

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Facultad de Ciencias e Ingeniería



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**DISEÑO DE UN SISTEMA REGISTRADOR DEL TRÁFICO
VEHICULAR CON IMPLEMENTACIÓN DE UN
ALGORITMO DE ANÁLISIS PREDICTIVO**

**Tesis para optar por el Título de Ingeniero Mecatrónico, que
presenta el bachiller:**

MIGUEL ANDRÉS ZINANYUCA YÁBAR

ASESOR:

DIEGO MARTÍN ARCE CIGÜEÑAS

Lima, 21 de octubre del 2020

RESUMEN

En la actualidad existe gran congestión en las principales avenidas de Lima, ello se debe a diversos factores entre los que se incluyen la falta de coordinación entre los semáforos, y al exceso de vehículos presentes en las pistas. Es ante esta problemática que se plantea el diseño de un sistema capaz de registrar el volumen del tráfico vehicular para que en base a la data recopilada se pueda elaborar un algoritmo que ajuste los tiempos de los semáforos acorde al volumen vehicular esperado. Este sistema forma parte del concepto de ciudades inteligentes, puesto que, el sistema ajustará los tiempos acorde al tráfico esperado, al mismo tiempo que el sistema se conectará a la nube para la recopilación de resultados y calibración del sistema de captura.

En el presente trabajo se realizó la detección de los vehículos, que se encuentran en una vía a los cuales se clasificó según su tipo, mediante la aplicación de procesamiento de imágenes utilizando Deep learning. Dicha información servirá para poder obtener los parámetros de tráfico respecto al nivel de congestión de una vía. Adicional a ello, se realiza una simulación utilizando 5 cruces viales, con lo cual se evidencia una reducción en los tiempos de tráfico mediante la aplicación del algoritmo presentado.

INDICE DE CONTENIDO

Pág.

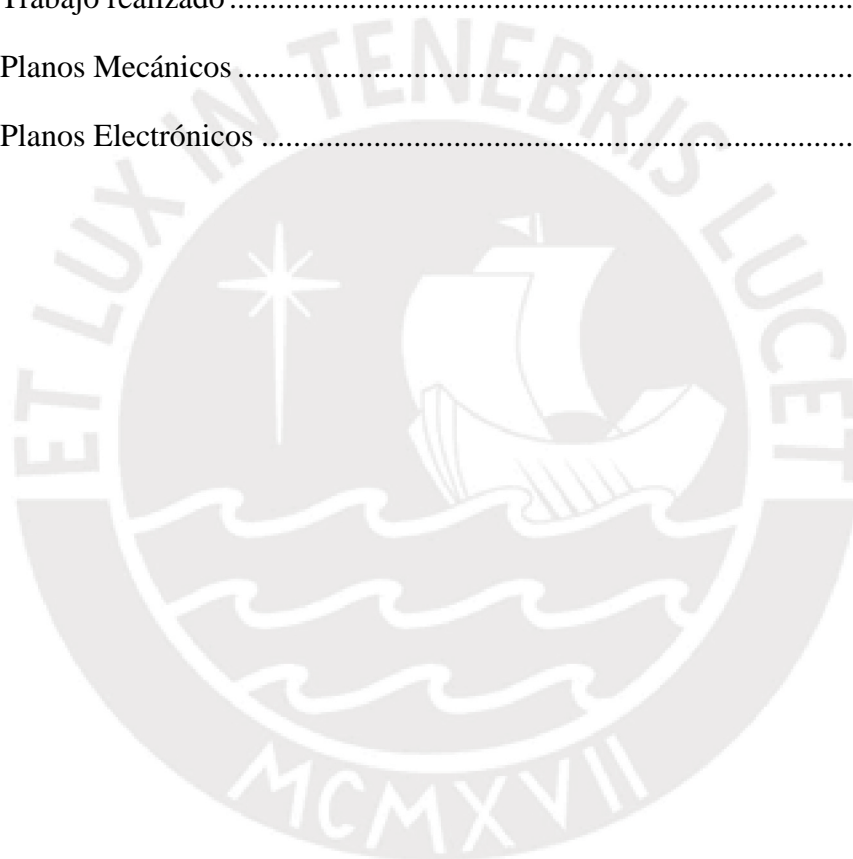
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE TABLAS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES DEL DISEÑO	3
1.1 Problemática	3
1.1.1 Causas	4
1.1.2 Efectos	4
1.2 Delimitación del problema	5
1.2.1 Objetivo Principal	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3. Alcance	6
1.4. Metodología.....	7
CAPÍTULO 2 ESTADO DEL ARTE.....	8
2.1. Tecnologías de medición del tráfico	8
2.1.1. Detección vehicular mediante análisis de imágenes	8
2.1.2 Contador neumático tubular	8
2.1.3 Sensor piezoeléctrico	8
2.1.4 Detector mediante sensor infrarrojo pasivo	9
2.1.5 Mediante uso de sensores detectores de ondas Doppler y de radar	9
2.1.6 Comparación de tecnologías de medición del tráfico	10
2.2 Modelos comerciales	10
2.2.1 Traffic Vision	10

2.2.2. SCATS.....	11
2.2.3 STREAMS	12
2.2.4 Comparación de los modelos comerciales de la actualidad	12
2.3. Patentes y tesis. -	13
2.3.1 Patente 106981205A - Implementación de un controlador inteligente para un semáforo en una intersección.....	13
2.3.2 Patente EP3262623A1- Control de un sistema de señalización de tráfico y control remoto de dispositivos de señalización de luz.....	13
2.3.3. Sistema autónomo de control de tráfico vehicular para intersecciones de avenidas	14
2.3.4. Soluciones a la congestión del tráfico vehicular mediante el uso de Machine Learning.....	14
CAPÍTULO 3 DISEÑO CONCEPTUAL.....	15
3.1. Lista de requerimientos.....	15
3.1 Estructura de funciones.....	17
3.1.1. Black Box.....	18
3.2 Lista de funciones	18
3.3. Matriz morfológica.....	21
3.4 Conceptos solución	25
3.4.1. Concepto solución 1	25
3.4.2. Concepto solución 2	26
3.4.3. Concepto solución 3	27
3.5. Diseño preliminar.....	28
3.5.1. Solución proyecto preliminar 1	28
3.5.2. Solución proyecto preliminar 2	29
3.5.3. Solución proyecto preliminar 3	30
3.6.- Diagrama de evaluación técnico- económica	31

3.7.- Cuadro de decisión de evaluación técnico- económica	33
CAPÍTULO 4 Diseño del sistema.....	34
4.1. Disposición espacial en el cruce de las avenidas del sistema.	34
4.2. Arquitectura de hardware	36
4.3. Diseño del sistema electrónico	37
4.3.1. Selección de componentes electrónicos y cálculos del dispositivo de captura.	37
4.3.2. Selección de componentes electrónicos del dispositivo de comunicación	42
4.3.3 Lista de planos del sistema electrónico	42
4.4. Diseño del dominio de comunicaciones.....	45
4.4.1. Selección de componentes de comunicación del dispositivo de captura	45
4.4.2. Selección de componentes de comunicación del dispositivo de comunicación	46
4.4.3. Selección de plataforma de almacenamiento en la nube.....	48
4.5 Diseño del sistema eléctrico.....	49
4.5.1. Selección de componentes y cálculos eléctricos del dispositivo de captura.	49
4.5.2. Selección de componentes y cálculos eléctricos del dispositivo de comunicación.	53
4.6. Diseño del sistema mecánico.	54
4.6.1. Selección de componentes y cálculos mecánicos	54
4.6.2. Case del Dispositivo de comunicación.	61
4.6.3 Lista de planos del sistema mecánico del dispositivo de captura.	62
4.6.4. Lista de planos del sistema mecánico del dispositivo de comunicación.....	63
4.7. Estimación del presupuesto.....	64
CAPÍTULO 5 Procesamiento de imágenes	66
5.1 Selección de la librería de procesamiento de imágenes.	66
5.2 Procedimiento seguido para la detección de imágenes.	68
5.2.1 Instalación de Tensorflow-GPU y de entorno Anaconda.	68

5.2.2 Creación de entorno de trabajo	68
5.2.3 Recolección de imágenes y etiquetado	69
5.2.4 Generación de la data de entrenamiento.	69
5.2.5 Ejecución del entrenamiento	70
5.2.6. Generación del modelo de inferencia y pruebas	70
5.3. Conteo de vehículos	71
5.4. Detección de los vehículos por coordenadas.	72
CAPÍTULO 6 Conectividad e IOT	74
6.1. Conectividad entre los dispositivos de detección.....	74
6.2. Cálculo y selección de parámetros del servicio de almacenamiento en la nube	75
6.3. Diseño de la interfaz del sistema.....	79
CAPÍTULO 7 Algoritmo de temporización y simulaciones del sistema.....	81
7.1. Algoritmo de análisis predictivo	81
7.2. Simulación del sistema.....	84
CONCLUSIONES	87
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
TRABAJO A FUTURO.....	88
BIBLIOGRAFIA	89
ANEXOS	92
Anexo 1.-Tabla de la lista de requerimientos que debe poseer el sistema	92
Anexo 2 MATRIZ MORFOLOGICA DEL SISTEMA.....	95
Anexo 3 Criterios Técnicos Mínimos para la Implementación de Equipos y Sistemas de SemafORIZACIÓN en Vías de Lima Metropolitana.....	99
Anexo 4 Alimentación y comunicación de cámaras	101
Anexo 5 Selección del procesador dispositivo de comunicaciones	102

Anexo 6 Características mecánicas de materiales para soporte tubular.....	103
Anexo 7 selección del material de gabinete de control.....	105
Anexo 8 Costo total del dispositivo de captura.....	107
Anexo 9 Diagrama De Operaciones Del Sistema	109
Anexo 10 Diagrama De Flujo Del Sistema.....	112
Anexo 11 Montaje Del Sistema	117
Anexo 12 Precios De Artículos.....	119
Anexo 13 Trabajo realizado	127
Anexo 14 Planos Mecánicos	128
Anexo 15 Planos Electrónicos	128



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1: Principales causas de la congestión vehicular	4
Figura 1.2: Imagen de modelo tomado como base a analizar	6
Figura 1.3: Mapa del área real propuesta para la siguiente etapa	7
Figura 2.1: Principales métodos de conteo vehicular	9
Figura 2.2: Software TrafficVision.....	11
Figura 2.3: Captura del software SCATS	11
Figura 2.4: Paneles informativos usados por el sistema STREAMS.....	12
Figura 2.5: Interfaz del Sistema Integrado de Control de Tráfico	14
Figura 3.1. Black Box del proceso.....	18
Figura 3.2.- Diagrama de funciones.....	20
Figura 3.3. - Concepto solución 1	25
Figura 3.4. - Concepto solución 2.....	26
Figura 3.5. - Componentes del gabinete de control -opción azul	27
Figura 3.6. - Concepto solución 3.....	28
Figura 3.7. - Solución Proyecto Preliminar 1	29
Figura 3.8. – Proyecto preliminar 2	29
Figura 3.9. – Proyecto preliminar 3	30
Figura 3.10. - Diagrama de evaluación técnica- económica.....	33
Figura 4.1. - Vista aérea de cruce de avenidas.....	35
Figura 4.2. - Arquitectura de hardware del sistema	37

