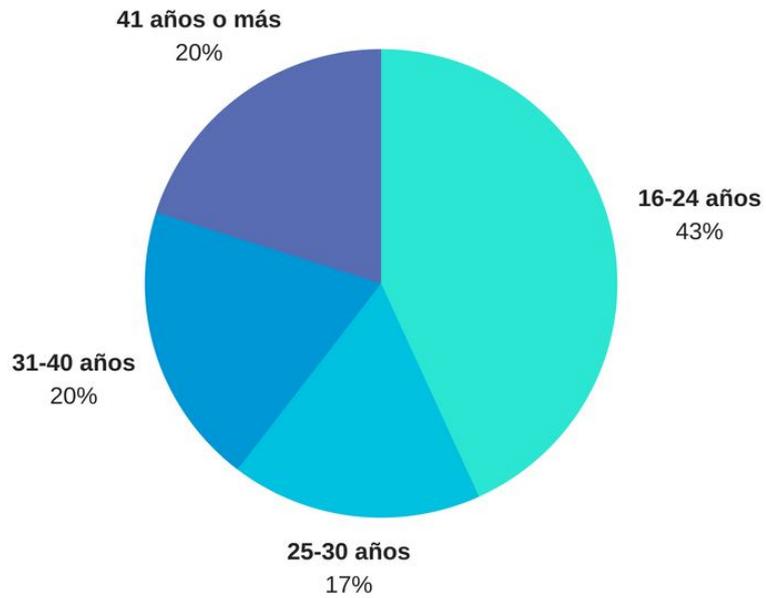


Figura en gráfico de pastel sobre los datos de la edad seleccionada en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 7 - Gráfico de barra de edad en encuesta

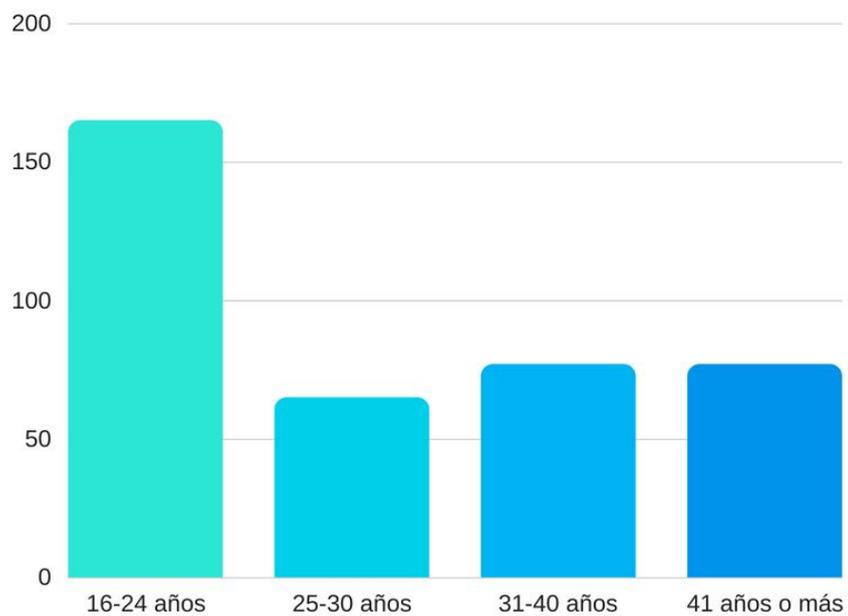


Figura en gráfico de barra sobre los datos de la edad seleccionada en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos de posesión de vehículo personal

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, 177 personas si poseen un vehículo personal siendo un 46% del total y las 207 personas restantes no poseen vehículo personal siendo el 54% restante. (Ver Tabla 4, Figura 8 y Figura 9).

Al ver los resultados se puede afirmar que la mayoría no posee vehículos, sin embargo, más adelante se especificará el medio que utilizan para movilizarse a través de la ciudad, siendo así, peatones que también son afectados por la problemática. Los conductores frecuentes, que sí poseen vehículos personales, forman un 46% del total y una fuente primordial para los resultados de este trabajo de investigación.

Tabla 4 - Datos de posesión de vehículo personal en encuesta

Datos de posesión de vehículo personal en encuesta		
Posee vehículo propio	Personas	Porcentaje
Sí	177	46%
No	207	54%
Total	384	100%

Tabla de datos sobre la posesión de vehículo personal seleccionado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 8 - Gráfico pastel de posesión de vehículo personal en encuesta

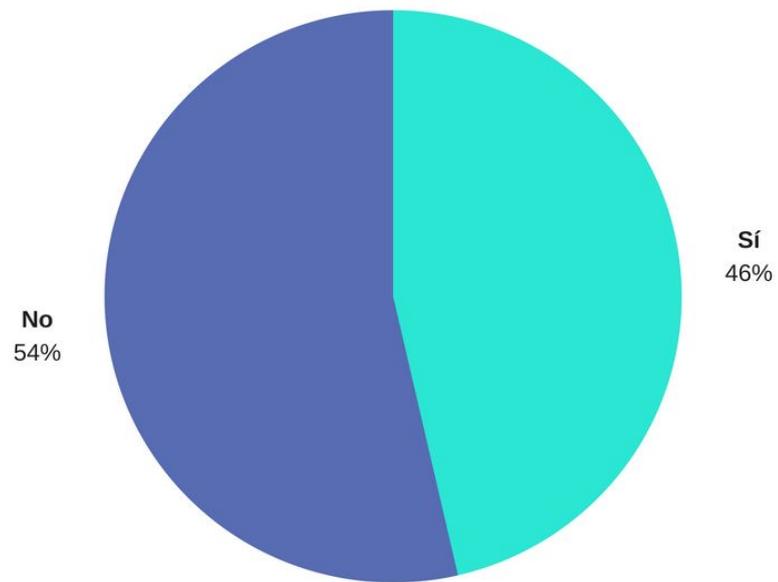


Figura en gráfico de pastel sobre los datos de posesión de vehículo personal seleccionado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 9 - Gráfico de barra de posesión de vehículo personal en encuesta

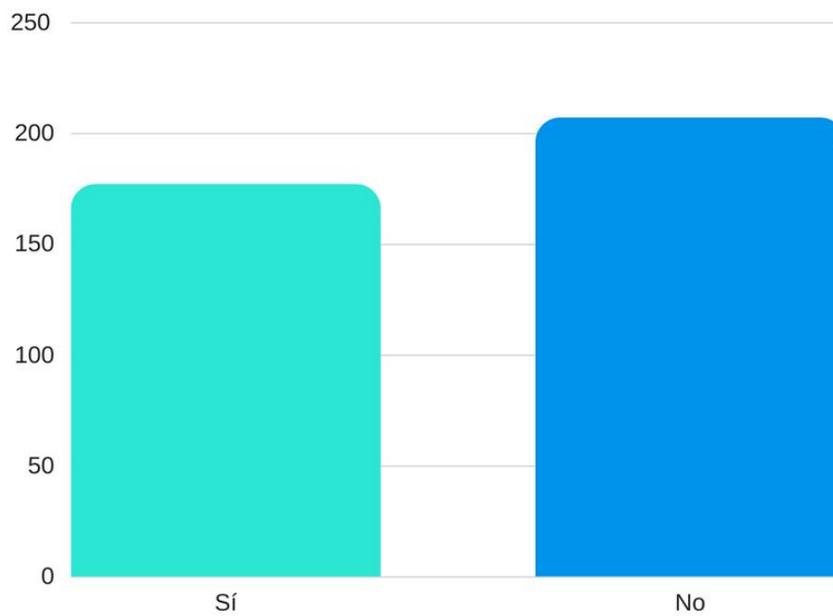


Figura en gráfico de barra sobre los datos de posesión de vehículo personal en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos de medio de transporte comúnmente usado

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, 184 personas utilizan sus vehículos para transitar en la ciudad siendo un 48% del total, 96 personas usan carros públicos siendo un 25% del total, 42 personas usan servicios de taxi siendo un 11% del total, 31 personas usan autobuses públicos siendo un 8% del total, 12 personas usan el metro siendo un 3% del total y las 19 personas restantes usan otros medios de transporte siendo el 5% restante. (Ver Tabla 5, Figura 10 y Figura 11).

Al ver los resultados se puede concluir que a pesar de haber solamente 177 personas que poseen vehículos, hay 184 personas que utilizan un vehículo personal, ya sea de la familia o el hogar para transportarse. También se puede apreciar que sumando el 48% de vehículos personales, 25% de carros públicos, 11% de taxis y 8% de autobuses públicos obtenemos un total de un 92% de tránsito terrestre a través de las calles de la ciudad.

Tabla 5 - Datos de medio de transporte comúnmente usado en encuesta

Datos de medio de transporte comúnmente usado en encuesta		
Medio de transporte	Personas	Porcentaje
Mi vehículo	184	48%
Carro público	96	25%
Taxi	42	11%
Autobús público	31	8%
Metro	12	3%
Otros	19	5%
Total	384	100%

Tabla de datos sobre el medio de transporte comúnmente usado seleccionado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 10 - Gráfico pastel del medio de transporte comúnmente usado en encuesta

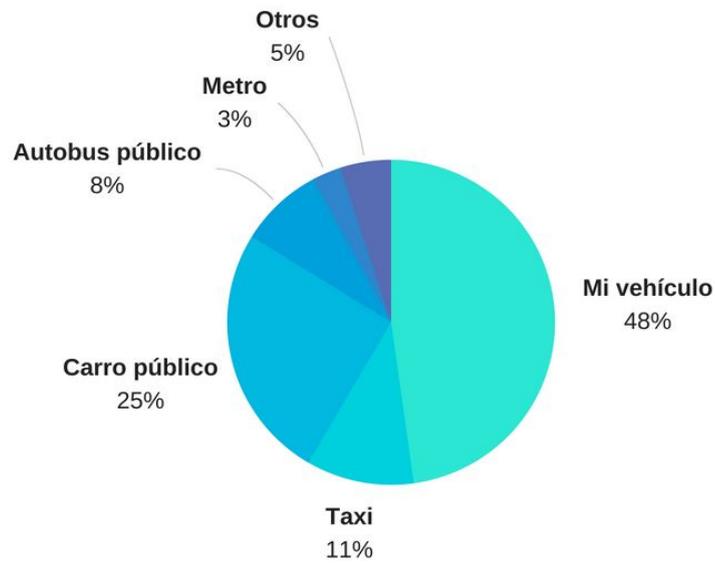


Figura en gráfico de pastel sobre el medio de transporte comúnmente usado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 11 - Gráfico de barra del medio de transporte comúnmente usado en encuesta

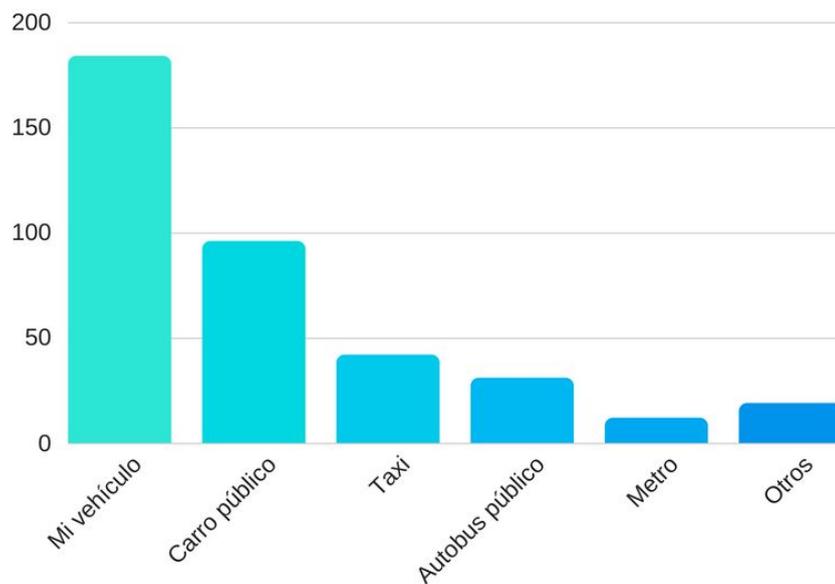


Figura en gráfico de barra sobre el medio de transporte comúnmente usado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, como opción de selección múltiple, 179 personas utilizan su medio de transporte porque es más rápido siendo un 46.5% del total, 149 personas utilizan su medio de transporte porque es más barato siendo un 38.8% del total, 190 personas utilizan su medio de transporte porque es más seguro siendo un 49.4% del total y 180 personas utilizan su medio de transporte porque es más cómodo siendo un 48.2% del total. (Ver Tabla 6, Figura 12).

Al ver los resultados se puede concluir que muchas personas, casi un 50% de la muestra, considera que la seguridad y la comodidad es lo más importante a tomar en cuenta para transitar por la ciudad. La segunda prioridad sería que es la forma más rápida de llegar de un punto A a un punto B y en última prioridad que sea más barato. Esto deja claro que el gasto monetario es tomado como baja prioridad a la hora de transitar por la ciudad. Sabiendo que el 48% de la muestra utiliza un vehículo personal como medio de transporte, tiene sentido que la prioridad sea la comodidad y la seguridad.

Tabla 6 - Datos sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado en encuesta

Datos sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado en encuesta		
Razón	Personas	Porcentaje
Es más rápido	179	46.5%
Es más barato	149	38.8%
Es más seguro	190	49.4%
Es más cómodo	185	48.2%

Tabla de datos sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 12 - Gráfico de barra sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado en encuesta

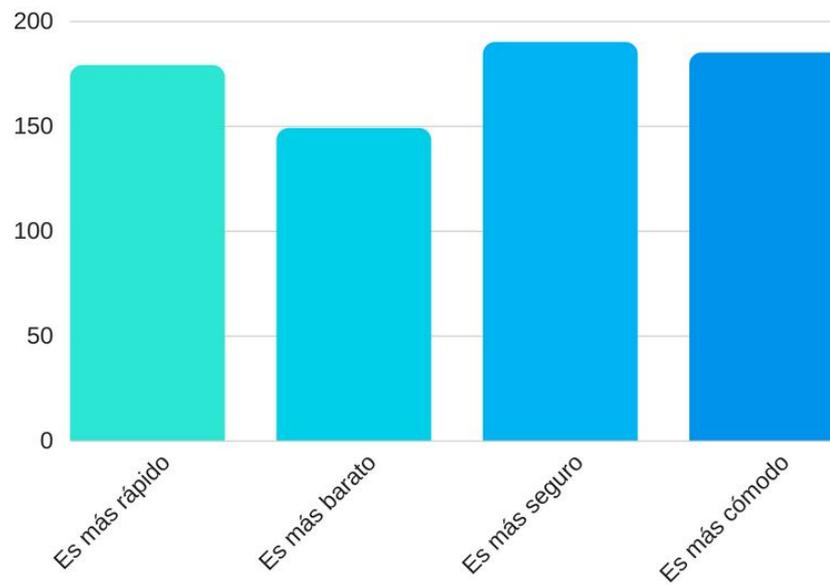


Figura en gráfico de barra sobre la razón por la cual utilizar el medio de transporte seleccionado en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos de demora a causa de la congestión vehicular en la ciudad

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, 208 personas consideran que muchas veces hay congestión vehicular y que esta le provoca demora siendo un 54% del total, otras 97 personas consideran que normalmente hay congestión vehicular y que esta le provoca demora siendo un 25% del total, otras 50 personas consideran que algunas veces hay congestión vehicular y que esta le provoca demora siendo un 13% del total, otras 11 personas consideran que pocas veces hay congestión vehicular y que esta le provoca demora siendo un 3% del total y las 18 personas restantes consideran que nunca hay congestión vehicular y que esta no les provoca demora siendo un 5% del total. (Ver Tabla 7, Figura 13 y Figura 14).

Al ver los resultados, queda claro que la mayoría, un 79% de la muestra, considera que la congestión vehicular es algo normal en la ciudad y que este les ocasiona demoras para llegar a su punto de destino. Teniendo en cuenta que un 92% de la muestra transita de forma terrestre a través de las calles de la ciudad con diferentes medios de transporte (vehículo propio, taxis, carros públicos y autobuses públicos), es preocupante saber que la mayoría de estas personas afirmen que haya congestión vehicular y que estas les cause demora, ya que el flujo vehicular es muy lento.

Tabla 7 - Datos de demora a causa de la congestión vehicular en encuesta

Datos de demora a causa de la congestión vehicular en encuesta		
Congestión vehicular	Personas	Porcentaje
Muchas veces	208	54%
Normalmente	97	25%
Algunas veces	50	13%
Pocas veces	11	3%
Nunca	18	5%
Total	384	100%

Tabla de datos de demora a causa de la congestión vehicular en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 13 - Gráfico pastel de demora a causa de la congestión vehicular en encuesta

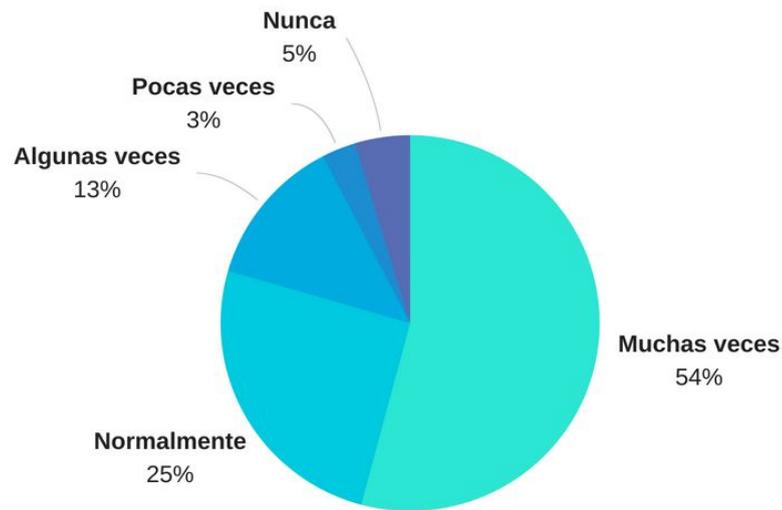


Figura en gráfico pastel de demora a causa de la congestión vehicular en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 14 - Gráfico de barra de demora a causa de la congestión vehicular en encuesta

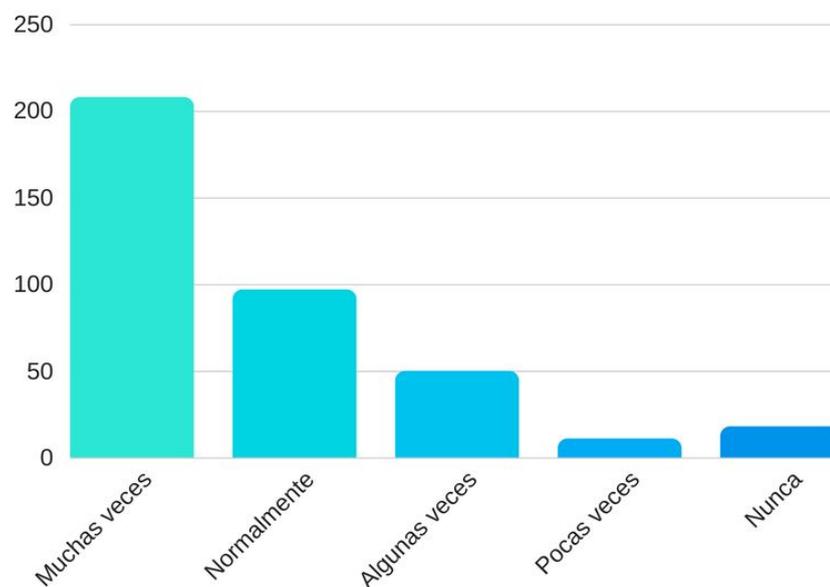


Figura en gráfico de barra de demora a causa de la congestión vehicular en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos sobre daños causados por la congestión vehicular

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, como opción de selección múltiple, 273 personas consideran que la congestión vehicular causa mucho daño al medio ambiente siendo un 71.2% del total, otras 299 personas consideran que la congestión vehicular les hace perder mucho tiempo siendo un 77.9% del total, otras 231 personas consideran que la congestión vehicular les hace perder combustible siendo un 60.1% del total, otras 181 personas consideran que la congestión vehicular provoca ruidos innecesarios en la ciudad siendo un 47.2% del total y por último 160 personas consideran que la congestión vehicular causa daños a la salud siendo un 41.7% del total. (Ver Tabla 8, Figura 15).

Al ver los resultados, queda claro que las personas en la ciudad de Santo Domingo consideran que los principales problemas que ocasiona la congestión vehicular en la ciudad son la pérdida de tiempo y el daño al medio ambiente. Como se pudo observar en los datos anteriores, casi el 80% de las personas consideran que la congestión vehicular es algo que ocurre muchas veces y/o normalmente, por lo que estas consecuencias afectan a diario a todos los habitantes de la ciudad.