Figura 4.3.- Arquitectura del dominio electrónico.....	37
Figura 4.4. Catálogo de cooler DC	40
Figura 4.5.- Tiempo de Inferencia de imágenes/segundo de diferentes placas	42
Figura 4.6. Convertidor elevador del voltaje DC.....	43
Figura 4.7. Circuito de control del ventilador mediante PWM.....	43
Figura 4.8. Esquemático del diagrama de captura	44
Figura 4.9. Diagrama de conexiones del dispositivo de comunicación.....	44
Figura 4.10. Esquema del dominio de comunicaciones.....	45
Figura 4.11. Niveles de Protocolo NTCIP	47
Figura 4.12. Estructura del mensaje SNMP	47
Figura 4.13. Comparación de precios de principales servicios.....	49
Figura 4.14. Arquitectura del dominio eléctrico	49
Figura 4.15. Catálogo de Interruptor termomagnético y diferencial	50
Figura 4.17. - Componentes del sistema mecánico.....	54
Figura 4.18. – Dimensiones del soporte tubular del sistema	55
Figura 4.19.- Rango de curvatura	56
Figura 4.20. – Relación entre curvatura y relación de espesor	57
Figura 4.21. Medios de sujeción	57
Figura 4.22. – Dimensiones de abrazadera del soporte tubular	58
Figura 4.23. - Soporte de cámara	58
Figura 4.24. DCL del sistema	59
Figura 4.25. Catálogo del gabinete de control	60

Figura 4.26. – Esquema de montaje de gabinete de control con soportes	61
Figura 4.27. Case del dispositivo de comunicación.....	62
Figura 4.28. Vista explosionada de tablero de control.....	63
Figura 4.29. Componentes del dispositivo de comunicación	64
Figura 4.30. Tarifario para Lima Metropolitana.....	65
Figura 5.1. – Etapas de desarrollo de procesamiento de imágenes.....	67
Figura 5.2. Etiquetado de imágenes.....	69
Figura 5.3. Variación en la precisión en función de la iteración del programa.....	70
Figura 5.4. Figura con etiquetas obtenidas por visión artificial.....	71
Figura 5.5. Resultados obtenidos de detección de vehículos.....	72
Figura 5.6. Coordenadas de los vehículos detectados.....	73
Figura 6.1. Modo de conexión entre los distintos dispositivos.....	75
Figura 6.2. Modo de almacenamiento de las bases de datos	76
Figura 6.3. Ejemplo de mensaje a enviar en tipo Json.....	77
Figura 6.4. Sistema de Internet of Things Platform Starter	78
Figura 6.6. Diagrama en Node-RED de conexión de dispositivo.....	79
Figura 6.7. Interfaz Principal del sistema	80
Figura 7.1. Diagrama de cruce con los parámetros a tomar en cuenta	82
Figura 7.2. Diagrama de flujo para el cálculo del algoritmo de temporización.....	83
Figura 7.3. Modelo para simulación	84
Figura 7.4. Configuración de Parámetros en Infracore	85
Figura 7.5. Resultados de simulación obtenidos con control	73

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2. 1. Tabla comparativa de los métodos de medición del tráfico vehicular.....	10
Tabla 2. 2.- Comparación controladores de tráfico comerciales de uso actual.....	13
Tabla 3.1. - Tabla de soluciones del dominio eléctrico	21
Tabla 3.2.- Matriz de decisión técnico-económica del dominio eléctrico	21
Tabla 3.3. - Tabla de soluciones de sensores y actuadores	22
Tabla 3.4. - Tabla de soluciones del dominio mecánico.....	22
Tabla 3.5. - Matriz de decisión técnico económica del dominio mecánico y de sensores actuadores	23
Tabla 3.6. - Tabla de soluciones del dominio de comunicación.....	23
Tabla 3.7. - Matriz de decisión técnico económica del dominio de comunicación.....	24
Tabla 3.8 Tabla de soluciones del dominio de control	24
Tabla 3.9. - Matriz de decisión técnico económica del dominio de control	24
Tabla 3.10 Matriz de evaluación técnica de sistemas preliminares	32
Tabla 3.11 Matriz de evaluación económica de sistemas preliminares	32
Tabla 4.1.- Características de las cámaras tipo Bullet, Domo y PTZ	37
Tabla 4.2. Características de modelos cámaras PTZ	38
Tabla 4.3. Características de los sensores de temperatura	39
Tabla 4.4. Características de diferentes placas de desarrollo.....	41
Tabla 4.5. Planos del sistema electrónico	42
Tabla 4.6. Características adaptador Wifi.....	45

Tabla 4.7. Características de routers considerados	46
Tabla 4.8.- Servicios brindados por diferentes alternativas Cloud	48
Tabla 4.9.- Consumo de corriente de componentes a energizar por batería	50
Tabla 4.10.- Características del convertidor AC-DC	51
Tabla 4.11. Características de dispositivos UPS.....	52
Tabla 4.12. Selección de materiales para soporte tubular.....	55
Tabla 4.13. Peso soportado por los elementos de sujeción del soporte tubular.....	58
Tabla 4.14. Peso total soportado por elementos de sujeción de gabinete de control.....	60
Tabla 4.15. Características del elemento de sujeción del gabinete de control.....	61
Tabla 4.16. Planos del sistema mecánico.....	62
Tabla 4.17. Planos del sistema mecánico del dispositivo de comunicación.....	63
Tabla 4.18. Costos de componentes mecánicos y electrónicos	64
Tabla 4.19. Costo mensual de servicios.....	65

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el volumen del tráfico vehicular en la ciudad de Lima se ha incrementado de manera exponencial a una tasa de crecimiento anual de 10% [1], esta problemática tiene diferentes causas tales como la ausencia de planificación urbana al momento de diseñar la ciudad, la falta de regulación eficiente de vehículos urbanos, así como, la informalidad presente.

Todo ello ha traído como consecuencia problemas de tráfico vehicular que son palpables al día de hoy, y que, según varias encuestadoras, se ha convertido en la segunda mayor problemática que afecta a la población, tan solo después de la inseguridad ciudadana [1]. A pesar que a lo largo de los últimos años se han propuesto e implementado diferentes medidas para reducir el volumen del tráfico y congestión vehicular en las principales avenidas, hasta el momento no se han obtenido los resultados esperados.

Es ante esta problemática, que se elabora el presente trabajo de tesis que tiene como objetivo el diseño de un sistema de análisis de tráfico vehicular que mediante la elaboración e implementación de un algoritmo predictivo sea capaz de reducir la congestión del tráfico vehicular, en las distintas avenidas de Lima Metropolitana.

En el primer capítulo, se presentan los antecedentes del diseño, brindándose un panorama general de la problemática a abordar, posteriormente se analizan las causas que originan dicha problemática, así como, los efectos que causa en la población. Tomando como base los puntos anteriores se presenta la delimitación del problema a abordar donde se incluyen el objetivo principal y objetivos secundarios que se pretenden conseguir al término del desarrollo del presente trabajo. Para lo cual, en la última sección del presente capítulo se presentan la metodología que se seguirá, así como, la lista de requerimientos con los que debe contar el sistema.

En el segundo capítulo, se presenta el estado del arte, referido al sistema a desarrollar, donde se recopilan los principales estudios y proyectos desarrollados, para la resolución del problema, así como, la actual normativa que rige para el control del tráfico vehicular.

En el tercer capítulo, tomando como base la información recopilada en el capítulo 2, así como, los objetivos y delimitación del problema del capítulo 1, se realiza el diseño conceptual del sistema. En donde, partiendo de la realización del black box del sistema, se presenta el diagrama de funciones con los que contará el equipo, a partir del cual se elabora la matriz morfológica. Tomando como base, la evaluación de la mejor opción para cada uno de los dominios, se escogen las mejores alternativas de solución. Posteriormente, en base al análisis y obtención del mejor concepto solución, se presenta el concepto preliminar óptimo, el cual se obtuvo a partir de los conceptos preliminares que partieron del mejor concepto solución.

En el capítulo 4, se presenta el diseño del sistema, en donde, se muestra una vista aérea de cómo se verá el sistema, en el cruce de calles una vez que se encuentre montado en su posición final. Posteriormente, se presenta la arquitectura del hardware y las dimensiones generales con las que contará el sistema, mostrándose en la parte final los diagramas de flujo del código de programación de la propuesta solución. Finalmente, se realiza el diseño de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, realizando la selección de componentes y los cálculos necesarios.

En el capítulo 5 se enumera el procedimiento seguido para la detección vehicular mediante visión computadora a la vez que se muestran los resultados. En el capítulo 6 se describe el modo de conexión entre los diferentes nodos del sistema, presentándose en la última parte de dicha sección la interfaz del sistema. Finalmente, en el capítulo 7 se presenta el algoritmo realizado, así como se presentan las simulaciones realizadas y los resultados obtenidos

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES AL DISEÑO

En el presente capítulo se presentan los antecedentes e información previa recopilada, respecto a la relevancia del problema a desarrollar, indicando las principales causas que lo ocasionan, así como, los efectos producidos a raíz de esta problemática. En las siguientes secciones se delimitan los objetivos que se pretenden alcanzar a través del presente trabajo de tesis, detallándose, además, la metodología que se desarrollará. Finalmente, en la última parte del presente capítulo, se presenta la lista de exigencias con las cuales debe contar el sistema a desarrollar

1.1 Problemática. -

En la actualidad el problema de la congestión vehicular es el segundo problema más importante, según la percepción ciudadana, en Lima y el Callao [1]. Adicional a ello según un reciente estudio de la compañía de GPS holandesa TomTom, Lima ocupa el tercer lugar a nivel mundial, como una de las ciudades con mayor congestión vehicular [2]. Este es un problema que afecta la calidad de vida de los ciudadanos, puesto que, al mismo tiempo, según estadísticas del estudio “Tráfico y Tendencias de Movilidad Urbana 2017”, llega a generar estrés hasta en un 92% de la población [3]. Este hecho es de suma importancia pues sus efectos además de afectar la salud de la mayor parte de la población, también generan costos asociados a nivel macro como país, por pérdida de horas laborales útiles. Adicionalmente a estos problemas, se tiene, el coste asociado al combustible, que es gastado de más debido a la congestión, generando contaminación ambiental.

1.1.1. Causas. -

Las causas para el tráfico limeño son multifactoriales, siendo las principales:

- Aumento del número de vehículos que transitan diariamente por las calles [1].
- Incremento de colectivos y transportes informales [2]
- Evasión de las reglas de tránsito y mala conducción por parte de choferes.
- Invasión de carriles contrarios, y estancamiento con el fin de captar mayor cantidad de pasajeros o evadir la congestión. (Ver Figura 1.1.a)
- Mala calibración y falta de coordinación entre semáforos de las principales avenidas [6]. (Ver Figura 1.1.b)
- Proliferación de la cantidad de vehículos de baja ocupación tales como vehículos privados. (Ver Figura 1.1.c)

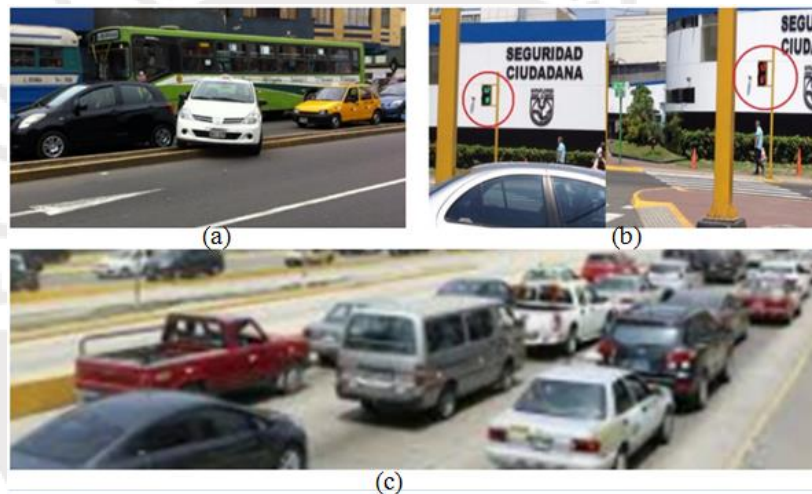


Figura 1.1.- Principales causas de la congestión vehicular: a) Vehículo invadiendo carril contrario, b) Semáforo mal calibrado en Miraflores, c) Mayor proporción de vehículos particulares

Fuente: a) Canal N¹; b) RPP² c) Diario Gestión³

1.1.2. Efectos. -

Entre los efectos más resaltantes que produce esta problemática, se encuentran:

¹ <https://canaln.pe/actualidad/taxi-invade-carril-contrario-evitar-congestion-vehicular-n144535>

² <https://rpp.pe/lima/actualidad/miraflores-semaforo-mal-sincronizado-alerta-a-conductores-y-peatones-noticia-922119>

³ <https://gestion.pe/economia/dias-laborales-perdidos-por-congestion-vehicular-representan-un-coste-de-s-27000-millones-al-ano-noticia/>

- “Coste de oportunidad” asociado al tiempo perdido, que uno pasa durante una congestión vehicular, que pudiera ser aprovechado para otras labores más productivas.
- Aumento del número de horas que una persona pasa en el tráfico. En los últimos 10 años, se ha incrementado de cinco a nueve horas, el tiempo que un ciudadano puede llegar a pasar en el transporte público [2].
- Pérdida de horas útiles laborales, según la fundación Transitemos, una persona en promedio puede perder hasta 20 días de su vida atrapada en el tráfico al año [4].
- Ocasiona efectos adversos para la salud producto del estrés que además de generar incomodidad produce la elevación del ritmo cardiaco y de la presión arterial [5].
- Genera problemas asociados al sedentarismo, producto del prolongado tiempo de viaje. Según la Escuela Universitaria de Medicina en Saint Louis y de Cooper Institute en Dallas se advierte sobre la posibilidad de adquirir el síndrome metabólico o males cardiovasculares debido a la inactividad física asociada al tráfico [5].

1.2 Delimitación del problema

El presente trabajo se enfocará en medir el volumen del tráfico generado en una de las avenidas de una intersección vehicular que posea gran congestionamiento, para que mediante el sensado del flujo vehicular se pueda determinar el estado del tráfico en dicha avenida. Dichos datos serán registrados y enviados a un servidor central, el cual generará estadísticas del tráfico diario en esa zona. Así mismo, servirá para realizar un pronóstico del volumen del tráfico esperado en los cruces de avenidas aledaños tomando como base la información previa respecto a la proporción de vehículos que toman una u otra dirección. Mediante el uso de estos datos se podrá hacer una predicción del posible tráfico que se generará en las avenidas aledañas.

1.2.1 Objetivo General. -

- Diseñar un sistema que pueda registrar el volumen del tráfico vehicular en los cruces de las avenidas, y en base a la data registrada hacer un modelo predictivo del tráfico esperado en los cruces aledaños.

1.2.2 Objetivos Específicos. -

- Revisar el estado de las tecnologías referentes al control del tráfico vehicular y al reconocimiento del volumen vehicular.
- Diseñar un sistema autónomo para el registro del volumen del tráfico vehicular, y subir dichos datos a un servidor central.
- Realizar un modelo predictivo del volumen de tráfico esperado en una intersección en base a los datos recolectados de intersecciones adyacentes.
- Definir un protocolo de comunicación a utilizar entre los nodos del sistema.
- Estimar el costo de implementación del sistema.

1.3 Alcance

El alcance del presente trabajo estará enfocado en la reducción del volumen del tráfico vehicular, en el área circundante a los cruces, donde se encuentra ubicado el sistema de control de tráfico, a su vez se busca que el presente sistema sea escalable y replicable en cruces de similares características al modelo usado.

En una primera etapa se tomará como base el registro de datos y la interconexión entre 9 nodos circundantes que servirá como base para realizar un modelo simulado, entendiéndose por nodo a los cruces de las avenidas, el modelo simulado será similar al mostrado en la Figura 1.2.

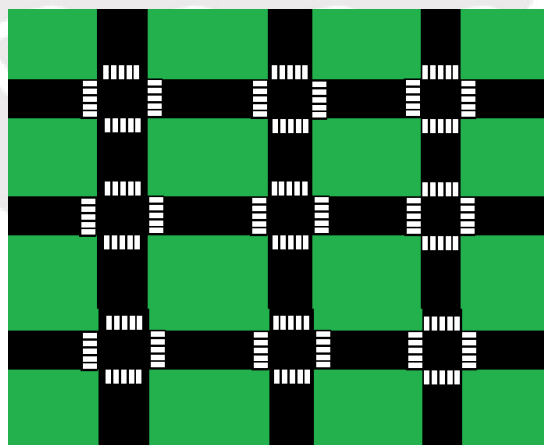


Figura 1.2.- Imagen modelo tomado como base a analizar
Fuente: Elaboración propia

En una siguiente etapa se elaborará un prototipo, tomando una zona que sea similar al modelo simulado, en este caso la locación para basarse en el prototipo será el área circundante a la PUCP (Ver Figura 1.3):



Figura 1. 3.- Mapa del área real propuesta para la siguiente etapa
Fuente: Google Maps

1.4. Metodología. -

Para el presente trabajo se seguiría la siguiente metodología:

- 1. Definición del problema.** - Se procederá a elegir la problemática a resolver, y se delimitará el alcance y los objetivos a los que se quiere llegar.
- 2. Estado del arte.** - Se investigará el estado actual de la tecnología, siendo las fuentes de mayor interés libros, artículos científicos, patentes, etc.
- 3. Diseño conceptual.** - En base a la información obtenida en el estado del arte, se procederá a elaborar la estructura de funciones, la matriz morfológica y se propondrán diseños conceptuales de los conceptos solución para su posterior análisis, dividiéndolo en 2 campos. El campo de registro y el campo de modelado predictivo del sistema. Seleccionando para ambos casos posibles opciones de solución. En base al diseño conceptual se procederá a hacer un análisis técnico- económico de las posibles soluciones del sistema. Escogiendo como opción preliminar optima la que equilibre de mejor manera ambas características.
- 4. Diseño preliminar del sistema.** - En base al diseño conceptual se procederá a realizar el modelado y simulación del sistema. Así como, los cálculos correspondientes para el desarrollo del sistema de registro y la lógica del modelado predictivo. Posteriormente se seleccionarán los componentes, tomando como base los cálculos realizados.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se presenta la documentación e información relevante, en lo que se refiere al estado actual de la tecnología, en el rubro de control y registro del tráfico vehicular, presentes tanto en el sector académico como en el comercial.

2.1. Tecnologías de medición del tráfico. -

2.1.1. Detección vehicular mediante análisis de imágenes [8]. -

Los sistemas actuales son capaces de analizar de manera automática las imágenes registradas por una cámara de video (Figura 2.1.a). Dichos sistemas, mediante algoritmos de aprendizaje, son capaces de reconocer y diferenciar los vehículos que transitan por una vía. La precisión brindada por este tipo de sistemas es similar a la brindada por operarios del tráfico que registran el sistema de manera manual. Así mismo, este método de conteo vehicular ofrece ventajas respecto a otros sistemas automáticos tales como la reducción de costo, puesto que solo se requiere una cámara para poder medir el tráfico en múltiples vías.

2.1.2 Contador neumático tubular [7]. -

Sistema que mediante mangueras colocadas sobre la carretera son conectadas en uno de sus extremos a un registrador de datos (Figura 2.1.b). Mientras que el otro extremo se encuentra sellado. El registrador de los datos, es capaz de establecer la dirección del vehículo registrando cuál de las mangueras se cruzó primero. Este sistema posee algunas desventajas como la falta de exactitud al momento de registrar el flujo vehicular.

2.1.3 Sensor piezoeléctrico [7]. -

La recolección del flujo de tráfico vehicular, se registra mediante sensores piezoeléctricos. Su principio de medición se basa en la conversión de energía mecánica en eléctrica (Figura 2.1.c). Dicho sensor se encuentra montado al lado de la carretera y es capaz de registrar la presión, aceleración tensión o fuerza. Las ventajas que ofrecen este tipo de sensores es que son económicos y de fácil producción. Además, es un sistema de detección pasivo que no consume energía de forma permanente. Su uso es de especial utilidad en tramos poco iluminados o con condiciones meteorológicas adversas. Los datos medidos, pueden ser recolectados localmente mediante Ethernet o RS232, dichos datos son transferidos a una laptop o pueden ser transmitidos mediante un modem.

2.1.4 Detector mediante sensor infrarrojo pasivo [7]. -

El sensor infrarrojo detecta a los vehículos midiendo la radiación de energía infrarroja producida en la zona de detección. Al pasar un vehículo la energía irradiada cambia, incrementando el contador. Se requiere calibrar el sistema de manera que los cambios leves causados por el cambio de condiciones climáticas sean ignorados. Una desventaja es que su rango de amplitud se limita a como máximo 2 vías.

2.1.5 Mediante uso de sensores detectores de ondas Doppler y de radar [7]. -

Los dispositivos de detección de microondas Doppler transmiten una señal continua de baja energía hacia un área y luego analizan la señal reflectante (Figura 2.1.d). El detector registra el cambio en la frecuencia de las ondas ocurrido cuando la señal enviada y el vehículo se encuentran en un movimiento relativo respecto al otro. Esto permite la detección de vehículos.

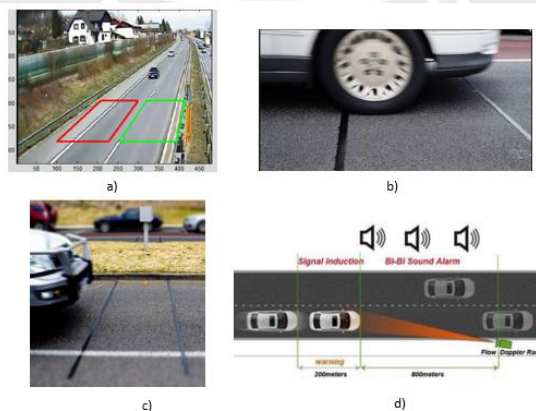


Figura 2.1.- Principales métodos de conteo vehicular: a) Procesamiento de imágenes, b) Contador neumático, c) Uso de sensor piezoeléctrico, d) Mediante radar tipo Doppler
Fuente: a) Mathworks b) Metrocount c) WINDMILL d) Tmart

2.1.6. Comparación de tecnologías de medición del tráfico. -

A continuación, en la Tabla 2.1, se presentan las diferentes características que presentan las tecnologías actuales de medición del tráfico, En donde, se aprecia que los sensores de tipo contador neumático tubular, y de uso de detectores de ondas Doppler son las alternativas que requieren un mayor costo, así como, su instalación es de mayor complejidad. Mientras que los sensores piezoeléctricos y sensores infrarrojos pasivos no tienen un amplio rango de medición y podrían ser de utilidad en caso la pista sea a lo máximo de 2 vías. En el caso del análisis mediante imágenes se tiene una relativa ventaja frente a las otras opciones, sin embargo, el grado de sensibilidad a condiciones adversas de luz es una consideración a tener en cuenta.