Tabla 8 - Datos sobre daños causados por la congestión vehicular en encuesta

Datos sobre daños causados por la congestión vehicular en encuesta		
Consecuencia	Personas	Porcentaje
Daño al Medio ambiente	273	71.2%
Pérdida de tiempo	299	77.9%
Pérdida de combustible	231	60.1%
Ruido innecesario	181	47.2%
Daño a la salud	160	41.7%

Tabla de datos sobre daños causados por la congestión vehicular en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 15 - Gráfico de barra sobre daños causados por la congestión vehicular en encuesta

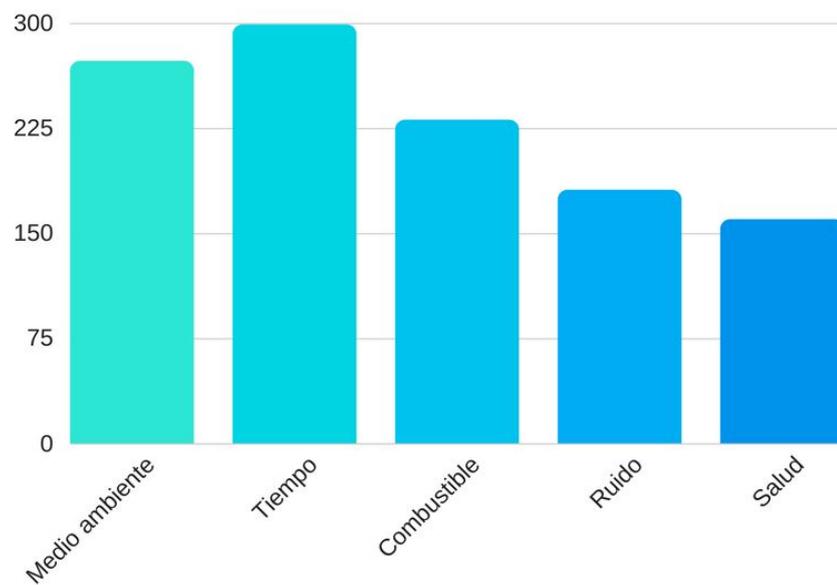


Figura en gráfico de barra sobre daños causados por la congestión vehicular seleccionados en la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, 365 personas consideran que la fluidez del medio de transporte que utilizan puede ser mucho mejor siendo un 95% del total y las 19 personas restantes consideran que la fluidez del medio de transporte que utilizan no puede mejorarse ya que está optimizado siendo un 5% del total. (Ver Tabla 9, Figura 16 y Figura 17).

Al ver los resultados, queda claro que la mayoría considera que se puede mejorar la fluidez de los vehículos dentro de la ciudad, provocando así menos congestión vehicular y menos consecuencias negativas que esta trae. Conociendo que más de un 92% de la muestra transita de forma terrestre a través de la ciudad usando medios de transporte como sus vehículos personales, carros públicos, autobuses públicos y taxis, queda claro que en esta pregunta hicieron mucho efecto, en cuanto al 5% restante que considera que no puede ser más fluido es porque utilizan medios de transportes tales como el Metro u otros, que no son afectados de forma directa por la congestión vehicular.

Tabla 9 - Datos sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta

Datos sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta		
¿Puede ser mejor?	Personas	Porcentaje
Sí	365	95%
No	19	5%
Total	384	100%

Tabla de datos sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 16 - Gráfico pastel sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta

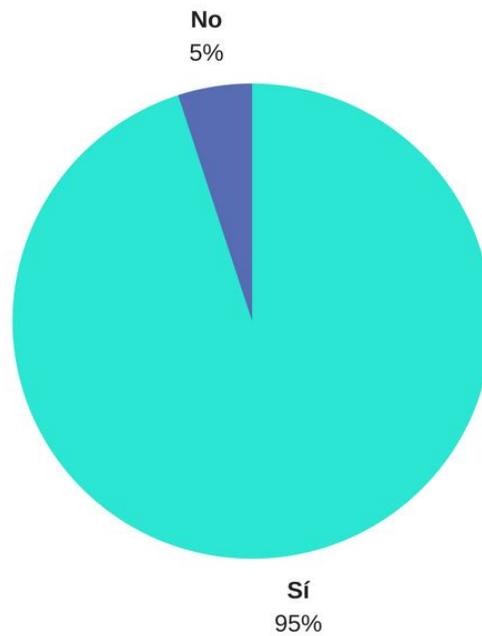


Figura en gráfico pastel sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 17 - Gráfico de barra sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta

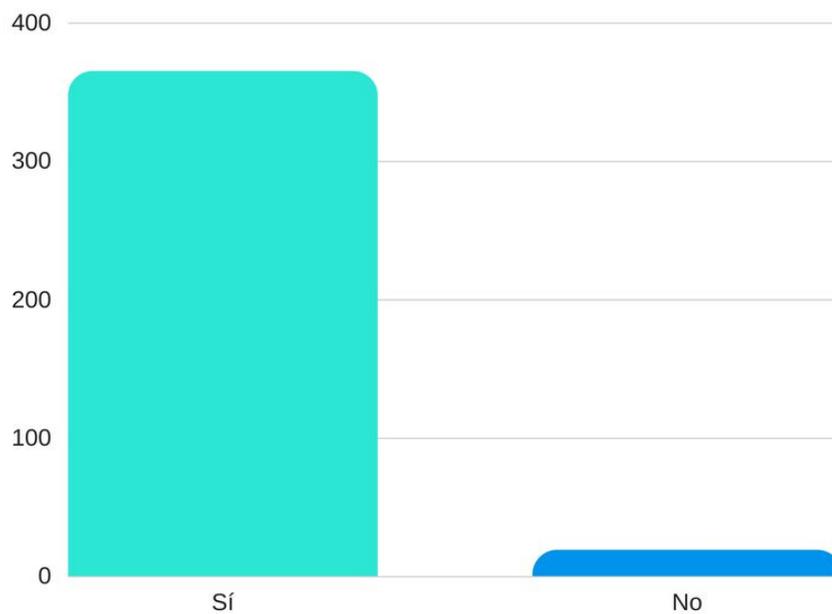


Figura en gráfico de barra sobre la fluidez del medio de transporte en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, 138 personas consideran que la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad recae sobre la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET) siendo un 36% del total, otras 138 personas consideran que la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad recae sobre el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT) siendo un 36% del total, otras 81 personas consideran que la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad recae sobre la Oficina para el Reordenamiento del Transporte (ORT) siendo un 21% y las 27 personas restantes consideran que la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad recae sobre otras entidades siendo el 7% restante del total. (Ver Tabla 10, Figura 18 y Figura 19).

Al ver los resultados, se puede observar que una gran parte considera que los 3 organismos creados para organizar el tránsito en la ciudad son los responsables de mejorar el flujo vehicular, ya que estos son aquellos con el poder para ejercer un cambio que provoque menos congestiones vehiculares.

El total de personas que considera que estos 3 organismos son los responsables suman un 93% del total de la muestra, tomando en cuenta que la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET) y el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT) tienen más peso que la Oficina para el Reordenamiento del Transporte (ORT).

Tabla 10 - Datos sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta

Datos sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta		
Organización	Personas	Porcentaje
AMET	138	36%
INTRANT	138	36%
ORT	81	21%
Otros	27	7%
Total	384	100%

Tabla de datos sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 18 - Gráfico pastel sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta

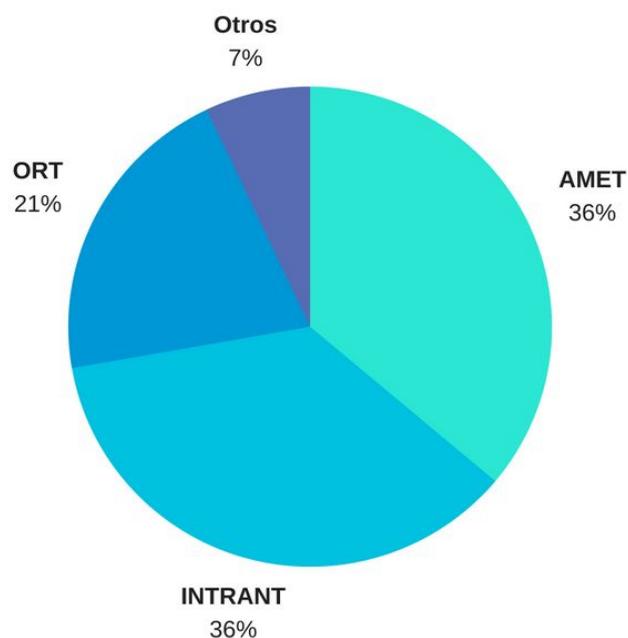


Figura en gráfico pastel sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 19 - Gráfico de barra sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta

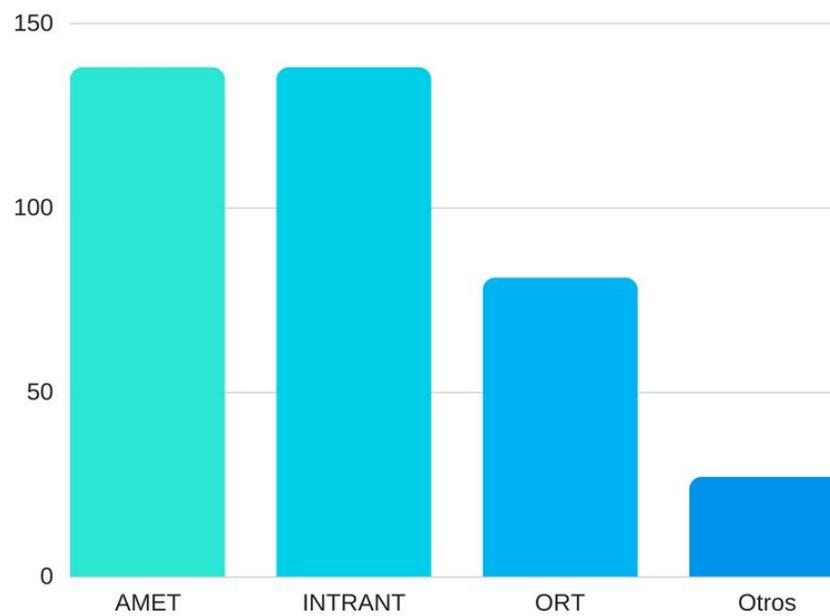


Figura en gráfico de barra sobre la responsabilidad de optimizar la fluidez de los medios de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Datos sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad

Según la encuesta realizada a 384 habitantes en la ciudad de Santo Domingo, 353 personas apoyan el uso de la tecnología para mejorar la fluidez del medio de transporte que utilizan siendo un 92% del total, otras 4 personas no apoyan el uso de la tecnología para mejorar la fluidez del medio de transporte que utilizan siendo un 1% del total y las 27 personas restantes no están seguros de si apoyan el uso de la tecnología para mejorar la fluidez del medio de transporte que utilizan siendo el 7% restante. (Ver Tabla 11, Figura 20 y Figura 21).

Al ver los resultados, se puede observar que la gran mayoría de las personas si apoyaría una solución que utilice la tecnología para mejorar el flujo de vehículos en la ciudad, siendo un 92% del total. Durante los últimos años la ciudad de Santo Domingo ha avanzado bastante en el ambiente tecnológico y conociendo que una gran parte de la muestra son jóvenes, no es extraño encontrarse con tan buena aceptación. El 8% restante que muestra cierta negación o duda sobre el uso de la tecnología es a causa de que necesitan conocer más a detalle la propuesta para poder aceptarla.

Tabla 11 - Datos sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta

Datos sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta		
¿Lo apoyaría?	Personas	Porcentaje
Sí	353	92%
No	4	1%
No estoy seguro	27	7%
Total	384	100%

Tabla de datos sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 20 - Gráfico pastel sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta

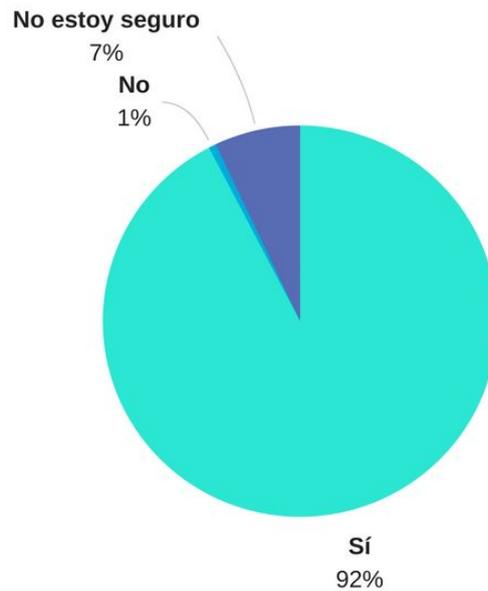


Figura en gráfico pastel sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Figura 21 - Gráfico de barra sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta

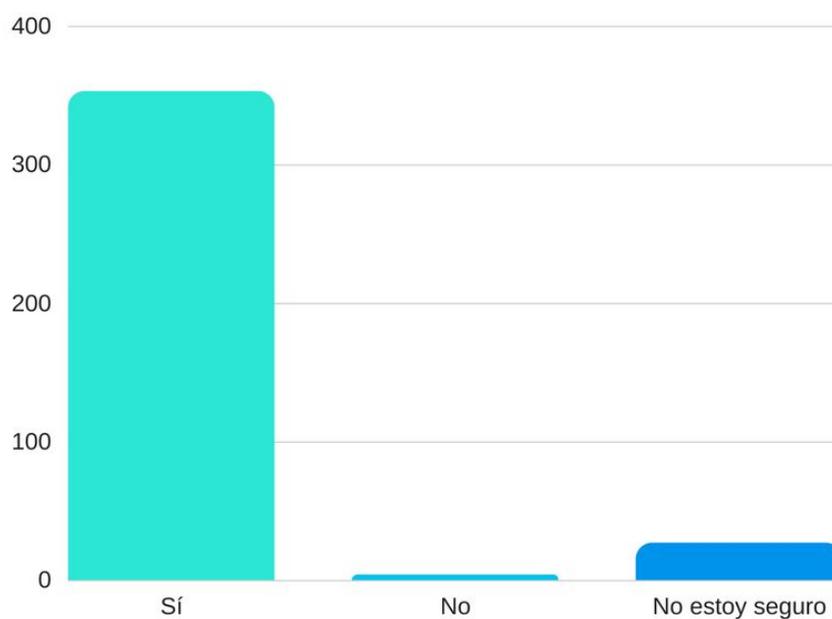


Figura en gráfico de barra sobre la aceptación del uso de la tecnología con el fin de optimizar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de la encuesta con motivo de análisis para este trabajo de investigación.

Análisis de los resultados

Al ver los resultados que la encuesta realizada a 384 (conductores y peatones), en la ciudad de Santo Domingo nos ofrece, se pueden responder los objetivos por los cuales ésta fue realizada.

Identificar los afectados por esta problemática

Aquellas personas que son afectadas por la congestión vehicular es regular entre hombres y mujeres, siendo la diferencia entre un 49% hombres y 48% mujeres de los cuales un 43% son jóvenes con una edad entre 16 a 24 años y los demás mayores a 25 años.

De las personas que son afectadas por esta problemática, el 46% posee vehículos personales y un 48% utiliza vehículos propios o de familiares como medio de transporte común. El resto utiliza otros medios de transporte tales como carros públicos, taxis y autobuses públicos siendo un 44%.

Identificar beneficios de la solución al problema

Los beneficios principales que los conductores y peatones vinculan; si se soluciona la situación actual sobre la congestión vehicular en la ciudad son:

- El uso de medios de transporte de forma mas rapida
- El uso de medios de transporte de forma más segura
- El uso de medios de transporte de forma más cómodo
- Menos impacto sobre el medio ambiente
- Menos impacto sobre el tiempo empleado para movilizarse en la ciudad

Siendo cada uno de estos apoyados en un mínimo de un 50%, donde el menor impacto al medio ambiente y al tiempo empleado encabezan con un 70% como mínimo.

Determinar intervinientes en la problemática

La gran mayoría de las personas, un 93%, considera que la responsabilidad de optimizar la fluidez de los vehículos por la ciudad es enteramente de tres organismos que son:

- Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET)
- Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT)
- Oficina para el Reordenamiento del Transporte (ORT)

Donde la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET) y el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT) tiene un 36% cada una y la Oficina para el Reordenamiento del Transporte (ORT) posee un 21%.

Identificar las consecuencias que trae consigo la problemática

El 79% de la población considera que la congestión vehicular es algo que ocurre diariamente en la ciudad y que trae consigo las siguientes consecuencias negativas:

- Pérdida de tiempo, apoyado por un 77.9%
- Daño al medio ambiente, apoyado por un 71.2%
- Pérdida de combustible, apoyado por un 60.1%
- Ruido innecesario, apoyado por un 47.2%
- Daño a la salud, apoyado por un 41.7%

Ver el nivel de aceptación sobre el uso de la tecnología para resolver la problemática

Un 95% de las personas considera que la tecnología podría optimizar la fluidez del medio de transporte que utilizan, para así ahorrar tiempo, hacer menos daño al medio ambiente y ahorrar combustible.

Aquellas personas que sí apoyan el uso de la tecnología para mejorar la fluidez del medio de transporte terrestre en la ciudad de Santo Domingo suman un 92%, siendo así un nivel de aceptación bastante alto.

A continuación se presentará una propuesta con el uso de la tecnología para mejorar la fluidez de los vehículos dentro de la ciudad de Santo Domingo, para así mitigar la congestión vehicular.

Propuesta

Tras ver los resultados obtenidos de la encuesta realizada a 384 personas encuestadas en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana se puede destacar que realmente si existe un problema que está afectando no solo a aquellas personas que poseen vehículos, sino también a aquellas personas que utilizan medios de transporte públicos tales como carros (conchos), autobuses y taxis. Los embotellamientos en la ciudad causan daño al medio ambiente y una pérdida de tiempo que debe ser solucionado lo antes posible.

Por tal motivo, se ha preparado una propuesta que contiene una posible solución a la problemática de los embotellamientos en la Ciudad de Santo Domingo, República Dominicana usando semáforos inteligentes que funcionen de forma automática con el algoritmo de *machine learning Q-Learning*.

La propuesta contiene las siguientes secciones:

- Documento visión
- Especificación de los requerimientos de software
- Estudio de factibilidad
- Diagrama de dominio

Documento visión

Introducción

Propósito

El propósito de este documento es sistematizar las necesidades, características y el análisis general del problema que existe actualmente con relación a los embotellamientos de vehículos en la ciudad de Santo Domingo, desde una perspectiva de alto nivel.

Dicho documento comprende una visión en general del sistema de control de tránsito o semáforos en la ciudad y describe la implementación de semáforos inteligentes que pretende contribuir a la solución de la problemática identificada. Además se describirán las necesidades y los perfiles involucrados en el proyecto.

Alcance

El ámbito del documento se refiere a un proyecto de análisis e implementación de semáforos automatizados o inteligentes en la ciudad de Santo Domingo en donde se describirán los elementos que componen la problemática a resolver, los involucrados y el planteamiento de la propuesta a trabajar.

Definiciones, Acrónimos y Abreviaciones

- **RAM:** Memoria de acceso aleatorio (en inglés Random Access Memory)
- **GB:** GigaByte es una unidad de almacenamiento de información
- **GH:** GigaHercio
- **Mb/s:** Megabit por segundo
- **GC:** Google Chrome
- **ISO-12207:** Estándar para los procesos de ciclo de vida de software
- **ISO-9000:** Estándar para la gestión y aseguramiento de la calidad
- **Linux:** Sistema operativo de código abierto creado en 1991
- **HTTPS:** Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto

Posicionamiento

Oportunidad de negocio

La República Dominicana está presentando nuevos cambios en relación a la cantidad de vehículos que están transitando por todo el país, en especial Santo Domingo, ya que es la capital de la nación. Según la DGII durante los últimos años ha habido un crecimiento constante de la tasa vehicular en la ciudad y este causa que haya muchos más tránsito en las calles de la misma.

Santo Domingo actualmente está enfrentando congestiones vehiculares frecuentes a las horas pico, las cuales son (según observaciones con motivo a esta investigación):

- 7:00am a 8:00 am debido a que las personas salen a trabajar.
- 12:00pm a 1:00pm debido a que las personas salen a almorzar y se encuentran con aquellas personas que su recorrido regular es en horas de la tarde.
- 5:00 pm a 7:00pm debido a que las personas salen del trabajo.

Al utilizar semáforos automatizados o inteligentes, estos permitirán mitigar de forma drástica la forma como los vehículos fluyen a través de la ciudad, creando a su vez mucha menos congestión y una mayor velocidad de llegada para los conductores.

Modelo organizacional del negocio

Figura 22 - Modelo de negocio



Modelo organizacional del negocio complementado por un modelo inicial, las variables de entorno, el aprendizaje continuo, la optimización y el monitoreo.

Definición del problema

Tabla 12 - Definición del problema

Problema	Las calles de la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana tienen un flujo vehicular muy lento que ocasiona congestión vehicular.
Afectados	<ul style="list-style-type: none">- Conductores- Peatones- INTRANT
Impacto	<ul style="list-style-type: none">- Medio ambiente- Tiempo desperdiciado- Combustible desperdiciado

Tabla sobre la definición del problema incluyendo sus afectados y el impacto que esta posee.

Posición del producto

Tabla 13 - Posición del producto

Para	<ul style="list-style-type: none">- Conductores de la ciudad de Santo Domingo- Peatones de la ciudad de Santo Domingo- INTRANT de la ciudad de Santo Domingo
Quienes	Necesitan una forma más fluida de circular por la ciudad con sus vehículos personales y/o transportes públicos de tránsito terrestre.
Cualidades del sistema propuesto	<ul style="list-style-type: none">- Agiliza el flujo vehicular de forma óptima- Cambia los periodos de tiempo automáticamente- Se ajusta por día y hora
A diferencia de	<ul style="list-style-type: none">- Lentitud del tránsito vehicular- Trabajo manual por parte de las instituciones de control de tránsito

Tabla sobre la posición del producto incluyendo para quien va apuntado y las cualidades que ofrece el sistema propuesto.

Descripción de los *stakeholders*

Para proveer de forma efectiva servicios y productos que se ajusten a las necesidades de los involucrados en este proyecto, es necesario identificarlos y determinar sus necesidades.

En este apartado se describen los resultados esperados de los *stakeholders* de este proyecto. Para aquellos que también serán usuarios del sistema, se describirán las responsabilidades y funciones que podrán realizar.

Tabla 14 - Stakeholder #1

Nombre	Conductores y peatones de la ciudad de Santo Domingo
Descripción	Personas interesadas porque el flujo vehicular sea más rápido y eficiente.
Usuario del sistema de monitoreo	No
Criterio de éxito	Un flujo más optimizado por las calles de la ciudad de Santo Domingo
Problemas clave	Pérdida de tiempo y combustible

Tabla sobre el *stakeholder* conductores y peatones de la ciudad de Santo Domingo.