Tabla 2.1. Tabla comparativa de los métodos de medición del tráfico vehicular

Método de medición	Costo	Volumen del tráfico detectado	Instalación
Mediante análisis de imágenes	Bajo	Varias vías con solo una cámara.	Relativa fácil instalación.
Contador neumático tubular	Medio	Dependiente del número de contadores neumáticos.	Dificultad de instalación intermedia
Sensor piezoeléctrico	Bajo- Medio	Varias vías	Fácil instalación
Mediante sensor infrarrojo pasivo	Medio	Máximo 1 vía.	Fácil instalación
Uso de detectores de ondas Doppler	Alto	Amplio rango de detección.	Dificultad de instalación intermedia

Fuente: Elaboración propia

2.2 Modelos comerciales

2.2.1 Traffic Vision [9]. -

Software que convierte a una cámara de monitoreo en un sensor “inteligente” (Figura 2.2). Dicho sistema monitorea los flujos de video y permite detectar incidentes de manera inmediata a la vez que recopila de forma continua los datos de tráfico en tiempo real. Este software ayuda a los administradores de tráfico en la toma de decisiones, basadas en alertas que son verificables visualmente.

Beneficios del software indicados por la web de la empresa:

- Mejora en los tiempos de detección y respuesta a incidentes.
- Conversión de cámaras existentes en sensores de carretera que notifican incidentes mientras recopila datos 24/7.
- Mejora la eficiencia de los procesos manuales por parte del personal de operaciones.

- Proporciona análisis específicos de la industria del tráfico, se encuentra diseñado para cambiar las condiciones de luz y la panorámica, así como, la inclinación y el zoom.

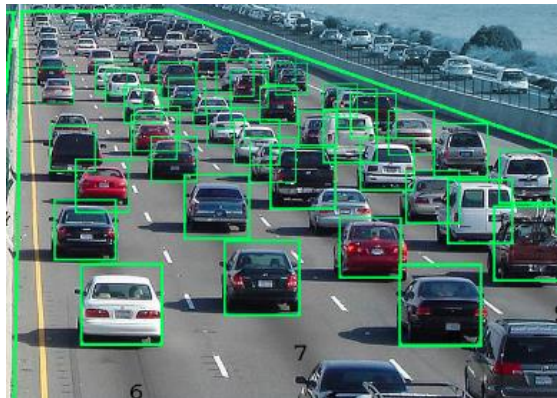


Figura 2. 2.- Software TrafficVision
Fuente: Traffic Vision

2.2.2. SCATS [10]. -

Acrónimo de Sistema de tráfico adaptativo coordinado de Sídney, es un sistema de control del transporte que administra la sincronización dinámica de las fases de las señales de tráfico en línea (Figura 2.3). El sistema encuentra la mejor fase para una situación de tráfico en intersecciones individuales o en toda la red. SCATS se basa en la selección automática de planos en respuesta a sensores de tráfico. El sistema SCATS hace uso de bucles inductivos instalados dentro del pavimento de la carretera. Y detecta la presencia peatonal mediante el uso de pulsadores, accionados por los peatones en los cruces cuando requieren cruzar una avenida. La información recopilada por los sensores de vehículo permite a SCATS calcular y adaptar el tiempo de las señales de tráfico en la red. Actualmente el sistema SCATS, está instalado en 42 mil intersecciones, en más de 1800 ciudades y en alrededor de 40 países. En Australia, la mayoría de intersecciones señalizadas son operadas por SCATS.

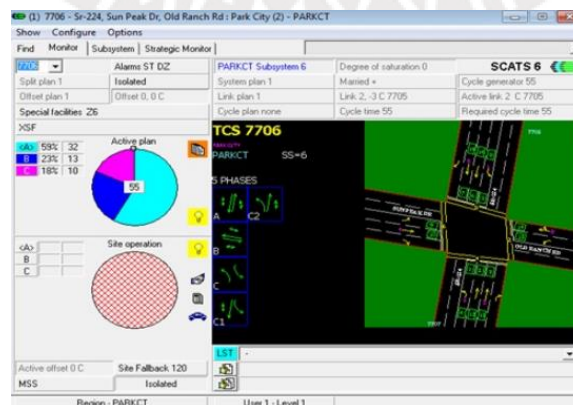


Figura 2. 3.- Captura del software SCATS
Fuente: SCATS

2.2.3 STREAMS [11]. -

Es una plataforma de control del tráfico vehicular, que permite a las autoridades viales administrar la red de transporte, posee una plataforma completa que hace posible gestionar la señalización del tráfico, la respuesta de accidentes, la gestión de autopistas todo ello en un solo sistema. Es un sistema integrado que, mediante mensajes de texto en pantallas tipo led, se informa a los conductores, sobre un posible accidente o sobre si el tráfico en una determinada avenida es demasiado, y así puedan los conductores tomar vías alternas (Figura 2.4).



Figura 2.4.- Imagen referencial de los paneles informativos usados por el sistema

Fuente: TRANSMAX

Los sensores detectores de vehículos se encuentran incrustados en las avenidas y la data es procesada de manera inalámbrica y es enviada a procesadoras de información. Actualmente esta plataforma es comercializada por la empresa TRANSMAX.

2.2.4 Comparación de los modelos comerciales de la actualidad. -

A continuación, en la Tabla 2.2, se muestran las características más resaltantes de los modelos comerciales de control del tráfico, en donde resalta que tanto el sistema STREAMS Y SCATS hacen uso de bucles inductivos para la medición del tráfico pero que frente al sistema Traffic Vision su uso implica un mayor costo, porque se necesitan que dichos sensores estén bajo la pista. Así mismo una ventaja que ofrece el sistema SCATS respecto a las demás alternativas, es que es un sistema interconectado que incluyen avisos en las pistas que informan la situación respecto a congestión vehicular, pero su limitante es la falta de control de semáforos.

Tabla 2. 2.- Comparación de sistemas controladores de tráfico comerciales de uso actual

	Costo	Método de medición	Instalación	Limitaciones
Traffic Vision	Relativamente bajo costo	A través de visión artificial usando cámaras de video	Fácil instalación tomando como base cámaras ya instaladas	Se limita a detectar únicamente los accidentes del tráfico para desviar el flujo vehicular
STREAMS	Costo medio	Detección de tráfico mediante bucles inductivos colocados en la pista y pulsadores peatonales	Instalación requiere colocar los sensores de medición bajo las pistas	Se limita la detección peatonal al uso de pulsadores.
SCATS	Costo alto	Detección de tráfico mediante bucles inductivos colocados en la pista	Requiere interconexión entre sensores y avisos en pantallas LED	Se reduce el tráfico mediante el envío de mensajes respecto a vías saturadas, sin un sistema de control sobre los semáforos.

Fuente: Elaboración propia

2.3 Patentes y tesis. –

2.3.1 Patente 106981205A - Implementación de un controlador inteligente para un semáforo en una intersección [12]. -

Patente referida a la implementación de un controlador inteligente de semáforos donde el sistema es capaz comparar las placas de matrícula, y reconocer las placas de matrícula. El controlador del sistema adapta al sistema para su funcionamiento y sensibilidad a la luz en diferentes horas del día. El controlador puede elaborar estadísticas de tráfico en base a la cantidad de placas de vehículos detectadas en un periodo de tiempo.

2.3.2 Patente EP3262623A1- Control de un sistema de señalización de tráfico y control remoto de dispositivos de señalización de luz [13]. -

Referente a una red de comunicación de tráfico que incluye un sistema de señalización con conexión a una pluralidad de dispositivos de señalización de luz, un controlador dispuesto en al menos una intersección de tráfico, y que se encuentra configurado para controlar de forma inalámbrica la pluralidad de dispositivos de señalización de luz. También se proporciona un sistema de control remoto para transmitir de manera inalámbrica los comandos al controlador y directamente a la pluralidad de dispositivos de señalización de luz.

2.3.3 Sistema autónomo de control de tráfico vehicular para intersecciones de avenidas [14]. -

Trabajo de tesis referente al desarrollo de un sistema autónomo de control de tránsito aplicable en intersecciones de avenidas. El sistema cuenta con un nivel de autonomía para determinar los tiempos de operación óptimos en cada intersección mediante la recopilación de información del tránsito en tiempo real. Dicho sistema tiene la capacidad de transmitir la información de forma inalámbrica hacia los sistemas aledaños y hacia una interfaz de monitoreo, a través de la cual es posible visualizar los estados de funcionamiento de cada sistema (Figura 2.5). La transmisión de datos es realizada a través de una base de datos compartida, a la cual acceden cada uno de los sistemas y también es posible acceder mediante un software desarrollado para cumplir la función de una interfaz de monitoreo.



Figura 2.5.- Interfaz del Sistema Integrado de Control de Tráfico

Fuente: Diego Arce C.

2.3.4. Soluciones a la congestión del tráfico vehicular mediante el uso de Machine Learning [15]. -

Estudio que propone el uso de Machine Learning como alternativa de solución ante la creciente complejidad del tráfico urbano y para reducir el aumento de accidentes. Se proporciona un análisis predictivo del tráfico en un área determinada utilizando técnicas de aprendizaje supervisado, como redes neuronales de propagación hacia atrás (BPN). La aplicación hace uso de datos de tráfico en tiempo real y predice. Las densidades de tráfico de toda el área del mapa en un modo fuera de línea. Así mismo, sugiere mejores rutas desde origen a destino en los datos de tráfico.

CAPÍTULO 3

DISEÑO CONCEPTUAL

En la presente sección se presenta el diseño conceptual del sistema. Para su elaboración se seleccionaron tres conceptos solución teniendo en cuenta los requerimientos, entradas, salidas, y las principales funciones que debe realizar el sistema para que cumpla con su propósito general. En base a dichos conceptos solución se escogió el óptimo, a partir del cual se elaboraron tres proyectos preliminares. En la parte final del presente capítulo, se presenta el proyecto preliminar óptimo, que se obtuvo en base a la elaboración de un análisis técnico-económico, donde se compararon los proyectos preliminares obtenidos.

3.1. Lista de requerimientos. -

A continuación, se presentan y describen los requerimientos con los que debe contar el sistema. En el Anexo 1 (Tabla A1.1) se muestra un resumen de lo descrito en esta sección:

Función Principal. -El sistema debe registrar el volumen del tráfico vehicular en una intersección, los datos captados por el sistema se deben enviar a los cruces aledaños, así como, a un servidor central. Por otra parte, el sistema debe ser capaz de recepcionar la información recolectada por los nodos aledaños.