Tabla 15 - Stakeholder #2

Nombre	INTRANT - Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre
Descripción	Instituto interesado porque el flujo vehicular sea más rápido y eficiente asegurando la seguridad y el bienestar de los ciudadanos y la ciudad en cuanto al medio ambiente
Usuario del sistema de monitoreo	Sí
Criterio de éxito	Un flujo más optimizado por las calles de la ciudad de Santo Domingo y que funcione de manera automatizada ofreciendo una serie de intervalos de tiempo dinámicos
Problemas clave	Daño al medio ambiente

Tabla sobre el *stakeholder* INTRANT - Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre de la ciudad de Santo Domingo.

Entorno de usuario

En la actualidad el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT) cuenta con un control de casi todos los semáforos de la ciudad de Santo Domingo, donde pueden configurarlos de tal manera que durante diferentes días hayan intervalos de tiempos alternos. De igual manera la INTRANT cuenta con cámaras en algunos de los semáforos con intenciones de monitorear el tránsito desde la central y así poder tomar decisiones tales como utilizar la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET) para regular el flujo vehicular de un área en específico.

Las personas que transitan en la calle, dígame aquellos conductores o peatones que utilizan vehículos públicos, autobuses públicos o taxis, no interactúan de forma directa con el control del tráfico, lo que causa que el flujo vehicular sea mucho más lento, ya que no hay entrada directa por parte de aquellos usuarios que transitan por la ciudad todos los días.

Según la encuesta realizada, las personas muestran su descontento y preocupación acerca de cómo funciona el sistema de control de tránsito actualmente y consideran que este podría ser mucho mejor. La encuesta mostró que más de un 77% de las personas considera que hay una gran pérdida de tiempo y un gran impacto negativo al medio ambiente a causa de la congestión vehicular, lo que debe tener respuesta lo antes posible, ya que la tasa de vehículos en la ciudad va en aumento año tras año.

La implementación de semáforos inteligente y automatizados pretende facilitar el trabajo por parte del Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT) y también mejorar el flujo vehicular para las personas que transitan por las calles de la ciudad.

Descripción del producto

Modelo de negocio

- Modelado
- Gestión de variables de entorno
- Proceso de aprendizaje
- Proceso de optimización
- Monitoreo y control

Perspectiva del producto

La implementación de semáforos inteligentes y automatizados permitirá reformar la forma en cómo el flujo vehicular funciona en la ciudad, ya que utilizará medidas de retroalimentación a base del entorno para poder optimizar los intervalos de tiempo que utilizan los semáforos en cada una de las calles de la ciudad. La forma como se alimentarán los semáforos y el sistema es a través de sensores y cámaras que permitirán obtener datos cuantificables.

Resumen de los beneficios del sistema

A continuación un listado de los beneficios que pretende esta integración proveer:

- Menos consumo del tiempo de las personas que transitan por la ciudad en vehículos terrestres.
- Menos consumo de combustible por parte de los vehículos terrestres.
- Menos daño al medio ambiente ya que habrá menos expulsión de gases tóxicos como el Dióxido de Carbono (CO₂) y Metano (CH₄).

Supuestos

- Los semáforos inteligentes deben contar con cámaras
- Los semáforos inteligentes deben contar con sensores de proximidad
- Los usuarios de la INTRANT deben contar con ordenadores

Dependencias

- Para que los semáforos puedan observar y analizar la cantidad de vehículos que hay en una calle en específico, es necesario el supuesto #1.
- Para que los semáforos puedan observar y calcular una aproximación de la distancia entre los vehículos, es necesario el supuesto #1.
- Para que los semáforos puedan adquirir la cantidad de vehículos que pasan mientras están en verde, es necesario contar con el supuesto #2.
- Para que los usuarios de INTRANT puedan monitorear y modelar los semáforos inteligentes, es necesario contar con el supuesto #3.

Módulos requeridos

- **Modelado**

Este módulo se encarga de crear y modificar la configuración de los semáforos inteligentes donde se define el intervalo inicial por el cual se guiarán. Durante este proceso de configuración también se tomará en cuenta la relación que posee con los demás semáforos en la misma intersección y que tanto pueden variar los intervalos para buscar un valor optimizado.

- **Gestión de variables de entorno**

Este módulo se encargará de modificar qué variables tomará en cuenta el semáforo inteligente, ya sean las cámaras usando observaciones como la cantidad y acumulación de vehículos o los sensores de proximidad usando el conteo de la cantidad de vehículos que pasan por una intersección en particular.

- **Proceso de aprendizaje**

Este es un módulo automatizado que toma las variables de entorno obtenidas para así configurar los intervalos de tiempo que usarán los semáforos inteligentes de la forma más óptima posible tomando en cuenta cada uno de los ciclos e iteraciones por las cuales el semáforo ha sido afectado por su entorno. Este proceso utiliza el algoritmo *Q-Learning* donde se tomará en cuenta como valor de recompensa la cantidad de vehículos que pasan por la intersección y la cantidad que se mantiene en espera.

- **Proceso de optimización**

Este es un módulo automatizado que calcula y estima la próxima iteración por la cual el semáforo inteligente pasará, esta tomará en cuenta el registro de las variables de entorno y también se encargará de asegurarse que las estimaciones tengan lugar por fechas, días e incluso horas en específico. Este módulo hará la configuración directa a cada una de las intersecciones basado en el proceso de aprendizaje.

- **Monitoreo y control**

Este módulo tiene la función de mostrar de forma detallada el estado actual de cada una de las intersecciones, así como a qué carril se le está dando prioridad y también cual es la estimación del tráfico e intervalos de tiempo que se tienen para las próximas horas o interacciones. Este módulo tiene como clave ser utilizado por la INTRANT para así poder monitorear y en casos extremos controlar el flujo vehicular de cada una de las intersecciones.

Módulos opcionales

Este proyecto de implementación no posee módulos que sean opcionales ya que todos los módulos ya mencionados son de vital importancia para cumplir el objetivo de mejorar el flujo vehicular de la ciudad de Santo Domingo usando semáforos inteligentes.

Restricciones

Para que el proyecto pueda ser considerado como finalizado, debe tener todos los módulos mencionados anteriormente realizados e implementados en la ciudad de Santo Domingo.

Estándares aplicables

Para la comunicación que habrá entre los semáforos inteligentes y los servidores de la central de control se utilizará el internet usando el Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto o HTTPS por sus siglas en inglés (Hypertext Transfer Protocol Secure).

Para la gestión de los procesos a utilizar durante el ciclo de vida de desarrollo del software que formará parte del monitoreo, control y modelado se utilizará el estándar para los procesos de ciclo de vida de software ISO-12207.

Para el aseguramiento de la calidad de software y control sobre el hardware a utilizar por los semáforos inteligentes se utilizará el estándar para la gestión y aseguramiento de la calidad ISO-9000.

Características del sistema

Requerimientos de desempeño

- El tiempo máximo que puede durar una transacción de envío entre el semáforo inteligente y el servidor de la central de control es de 10 segundos.
- El tiempo máximo que debe durar una transacción de recibo entre el semáforo inteligente y el servidor de la central de control es de 10 segundos.
- El tiempo máximo de procesamiento por el semáforo inteligente sobre las observaciones de la cámara y el sensor de proximidad es de 1 minuto.
- El tiempo máximo que puede durar cualquier tipo de transacción entre un ordenador y el servidor de la central de control es de 5 segundos.

Requerimientos de documentación

- Manual de usuario para la central de control.
- Reporte sobre cómo funciona el nuevo sistema de control de tránsito terrestre usando semáforos inteligentes para las personas de la ciudad de Santo Domingo.

Requerimientos de ambiente

A continuación se presentan los requerimientos tanto del servidor en la central de control como los ordenadores necesarios para utilizar la plataforma de monitoreo y control. También se mostrarán los requerimientos básicos de los semáforos inteligentes y sus componentes tales como la cámara y el sensor de proximidad.

Tabla 16 - Requerimientos de ambiente

Requerimientos de ambiente	
Tipo	Detalle
Servidor	Sistema operativo: Linux CPU: 16 nucleos a 4 GHz RAM: 64 GBs Almacenamiento: 8 TBs Ubicación: Santo Domingo, República Dominicana
Ordenadores	Sistema operativo: Windows 7 o superior CPU: 4 núcleos a 2.5 GHz RAM: 4 GBs Almacenamiento: 250 GBs Navegador: Cualquier navegador moderno
Semaforo inteligente	Plataforma: Arduino Sistema operativo: Linux CPU: 4 núcleos a 2.5 GHz RAM: 4 GBs Almacenamiento: 32 GBs
Cámaras	Resolución: 720p Enfoque: x2 Almacenamiento: 32 GBs
Sensores de proximidad	Tipo: Fotoeléctrico Distancia mínima: 2 metros

Tabla sobre los requerimientos de ambiente para la implementación de semáforos inteligentes en la ciudad de Santo Domingo.

Manual de usuario

El manual de usuario para los técnicos en la central de control será publicado de forma digital dentro de la plataforma de monitoreo y control sobre los semáforos inteligentes en la ciudad de Santo Domingo.

El manual contendrá secciones donde se explica de forma detallada cual es el significado de cada uno de los detalles mostrados de parte del panel de monitoreo y de igual manera cuales son los pasos a seguir en el caso de que se desee realizar un control de emergencia.

El sistema está supuesto a funcionar de forma automática, optimizando cada vez más el flujo vehicular dentro de la ciudad de Santo Domingo a través de patrones del mismo flujo, sin embargo, es importante tener un agente humano, dígase el usuario, quien podrá estar en total control sobre el flujo vehicular a través del control de la plataforma, el manual debe contener detalles específicos de que se debe tener en cuenta sobre estos controles.

El manual también contendrá anexos referentes a la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET) con la intención de mostrar en qué casos se debe contar con el apoyo de esta institución. Estos anexos deben ser trabajados en conjunto con el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT).

Especificación de requerimientos de software

Introducción

Propósito

El propósito de este documento de especificación es describir los requisitos para la implementación de semáforos inteligentes y automatizados en la ciudad de Santo Domingo, de igual manera, se mostrarán las soluciones técnicas a la problemática planteada en el documento de visión.

Alcance

La descripción de los requisitos funcionales y no funcionales necesarios para la implementación de semáforos inteligentes y automatizados en la ciudad de Santo Domingo.

Definiciones, Acrónimos y Abreviaciones

- **RF:** Requerimiento funcional
- **RNF:** Requerimiento no funcional
- **Responsive:** Algo es *responsive* cuando puede adaptarse a diferentes entornos sin comprometer la usabilidad
- **Framework:** Es un entorno de trabajo predefinido para facilitar el desarrollo de un sistema
- **HTML:** Lenguaje de marcas de hipertexto (en inglés *HyperText Markup Language*), un lenguaje utilizado para elaborar páginas web
- **CSS:** Hojas de estilo en cascada (en inglés *Cascading Stylesheets*), un lenguaje para definir los estilos de los elementos en HTML
- **JavaScript:** Es un lenguaje de programación principalmente utilizado para el desarrollo de interfaces de usuarios y páginas web.
- **JQuery:** Es un framework realizado en JavaScript que permite un mejor manejo de los eventos en las aplicaciones web
- **Aprendibilidad:** Es la capacidad de un producto de software para permitir al usuario aprender a usarlo
- **Pixel:** Es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital
- **HTTPS:** Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto

Descripción general

Perspectiva de producto

La implementación de semáforos inteligentes y automatizados permitirá reformar la forma en cómo el flujo vehicular funciona en la ciudad, ya que utilizará medidas de retroalimentación a base del entorno para poder optimizar los intervalos de tiempo que utilizan los semáforos en cada una de las calles de la ciudad. La forma como se alimentarán los semáforos y el sistema es a través de sensores y cámaras que permitirán obtener datos cuantificables.

Funciones del producto

La implementación de este sistema cuenta con 5 módulos requeridos, los cuales son:

- **Modelado**

Este módulo se encarga de crear y modificar la configuración de los semáforos inteligentes donde se define el intervalo inicial por el cual se guiarán. Durante este proceso de configuración también se tomará en cuenta la relación que posee con los demás semáforos en la misma intersección y que tanto pueden variar los intervalos para buscar un valor optimizado.

- **Gestión de variables de entorno**

Este módulo se encargará de modificar qué variables tomará en cuenta el semáforo inteligente, ya sean las cámaras usando observaciones como la cantidad y acumulación de vehículos o los sensores de proximidad usando el conteo de la cantidad de vehículos que pasan por una intersección en particular.

- **Proceso de aprendizaje**

Este es un módulo automatizado que toma las variables de entorno obtenidas para así configurar los intervalos de tiempo que usarán los semáforos inteligentes de la forma más óptima posible tomando en cuenta cada uno de los ciclos e iteraciones por las cuales el semáforo ha sido afectado por su entorno. Este proceso utiliza el algoritmo *Q-Learning* donde se tomará en cuenta como valor de recompensa la cantidad de vehículos que pasan por la intersección y la cantidad que se mantiene en espera.

- **Proceso de optimización**

Este es un módulo automatizado que calcula y estima la próxima iteración por la cual el semáforo inteligente pasará, esta tomará en cuenta el registro de las variables de entorno y también se encargará de asegurarse que las estimaciones tengan lugar por fechas, días e incluso horas en específico. Este módulo hará la configuración directa a cada una de las intersecciones basado en el proceso de aprendizaje.

- **Monitoreo y control**

Este módulo tiene la función de mostrar de forma detallada el estado actual de cada una de las intersecciones, así como a qué carril se le está dando prioridad y también cual es la estimación del tráfico e intervalos de tiempo que se tienen para las próximas horas o interacciones. Este módulo tiene como clave ser utilizado por la INTRANT para así poder monitorear y en casos extremos controlar el flujo vehicular de cada una de las intersecciones.

Perfiles de usuario

Los usuarios técnicos de la plataforma de monitoreo y modelado deben tener conocimientos básicos de cómo funciona un ordenador y un navegador de internet. El manual de usuario mencionado en el documento visión contiene las pautas a seguir para trabajar en la plataforma y así poder controlar el sistema.

Restricciones de diseño

Los diagramas empleados para el diseño de esta propuesta utilizarán el lenguaje unificado de modelado.

Requisitos específicos

Interfaces gráficas

El sistema de modelado, monitoreo y control estará en una plataforma web y las interfaces gráficas deben tener un diseño *responsive* para adecuarse a cualquier tamaño de pantalla, asegurando un buen aspecto y correcta funcionalidad. Para el desarrollo de la plataforma se debe usar CSS, JQuery, Javascript y HTML.

Interfaces de comunicación

El sistema de modelado, monitoreo y control funcionará a través de una interfaz bajo del Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto (HTTPS) o como es su traducción en inglés Hypertext Transfer Protocol Secure.

Los procesos de aprendizaje y optimización a la hora de transferir los datos entre los semáforos inteligentes y el servidor en la central de control utilizaran la misma interfaz bajo el Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto (HTTPS).

Requerimientos funcionales

Modelado

Tabla 17 - Requerimiento funcional #1

RF-001	Agregar intersección
Descripción	El sistema de modelado, control y monitoreo debe permitir agregar intersecciones al sistema para poder ser usado al modelar los semáforos.
Dependencia	RF-017
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Agregar intersección".

Tabla 18 - Requerimiento funcional #2

RF-002	Agregar semáforo
Descripción	El sistema de modelado, control y monitoreo debe permitir agregar semáforos con relación a una intersección y otros semáforos.
Dependencia	RF-001 RF-017
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Agregar semáforo".

Tabla 19 - Requerimiento funcional #3

RF-003	Modificar intersección
Descripción	El sistema de modelado, control y monitoreo debe permitir modificar la configuración inicial de las intersecciones en el sistema.
Dependencia	RF-001 RF-017
Prioridad	Media

Tabla sobre el requerimiento funcional "Modificar intersección".

Tabla 20 - Requerimiento funcional #4

RF-004	Modificar semáforo
Descripción	El sistema de modelado, control y monitoreo debe permitir modificar la configuración inicial de los semáforos en el sistema.
Dependencia	RF-001 RF-002 RF-017
Prioridad	Media

Tabla sobre el requerimiento funcional "Modificar semáforo".

Tabla 21 - Requerimiento funcional #5

RF-005	Remover intersección
Descripción	El sistema de modelado, control y monitoreo debe permitir remover cualquiera de las intersecciones en el sistema.
Dependencia	RF-001 RF-017
Prioridad	Baja

Tabla sobre el requerimiento funcional "Remover intersección".

Tabla 22 - Requerimiento funcional #6

RF-006	Remover semáforo
Descripción	El sistema de modelado, control y monitoreo debe permitir remover cualquiera de los semáforos en el sistema.
Dependencia	RF-001 RF-002 RF-017
Prioridad	Baja

Tabla sobre el requerimiento funcional "Remover semáforo".

Gestión de variables de entorno

Tabla 23 - Requerimiento funcional #7

RF-007	Agregar cámara
Descripción	El sistema debe permitir agregar las cámaras que son usadas por los semáforos inteligentes, para así ser tomadas en cuenta para el proceso de aprendizaje.
Dependencia	RF-002 RF-017
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Agregar cámara".

Tabla 24 - Requerimiento funcional #8

RF-008	Agregar sensor de proximidad
Descripción	El sistema debe permitir agregar los sensores de proximidad que son usados por los semáforos inteligentes, para así ser tomados en cuenta para el proceso de aprendizaje.
Dependencia	RF-002 RF-017
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Agregar sensor de proximidad".

Tabla 25 - Requerimiento funcional #9

RF-009	Remover cámara
Descripción	El sistema debe permitir remover las cámaras que son usadas por los semáforos inteligentes.
Dependencia	RF-002 RF-007 RF-017
Prioridad	Media

Tabla sobre el requerimiento funcional "Remover cámara".

Tabla 26 - Requerimiento funcional #10

RF-010	Remover sensor de proximidad
Descripción	El sistema debe permitir remover los sensores de proximidad que son usados por los semáforos inteligentes.
Dependencia	RF-002 RF-008 RF-017
Prioridad	Media

Tabla sobre el requerimiento funcional "Remover sensor de proximidad".

Proceso de aprendizaje

Tabla 27 - Requerimiento funcional #11

RF-011	Configurar margen de experimentación
Descripción	El sistema de control debe permitir configurar qué tanto margen de experimentación puede haber en una intersección y sus semáforos. El margen de experimentación hace referencia a la cantidad máxima de segundos que pueden ser agregados o removidos en una iteración de aprendizaje.
Dependencia	RF-001 RF-002 RF-017
Prioridad	Media

Tabla sobre el requerimiento funcional "Configurar margen de experimentación".

Tabla 28 - Requerimiento funcional #12

RF-012	Calcular cantidad de vehículos en espera
Descripción	Los semáforos inteligentes deben ser capaces de usar las cámaras que posee para calcular la cantidad de vehículos que se encuentran en espera y su acumulación a través de un algoritmo de análisis óptico.
Dependencia	RF-001 RF-002 RF-007
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Calcular cantidad de vehículos en espera".

Tabla 29 - Requerimiento funcional #13

RF-013	Calcular cantidad de vehículos de paso
Descripción	Los semáforos inteligentes deben ser capaces de usar los sensores de proximidad que posee para calcular la cantidad de vehículos que están pasando por una intersección.
Dependencia	RF-001 RF-002 RF-008
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional “Calcular cantidad de vehículos de paso”.

Tabla 30 - Requerimiento funcional #14

RF-014	Calcular intervalos de tiempo
Descripción	Los semáforos inteligentes deben ser capaces de usar el algoritmo <i>Q-Learning</i> para calcular intervalos de tiempo óptimos en su intersección tomando en cuenta el margen de experimentación aceptado, la cantidad de vehículos de paso y la cantidad de vehículos de espera.
Dependencia	RF-011 RF-012 RF-013
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional “Calcular intervalos de tiempo”.

Proceso de optimización

Tabla 31 - Requerimiento funcional #15

RF-015	Agregar iteración
Descripción	Los semáforos inteligentes deben ser capaces de agregar una iteración de aprendizaje al sistema para ser registrado con un tiempo en específico.
Dependencia	RF-014
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Agregar iteración".

Tabla 32 - Requerimiento funcional #16

RF-016	Estimar próxima iteración
Descripción	El sistema debe ser capaz de estimar la próxima iteración una vez el semáforo haya agregado una iteración basado en el registro de iteraciones que se han realizado para así ser utilizado como parámetros iniciales en la próxima iteración de aprendizaje. Para esto se debe tomar en cuenta los tiempos, dígame horas y días de la semana.
Dependencia	RF-015
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Estimar próxima iteración".

Monitoreo y control

Tabla 33 - Requerimiento funcional #17

RF-017	Iniciar sesión
Descripción	El sistema de monitoreo y control debe permitir iniciar sesión, ya que es un requisito para tener acceso a todas las demás funcionalidades.
Dependencia	RF-019
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Iniciar sesión".

Tabla 34 - Requerimiento funcional #18

RF-018	Cerrar sesión
Descripción	El sistema de monitoreo y control debe permitir cerrar sesión a los usuarios que ya tengan una sesión iniciada.
Dependencia	RF-017
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Cerrar sesión".

Tabla 35 - Requerimiento funcional #19

RF-019	Crear usuario
Descripción	El sistema de monitoreo y control debe permitir crear usuarios para poder acceder al sistema.
Dependencia	RF-017
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Crear usuario".

Tabla 36 - Requerimiento funcional #20

RF-020	Editar usuario
Descripción	El sistema de monitoreo y control debe permitir editar los usuarios que pueden acceder al sistema.
Dependencia	RF-017 RF-019
Prioridad	Media

Tabla sobre el requerimiento funcional "Editar usuario".

Tabla 37 - Requerimiento funcional #21

RF-021	Remover usuario
Descripción	El sistema de monitoreo y control debe permitir remover usuarios que pueden acceder al sistema.
Dependencia	RF-017 RF-019
Prioridad	Baja

Tabla sobre el requerimiento funcional "Remover usuario".

Tabla 38 - Requerimiento funcional #22

RF-022	Enlistar intersecciones
Descripción	El sistema de monitoreo y control debe permitir ver un listado con todas las intersecciones disponibles en el sistema.
Dependencia	RF-017
Prioridad	Media

Tabla sobre el requerimiento funcional "Enlistar intersecciones".