En función a la información recolectada, se procede a elaborar un algoritmo que establezca el tiempo de duración del encendido de los indicadores del tráfico acorde al volumen de tráfico esperado. Para realizar dicha acción el sistema se basará en la información proporcionada por los nodos aledaños y las estadísticas obtenidas del servidor central.

Geometría. - Las dimensiones del sistema deben ser tales que no obstruyan el flujo de personas o vehiculos, puesto que estará al aire libre. En consecuencia, se requieren dimensiones menores

de 30x30x80 cm en caso el sistema vaya al ras del suelo, ello para que no se obstruya la visión de los transeúntes respecto a los vehículos que transitan por una zona. En caso de que el sistema deba ser montado sobre un semáforo se requerirán dimensiones menores a 20x20x30cm ello tomando en cuenta las dimensiones de un semáforo.

Energía. - Dado que en Perú la alimentación es comúnmente mediante corriente alterna monofásica de 220v 60 Hz, el sistema deberá ser capaz de ser alimentado con dicho tipo de corriente. Adicionalmente se considerará, el uso de una batería que energice al sistema en caso de falla eléctrica, para que el sistema funcione de forma continua.

Materiales. - El sistema deberá contar con materiales lo suficientemente resistentes que permitan dar soporte a los componentes a la vez que cumplir adecuadamente con las funciones para las que fueron diseñados. Así mismo, en caso el sistema vaya a estar posicionado sobre un semáforo, se requerirá que los componentes sean lo más livianos posibles, y como estará expuesto al aire libre deberán ser resistentes a la corrosión y oxidación.

Señales. - El sistema contará con sensores que detecten el volumen del tráfico vehicular, así como, señales de encendido y apagado del sistema. Y señales que alerten en caso haya falla del sistema.

Seguridad. - El sistema contará con un botón de emergencia que permita parar el sistema de forma inmediata en caso de que se alerte de la presencia de alguna falla.

Así mismo, se contará con una cubierta que aisle el cableado eléctrico del operario.

Ergonomía. - El sistema no deberá pesar más de 10 kg, ello tomando en consideración la legislación vigente respecto al peso máximo que debe cargar una persona adulta.

Fabricación. – Se buscará que los componentes sean de fácil acceso a nivel nacional, ello debido al tiempo de espera es caso se requiera importar algún componente, puede llegar a ser de hasta varios meses.

Montaje. - El equipo deberá ser de tipo modular, y debe permitir un ensamble y desensamble rápido de las piezas y componentes. Por otra parte, los repuestos deberán estar disponibles en el mercado nacional.

Mantenimiento. – El sistema deberá contar con indicadores que informen de forma inalámbrica en caso de falla de algún subsistema.

3.2 Estructura de funciones. -

Para determinar las funciones que debe realizar el sistema, en primer lugar, se definieron las entradas y salidas que tendrá nuestro sistema, tomando como base a la lista de requerimientos, elaborada en el capítulo 2.

3.2.1. Black Box. -

En la presente sección se describen las entradas y salidas con la que contará el sistema. En la Figura 3.1 se muestra una imagen con dichas entradas y salidas, donde las líneas continuas amarillas, son indicadores de energía y las líneas celestes punteadas son indicadores de información.

Entradas del sistema. -

- **Energía eléctrica.** - Se tendrá como alimentación la energía eléctrica provista por la central de suministro local.
- **Estado del tráfico.** - El sistema detectará el nivel de flujo vehicular en una determinada vía.
- **Señal de inicio.** - Para que el sistema inicie, sus funciones de monitoreo y de envío de datos requerirá que se envíe una señal de inicio.
- **Señal de parada de emergencia.** - En caso de falla del sistema, el operador podrá parar el sistema enviando una señal de parada de emergencia.
- **Información de nodos aledaños.** - El sistema recibirá información sobre el estado del tráfico en nodos aledaños, por medio de un sistema de comunicación.
- **Información de servidor central.** - El sistema recibirá información con estadísticas e información del tráfico para dicha zona en ese horario.

Salidas del sistema. -

- **Calor.** - Producto de la disipación de la energía eléctrica el sistema expulsará energía de forma térmica.
- **Ruido.** - En caso se requiera habilitar el sistema de alimentación secundario, los sistemas de conmutación generan ruido asociado al proceso.
- **Tiempos de operación de semáforos.** - En base a los resultados obtenidos al momento de ejecutar el algoritmo se calcularán los tiempos de operación idóneos para el semáforo. Dicha información será enviada al controlador del semáforo.

- **Indicador de grado de intensidad del tráfico.** - La intensidad de tráfico detectada por los sensores se enviarán a los nodos aledaños.
- **Estadísticas del tráfico.** - El sistema será capaz de generar estadísticas en caso se requieran reportes respecto a la información del tráfico en una determinada avenida.
- **Señal de fallo del sistema.** - En caso se detecte algún fallo interno del sistema se enviará una señal de alarma de mal funcionamiento.

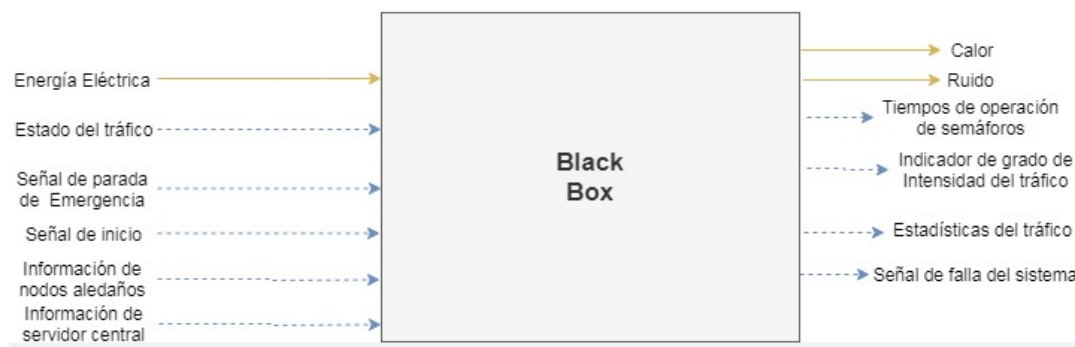


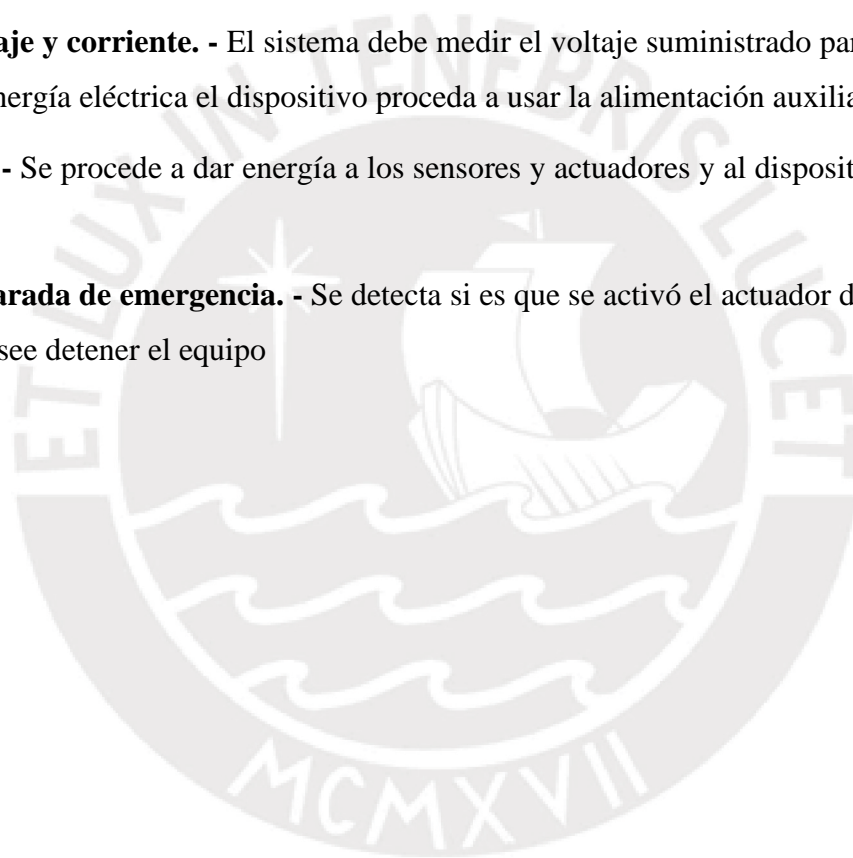
Figura 3.1. Black Box del proceso
Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Lista de funciones. -

Se presentan y explican las funciones que debe cumplir el sistema en base a las entradas recibidas en el black box. En la parte final se muestra el diagrama de la estructura de funciones del sistema en la Figura 3.2.

- **Capturar el volumen del tráfico vehicular:** A través de los sensores ubicados adecuadamente se procede a medir la cantidad vehicular detectada.
- **Registrar los datos.** - Los datos medidos son almacenados dentro de la unidad de almacenamiento del dispositivo.
- **Enviar información a servidor central.** - La data obtenida es enviada hacia una unidad central de almacenamiento y procesamiento
- **Enviar información a nodos aledaños.** - A través del protocolo de comunicación se envían la información respecto al tráfico vehicular detectado a los nodos aledaños.
- **Procesar los datos enviados y comparar con datos estadísticos.** - Con el dispositivo de recepción de datos se procede a almacenar y procesar los datos recibidos de los nodos aledaños.

- **Elaborar algoritmo predictivo.** - El controlador del dispositivo tomando como base la información de la data estadística y de los nodos aledaños procede a calcular el tiempo necesario para reducir el tráfico generado en los cruces medidos.
- **Enviar datos procesados a actuadores del semáforo.** - La información de los tiempos adecuados para los indicadores del semáforo es enviada hacia los actuadores, a fin de regular los indicadores del tráfico.
- **Modificar tiempo acorde a los datos recibidos.** - En base al algoritmo del sistema se procederá a ajustar los tiempos de los indicadores del semáforo para que dichos tiempos sean los ideales
- **Medir voltaje y corriente.** - El sistema debe medir el voltaje suministrado para que en caso de corte de energía eléctrica el dispositivo proceda a usar la alimentación auxiliar del sistema.
- **Energizar.** - Se procede a dar energía a los sensores y actuadores y al dispositivo de control del sistema.
- **Detectar parada de emergencia.** - Se detecta si es que se activó el actuador de emergencia, en caso se desee detener el equipo



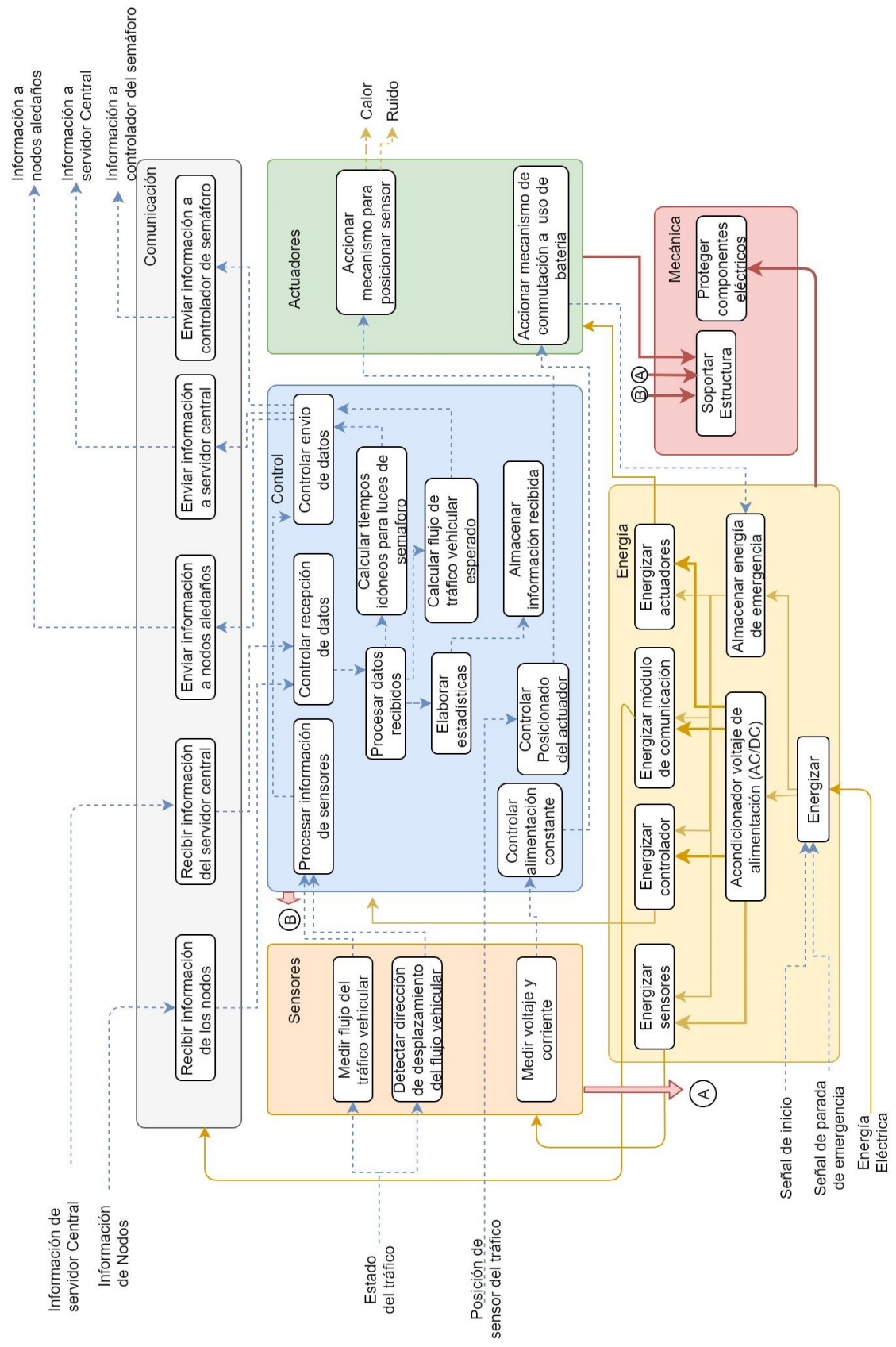


Figura 3.2.- Diagrama de funciones
Fuente: Elaboración propia

3.3 Matriz morfológica. -

A continuación, se presenta la matriz morfológica con la presentación de 3 conceptos de solución. Dichos conceptos solución fueron obtenidos a partir de la matriz morfológica desarrollada en el Anexo 2. Para el diseño del sistema de detección vehicular, se dividió al sistema en 5 dominios.

Dominio Eléctrico. -

En base a las distintas alternativas planteadas para cada una de funciones del dominio eléctrico se seleccionaron 3 posibles soluciones, las cuales se muestran en la Tabla 3.1. Las alternativas analizadas para cada función del dominio Eléctrico se encuentran en el Anexo 2.

Puesto que, las funciones energizar sensores, energizar actuadores, energizar módulo de comunicación y energizar actuadores parten a partir del acondicionado del voltaje de alimentación, no se evaluarán alternativas para dichas funciones por ser redundantes.

Tabla 3.1. - Tabla de soluciones del dominio eléctrico

	Funciones	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Dominio Eléctrico	Energizar el dispositivo	Fuente Monofásica	Fuente Monofásica	Fuente Trifásica
	Almacenar energía de emergencia	LIPO	Baterías de litio (Li-ion)	Baterías NiMH
	Acondicionar voltaje de alimentación	Conexión directa	Fuente conmutada	Fuente lineal

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.2. se presenta la matriz de decisión del dominio eléctrico, donde se asignan puntajes para cada uno de los conceptos solución siendo: 1. Apenas aceptable, 2. Aceptable, 3. Buena opción.

Tabla 3.2.- Matriz de decisión técnico-económica del dominio eléctrico

Criterios técnicos y económicos	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Ideal
Aspectos técnicos				
Seguridad	1	3	2	4
Rapidez de reconexión de alimentación	3	3	3	4
Estabilidad de voltaje entregado (batería)	3	3	2	4
Vida útil (batería)	1	3	1	4
Confiabilidad	2	3	2	4
Facilidad de manejo	1	3	1	4
Menor grado de contaminación	3	3	2	4
Fácil reciclaje	3	3	3	4
Aspectos Económicos				
Número de piezas	3	3	3	4
Disponibilidad de componentes	3	3	3	4
Costos asociados	2	3	2	4
Facilidad de montaje o ensamble	1	3	2	4
Fácil mantenimiento	1	3	2	4
Costos de operación	2	3	2	4
Puntaje total	29	42	30	56

Fuente: Elaboración propia

En base a la suma de dichos puntajes se obtuvo que la opción azul es la mejor opción, quedando la opción verde y la opción roja con similaridad de puntajes en la segunda opción. Ello debido al mejor puntaje obtenido en el criterio de vida útil de la batería, así como, la confiabilidad en el aspecto técnico. En el aspecto económico fue debido a la facilidad de montaje y a los bajos costos de operación.

Dominio de Sensores y actuadores. –

En función a las distintas alternativas planteadas para cada una de funciones del dominio de sensores y actuadores se escogieron 3 posibles soluciones, las cuales se muestran en la Tabla 3.3. Cabe indicar a que no se incluye la función “accionar mecanismo para posicionar sensor”. Debido a que es una función variable que dependerá del tipo de sistema sensado pudiendo no existir en caso el dispositivo de sensado siempre se encuentre fijo, o siendo de carácter muy específico, es por dicho motivo que no se incluye dicha función. La visualización de todas las alternativas analizadas para cada función del dominio de sensores y actuadores se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 3.3. - Tabla de soluciones de sensores y actuadores

	Funciones	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Dominio de Sensores	Sensar flujo de Tráfico	Loop inductivo	Cámara	Radar
	Detectar direcciones de desplazamiento del flujo vehicular	Loop inductivo	Cámara	Radar
	Detectar ausencia de fluido eléctrico	Conmutador automático	UPS Interactivo	UPS Standby
	Parada de emergencia	Pulsador	Inalámbrica remota	Inalámbrica in situ

Fuente: Elaboración propia

Dominio mecánico. -

Teniendo en consideración las funciones del dominio mecánico se seleccionaron 3 soluciones, las cuales se muestran en la Tabla 3.4. La recopilación completa de todas las alternativas analizadas para cada función del dominio mecánico se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 3.4. - Tabla de soluciones del dominio mecánico

	Funciones	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Dominio Mecánico	Soportar los componentes	Estructura Rígida	Estructura con movimiento	Estructura con movimiento
	Accionar Movimiento	NA	Servomotor	Servomotor

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.5. se presenta la matriz de decisión del dominio mecánico y de sensores-actuadores, donde se asignan puntajes para cada uno de los conceptos solución siendo: 1. Apenas aceptable, 2. Aceptable y 3. Buena opción. En base a la suma de dichos puntajes se obtuvo que la opción azul es la mejor opción, quedando la opción verde en segundo lugar y la opción roja en tercer lugar, ello debido principalmente a los bajos puntajes obtenidos por dicha opción en criterios como transportabilidad, complejidad y facilidad de manejo en el aspecto técnico. Así como, al costo asociado debido al número de componentes e instalación del sistema.

Tabla 3.5. - Matriz de decisión técnico-económica del dominio mecánico y de sensores actuadores

N°	Criterios técnicos y económicos	1	2	3	Ideal
Aspectos técnicos					
1	Seguridad	3	3	3	4
2	Rapidez	2	2	2	4
3	Nivel de manipulación	1	3	2	4
4	Confiabilidad	2	2	2	4
5	Facilidad de manejo	1	3	2	4
6	Transportabilidad	1	3	3	4
7	Complejidad	1	2	1	4
Aspectos Económicos					
9	Número de piezas	1	2	3	4
10	Disponibilidad de materiales de fabricación	2	2	2	4
11	Costos diversos	1	2	2	4
12	Número de operadores necesarios	2	3	2	4
13	Costo de la tecnología	1	3	2	4
14	Facilidad de montaje o ensamble	1	2	1	4
15	Facilidad de mantenimiento	2	2	3	4
16	Costos de operación	2	2	2	4
	Puntaje total	23	36	32	60

Fuente: Elaboración propia

Dominio de comunicación. -

En base a las alternativas analizadas para cada una de funciones del dominio de comunicación se seleccionaron 3 soluciones, las cuales se muestran en la Tabla 3.6. La visualización de todas las alternativas analizadas para cada función del dominio de comunicación se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 3.6. - Tabla de soluciones del dominio de comunicación

	Funciones	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Dominio de Comunicación	Enviar información a Nodos (Protocolo de comunicación)	Wifi	Telefonía móvil 4G	RS485
	Enviar información a controlador del semáforo	Ethernet	Ethernet	Ethernet
	Enviar información a servidor central	Wifi	Telefonía móvil 4G	Wifi
	Topología de red	Bus	Estrella	Árbol

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.7. se presenta la matriz de decisión del dominio de comunicación, en donde se asignan puntajes para cada uno de los conceptos solución siendo: 1. Apenas aceptable, 2. Aceptable, 3. Buena opción. En base a la suma de dichos puntajes se obtuvo que la opción azul es la mejor opción, quedando la opción verde y roja en segundo lugar con igualdad de puntajes.

Tabla 3.7. - Matriz de decisión técnico-económica del dominio de comunicación

Nº	Criterios técnicos y económicos	1	2	3	Ideal
Aspectos técnicos					
1	Seguridad y protección de datos	3	3	2	4
2	Velocidad de transferencia de datos	3	2	3	4
3	Confiabilidad	3	3	3	4
4	Facilidad de manejo	3	2	3	4
5	Transportabilidad	3	3	3	4
6	Complejidad	2	2	2	4
Aspectos Económicos					
7	Número de piezas	1	3	2	4
8	Disponibilidad de componentes	1	3	3	4
9	Costos diversos	2	3	2	4
10	Número de operadores	2	2	2	4
11	Costo de la tecnología	3	3	2	4
12	Facilidad de montaje o ensamble	2	3	2	4
13	Fácil mantenimiento	3	2	3	4
14	Costos de operación	3	3	2	4
	Puntaje total	34	37	34	56

Fuente: Elaboración propia

Dominio de control. -

En la Tabla 3.8. se presenta las opciones que se tuvieron en cuenta para el dominio de control.