Tabla 39 - Requerimiento funcional #23

RF-023	Mostrar detalle de intersección
Descripción	El sistema de monitoreo y control debe permitir ver un detalle de las intersecciones donde se muestran los semáforos que posee, el carril prioritario, los intervalos de tiempo en verde de cada semáforo y la estimación de los intervalos durante la próxima hora.
Dependencia	RF-017
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Mostrar detalle de intersección".

Tabla 40 - Requerimiento funcional #24

RF-024	Asignar intervalos de tiempo
Descripción	El sistema de monitoreo y control debe permitir que en caso de emergencias, los usuarios puedan asignar los intervalos de tiempo de cada uno de los semáforos en una intersección.
Dependencia	RF-017
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento funcional "Asignar intervalos de tiempo".

Requerimientos no funcionales

Requerimientos de usabilidad

Tabla 41 - Requerimiento no funcional #1

RNF-001	Aprendibilidad
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control debe ser intuitivo para facilitar el aprendizaje del mismo.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional "Aprendibilidad".

Tabla 42 - Requerimiento no funcional #2

RNF-002	Eficiencia
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control debe responder con rapidez apropiada a las acciones del usuario.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional "Eficiencia".

Tabla 43 - Requerimiento no funcional #3

RNF-003	Propenso a errores
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control deberá anticipar los errores comunes por los usuarios y tomar medidas para mitigarlos.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional "Propenso a errores".

Tabla 44 - Requerimiento no funcional #4

RNF-004	Manejo de errores
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control ayudará al usuario en caso de que cometa algún error común.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional "Manejo de errores".

Requerimientos de desempeño

Tabla 45 - Requerimiento no funcional #5

RNF-005	Tiempo de transacción
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control debe poder realizar todas sus transacciones con un tiempo máximo de de 5 segundos con los usuarios. Las transacciones con los semáforos inteligentes debe realizarse con un tiempo máximo de 10 segundos.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional “Tiempo de transacción”.

Tabla 46 - Requerimiento no funcional #6

RNF-006	Tiempo de procesamiento
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control debe poder procesar las estimaciones sobre las próximas iteraciones de un semáforo en específico en menos de 1 minuto. Los semáforos inteligentes deben ser capaces de procesar los datos sobre las variables de entorno obtenidas de las cámaras y sensores en menos de 1 minuto.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional “Tiempo de procesamiento”.

Requerimientos de portabilidad

Tabla 47 - Requerimiento no funcional #7

RNF-007	Adaptabilidad de dispositivos
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control debe poder utilizarse en cualquier dispositivo con un navegador de internet moderno.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional “Adaptabilidad de dispositivos”.

Requerimientos de seguridad

Tabla 48 - Requerimiento no funcional #8

RNF-008	Intercambio de información
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control debe identificar qué o quién envía y recibe información del mismo sistema, de los usuarios y de los semáforos inteligentes.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional “Intercambio de información”.

Tabla 49 - Requerimiento no funcional #9

RNF-009	Confidencialidad
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control debe poseer mecanismos contra accesos no autorizados. Los semáforos inteligentes, incluyendo sus cámaras y sensores, deben poseer también mecanismos de seguridad contra accesos no autorizados.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional “Confidencialidad”.

Tabla 50 - Requerimiento no funcional #10

RNF-010	Integridad
Descripción	Los datos del sistema de modelado, monitoreo y control no deben verse afectados por factores externos ajenos a los mismos proveídos por los semáforos inteligentes y los usuarios del sistema.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional “Integridad”.

Tabla 51 - Requerimiento no funcional #11

RNF-011	Auditoría
Descripción	El sistema de modelado, monitoreo y control debe permitir el acceso al registro de actividades realizadas por los usuarios.
Dependencia	Sin dependencia
Prioridad	Alta

Tabla sobre el requerimiento no funcional “Auditoría”.

Estudio de factibilidad

Introducción

El presente estudio de factibilidad pretende definir los recursos que son necesarios para llevar a cabo la implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, incluido estimaciones de costos al tiempo actual.

Para este estudio de factibilidad se tomaron en cuenta:

- La factibilidad técnica
- La factibilidad legal
- La factibilidad económica

Propósito

El propósito de este estudio es determinar si la implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo es viable y beneficioso para todas las partes involucradas.

Descripción general

El presente estudio de factibilidad se basa en analizar la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, describiendo tanto la factibilidad de los aspectos técnicos, como de los legales y de los aspectos económicos.

Factibilidad técnica

Para el propósito, la factibilidad técnica evalúa los recursos de software, hardware e integración necesarios para llevar a cabo el proyecto de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo.

La investigación realizada para identificar los recursos necesarios para la implementación de la propuesta proporcionó los siguientes recursos factibles.

Recursos de hardware

Tabla 52 - Requerimientos del servidor de la central de control

Servidor de la central de control	
Sistema operativo	Linux
CPU	16 nucleos a 4 GHz
RAM	64 GBs
Almacenamiento	8 TBs
Ubicación	Santo Domingo, República Dominicana

Tabla sobre los requerimientos del servidor de la central de control.

Tabla 53 - Requerimientos de los ordenadores de la central de control

Ordenadores de la central de control	
Sistema operativo	Windows 7 o superior
CPU	4 núcleos a 2.5 GHz
RAM	4 GBs
Almacenamiento	250 GBs
Navegador	Cualquier navegador moderno

Tabla sobre los requerimientos de los ordenadores de la central de control.

Tabla 54 - Requerimientos de los semáforos inteligentes

Semaforos inteligentes	
Plataforma	Arduino
Sistema operativo	Linux
CPU	4 núcleos a 2.5 GHz
RAM	4 GBs
Almacenamiento	32 GBs

Tabla sobre los requerimientos de los semáforos inteligentes.

Tabla 55 - Requerimientos de las cámaras

Cámaras	
Resolución	720p (Píxeles)
Enfoque	x2
Almacenamiento	32 GBs

Tabla sobre los requerimientos de las cámaras de los semáforos inteligentes.

Tabla 56 - Requerimientos de los sensores de proximidad

Sensores de proximidad	
Tipo	Fotoeléctrico
Distancia mínima	2 metros

Tabla sobre los requerimientos de los sensores de proximidad de los semáforos inteligentes.

Recursos de software

Tabla 57 - Sistemas operativos

Sistemas operativos	
Servidor de la central de control	Linux - Ubuntu Server 18.04 LTS
Ordenadores de la central de control	Windows 7 o superior
Semaforos inteligentes	Linux - Ubuntu 18.04 LTS

Tabla sobre los sistemas operativos contemplados en la propuesta.

Tabla 58 - Exploradores web

Exploradores web	
Google Chrome	Versión 40 o superior
Mozilla Firefox	Versión 39 o superior
Internet Explorer	Versión 9 o superior
Safari	Versión 5 o superior

Tabla sobre los exploradores web contemplados en la propuesta.

Factibilidad legal

El proyecto de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo debe estar regulado bajo todas las leyes expuestas por el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT) de la República Dominicana a la fecha. En el caso de ser aprobadas nuevas leyes, estas deben ser tomadas en cuenta para la lógica del negocio y la propuesta en general.

En la actualidad, la República Dominicana no posee una ley que requiera el pago de impuestos o licenciado para desarrollar e implementar un software, si al momento del desarrollo de esta implementación se aprueba alguna ley para dicho fin, se debe evaluar y pagar dicho impuesto.

La propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo no viola ninguna ley estipulada por la República Dominicana y ningún derecho humano o civil de las personas.

Referente a los contratos de servicios relacionados al desarrollo e implementación de la propuesta mencionada, cada una de las partes de estos contratos debe comprometerse a lo estipulado en los mismos para garantizar un proyecto exitoso.

Referente a los pagos de servicios y/o compras de productos, se deben tomar en cuenta todos los impuestos estipulados por la República Dominicana.

Es obligatorio la adquisición de todas las licencias sobre las herramientas a utilizar para el desarrollo de software de este proyecto, para así prevenir problemas legales en un futuro referentes a auditorías.

Factibilidad económica

Para determinar la factibilidad económica de la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, se realizó un análisis sobre los costos relacionados a la propuesta y los beneficios asociados a la misma.

Para el cálculo se tomaron en cuenta los gastos sobre los recursos tecnológicos a utilizar, los recursos humanos a utilizar, los gastos operacionales y los gastos de implementación.

Para dicha propuesta se estima que lo correcto sería el uso de:

- 1 servidor en la central de control
- 10 ordenadores para los operadores
- 100 semáforos inteligentes para una fase inicial
- 100 cámaras para los semáforos inteligentes
- 300 sensores de proximidad para los semáforos inteligentes
- 1 director de proyecto
- 1 ingeniero de software
- 5 desarrolladores de software
- 1 diseñador gráfico
- 1 ensayador de software
- 1 ingeniero de verificación y validación de software
- 1 encargado de operadores
- 10 operadores
- 1 encargado de técnicos de instalación
- 10 técnicos de instalación
- 1 encargado de limpieza
- 5 vehículos para los técnicos
- 1 establecimiento como central de control

Los costos mencionados utilizarán el valor de RD\$ o pesos dominicanos. Los valores tendrán incluidos los impuestos a pagar por cada uno de los productos y servicios.

Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos necesarios según la propuesta son:

- 1 servidor en la central de control
- 10 ordenadores para los operadores
- 100 semáforos inteligentes para una fase inicial
- 100 cámaras para los semáforos inteligentes
- 300 sensores de proximidad para los semáforos inteligentes

A continuación los precios estimados por unidad de cada elemento de hardware:

Tabla 59 - Recursos tecnológicos

Recursos tecnológicos	
Servidor de central de control	RD\$ 150,000.00
Ordenador de central de control	RD\$ 20,000.00
Semáforo inteligente con arduino	RD\$ 10,000.00
Camara para semaforo inteligente	RD\$ 5,000.00
Sensor de proximidad para semaforo inteligente	RD\$ 1,500.00

Tabla sobre los recursos tecnológicos contemplados en la propuesta.

Recursos humanos

Los recursos humanos necesarios según la propuesta son:

- 1 director de proyecto
- 1 ingeniero de software
- 5 desarrolladores de software
- 1 diseñador gráfico
- 1 ensayador de software
- 1 ingeniero de verificación y validación de software
- 1 encargado de operadores
- 10 operadores
- 1 encargado de técnicos de instalación
- 10 técnicos de instalación
- 1 encargado de limpieza

Sobre dichos recursos humanos, el pago se realizará de forma mensual durante el tiempo estimado de implementación del proyecto, que será de 1 año.

Los pagos incluyen todos los impuestos atribuidos según las leyes impuestas y aprobadas por el Ministerio de Trabajo de la República Dominicana.

Una vez el proyecto esté finalizado, los costos de mantenimiento serán reducidos a únicamente los siguientes recursos humanos:

- 1 director de proyecto
- 1 ingeniero de software
- 1 desarrollador de software
- 1 ingeniero de verificación y validación de software
- 1 encargado de operadores
- 10 operadores
- 1 encargado de técnicos de instalación
- 5 técnicos de instalación
- 1 encargado de limpieza

A continuación se presentará la mensualidad de los recursos humanos:

Tabla 60 - Recursos humanos

Recursos humanos	
Director de proyecto	RD\$ 150,000.00
Ingeniero de software	RD\$ 100,000.00
Desarrollador de software	RD\$ 70,000.00
Diseñador gráfico	RD\$ 50,000.00
Ensayador de software	RD\$ 40,000.00
Ingeniero de verificación y validación de software	RD\$ 50,000.00
Encargado de operadores	RD\$ 30,000.00
Operador	RD\$ 20,000.00
Encargado de técnicos de instalación	RD\$ 25,000.00
Técnico de instalación	RD\$ 15,000.00
Encargado de limpieza	RD\$ 10,000.00

Tabla sobre los recursos humanos contemplados en la propuesta.

Gastos operacionales

Los gastos operacionales serán en torno al establecimiento que tomará lugar como central de control de este proyecto. Los gastos incluidos en el establecimiento son los siguientes:

- Local para el establecimiento
- Servicios básicos y telecomunicaciones
- Equipos de oficina

A continuación los precios estimados por unidad de cada elemento mencionado:

Tabla 61- Costos de establecimiento

Costos de establecimiento	
Local para el establecimiento	RD\$ 120,000.00 mensual
Servicios básicos y telecomunicaciones	RD\$ 40,000.00 mensual
Equipos de oficina	RD\$ 500,000

Tabla sobre los costos de establecimiento contemplados en la propuesta.

Gastos de implementación

En los gastos de implementación tenemos incluidos el gasto mensual para los técnicos de instalación y para el encargado de instalación, sin embargo, como estos ya han sido incluidos en los recursos humanos, en los gastos de implementación se incluirán los costos de las herramientas a utilizar por los técnicos de campo, dígame:

- Vehículos
- Utensilios

A continuación los precios estimados por cada uno de los elementos mencionados:

Tabla 62 - Costos de implementación

Costos de implementación	
Vehículo técnico	RD\$ 250,000.00
Utensilios	RD\$ 100,000.00

Tabla sobre los costos de implementación contemplados en la propuesta.

Costo total de proyecto

Tabla 63 - Costo subtotal del proyecto

Costo subtotal del proyecto			
Recurso	Cantidad	Tiempo	Subtotal
Servidor en la central de control	1	N/A	RD\$ 150,000.00
Ordenador para operaciones	10	N/A	RD\$ 200,000.00
Semaforo inteligente	100	N/A	RD\$ 1,000,000.00
Camara para semaforo inteligente	100	N/A	RD\$ 500,000.00
Sensor de proximidad para semaforo inteligente	300	N/A	RD\$ 450,000.00
Director de proyecto	1	12 meses	RD\$ 1,800,000.00
Ingeniero de software	1	12 meses	RD\$ 1,200,000.00
Desarrollador de software	5	12 meses	RD\$ 4,200,000.00
Diseñador gráfico	1	12 meses	RD\$ 600,000.00
Ensayador de software	1	12 meses	RD\$ 480,000.00
Ingeniero de verificacion y validacion de software	1	12 meses	RD\$ 600,000.00
Encargado de operadores	1	12 meses	RD\$ 360,000.00
Operador	10	12 meses	RD\$ 2,400,000.00
Encargado de técnicos	1	12 meses	RD\$ 300,000.00
Tecnico de instalacion	10	12 meses	RD\$ 1,800,000.00

Encargado de limpieza	1	12 meses	RD\$ 120,000.00
Vehículo técnico	5	N/A	RD\$ 1,250,000.00
Utensilios	1	N/A	RD\$ 100,000.00
Establecimiento	1	12 meses	RD\$ 1,440,000.00
Servicios básicos y telecomunicaciones	1	12 meses	RD\$ 480,000.00
Equipos de oficina	1	N/A	RD\$ 500,000.00
Subtotal	RD\$ 19,930,000.00		

Tabla sobre el costo subtotal del proyecto contemplado en la propuesta.

El costo subtotal del proyecto durante su tiempo de ejecución, un año, tiene un valor estimado de **RD\$ 19,930,000.00**, diecinueve millones novecientos treinta mil pesos dominicanos.

A este valor se le agregan los siguientes gastos adicionales:

Tabla 64 - Costo total del proyecto

Costo total del proyecto		
Costo	Porcentaje	Subtotal
Subtotal del proyecto	100%	RD\$ 19,930,000.00
Imprevistos	10%	RD\$ 1,993,000.00
Ganancias	25%	RD\$ 4,982,500.00
Total		RD\$ 26,905,500.00

Tabla sobre el costo total del proyecto contemplado en la propuesta.

El costo total del proyecto durante su tiempo de ejecución, un año, tiene un valor estimado de **RD\$ 26,905,500.00**, veintiséis millones novecientos cinco mil quinientos pesos dominicanos.

Costo mensual de mantenimiento

Tabla 65 - Costo subtotal mensual de mantenimiento

Costo subtotal mensual de mantenimiento		
Recurso	Cantidad	Subtotal
Director de proyecto	1	RD\$ 150,000.00
Ingeniero de software	1	RD\$ 100,000.00
Desarrollador de software	1	RD\$ 70,000.00
Ingeniero de verificación y validación de software	1	RD\$ 50,000.00
Encargado de operadores	1	RD\$ 30,000.00
Operador	10	RD\$ 200,000.00
Encargado de técnicos	1	RD\$ 25,000.00
Técnico de instalación	5	RD\$ 75,000.00
Encargado de limpieza	1	RD\$ 10,000.00
Establecimiento	1	RD\$ 120,000.00
Servicios básicos y telecomunicaciones	1	RD\$ 40,000.00
Subtotal		RD\$ 870,000.00

Tabla sobre el costo subtotal mensual de mantenimiento contemplado en la propuesta.

El costo subtotal mensual de mantenimiento, una vez el proyecto haya sido finalizado, tiene un valor estimado de **RD\$ 870,000.00**, ochocientos setenta mil pesos dominicanos.

A este valor se le agregan los siguientes gastos adicionales:

Tabla 66 - Costo total mensual de mantenimiento

Costo total mensual de mantenimiento		
Costo	Porcentaje	Subtotal
Subtotal del mantenimiento	100%	RD\$ 870,000.00
Imprevistos	10%	RD\$ 87,000.00
Total		RD\$ 957,000.00

Tabla sobre el costo total mensual de mantenimiento contemplado en la propuesta.

El costo total mensual de mantenimiento, una vez el proyecto haya sido finalizado, tiene un valor estimado de **RD\$ 957,000.00**, novecientos cincuenta y siete mil pesos dominicanos.

Beneficios de la propuesta

Los beneficios de la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo son los siguientes:

- Mejor flujo vehicular terrestre en la ciudad.
- Menos embotellamientos vehiculares terrestres en la ciudad.
- Menos consumo del tiempo de las personas que transitan por la ciudad en vehículos terrestres.
- Menos consumo de combustible por parte de los vehículos terrestres.
- Menos daño al medio ambiente ya que habrá menos expulsión de gases tóxicos como el Dióxido de Carbono (CO₂) y Metano (CH₄).
- Mejor uso de los recursos de la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET).

Los beneficios mencionados anteriormente son de carácter intangible ya que el proyecto tiene fines sociales para mejorar la vida en la ciudad de Santo Domingo. Las organizaciones con mayor posibilidad de implementar dicha propuesta son entidades adscritas del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, que pueden tomar la iniciativa de realizarla. Una de estas es el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT).

Resumen del Capítulo III

Para demostrar que si existe un problema sobre la congestión vehicular en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana, se realizó una encuesta a 384 habitantes de la ciudad. Dicha encuesta fue realizada tanto a personas que poseen vehículos propios o familiares como aquellas que utilizan otros medios de transporte tales como carros públicos, autobuses públicos y taxis. La encuesta arrojó como resultado; un 95% de las personas considera que si existe un problema y que la fluidez del medio de transporte que utilizan puede ser optimizado para así ahorrar tiempo, hacer menos daño al medio ambiente y ahorrar combustible.

También determinó que el 92% de las personas apoyarían una solución que utilice la tecnología para mejorar la fluidez de los vehículos terrestres en la ciudad, por lo que, la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, tendría el apoyo de una gran cantidad de personas.

Se realizó un documento visión, donde se presentaron el alcance y el propósito de la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en Santo Domingo. De igual manera se incluyó la especificación de requerimientos de software, donde se plantean tanto los requerimientos funcionales como los no funcionales de dicha propuesta. Por último, también fue incluido un estudio de factibilidad donde se establecen los recursos necesarios para realizar dicho proyecto y cual sería el costo mensual de mantenimiento una vez este haya sido completado.

Es importante destacar que los beneficios que traería la implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo tienen un impacto social de gran alcance y es mejorar la vida de las personas que comparten el tránsito vehicular en la ciudad. El proyecto está preparado para ser realizado por cualquier entidad con la capacidad de implementarlo en Santo Domingo.

CAPÍTULO IV - DISEÑO

Introducción del Capítulo IV

Como parte de la propuesta, es necesario diseñar el sistema de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo. Los modelos a utilizar para el diseño serán basados en el lenguaje unificado de modelado.

Los puntos comprendidos en el diseño son los siguientes:

- Diagrama de arquitectura de software
- Diagrama de arquitectura de base de datos
- Diagrama de dominio
- Diagrama de actividades
- Diagrama de estados
- Diagrama de casos de uso
- Flujo de trabajo

Diagramas estructurales

Diagrama de arquitectura de software

Figura 23 - Arquitectura de software

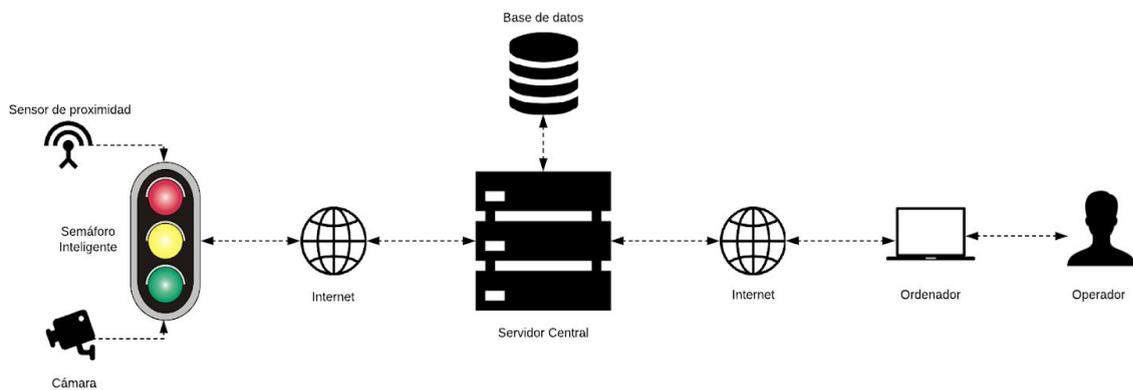


Diagrama de arquitectura de software de la implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

La arquitectura de software cuenta con los siguientes elementos:

- Semáforo inteligente
- Cámara
- Sensor de proximidad
- Internet
- Servidor central
- Base de datos
- Ordenador
- Operador

Todos estos elementos deben trabajar en conjunto haciendo transacciones a través de internet bajo el protocolo seguro de transferencia de hipertexto (https). Los semáforos inteligentes en conjunto con sus componentes tienen la finalidad de ser usados por el proceso de aprendizaje y optimización. El operador y el ordenador tienen la finalidad de utilizar el sistema de modelado, monitoreo y control. Todo esto está centralizado con el servidor central.