Tabla 3.8 Tabla de soluciones del dominio de control

	Funciones	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Dominio de control	Procesar la información	PLC	Raspberry Pi	Raspberry Pi
	Almacenar la información	Disco Duro	Disco Duro + Nube	Nube
	Controlador de mecanismo de posicionamiento	NA	Driver	NA
	Control del estado interno del sistema	Pantalla HMI	Inalámbrico + indicador led	Pulsadores
	Mostrar estado del sistema	Indicador Led	Indicador Led	Indicador sonoro

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.9 se presenta la matriz de decisión del dominio de control, se asignan puntajes para cada uno de los conceptos solución siendo: 1. Apenas aceptable, 2. Aceptable, 3. Buena opción.

Tabla 3.9. - Matriz de decisión técnico-económica del dominio de control

Nº	Criterios técnicos y económicos	1	2	3	Ideal
Aspectos técnicos					
1	Seguridad de almacenamiento	3	2	2	4
2	Rapidez de procesador	2	3	3	4
3	Confiabilidad	2	2	3	4
4	Facilidad de manejo	2	2	2	4
5	Complejidad de programación	2	3	1	4
Aspectos Económicos					
6	Número de piezas	1	3	3	4
7	Disponibilidad de componentes	3	3	2	4
8	Costos asociados	1	2	2	4
9	Costo de la tecnología	2	3	3	4
10	Facilidad de montaje o ensamble	1	3	3	4
11	Fácil mantenimiento	2	3	3	4
12	Costos de operación	2	3	3	4
	Puntaje total	23	32	30	48

Fuente: Elaboración propia

En base a la suma de dichos puntajes se obtuvo que la opción azul es la mejor opción, quedando la opción verde en segundo lugar y la opción roja en tercer lugar, ello debido principalmente a los bajos puntajes obtenidos por dicha opción en el aspecto económico

3.4 Conceptos solución. -

En base a las soluciones seleccionadas para cada uno de los dominios de la sección 3.3 se agruparon los dominios en función de su color, de donde se obtuvieron 3 conceptos solución integrales, los cuales se detallan a continuación:

3.4.1. Concepto solución 1. -

En este concepto solución para la detección de vehículos se emplearán loops inductivos, los cuales serán colocados bajo la pista. Tal como se aprecia en la Figura 3.3.a, en esta solución en cada carril de una vía se usarán 3 loops inductivos, los cuales se encontrarán espaciados, acorde a las mediciones del flujo de tráfico vehicular. La información registrada será enviada por los loops inductivos hacia el gabinete de control del sistema, el cual se comunicará con el servidor central y con el controlador del semáforo. En caso se detecte ausencia de flujo eléctrico se usará un conmutador automático, para habilitar el uso de la batería.

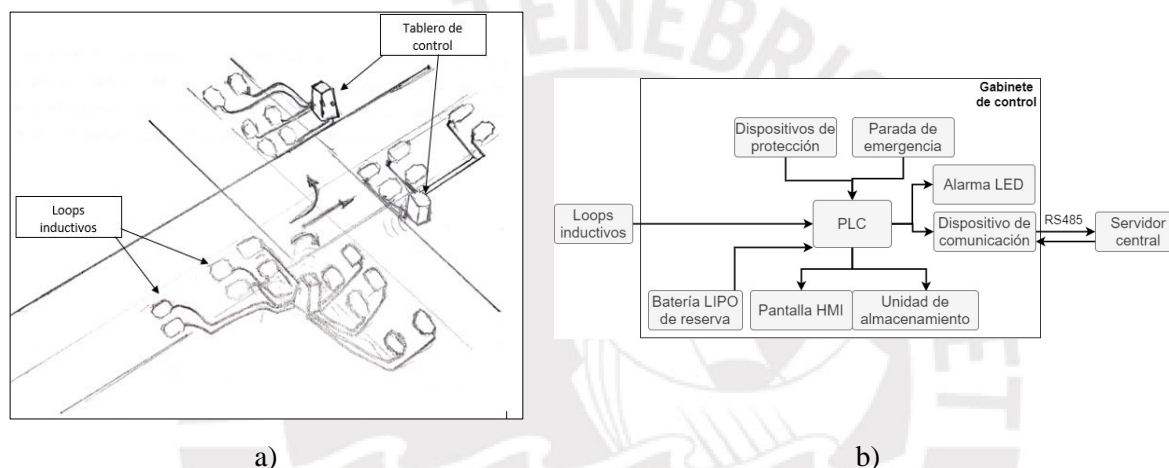


Figura 3.3. – Concepto solución 1. a) Vista Aérea con el sistema instalado b) Gabinete de control
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.3.b. se muestra el gabinete de control a usar, el cual poseerá alimentación monofásica y estará compuesto por una batería LIPO como fuente de alimentación secundaria. Dado que se usará un PLC como controlador, no se requiere un acondicionamiento de la energía recibida. El sistema poseerá una estructura estática, puesto que se requiere instalación bajo la pista y el sistema es de tipo fijo. El medio de comunicación con los nodos aledaños y el servidor central será mediante señal Wifi, y la comunicación con el controlador del semáforo será usando un protocolo Modbus.

3.4.2. Concepto solución 2. -

En el concepto solución 2, la detección de vehículos se hará mediante el uso de cámaras, las cuales por medio de visión por computadora y procesamiento de imágenes detectará el flujo del tráfico vehicular detectado en la zona de interés. El sistema será alimentado por corriente

monofásica, posee una batería de tipo Li-ion como fuente de alimentación secundaria. Para acondicionar la energía eléctrica recibida se usará una fuente conmutada de la cual saldrán los voltajes requeridos por el controlador principal del sistema, que en este caso será el procesador. En caso se detecte ausencia de flujo eléctrico se usará un UPS lineal, para habilitar el uso de la batería.

El sistema poseerá una estructura móvil, para que en caso de que el flujo del tráfico vehicular sea más intenso pueda regularse el ángulo de elevación de la cámara para tener un mayor alcance. El medio de comunicación con los nodos aledaños y el servidor central será mediante telefonía móvil 4G, y la comunicación con el controlador del semáforo será usando comunicación inalámbrica.

En la figura 3.4. se muestran los componentes del sistema el cual estará compuesto por una cámara montada en la parte superior de un semáforo y un gabinete de control el cual contendrá, los principales elementos para el funcionamiento del sistema.

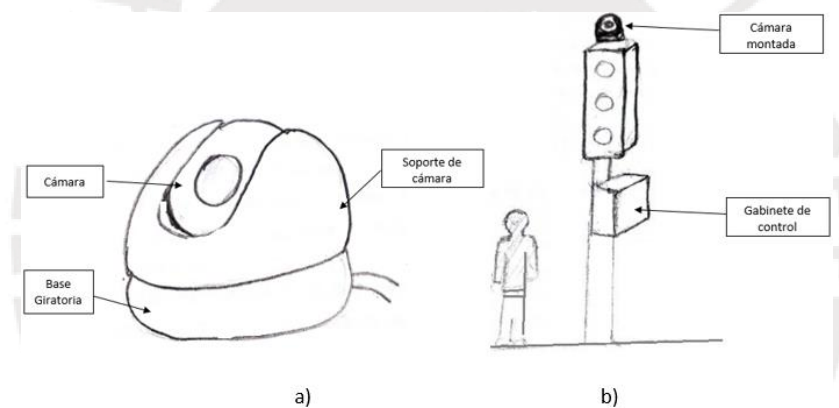
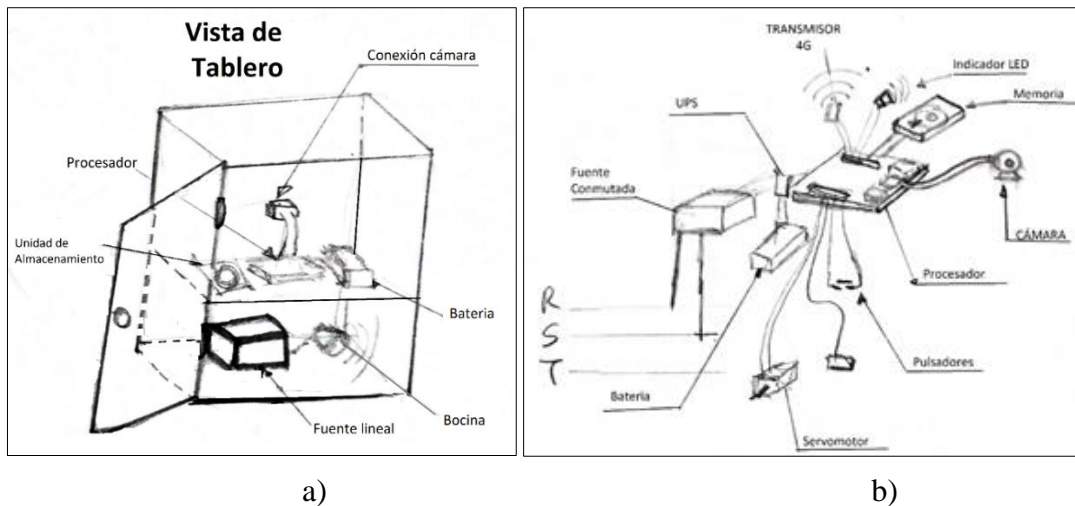


Figura 3.4. –Concepto solución 2 a) Elementos de la cámara
b) Disposición de los elementos montados sobre semáforo
Fuente: Elaboración propia

En figura 3.5.a se muestra la disposición de los componentes una vez que se encuentren montados en el gabinete de control. Mientras que en la figura 3.5.b se muestra cómo será el conexionado de los distintos elementos del sistema. En donde, el procesador del sistema se encargará procesar y almacenar las imágenes recibidas por la cámara a la vez que contará con un sistema de baterías el cual le permitirá seguir funcionando en caso de ausencia de fluido eléctrico.



a) b)
 Figura 3.5. - Componentes del gabinete de control -opción azul. a) Instalación del equipo
 b) Conexionado de los componentes
 Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Concepto solución 3. –

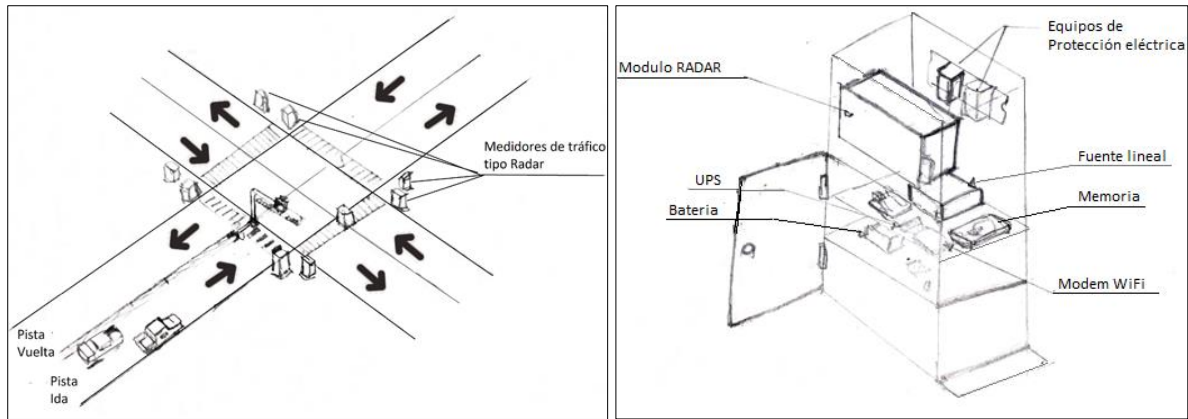
El concepto solución 3 está conformado por alimentación trifásica, posee una batería de tipo NiMH como fuente de alimentación secundaria. Para acondicionar la energía eléctrica recibida se usará una fuente lineal de la cual saldrán los voltajes requeridos por los sensores y el controlador principal del sistema

Para la detección de vehículos se hará uso de sensores tipo radar, las cuales por medio de una calibración del sistema detectará el flujo del tráfico vehicular detectado en la zona de interés. En la presente solución en caso se detecte ausencia de flujo eléctrico usará un UPS interactivo, para habilitar el uso de la batería.