Diagrama de arquitectura de base de datos

Figura 24 - Arquitectura de base de datos

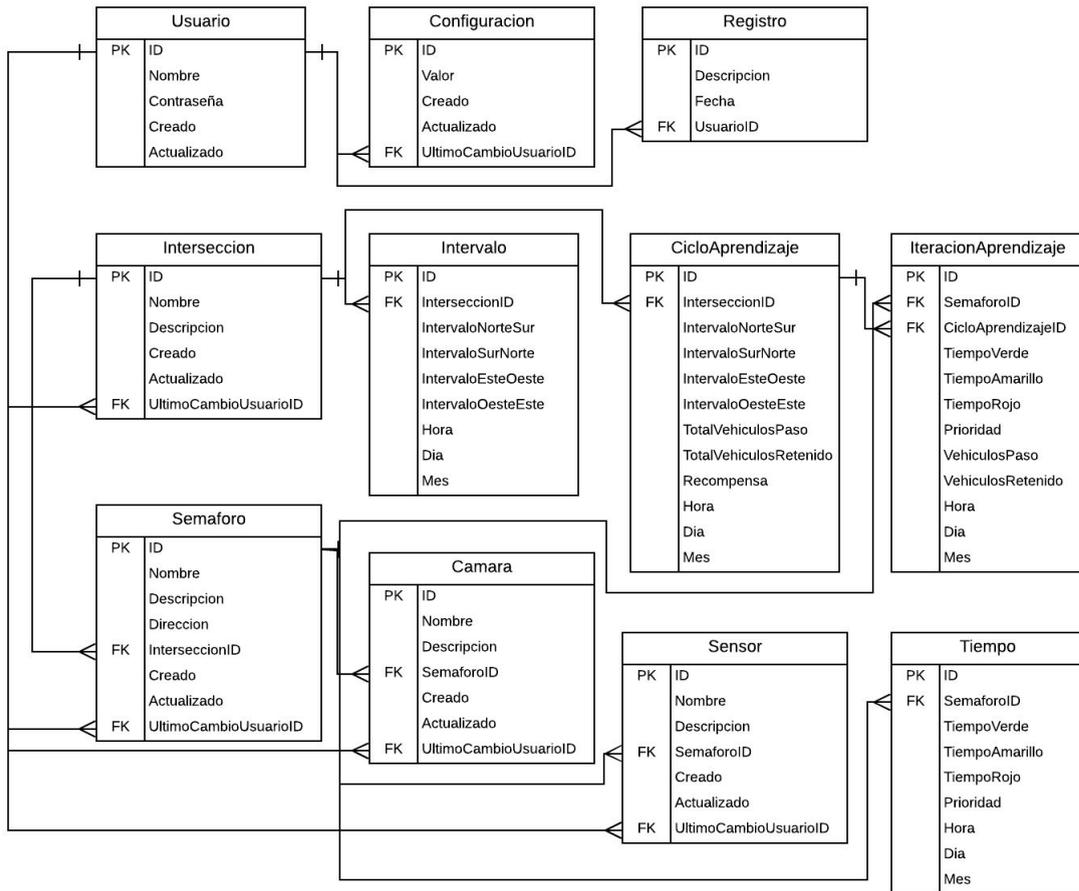


Diagrama de arquitectura de base de datos de la implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Diagrama de dominio

Figura 25 - Diagrama de dominio

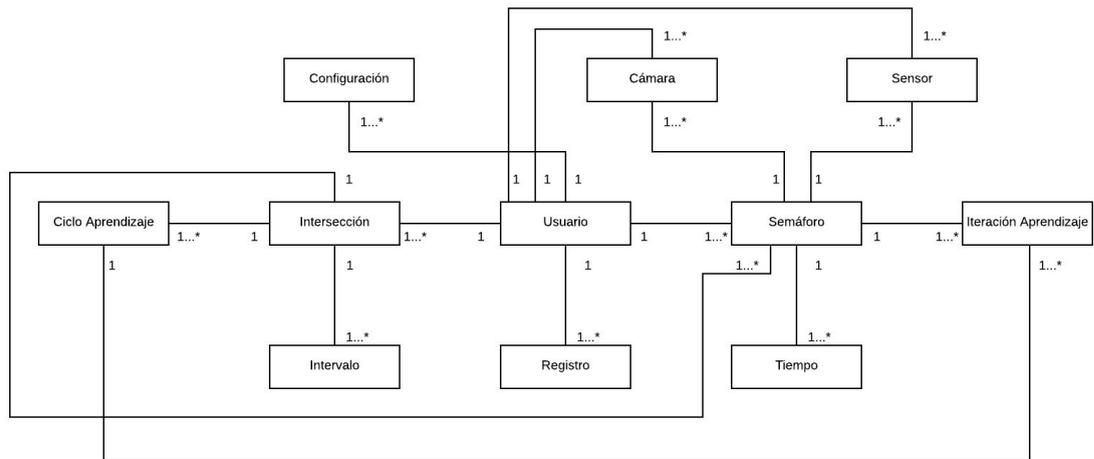


Diagrama de dominio de la implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Diagramas de comportamiento

Diagrama de actividades

Figura 26 - Diagrama de actividades - Proceso de Aprendizaje

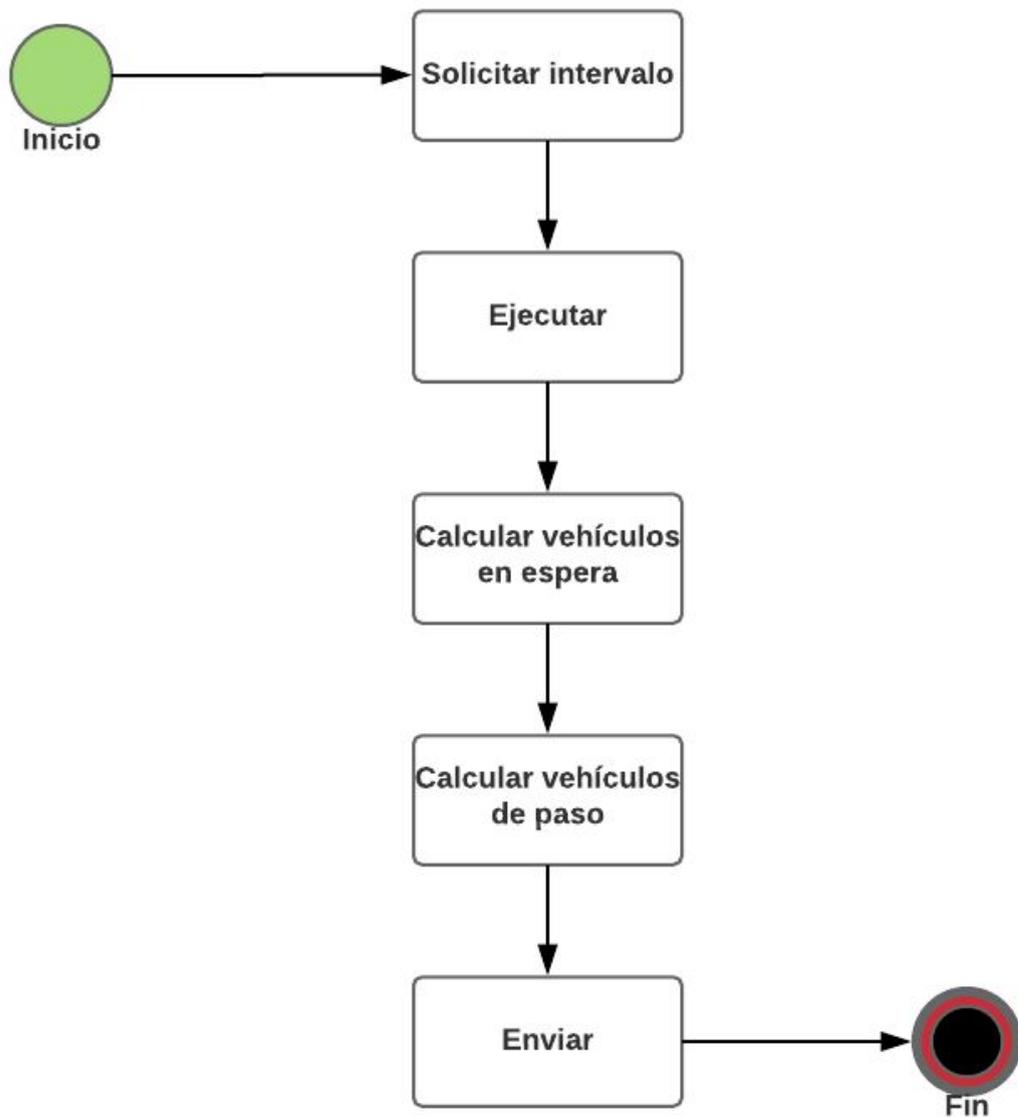


Diagrama de actividades, haciendo énfasis al proceso de aprendizaje.

Figura 27 - Diagrama de actividades - Proceso de Optimización

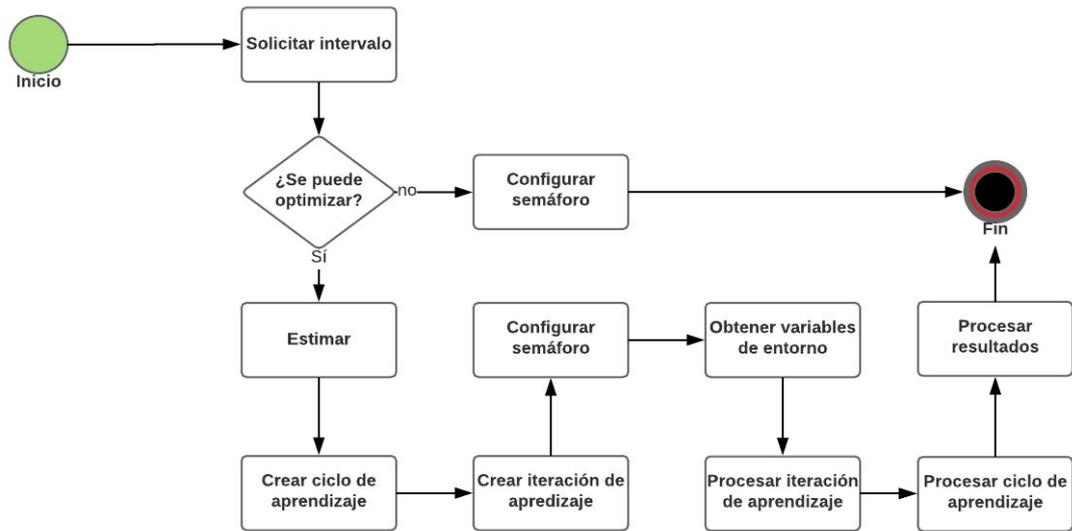


Diagrama de actividades, haciendo énfasis al proceso de optimización.

Diagrama de estados

Figura 28 - Diagrama de estados - Usuario

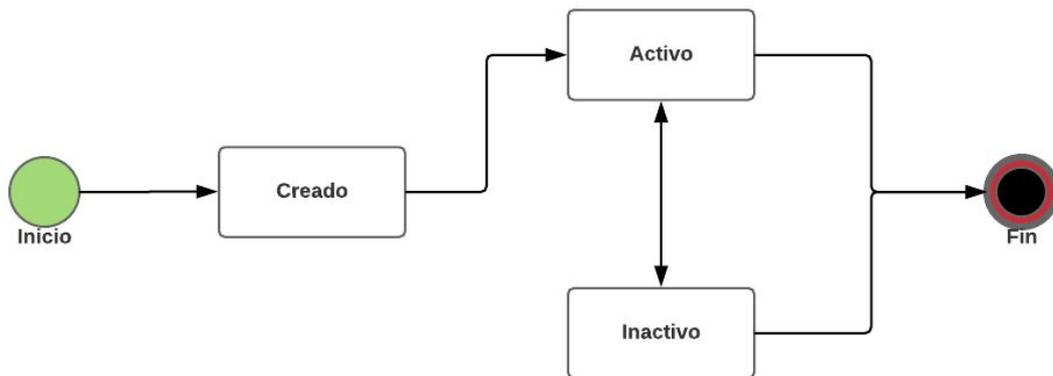


Diagrama de estados, haciendo énfasis a todos los estados en los que puede estar un usuario.

Figura 29 - Diagrama de estados - Cámara

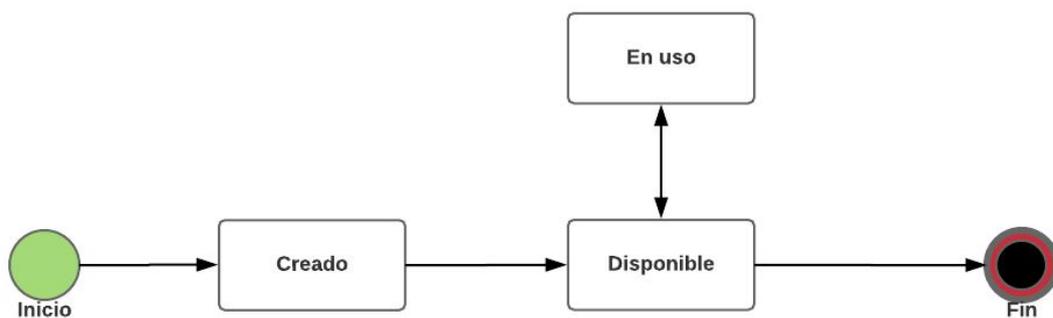


Diagrama de estados, haciendo énfasis a todos los estados en los que puede estar una cámara.

Figura 30 - Diagrama de estados - Sensor

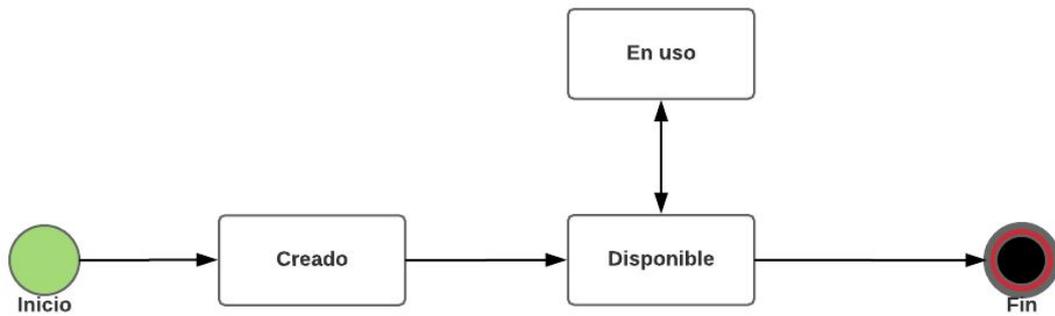


Diagrama de estados, haciendo énfasis a todos los estados en los que puede estar un sensor.

Figura 31 - Diagrama de estados - Intersección

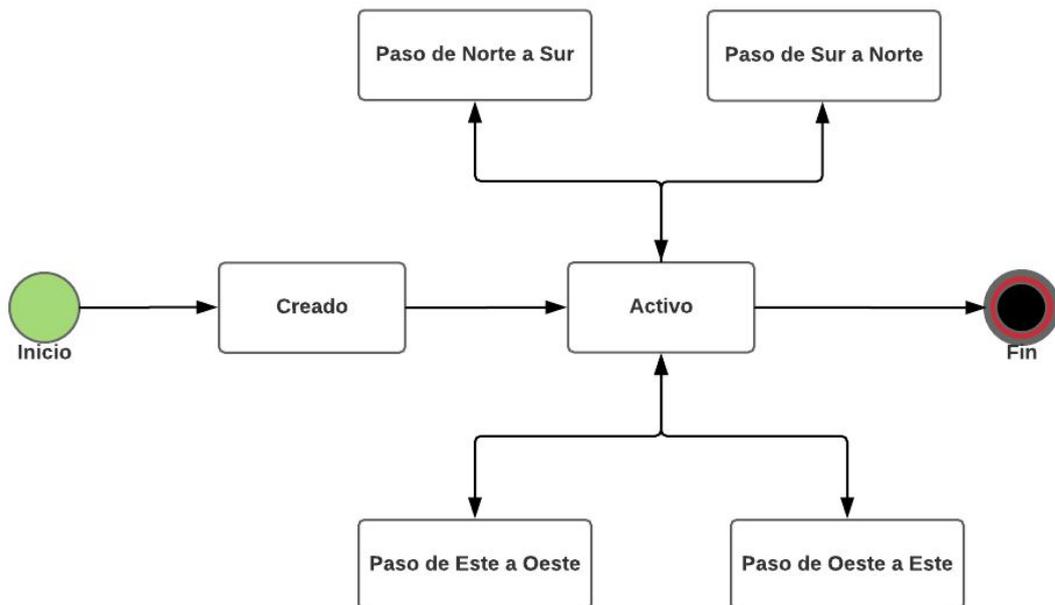


Diagrama de estados, haciendo énfasis a todos los estados en los que puede estar una intersección.

Figura 32 - Diagrama de estados - Semáforo

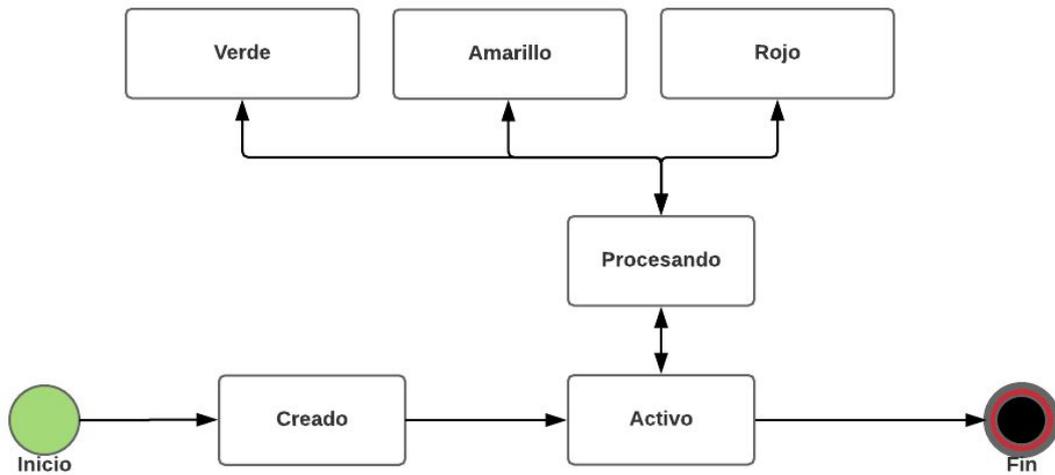


Diagrama de estados, haciendo énfasis a todos los estados en los que puede estar un semáforo.

Figura 33 - Diagrama de estados - Ciclo de Aprendizaje

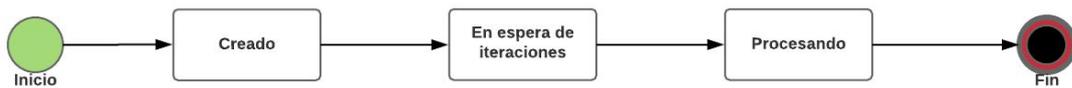


Diagrama de estados, haciendo énfasis a todos los estados en los que puede estar un ciclo de aprendizaje.

Figura 34 - Diagrama de estados - Iteración de Aprendizaje

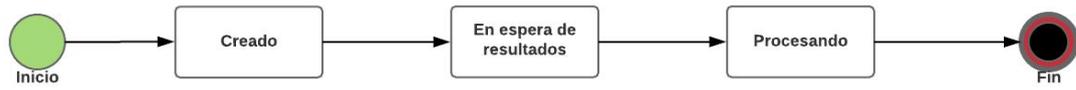


Diagrama de estados, haciendo énfasis a todos los estados en los que puede estar una iteración de aprendizaje.

Diagrama de casos de uso

Figura 35 - Diagrama de casos de uso general

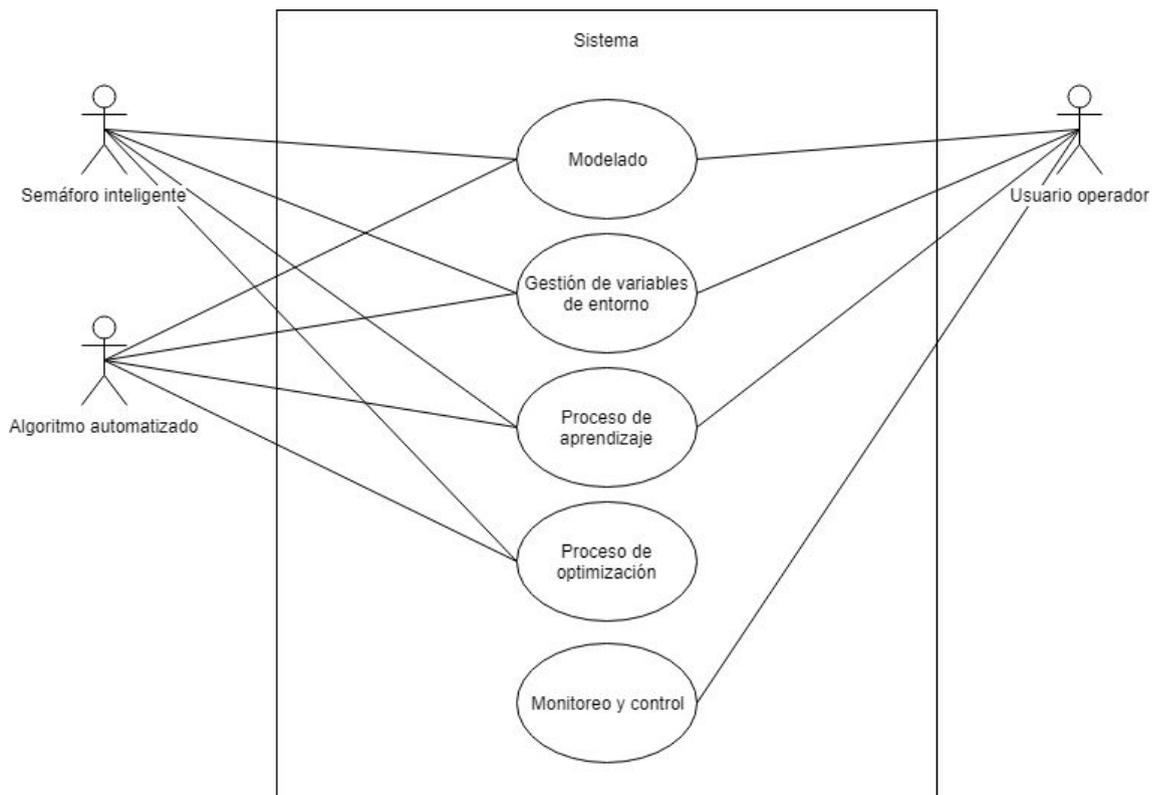


Diagrama de casos de uso general del proyecto de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Figura 36 - Diagrama de casos de uso - Modelado

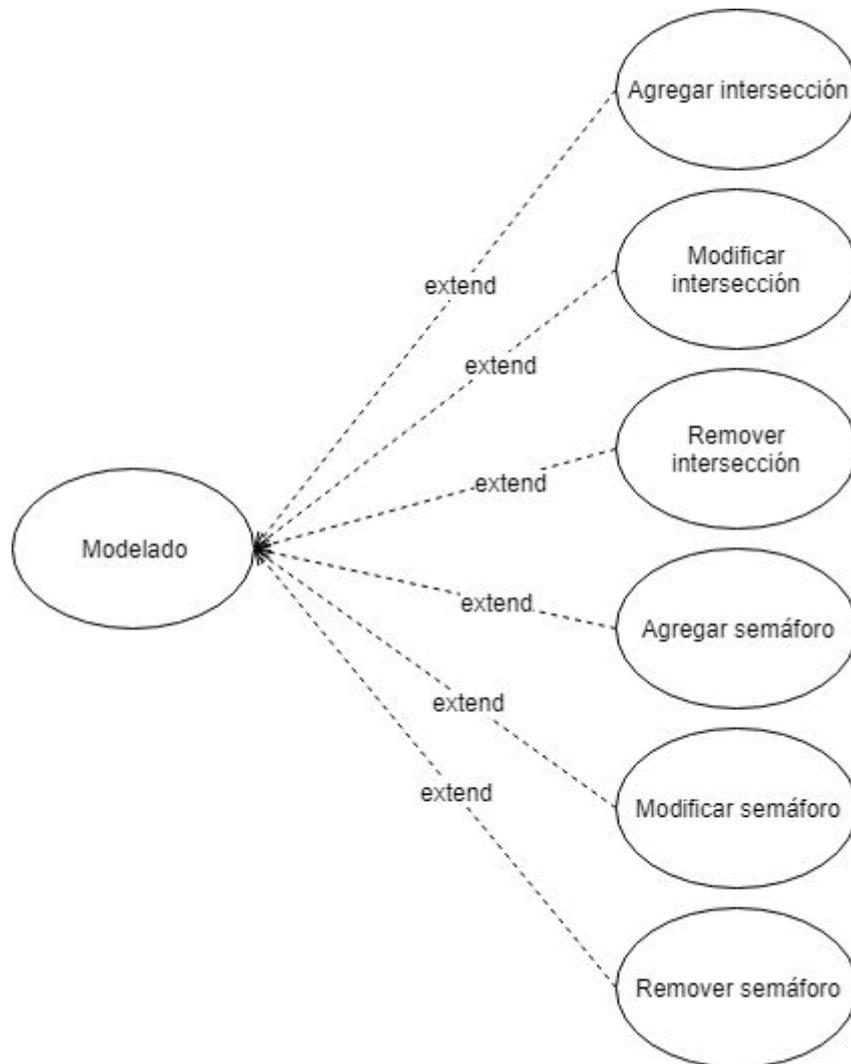


Diagrama de casos de uso “Modelado” del proyecto de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Tabla 67 - Caso de uso #1 - Descripción

Caso de uso	Agregar intersección	CUS-001
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir agregar intersecciones al sistema para poder ser usado al modelar los semáforos.	
Referencias	CUS-017	
Precondición	Debe estar logueado.	
Postcondición	Agregar intersección de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Agregar intersección”.

Tabla 68 - Caso de uso #1 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “agregar intersección”	
FB-002		Redirige a página de creación de intersección
FB-003	Llena el formulario	
FB-004	Selecciona “guardar”	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona “confirmar”	
FB-008		Guardar datos
FB-009		Mostrar mensaje “la intersección ha sido agregada exitosamente”

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Agregar intersección”.

Tabla 69 - Caso de uso #1 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “guardar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso “Agregar intersección”.

Tabla 70 - Caso de uso #1 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “confirmar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso “Agregar intersección”.

Tabla 71 - Caso de uso #1 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje “los datos ingresados no son válidos”

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso “Agregar intersección”.

Tabla 72 - Caso de uso #2 - Descripción

Caso de uso	Agregar semáforo	CUS-002
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir agregar semáforos con relación a una intersección y otros semáforos.	
Referencias	CUS-017, CUS-001	
Precondición	Debe estar logueado y deben haber intersecciones.	
Postcondición	Agregar semáforo de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Agregar semáforo”.

Tabla 73 - Caso de uso #2 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “agregar semáforo”	
FB-002		Redirige a página de creación de semáforo
FB-003	Llena el formulario	
FB-004	Selecciona “guardar”	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona “confirmar”	
FB-008		Guardar datos
FB-009		Mostrar mensaje “el semáforo ha sido agregada exitosamente”

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Agregar semáforo”.

Tabla 74 - Caso de uso #2 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "guardar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso "Agregar semáforo".

Tabla 75 - Caso de uso #2 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso "Agregar semáforo".

Tabla 76 - Caso de uso #2 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje "los datos ingresados no son válidos"

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso "Agregar semáforo".

Tabla 77 - Caso de uso #3 - Descripción

Caso de uso	Modificar intersección	CUS-003
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir modificar la configuración inicial de las intersecciones en el sistema.	
Referencias	CUS-017, CUS-001	
Precondición	Debe estar logueado y deben haber intersecciones.	
Postcondición	Actualizar intersección de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Modificar intersección".

Tabla 78 - Caso de uso #3 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "modificar intersección"	
FB-002		Redirige a página de modificación de intersección
FB-003	Actualiza el formulario	
FB-004	Selecciona "guardar"	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona "confirmar"	
FB-008		Guardar datos
FB-009		Mostrar mensaje "la intersección ha sido actualizada exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Modificar intersección".

Tabla 79 - Caso de uso #3 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "guardar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso "Modificar intersección".

Tabla 80 - Caso de uso #3 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso "Modificar intersección".

Tabla 81 - Caso de uso #3 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje "los datos ingresados no son válidos"

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso "Modificar intersección".

Tabla 82 - Caso de uso #4 - Descripción

Caso de uso	Modificar semáforo	CUS-004
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir modificar la configuración inicial de los semáforos en el sistema.	
Referencias	CUS-017, CUS-001, CUS-002	
Precondición	Debe estar logueado, deben haber intersecciones y deben haber semáforos.	
Postcondición	Actualizar semáforo de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Modificar semáforo".

Tabla 83 - Caso de uso #4 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "modificar semáforo"	
FB-002		Redirige a página de modificación de semáforo
FB-003	Actualiza el formulario	
FB-004	Selecciona "guardar"	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona "confirmar"	
FB-008		Guardar datos
FB-009		Mostrar mensaje "el semáforo ha sido actualizado exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Modificar semáforo".

Tabla 84 - Caso de uso #4 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "guardar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso "Modificar semáforo".

Tabla 85 - Caso de uso #4 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso "Modificar semáforo".

Tabla 86 - Caso de uso #4 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje "los datos ingresados no son válidos"

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso "Modificar semáforo".

Tabla 87 - Caso de uso #5 - Descripción

Caso de uso	Remover intersección	CUS-005
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir remover cualquiera de las intersecciones en el sistema.	
Referencias	CUS-017, CUS-001	
Precondición	Debe estar logueado y deben haber intersecciones.	
Postcondición	Eliminar intersección de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Remover intersección”.

Tabla 88 - Caso de uso #5 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “remover intersección”	
FB-002		Muestra confirmación
FB-003	Selecciona “confirmar”	
FB-004		Eliminar datos
FB-005		Mostrar mensaje “la intersección ha sido eliminada exitosamente”

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Remover intersección”.

Tabla 89 - Caso de uso #5 - Flujo Alterno (FB-003)

Flujo Alterno (FB-003)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “confirmar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-003) sobre el caso de uso “Remover intersección”.

Tabla 90 - Caso de uso #6 - Descripción

Caso de uso	Remover semáforo	CUS-006
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir remover cualquiera de los semáforos en el sistema.	
Referencias	CUS-017, CUS-001, CUS-002	
Precondición	Debe estar logueado, deben haber intersecciones y deben haber semáforos.	
Postcondición	Eliminar semáforo de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Remover semáforo”.

Tabla 91 - Caso de uso #6 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “remover semáforo”	
FB-002		Muestra confirmación
FB-003	Selecciona “confirmar”	
FB-004		Eliminar datos
FB-005		Mostrar mensaje “el semáforo ha sido eliminado exitosamente”

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Remover semáforo”.

Tabla 92 - Caso de uso #6 - Flujo Alterno (FB-003)

Flujo Alterno (FB-003)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-003) sobre el caso de uso "Remover semáforo".

Figura 37 - Diagrama de casos de uso - Gestión de variables de entorno

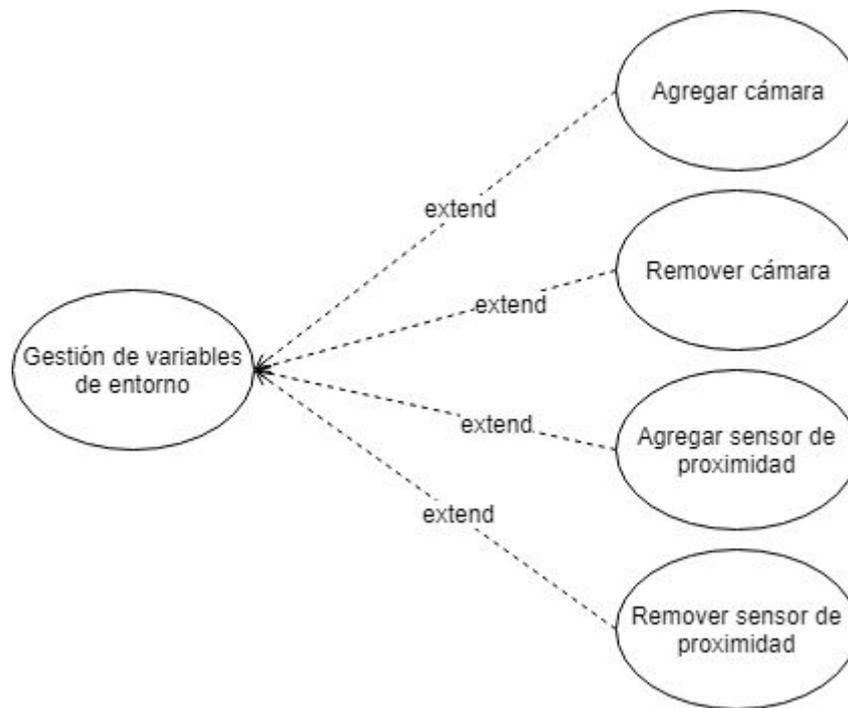


Diagrama de casos de uso "Gestión de variables de entorno" del proyecto de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Tabla 93 - Caso de uso #7 - Descripción

Caso de uso	Agregar cámara	CUS-007
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir agregar las cámaras que son usadas por los semáforos inteligentes, para así ser tomadas en cuenta para el proceso de aprendizaje.	
Referencias	CUS-017, CUS-002	
Precondición	Debe estar logueado y deben haber semáforos.	
Postcondición	Agregar cámara de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Agregar cámara".

Tabla 94 - Caso de uso #7 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "agregar cámara"	
FB-002		Redirige a página de creación de cámara
FB-003	Llena el formulario	
FB-004	Selecciona "guardar"	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona "confirmar"	
FB-008		Guardar datos
FB-009		Mostrar mensaje "la cámara ha sido agregada exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Agregar cámara".

Tabla 95 - Caso de uso #7 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "guardar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso "Agregar cámara".

Tabla 96 - Caso de uso #7 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso "Agregar cámara".

Tabla 97 - Caso de uso #7 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje "los datos ingresados no son válidos"

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso "Agregar cámara".

Tabla 98 - Caso de uso #8 - Descripción

Caso de uso	Agregar sensor de proximidad	CUS-008
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir agregar los sensores de proximidad que son usados por los semáforos inteligentes, para así ser tomados en cuenta para el proceso de aprendizaje.	
Referencias	CUS-017, CUS-002	
Precondición	Debe estar logueado y deben haber semáforos.	
Postcondición	Agregar sensor de proximidad de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Agregar sensor de proximidad".

Tabla 99 - Caso de uso #8 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "agregar sensor"	
FB-002		Redirige a página de creación de sensor de proximidad
FB-003	Llena el formulario	
FB-004	Selecciona "guardar"	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona "confirmar"	
FB-008		Guardar datos
FB-009		Mostrar mensaje "el sensor ha sido agregado exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Agregar sensor de proximidad".

Tabla 100 - Caso de uso #8 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "guardar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso "Agregar sensor de proximidad".

Tabla 101 - Caso de uso #8 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso "Agregar sensor de proximidad".

Tabla 102 - Caso de uso #8 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje "los datos ingresados no son válidos"

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso "Agregar sensor de proximidad".

Tabla 103 - Caso de uso #9 - Descripción

Caso de uso	Remover cámara	CUS-009
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir remover las cámaras que son usadas por los semáforos inteligentes.	
Referencias	CUS-017, CUS-007, CUS-002	
Precondición	Debe estar logueado, deben haber semáforos y deben haber cámaras.	
Postcondición	Eliminar cámara de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Remover cámara".

Tabla 104 - Caso de uso #9 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "remover cámara"	
FB-002		Muestra confirmación
FB-003	Selecciona "confirmar"	
FB-004		Eliminar datos
FB-005		Mostrar mensaje "la cámara ha sido eliminada exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Remover cámara".

Tabla 105 - Caso de uso #9 - Flujo Alterno (FB-003)

Flujo Alterno (FB-003)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-003) sobre el caso de uso "Remover cámara".

Tabla 106 - Caso de uso #10 - Descripción

Caso de uso	Remover sensor de proximidad	CUS-010
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir remover los sensores de proximidad que son usados por los semáforos inteligentes.	
Referencias	CUS-017, CUS-008, CUS-002	
Precondición	Debe estar logueado, deben haber semáforos y deben haber sensores de proximidad.	
Postcondición	Eliminar sensor de proximidad de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Remover sensor de proximidad".

Tabla 107 - Caso de uso #10 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "remover sensor"	
FB-002		Muestra confirmación
FB-003	Selecciona "confirmar"	
FB-004		Eliminar datos
FB-005		Mostrar mensaje "el sensor ha sido eliminado exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Remover sensor de proximidad".

Tabla 108 - Caso de uso #10 - Flujo Alterno (FB-003)

Flujo Alterno (FB-003)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-003) sobre el caso de uso "Remover sensor de proximidad".

Figura 38 - Diagrama de casos de uso - Proceso de aprendizaje

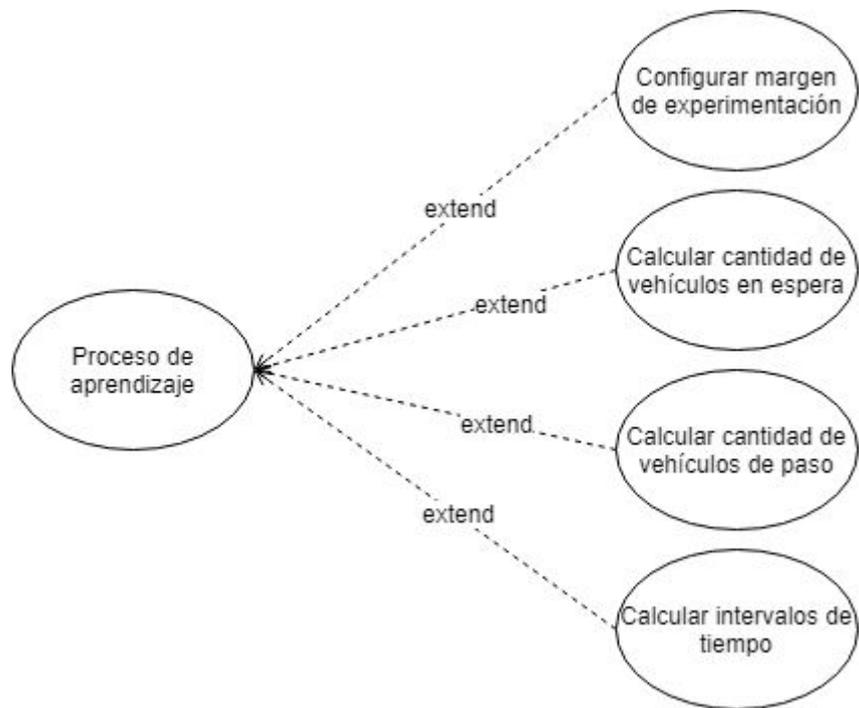


Diagrama de casos de uso “Proceso de aprendizaje” del proyecto de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Tabla 109 - Caso de uso #11 - Descripción

Caso de uso	Configurar margen de experimentación	CUS-011
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir configurar qué tanto margen de experimentación puede haber en una intersección y sus semáforos. El margen de experimentación hace referencia a la cantidad máxima de segundos que pueden ser agregados o removidos en una iteración de aprendizaje.	
Referencias	CUS-017, CUS-001, CUS-002	
Precondición	Debe estar logueado, deben haber semáforos y deben haber intersecciones.	
Postcondición	Configurar margen de experimentación de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Configurar margen de experimentación”.

Tabla 110 - Caso de uso #11 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “configurar margen de experimentación”	
FB-002		Muestra formulario
FB-003	Introduce valor	
FB-004	Selecciona “guardar”	
FB-005		Guarda datos
FB-006		Mostrar mensaje “se ha configurado el margen de experimentación de forma exitosa”

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Configurar margen de experimentación”.

Tabla 111 - Caso de uso #11 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "guardar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso "Configurar margen de experimentación".

Tabla 112 - Caso de uso #12 - Descripción

Caso de uso	Calcular cantidad de vehículos en espera	CUS-012
Actor (es)	Semáforo inteligente	
Tipo	Básico	
Propósito	Los semáforos inteligentes deben ser capaces de usar las cámaras que posee para calcular la cantidad de vehículos que se encuentran en espera y su acumulación a través de un algoritmo de análisis óptico.	
Referencias	CUS-007, CUS-001, CUS-002	
Precondición	Deben haber cámaras, deben haber semáforos y deben haber intersecciones.	
Postcondición	Calcular la cantidad de vehículos en espera de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Calcular cantidad de vehículos en espera”.

Tabla 113 - Caso de uso #12 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Semáforo inteligente	Sistema
FB-001	Tomar múltiples fotos con la cámara.	
FB-002	Utilizar algoritmo de análisis óptico para ver la cantidad de vehículos.	
FB-003	Enviar resultados	
FB-004		Procesar resultados
FB-005		Notificar éxito

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Calcular cantidad de vehículos en espera”.

Tabla 114 - Caso de uso #13 - Descripción

Caso de uso	Calcular cantidad de vehículos de paso	CUS-013
Actor (es)	Semáforo inteligente	
Tipo	Básico	
Propósito	Los semáforos inteligentes deben ser capaces de usar los sensores de proximidad que posee para calcular la cantidad de vehículos que están pasando por una intersección.	
Referencias	CUS-008, CUS-001, CUS-002	
Precondición	Deben haber sensores de proximidad, deben haber semáforos y deben haber intersecciones.	
Postcondición	Calcular la cantidad de vehículos de paso de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Calcular cantidad de vehículos de paso".

Tabla 115 - Caso de uso #13 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Semáforo inteligente	Sistema
FB-001	Captar datos con múltiples sensores de proximidad.	
FB-002	Sumar la cantidad de vehículos que pasaron por los sensores.	
FB-003	Enviar resultados	
FB-004		Procesar resultados
FB-005		Notificar éxito

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Calcular cantidad de vehículos de paso".

Tabla 116 - Caso de uso #14 - Descripción

Caso de uso	Calcular intervalos de tiempo	CUS-014
Actor (es)	Algoritmo automatizado	
Tipo	Básico	
Propósito	Se debe ser capaz de usar el algoritmo Q-Learning para calcular intervalos de tiempo óptimos en una intersección tomando en cuenta el margen de experimentación aceptado, la cantidad de vehículos de paso y la cantidad de vehículos de espera.	
Referencias	CUS-011, CUS-012, CUS-013	
Precondición	Se debe tener configurado un margen de experimentación, se debe haber calculado la cantidad de vehículos en espera y de paso.	
Postcondición	Calcular intervalos de tiempo de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Calcular intervalos de tiempo”.

Tabla 117 - Caso de uso #14 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Algoritmo automatizado	Sistema
FB-001	Procesa iteraciones de aprendizaje	
FB-002	Procesa ciclos de aprendizaje	
FB-003	Calcular intervalos de tiempo óptimos con algoritmo <i>Q-Learning</i>	
FB-004		Guardar intervalos y tiempos
FB-005		Notificar éxito

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Calcular intervalos de tiempo”.

Figura 39 - Diagrama de casos de uso - Proceso de optimización

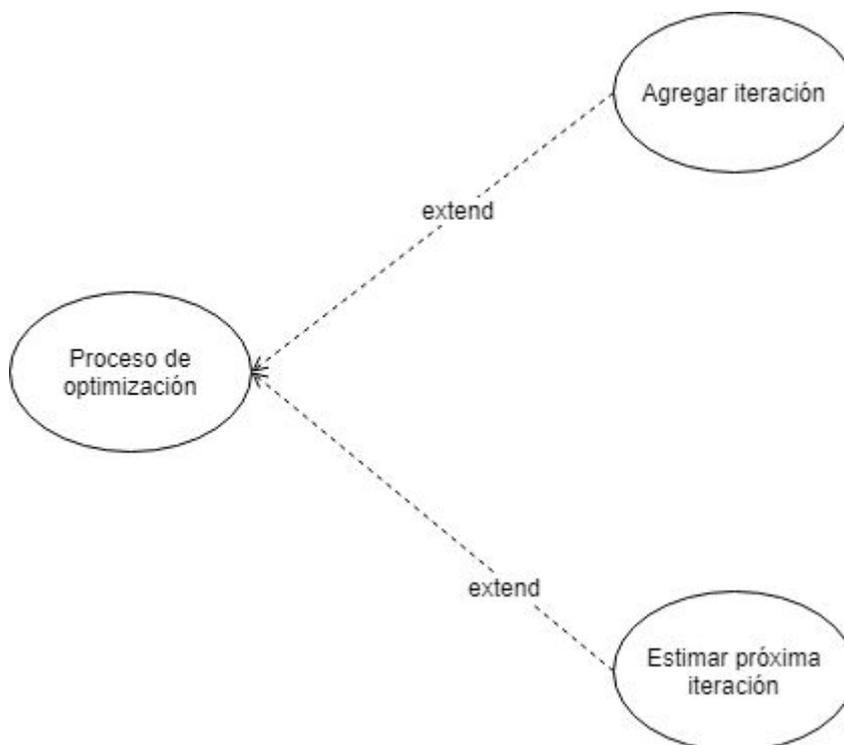


Diagrama de casos de uso “Proceso de optimización” del proyecto de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Tabla 118 - Caso de uso #15 - Descripción

Caso de uso	Agregar iteración	CUS-015
Actor (es)	Semáforo inteligente	
Tipo	Básico	
Propósito	Los semáforos inteligentes deben ser capaces de agregar una iteración de aprendizaje al sistema para ser registrado con un tiempo en específico.	
Referencias	CUS-014	
Precondición	Se debe permitir el cálculo de los intervalos de tiempo para cada semáforo inteligente.	
Postcondición	Agregar iteración de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Agregar iteración".

Tabla 119 - Caso de uso #15 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Semáforo inteligente	Sistema
FB-001	Solicita intervalo de tiempo	
FB-002		Calcula y envía intervalo de tiempo
FB-003	Captura variables de entorno	
FB-004	Envía variables de entorno	
FB-005		Procesa iteración de aprendizaje
FB-006		Actualiza ciclo de aprendizaje
FB-007		Notificar éxito

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Agregar iteración".

Tabla 120 - Caso de uso #16 - Descripción

Caso de uso	Estimar próxima iteración	CUS-016
Actor (es)	Algoritmo automatizado	
Tipo	Básico	
Propósito	El sistema debe ser capaz de estimar la próxima iteración una vez el semáforo haya agregado una iteración basado en el registro de iteraciones que se han realizado para así ser utilizado como parámetros iniciales en la próxima iteración de aprendizaje. Para esto se debe tomar en cuenta los tiempos, dígame horas y días de la semana.	
Referencias	CUS-015	
Precondición	Se deben haber agregado iteraciones de aprendizaje.	
Postcondición	Estimar próxima iteración de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Estimar próxima iteración”.

Tabla 121 - Caso de uso #16 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Algoritmo automatizado	Sistema
FB-001	Organizar iteraciones pasadas por fecha	
FB-002	Priorizar iteraciones por recompensa	
FB-003	Organizar ciclos pasados por fecha	
FB-004	Priorizar ciclos por recompensa	
FB-005	Definir ciclo con iteraciones de mayor recompensa	
FB-006		Actualizar intervalos
FB-007		Notificar éxito

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Estimar próxima iteración”.

Figura 40 - Diagrama de casos de uso - Monitoreo y control

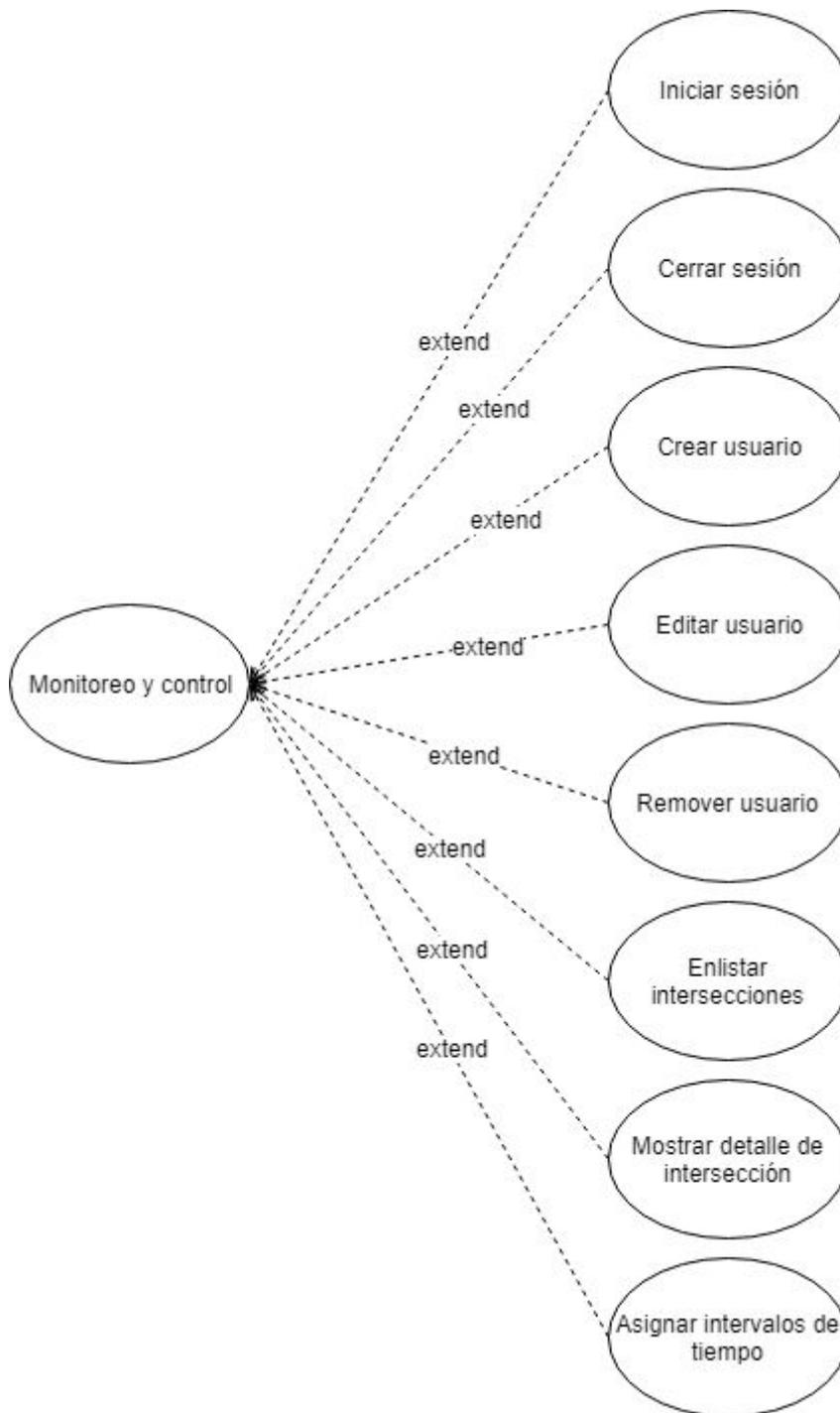


Diagrama de casos de uso "Monitoreo y control" del proyecto de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Tabla 122 - Caso de uso #17 - Descripción

Caso de uso	Iniciar sesión	CUS-017
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir iniciar sesión, ya que es un requisito para tener acceso a todas las demás funcionalidades.	
Referencias	CUS-019	
Precondición	Poseer un usuario.	
Postcondición	Iniciar sesión de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Iniciar sesión”.

Tabla 123 - Caso de uso #17 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “iniciar sesión”	
FB-002		Redirige a página de iniciar sesión
FB-003	Llena el formulario	
FB-004	Selecciona “acceder”	
FB-005		Valida datos
FB-006		Mostrar mensaje “sesión iniciada exitosamente”

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Iniciar sesión”.

Tabla 124 - Caso de uso #17 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "acceder"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a iniciar sesión

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso "Iniciar sesión".

Tabla 125 - Caso de uso #17 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje "los datos ingresados no son válidos"

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso "Iniciar sesión".

Tabla 126 - Caso de uso #18 - Descripción

Caso de uso	Cerrar sesión	CUS-018
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir cerrar sesión a los usuarios que ya tengan una sesión iniciada.	
Referencias	CUS-017	
Precondición	Debe estar logueado.	
Postcondición	Cerrar sesión de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Cerrar sesión”.

Tabla 127 - Caso de uso #18 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “cerrar sesión”	
FB-002		Elimina la sesión actual
FB-003		Redirige a página de iniciar sesión
FB-004		Mostrar mensaje “sesión cerrada exitosamente”

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Cerrar sesión”.

Tabla 128 - Caso de uso #19 - Descripción

Caso de uso	Crear usuario	CUS-019
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir crear usuarios para poder acceder al sistema.	
Referencias	CUS-017	
Precondición	Debe estar logueado.	
Postcondición	Crear usuario de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Crear usuario".

Tabla 129 - Caso de uso #19 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "crear usuario"	
FB-002		Redirige a página de creación de usuario
FB-003	Llena el formulario	
FB-004	Selecciona "guardar"	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona "confirmar"	
FB-008		Guardar datos
FB-009		Mostrar mensaje "el usuario ha sido creado exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Crear usuario".

Tabla 130 - Caso de uso #19 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “guardar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso “Crear usuario”.

Tabla 131 - Caso de uso #19 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “confirmar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso “Crear usuario”.

Tabla 132 - Caso de uso #19 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje “los datos ingresados no son válidos”

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso “Crear usuario”.

Tabla 133 - Caso de uso #20 - Descripción

Caso de uso	Editar usuario	CUS-020
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir editar los usuarios que pueden acceder al sistema.	
Referencias	CUS-017, CUS-019	
Precondición	Debe estar logueado y deben haber usuarios registrados.	
Postcondición	Editar usuario de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Editar usuario".

Tabla 134 - Caso de uso #20 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "editar usuario"	
FB-002		Redirige a página de edición de usuario
FB-003	Actualiza el formulario	
FB-004	Selecciona "guardar"	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona "confirmar"	
FB-008		Guardar datos
FB-009		Mostrar mensaje "el usuario ha sido actualizado exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Editar usuario".

Tabla 135 - Caso de uso #20 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “guardar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso “Editar usuario”.

Tabla 136 - Caso de uso #20 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “confirmar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso “Editar usuario”.

Tabla 137 - Caso de uso #20 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje “los datos ingresados no son válidos”

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso “Editar usuario”.

Tabla 138 - Caso de uso #21 - Descripción

Caso de uso	Remover usuario	CUS-021
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir remover usuarios que pueden acceder al sistema.	
Referencias	CUS-017, CUS-019	
Precondición	Debe estar logueado y deben haber usuarios.	
Postcondición	Eliminar usuario de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Remover usuario".

Tabla 139 - Caso de uso #21 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "remover usuario"	
FB-002		Muestra confirmación
FB-003	Selecciona "confirmar"	
FB-004		Eliminar datos
FB-005		Mostrar mensaje "el usuario ha sido eliminado exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Remover usuario".

Tabla 140 - Caso de uso #21 - Flujo Alterno (FB-003)

Flujo Alterno (FB-003)		
El usuario operador selecciona "cancelar" en vez de "confirmar"		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona "cancelar"	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-003) sobre el caso de uso "Remover usuario".

Tabla 141 - Caso de uso #22 - Descripción

Caso de uso	Enlistar intersecciones	CUS-022
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir ver un listado con todas las intersecciones disponibles en el sistema.	
Referencias	CUS-017	
Precondición	Debe estar logueado.	
Postcondición	Mostrar un listado de intersecciones.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Enlistar intersecciones”.

Tabla 142 - Caso de uso #22 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “Lista de intersecciones”	
FB-002		Buscar intersecciones
FB-003		Organizar intersecciones
FB-004		Mostrar lista de intersecciones

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Enlistar intersecciones”.

Tabla 143 - Caso de uso #23 - Descripción

Caso de uso	Mostrar detalle de intersección	CUS-023
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir ver un detalle de las intersecciones donde se muestran los semáforos que posee, el carril prioritario, los intervalos de tiempo en verde de cada semáforo y la estimación de los intervalos durante la próxima hora.	
Referencias	CUS-017	
Precondición	Debe estar logueado.	
Postcondición	Mostrar un detalle de las intersecciones.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso “Mostrar detalle de intersección”.

Tabla 144 - Caso de uso #23 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción “ver detalle”	
FB-002		Busca la intersección
FB-003		Busca semáforos de esa intersección
FB-004		Busca intervalos de tiempo de esa intersección
FB-005		Muestra detalles sobre la intersección

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso “Mostrar detalle de intersección”.

Tabla 145 - Caso de uso #24 - Descripción

Caso de uso	Asignar intervalos de tiempo	CUS-024
Actor (es)	Usuario operador	
Tipo	Básico	
Propósito	Permitir que en caso de emergencias, los usuarios puedan asignar los intervalos de tiempo de cada uno de los semáforos en una intersección.	
Referencias	CUS-017	
Precondición	Debe estar logueado.	
Postcondición	Asignar intervalos de tiempo de forma exitosa.	

Tabla descriptiva sobre el caso de uso "Asignar intervalos de tiempo".

Tabla 146 - Caso de uso #24 - Flujo Básico

Flujo Básico		
Paso	Usuario operador	Sistema
FB-001	Selecciona la opción "asignar intervalos de tiempo"	
FB-002		Redirige a página de asignación de intervalos
FB-003	Llena el formulario	
FB-004	Selecciona "guardar"	
FB-005		Valida datos
FB-006		Muestra confirmación
FB-007	Selecciona "confirmar"	
FB-008		Guarda datos y se notifica a los semáforos
FB-009		Mostrar mensaje "Intervalos asignados exitosamente"

Tabla de flujo básico sobre el caso de uso "Asignar intervalos de tiempo".

Tabla 147 - Caso de uso #24 - Flujo Alterno (FB-004)

Flujo Alterno (FB-004)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “guardar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-004) sobre el caso de uso “Asignar intervalos de tiempo”.

Tabla 148 - Caso de uso #24 - Flujo Alterno (FB-007)

Flujo Alterno (FB-007)		
El usuario operador selecciona “cancelar” en vez de “confirmar”		
Paso	Usuario operador	Sistema
FA-001	Selecciona “cancelar”	
FA-002		Redirige a página principal

Tabla de flujo alternativo (FB-007) sobre el caso de uso “Asignar intervalos de tiempo”.

Tabla 149 - Caso de uso #24 - Flujo de Error (FB-005)

Flujo de Error (FB-005)		
La validación no fue exitosa		
Paso	Usuario operador	Sistema
FE-001		Mostrar mensaje “los datos ingresados no son válidos”

Tabla de flujo de error (FB-005) sobre el caso de uso “Asignar intervalos de tiempo”.

Resumen del Capítulo IV

El capítulo presenta diferentes tipos de diagramas con el objetivo de modelar la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. Estos modelos utilizados están comprendidos bajo el lenguaje de unificado de modelado.

Entre los modelos que se presentaron tenemos:

- Diagrama de arquitectura de software que muestra los nueve elementos que forman parte de la composición del sistema.
- Diagrama de arquitectura de base de datos que muestra las once tablas con las cuales trabajará el sistema.
- Diagrama de dominio que muestra los once elementos que forman el dominio de este sistema.
- Diagrama de actividades que muestra los dos procesos primordiales del sistema.
- Diagrama de estados que muestra los estados en los que pueden estar siete de los componentes incluidos en este sistema.
- Diagrama de casos de uso que muestra los cinco módulos en conjunto con los veinticuatro casos de usos específicos provenientes de los requerimientos funcionales.
- Flujo de trabajo de los veinticuatro casos de usos específicos compuesto por flujos básicos, flujos alternos y flujos de error.

CONCLUSIÓN

La finalidad de este trabajo de investigación fue de analizar la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana durante el periodo de mayo a agosto del año 2018. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo general el identificar qué causas intervienen en la problemática de los embotellamientos en la ciudad de Santo Domingo y definir la complejidad y los recursos necesarios para resolverlo con semáforos automatizados e inteligentes.

La causa que interviene de forma directa a la problemática es que en la República Dominicana no hay un sistema de control de tránsito que funcione de forma dinámica y automatizada en base al flujo vehicular en el momento. El país no tiene antecedentes de implementaciones que utilicen la tecnología específicamente para mejorar la velocidad del flujo vehicular en la ciudad de Santo Domingo, por lo que, se presenta la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes.

Tras realizar encuestas a 384 personas que viven en la ciudad de Santo Domingo, se pudo obtener que un 94% de las personas utilizan medios de transporte terrestre para movilizarse a través de la ciudad, dígame, con vehículos personales o familiares, carros públicos, autobuses públicos o taxis. Teniendo en cuenta que el parque vehicular va en aumento todos los años, es imposible no ver en el futuro mayores embotellamientos vehiculares en la ciudad si no se busca una solución viable.

Tras ver los resultados de las encuestas se puede concluir con que sí hay una problemática referente a los embotellamientos vehiculares, ya que un 79% de las personas considera que es algo que ocurre diariamente.

Entre las consecuencias principales que trae consigo esta problemática, obtenidas por la encuesta, tenemos un gran daño al medio ambiente, una gran pérdida de tiempo y una gran pérdida de combustible.

Tras ver que si existe una problemática referente a la congestión vehicular, que afecta a una gran cantidad de las personas que viven en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana, se presenta la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo. Según la encuesta realizada a las personas que viven en la ciudad, un 95% de las personas considera que si se puede mejorar la fluidez vehicular y de estas un 92% apoyarían el uso de la tecnología para cumplir este objetivo.

La propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo expone una solución que utilice conceptos como la inteligencia artificial y el *machine learning* para calcular de una forma eficiente intervalos optimizados para cada una de las intersecciones de la ciudad, por ello, el uso de semáforos inteligentes que cuenten con herramientas como cámaras y sensores de proximidad para adquirir variables de entorno que puedan afectar al cálculo de estos intervalos de tiempos optimizados.

El cálculo de los intervalos optimizados estaría basado bajo el algoritmo *Q-Learning* que tiene el objetivo de, en valor a una recompensa, buscar la forma más eficiente de realizar una acción en específico, en este caso buscar un óptimo intervalo de tiempo para cada dirección en una intersección durante cada hora, de cada día, de mes del año.

La propuesta explica que las variables a tomar en cuenta para la recompensa son la cantidad de vehículos que pasan y la cantidad de vehículos que se quedan en espera en una transición es específico. Todo este proceso de aprendizaje y optimización tendrá lugar bajo una serie de iteraciones y ciclos que tienen la finalidad de buscar siempre el intervalo de tiempo más beneficioso para cada situación que presente el entorno en ese momento.

En la propuesta se incluye todo lo necesario para emplear el proyecto bajo los estándares de software de calidad, por lo que, cualquier entidad que desee utilizarlo, tiene los recursos disponibles para hacerlo. Esta propuesta tiene la intención de ser reconocida principalmente por el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT), ya que son aquella organización con los recursos y el poder necesario para implementarlo en la ciudad.

En la propuesta se determinó que lo mínimo necesario para realizar este proyecto de implementación son treinta y tres personas, un local para la central de control, un servidor, diez ordenadores para los operadores, cien semáforos inteligentes para una fase inicial, cien cámaras para los semáforos inteligentes, trescientos sensores para los semáforos inteligentes y un presupuesto aproximado de RD\$ 26,905,500.00, veintiséis millones novecientos cinco mil quinientos pesos dominicanos. A partir del primer año, los gastos de mantenimientos nada más tendrían un estimado de RD\$ 957,000.00, novecientos cincuenta y siete mil pesos dominicanos.

El proyecto de implementación no presenta una complejidad muy grande, ya que solamente cuenta con cinco módulos y veinticuatro casos de usos específicos para que funcione correctamente. El diseño presentado en la propuesta dejó claro que el proyecto no es muy extenso, ya que la arquitectura del software y la arquitectura de la base de datos no muestran ser tan amplios, sin embargo, asegura muchos cambios positivos en la ciudad.

En conclusión, la ciudad de Santo Domingo actualmente está enfrentando un problema muy grave de embotellamientos vehiculares durante las horas pico que causa se pierda mucho tiempo y se haga daño innecesario al medio ambiente, nosotros como ciudadanos, debemos cooperar para una mejor vida en la ciudad y esta propuesta de implementación dirigida a las entidades con poder de realizarla, además tiene la finalidad social de mitigar este problema que existe actualmente. La propuesta es viable y asegura un sistema dinámico y automatizado de control de tráfico que es capaz de responder ante cambios en la fluidez del tránsito vehicular.

RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los problemas que se dieron a conocer por medio de esta investigación, como son la pérdida de tiempo y combustible por parte de las personas que viven en la ciudad de Santo Domingo a causa de la congestión vehicular y el daño al medio ambiente a causa de los gases tóxicos que expulsan los vehículos innecesariamente por el mal flujo vehicular, se recomienda lo siguiente:

- Implementar un sistema de control de tránsito que sea capaz de responder a los cambios del flujo vehicular en el momento.
- Utilizar la tecnología actual para tomar decisiones en cuanto a los intervalos de tiempo que pretenden mitigar la congestión vehicular en las intersecciones.
- Actualizar los semáforos que se utilizan en la ciudad, ya que son equipos viejos que no ofrecen versatilidad a la hora de necesitar cambios.
- Tomar en cuenta la propuesta de implementación de semáforos automatizados e inteligentes en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana, ya que presenta una solución viable para el problema que actualmente está enfrentando la nación; tomando en cuenta la parte creadora de esta propuesta en asuntos de implementación y derechos de autor.

BIBLIOGRAFÍA

- **Alpaydin, E. (2016).** *Machine learning : the new AI.* Cambridge, MA: MIT Press.
- **Amando García (1988):** La contaminación acústica. Universidad de Valencia.
- **Andrew Downie (21 de abril de 2008):** Congestión Vehicular.
- **Bănică, Florinel-Gabriel (2012) -** Chemical Sensors and Biosensors: Fundamentals and Applications. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- **Bardin, L. & Suárez, C. (2002).** El análisis de contenido. Torrejón de Ardoz, Madrid: Akal Ediciones.
- **DGII (2017) -** Informe sobre Parque Vehicular Dominicano 2017. Fuente: <http://dgii.gov.do/noticias/Paginas/notadeprensaparquevehicular2016.aspx>
- **Haugeland, J. (1988).** Inteligencia artificial. México, D.F: Siglo Veintiuno Editores.
- **Honeywell en el año 1969 -** Habló por primera vez de los sensores.
- **Larisgoitia, L. (2006).** La gestión penal del ambiente : el sector privado y la experiencia a diez años. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- **Libro de Carmen Orozco Barrenetxea - Fecha de publicación original: 2002:** Contaminación ambiental.
- **Luque, A. & Estramiana, J. (1995).** Técnicas de análisis estadístico en ciencias sociales. Madrid: Universidad Complutense.
- **P. (2014, December 10) -** Técnicas de recopilación de la información. Obtenido el 01, 2017, de <http://www.conocimientosweb.net/portal/article2608.html>

- **Palacios. (2005).** El análisis y la síntesis. Madrid: Ediciones Encuentro.
- **Tamayo, M. (2001).** El proceso de la investigación científica. México: Limusa Noriega Editores.
- **Torres, C., Salavarieta, D., Amaya, T. & Salazar, R. (2006).** Metodología de la investigación : para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. México: Pearson Educación.

ANEXOS

Anexo A: Encuesta

11. ¿Cual es su género?
 - a. Hombre
 - b. Mujer
 - c. Prefiero no decirlo
 - d. Otro
12. ¿Cual es su edad?
 - a. 16-24 años
 - b. 25-30 años
 - c. 31-40 años
 - d. 41 años o más
13. ¿Posee usted un vehículo propio?
 - a. Si
 - b. No
14. ¿Qué medio utiliza normalmente para desplazarse por la ciudad de Santo Domingo?
 - a. Mi vehículo personal
 - b. Taxis
 - c. Carros públicos
 - d. Autobuses públicos
 - e. Otros
15. ¿Porque utilizas este medio para transportarte?
 - a. Es más rápido
 - b. Es más barato
 - c. Es más seguro
 - d. Es más cómodo
16. ¿Considera usted que el medio que utiliza para transportarse le presenta demoras a causa de la congestión vehicular en la ciudad?
 - a. Muchas veces
 - b. Normalmente
 - c. Algunas veces
 - d. Pocas veces
 - e. Nunca

17. Si su respuesta anterior afirma que si existe congestión vehicular, ¿Que daños considera usted esté causa y le preocupa?
- a. Daño al medio ambiente
 - b. Pérdida de tiempo
 - c. Pérdida de combustible
 - d. Ruido innecesario
 - e. Daños a la salud
18. ¿Considera que el medio que utiliza para transportarse podría ser más fluido?
- a. Si
 - b. No
19. ¿Quién considera usted es responsable de optimizar la fluidez de este medio de transporte?
- a. AMET - Autoridad Metropolitana de Transporte
 - b. INTRANT - Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre
 - c. Oficina para el Reordenamiento del Transporte
20. ¿Apoyaría una solución que utilice la tecnología para optimizar la fluidez del medio que utiliza para transportarse?
- a. Si
 - b. No
 - c. No estoy seguro

Anexo B: Anteproyecto



UNAPEC
UNIVERSIDAD APEC

Tema:

Anteproyecto: Análisis sobre la propuesta de implementación de semáforos automatizados en la ciudad de Santo Domingo en el periodo de mayo a agosto del 2018

Estudiante:

Yamil García Hernández (2014-0273)

Carrera:

Ingeniería de Software (ISO)

Asesor:

Angel Asencio

Fecha entrega:

11 de abril del 2018

Análisis sobre la propuesta de implementación de
semáforos automatizados en la ciudad de Santo Domingo
en el periodo de mayo a agosto del 2018

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	207
JUSTIFICACIÓN	208
DELIMITACIÓN DEL TEMA	209
Determinación del universo y cálculo de la muestra	210
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	211
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	212
Objetivo general	212
Objetivos específicos	212
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	213
Marco teórico	213
Marco conceptual	214
Marco contextual	214
HIPÓTESIS	215
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	216
Diseño	216
Metodología	216
Métodos a utilizar	217
Técnicas de recopilación de información	218
FUENTES DE DOCUMENTACIÓN	219
ESQUEMA PRELIMINAR DE CONTENIDO	220
BIBLIOGRAFÍA	222

INTRODUCCIÓN

El siguiente documento contiene la planificación ordenada de los pasos a seguir para el análisis sobre la propuesta de implementación de semáforos automatizados en la ciudad de Santo Domingo en el periodo de mayo a agosto del 2018.

Esta investigación tiene mucha importancia, ya que trata sobre los embotellamientos de automóviles dentro de la ciudad que provocan pérdida de tiempo, ruidos innecesarios e incomodidades a las personas cercanas.

Esta investigación tiene como meta encontrar y definir una solución inteligente que permita organizar y controlar la situación.

En el capítulo introductorio es donde se identificará cuál es la idea a investigar, como también se definirá el tema y luego se realizará una breve introducción al mismo. Esto implica la justificación, delimitación del tema, planteamiento del problema y el desarrollo de las preguntas de investigación.

En el capítulo uno se verá el marco teórico de referencia sobre el tema, especificando a detalle los tópicos de la investigación y cada uno de los marcos en los cuales esta problemática está relacionada.

En el capítulo dos se verá cuál será el diseño de la investigación y la metodología que se ha decidido utilizar para realizar la misma. Esto implica el diseño, enfoque y orientación además de el tipo de investigación, métodos a utilizar, técnicas de recopilación de información, fuentes y variables a medir.

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se realizará por el hecho de que los embotellamientos vehiculares en la ciudad de Santo Domingo provocan muchos inconvenientes para todos los conductores y peatones de la zona. Buscar una solución ya no es una opción que se tiene en el día de hoy, sino más bien una necesidad que debe ser complacida para así hacer un bien social en la provincia.

La viabilidad de la investigación es realmente alta ya que los recursos necesarios para hacer la misma los tenemos actualmente para poder realizarla en cualquier momento.

A nivel internacional, República Dominicana es conocida como un país tercermundista, por el bajo nivel educativo, el gran promedio de pobreza y los altos impuestos, sin embargo, durante la última década el país ha tenido un gran movimiento tecnológico donde se han implementado grandes proyectos como el metro y teleféricos. Estos proyectos han requerido de una cantidad enorme de recursos y hasta el día de hoy han tenido éxito.

La investigación dará lugar a que el proyecto de implementar semáforos automatizados pueda convertirse en realidad algún día, y como es un avance tecnológico, permitirá al país en general a mejorar su imagen a nivel internacional.

DELIMITACIÓN DEL TEMA

El análisis sobre la propuesta de implementación de semáforos automatizados en la ciudad de Santo Domingo en el periodo de mayo a agosto del 2018 tendrá inicio el 2 de mayo del año 2018, esta investigación estará dirigida a las instituciones de transporte de la República Dominicana mencionados a continuación:

- Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT)
- Autoridad Metropolitana de Transporte (AMET)
- Oficina para el Reordenamiento del Transporte

La fecha estimada de finalización de la investigación es para agosto del año 2018.

Las variables de la investigación están condicionadas a ser adquiridas y analizadas a las diferentes horas en las cuales ocurren los embotellamientos vehiculares en la ciudad de Santo Domingo, Distrito Nacional. Estas horas son normalmente de 11:00am a 2:00pm y de 5:00pm a 7:00pm.

Determinación del universo y cálculo de la muestra

Segmento	Conductores frecuentes en la ciudad de Santo Domingo
	Peatones en la ciudad de Santo Domingo
Universo	Aproximadamente 1,614,841 conductores frecuentes
	Aproximadamente 1,380,370 peatones

Clasificación	VR	%	Encuestas
Conductores frecuentes	1,614,841	53.91%	207
Peatones	1,380,370	46.09%	177
Total	2,995,211	100%	384

Fórmula a utilizar: $n = [(Z^2 \times P \times Q \times N) / ((E^2 * (N - 1)) + (Z^2 \times P \times Q))]$

Variables:

Grado de confianza: $Z^2 = 1.96^2 = 3.8416$

Segmento investigado: $P = 50\% = 0.5$

$Q = 50\% = 0.5$

$E^2 = 5\%^2 = 0.05^2 = 0.0025$

Universo: $N = 2,995,211$

Operación:

$n = (3.8416 * 0.5 * 0.5 * 2,995,211) / ((0.0025 * (2,995,211 - 1)) + (3.8416 * 0.5 * 0.5))$

Resultado:

$384.11 \approx 384$

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En este tema se ha de investigar sobre el embotellamiento vehicular en la ciudad de Santo Domingo. El embotellamiento en el tránsito no permite ni a los conductores ni a los peatones transitar de forma fluida por las calles, lo cual provoca pérdida de tiempo para todo el que transita por esta zona. Esto viene sucediendo desde hace tiempo y nadie ha identificado una solución, sino que lo pasan por alto y lo ven como algo normal que está afectando a todos los que residen en la ciudad. La concurrencia de este evento es posiblemente causado por los cambios repentinos en la cantidad de vehículos de cada uno de los carriles sin haber ningún cambio en la secuencia que utilizan los semáforos de la ciudad.

Si este problema no se trata lo antes posible, la situación podría empeorar a un nivel mucho más alto del cual esta actualmente, ya que la cantidad de vehículos en la ciudad va creciendo, lo que implicaría más vehículos en estos embotellamientos, provocando más atrasados, pérdida de tiempo y molestias.

Como una posible solución se ha pensado en una implementación de semáforos automatizados/inteligentes, que utilizan tecnologías como *machine learning* y *artificial intelligence* para tomar decisiones sobre cambios repentinos en la cantidad de vehículos por carril.

Para fines de revisión sobre el problema se podrían realizar encuestas antes y después de la posible solución durante periodos de 3 a 6 meses para poder ver si el problema ha mermado o si sigue de la misma manera, si el problema resulta ser realmente la falta de adaptación al cambio en los semáforos, esto podría ser una solución y medida de control viable.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Objetivo general

- Identificar las causas que intervienen en la problemática de los embotellamientos en la ciudad de Santo Domingo y definir la complejidad y los recursos necesarios para resolverlo con semáforos automatizados/inteligentes.

Objetivos específicos

1. Identificar los afectados por esta problemática.
2. Identificar beneficios de la solución al problema.
3. Determinar intervinientes en la problemática.
4. Identificar las consecuencias que trae consigo la problemática.
5. Buscar que es necesario hacer para solucionar la problemática.

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Marco teórico

- **Libro de Carmen Orozco Barrenetxea - Fecha de publicación original: 2002:** Contaminación ambiental. Los problemas de contaminación como el efecto invernadero, destrucción del ozono estratosférico, lluvia ácida, y otros, traerán muchas repercusiones negativas para nuestra sociedad en el futuro.
- **Andrew Downie (21 de abril de 2008):** Congestión Vehicular. Este fenómeno se produce comúnmente en las hora punta u horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.
- **Amando García (1988):** La contaminación acústica. La degradación del medio ambiente es uno de los mayores problemas que se le plantean al hombre en la actualidad.
- **Honeywell en el año 1969** - Habló por primera vez de los sensores. Así como las personas pueden experimentar sensaciones como calor, frío, duro, blanco, fuerte o desagradable, los dispositivos electrónicos pueden ser entrenados para simular dichas sensaciones.
- **Ethem Alpaydin, en el año 2016:** *Machine Learning*. Después de la decepción de sistemas expertos programados en base lógica en los años 1980s, ha llegado al campo el aprendizaje automático, entregando significantes resultados.
- **John Haugeland, en el año 1988:** Inteligencia artificial. La misma es una cosa nueva y diferente porque las computadoras actualmente hacen algo muy parecido a lo que se supone que hace la mente. Nuestra computadora podría tener una “mente propia”.

Marco conceptual

- **Embotellamiento:** Acumulación excesiva de personas o vehículos que impide la circulación normal por un lugar. Andrew Downie (21 de abril de 2008), The World's Worst Traffic Jams.
- **Contaminación:** La contaminación es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso. Spengler, John D. and Sexton, Ken (1983) "Indoor Air Pollution: A Public Health Perspective" Science (New Series) 221(4605): pp. 9-17.
- **Sensor:** Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Bănică, Florinel-Gabriel (2012). Chemical Sensors and Biosensors: Fundamentals and Applications. Chichester, UK: John Wiley & Sons. p. 576.
- **Inteligencia Artificial:** Es ese nuevo y apasionado esfuerzo por hacer pensar a las computadoras. Haugeland, J. (1988). Inteligencia artificial. México, D.F: Siglo Veintiuno Editores.
- **Machine Learning:** Es una teoría que ayuda a procesar los datos en conocimiento. Alpaydin, E. (2016). Machine learning : the new AI. Cambridge, MA: MIT Press.
-

Marco contextual

El fenómeno ocurre comúnmente en la ciudad de Santo Domingo, Distrito Nacional, en los horarios de 11:00am a 2:00pm y de 5:00pm a 7:00pm. Este tema aún no ha sido investigado por otros autores.

HIPÓTESIS

Entre menos adaptado a los cambios este el sistema de control de tránsito, mayor será la cantidad de embotellamientos vehiculares en la ciudad de Santo Domingo.

Objetivo específico	Variable	Definición	Indicadores	Técnicas de medición
Identificar los afectados por esta problemática.	Afectados	Son aquellas personas que son perjudicadas por la situación actual.	- Tiempo perdido - Combustible perdido	Encuestas, Entrevistas y Observaciones
Identificar beneficios de la solución al problema.	Beneficios	Son bienes que se hacen o se reciben.	- Tiempo ahorrado - Combustible ahorrado	Encuestas, Entrevistas y Observaciones
Determinar intervinientes en la problemática.	Intervinientes	Son aquellas personas que influyen en la situación actual.	- La capacidad de respuesta al cambio - El uso de nuevas tecnologías	Entrevista
Identificar las consecuencias que trae consigo la problemática.	Consecuencias	Son las repercusiones que trae consigo la problemática.	- Impacto ambiental - Impacto social	Encuestas y Observaciones
Buscar que es necesario hacer para solucionar la problemática.	Plan de mejora	Es el remedio estructurado que podría ser utilizado para resolver el problema actual.	- Impacto - Confiabilidad - Usabilidad - Seguridad - Complejidad - Recursos necesarios	Encuestas, Entrevistas y Observaciones

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño

El diseño de la investigación será del tipo no-experimental, ya que en esta se realizará un análisis sobre la situación actual y se identificarán los recursos necesarios y la complejidad de una solución al respecto con la limitante de no realizar un experimento sobre la misma, dígase, implementar o probar dichas soluciones sobre una población en específico durante un tiempo determinado.

El enfoque de la investigación será del tipo mixto, ya que serán incluidos datos de tipo cuantitativos y cualitativos por las diferentes técnicas de recopilación de datos que serán utilizados. Los datos cualitativos son importantes para esta investigación, ya que este es un tema que afecta socialmente en la ciudad de Santo Domingo y debe ser medido a través de los comentarios de las personas. Los datos cuantitativos también son muy importantes, ya que en base a la cantidad de vehículos en horas pico se podrían realizar cálculos de cómo podría ser todo esto organizado para que los embotellamientos merman en su totalidad.

La orientación de la investigación será del tipo transversal, ya que solo se tomará en cuenta la situación durante el tiempo de la investigación.

Metodología

Esta investigación será de tipo descriptiva, ya que en la misma se explorará la situación actual sobre los embotellamientos en la ciudad de Santo Domingo y también se describirán los hechos y/o causas que provocan esta problemática para identificar los recursos necesarios y la complejidad de la solución.

Métodos a utilizar

La investigación utilizará los siguientes métodos:

1. **Análisis:** Se analizará la información, para hacer las descripciones de las causas del problema y la posible solución.
2. **Síntesis:** Serán acoplados los datos adquiridos del análisis, creando así información que será de utilidad para la investigación.
3. **Estadístico:** Se utilizará para seleccionar las muestras de población para las entrevistas y encuestas, además de los gráficos que serán incluidos en la investigación.
4. **Inducción:** La investigación partirá de un problema principal del cual se le podrá encontrar causas, hechos y posibles soluciones.

Técnicas de recopilación de información

Las técnicas de recopilación de información que serán utilizadas en esta investigación son:

1. **Observaciones:** Parte de los datos que se utilizarán serán basados en observaciones que serán realizadas durante las horas pico en las calles centrales de la ciudad de Santo Domingo, Distrito Nacional. De esta forma se podrá observar la cantidad de vehículos y peatones durante las diferentes etapas de tiempo, también el tiempo promedio que los vehículos toman para llegar de un punto A a un punto B.
2. **Entrevistas:** Estas se le realizarán a los conductores y peatones que son aquellas personas que viven el día a día presenciando los embotellamientos de la ciudad de Santo Domingo, por lo que se le realizarán preguntas estructuradas de forma abierta para que puedan aportar a la investigación comentarios sobre cómo se sienten sobre los embotellamientos y que recomendarían para solucionarlo. También se incluirán entrevistas a la Oficina para el Reordenamiento del Transporte con la intención de analizar el punto de vista de esta organización sobre la investigación.
3. **Encuestas:** Estas se utilizarán con una población de conductores con preguntas cerradas, uno de los parámetros de las encuestas es ver el nivel de aceptación de una posible solución utilizando semáforos automáticos/inteligentes.
4. **Revisión de documentos:** Para la investigación se planea utilizar los documentos ya existentes sobre temas relacionados a la misma. También está planificado la solicitud de algunos de los datos a las mismas instituciones del estado, ya que estas poseen registros de los vehículos en la ciudad de Santo Domingo.

FUENTES DE DOCUMENTACIÓN

Las fuentes de información a utilizar serán:

Primarias:

- Los conductores frecuentes en la ciudad de Santo Domingo
- Los peatones en la ciudad de Santo Domingo

Secundarias:

- Oficina para el Reordenamiento del Transporte
- Documentos con temas relacionados a la problemática y la solución disponibles en la biblioteca de la Universidad APEC y en Internet

ESQUEMA PRELIMINAR DE CONTENIDO

- Portada
- Dedicatoria
- Agradecimiento
- Resumen
- Índice
- Introducción
- Capítulo I - El problema de investigación
 - Planteamiento del problema
 - Formulación del problema
 - Objetivos de la investigación
 - Objetivo general
 - Objetivos específicos
 - Justificación del estudio
 - Limitaciones de la investigación
- Capítulo II - Marco teórico
 - Antecedentes del estudio
 - Bases teóricas
 - Definición de términos
 - Hipótesis
 - Hipótesis general
 - Hipótesis específicas
 - Variables
 - Definición conceptual
 - Definición operacional
 - Operacionalización
- Capítulo III - Metodología
 - Tipo y nivel de investigación
 - Descripción del ámbito de la investigación
 - Población y muestra
 - Técnicas e instrumentos para la recolección de datos
 - Validez y confiabilidad del instrumento
 - Plan de recolección y procesamiento de datos
- Capítulo IV - Resultados
- Capítulo V - Discusión
- Conclusiones
- Recomendaciones

- Referencias bibliográficas
 - Bibliográficas
 - Revistas
 - Periódicos
 - Páginas web
- Anexo

BIBLIOGRAFÍA

- **Alpaydin, E. (2016).** *Machine learning : the new AI*. Cambridge, MA: MIT Press.
- **Amando García (1988):** La contaminación acústica. Universidad de Valencia.
- **Andrew Downie (21 de abril de 2008):** Congestión Vehicular.
- **Bănică, Florinel-Gabriel (2012)** - Chemical Sensors and Biosensors: Fundamentals and Applications. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- **DGII (2017)** - Informe sobre Parque Vehicular Dominicano 2017. Fuente: <http://dgii.gov.do/noticias/Paginas/notadeprensaparquevehicular2016.aspx>
- **Haugeland, J. (1988).** Inteligencia artificial. México, D.F: Siglo Veintiuno Editores.
- **Honeywell en el año 1969** - Habló por primera vez de los sensores.
- **Libro de Carmen Orozco Barrenetxea - Fecha de publicación original: 2002:** Contaminación ambiental.
- **P. (2014, December 10)** - Técnicas de recopilación de la información. Obtenido el 01, 2017, de <http://www.conocimientosweb.net/portal/article2608.html>
- **Prof. Dr.-Ing. Jürgen Krimmling (2014)** - Optimización del transporte publico dandode prioridad a la luces de transito, Obtenido de <https://tu-dresden.de/bu/verkehr/vis/vlp/die-professur/mitarbeiter/krimmling>