El medio de comunicación con los nodos aledaños y el servidor central será mediante wifi, y la comunicación con el controlador del semáforo será usando un protocolo Modbus.

La Figura 3.6.a muestra una vista aérea de la disposición espacial los componentes en el cruce las avenidas, en donde, los medidores de tráfico se encontrarán adosados a las pistas y habrá un mínimo de 8 medidores de tráfico tipo radar, para la detección del tráfico y las direcciones de desplazamiento.

En la Figura 3.6.b se muestra la disposición de los componentes dentro del gabinete de control.



a) b)
 Figura 3.6. – Concepto solución 3. a) Vista aérea. b) Componentes del gabinete de control
 Fuente: Elaboración propia

3.5. Diseño preliminar

Tomando como base el mejor concepto solución se procederá a elaborar el diseño preliminar del sistema. Para ello se analizarán 3 distintas configuraciones posibles que puede presentar el sistema que aseguren un rendimiento y cumplimiento de su función principal y funciones secundarias de forma eficaz.

3.5.1. Solución proyecto preliminar 1. -

El concepto solución 1 está conformado por alimentación monofásica, posee una batería de tipo Li-ion como fuente de alimentación secundaria. Para acondicionar la energía eléctrica recibida se usará una fuente conmutada de la cual saldrán los voltajes requeridos por los sensores y el controlador principal del sistema, que en este caso será un procesador.

Los componentes de protección eléctrica, así como los sensores y el controlador se encontrarán dentro de una estructura de soporte, que proteja a los componentes del desgaste a la intemperie, además se contará con una zona especial para la protección al operario de la zona eléctrica.

El sistema poseerá una cámara principal ubicada en la parte superior de la estructura que apuntará a la zona de interés para medir el flujo del tráfico vehicular y una cámara secundaria que se encargará de detectar las direcciones que siguen los vehículos para que en base a dichos datos pueda elaborar estadísticas. En caso que el flujo del tráfico vehicular sea intenso se podrá regular el ángulo de rotación de la estructura para tener un mayor alcance de medición.

El medio de comunicación con los nodos aledaños y el servidor central será usando un módulo de comunicación 4G, y la comunicación con el controlador del semáforo será usando un protocolo Ethernet.

La Figura 3.7.a muestra la vista aérea de cómo se vería el sistema una vez montado. Así mismo, la Figura 3.7.b muestra la disposición de los elementos que conforman al gabinete de control.

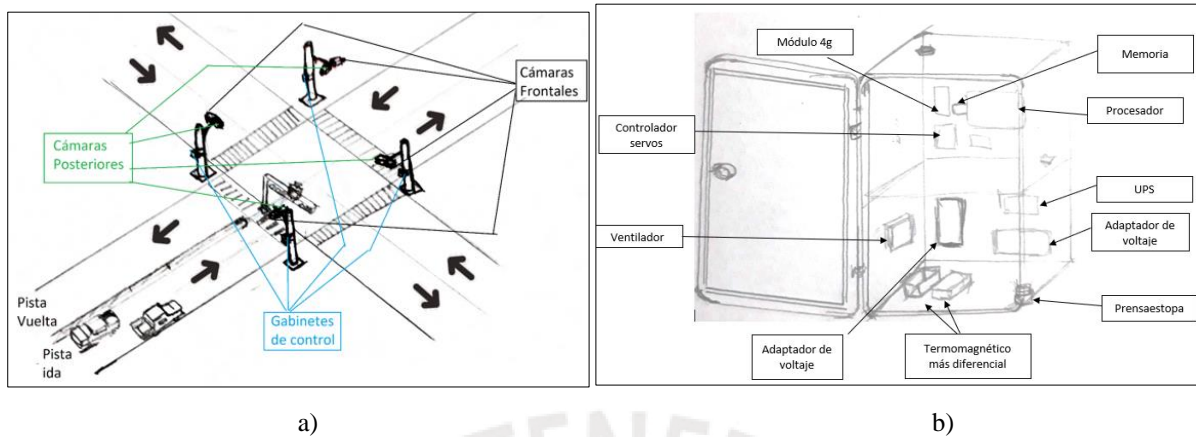


Figura 3.7. – Solución Proyecto Preliminar 1 a) Vista aérea b) Componentes del gabinete de control
Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Solución proyecto preliminar 2. –

El proyecto preliminar 2, posee los mismos componentes que el proyecto preliminar 1, la principal diferencia es el número de cámaras a utilizar. Donde, en el presente proyecto preliminar se usarán 3 cámaras adicionales a la cámara principal. Dichas cámaras se encontrarán ubicadas según a como se muestra en la Figura 3.8.a.

El sistema tendrá dos cámaras posteriores las cuales se ubicarán a los costados de la cámara principal y enfocarán la dirección de desplazamiento del flujo vehicular hacia el lado derecho y de avance, representados en la Figura 3.8.a por las zonas circulares roja y verde. Adicional, a dichas cámaras habrá una tercera, llamada cámara externa la cual se ubicará en otro de los semáforos y se encargará de identificar a los vehículos que transiten por la zona circular naranja (Figura 3.8.a). El medio de interconexión de dichas cámaras con el controlador principal, será mediante comunicación inalámbrica. Dicho controlador enviará la información recopilada por las 4 cámaras hacia el servidor central, con la información del flujo vehicular.

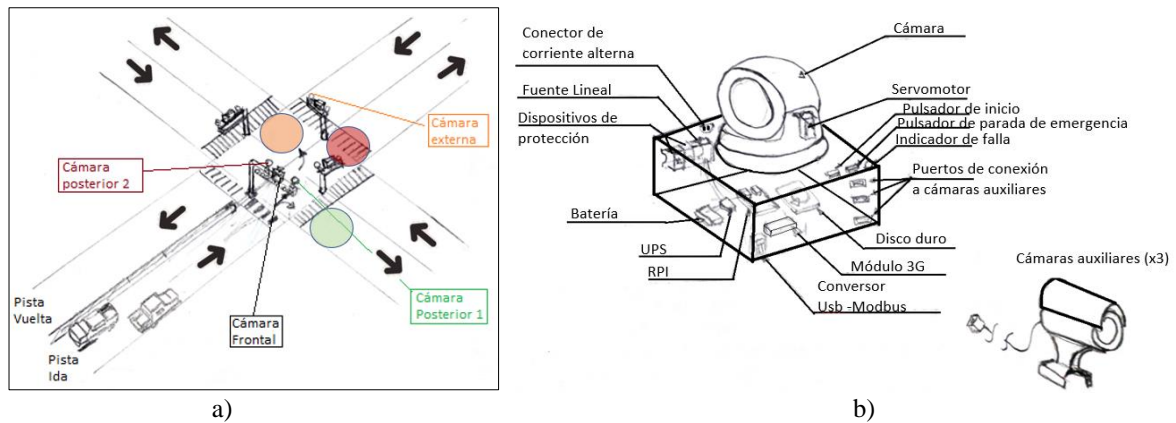


Figura 3.8. – Proyecto preliminar 2. a) Vista aérea. b) Componentes del sistema

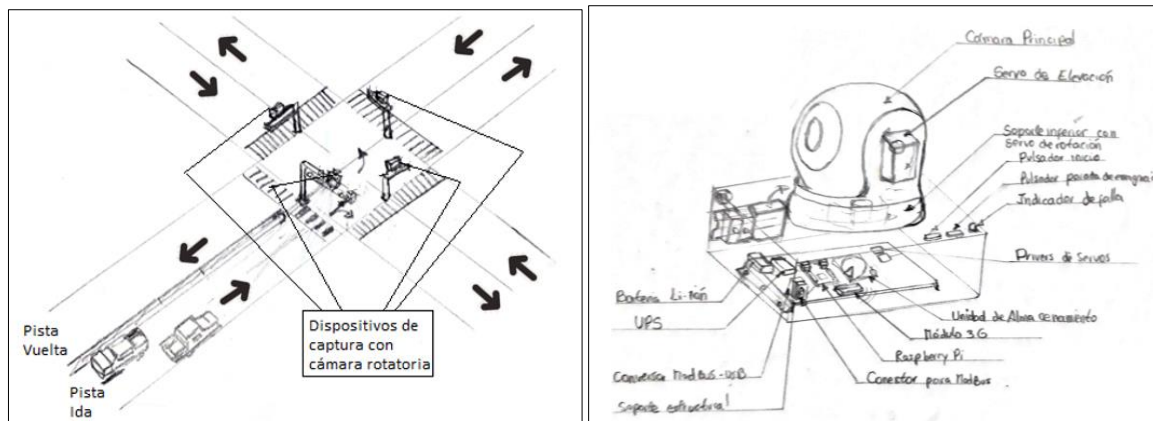
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.8.b se muestra la distribución de componentes del sistema donde la cámara principal irá montada sobre el gabinete de control mientras que las cámaras auxiliares se conectarán al gabinete de control por medio de conexión directa.

3.5.3. Solución proyecto preliminar 3. -

El proyecto preliminar 3, se diferencia de las opciones preliminares 1 y 2 en que se hará uso de una única cámara, para la medición del tráfico. Para ello, el modo de funcionamiento será el siguiente: Al momento de captar el tráfico, la cámara enfocará el grado del tráfico de la avenida principal, luego cuando el semáforo este por cambiar de estado a verde, la cámara girará para enfocar las direcciones de desplazamiento de los vehículos. Para ello se harán uso de servomotores para realizar el movimiento de la cámara, ello debido a que al estar en constante movimiento se requiere el mayor grado de precisión en el movimiento. Las ventajas que presenta esta opción es el menor costo asociado, al requerir el uso de solo una cámara. Por otra parte, entre las desventajas del uso de una sola cámara se encuentran, el desgaste de los componentes debido al giro continuo del componente, lo que implicaría una mayor frecuencia de mantenimiento. A la vez que el control a emplear deberá de ser más preciso a fin de evitar errores de mediciones o de malinterpretación de los datos.

En la Figura 3.9.a se muestra una vista aérea de la disposición de los componentes del sistema en un cruce de vías.



a) b)
 Figura 3.9. – Proyecto preliminar 3. a) Vista aérea. b) Componentes del sistema
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.9.b se presentan los componentes que contendrá el proyecto preliminar 3 en donde la cámara se encuentra montada sobre el gabinete de control y posee 2 servos uno para la elevación y descenso de la cámara y otro para realizar el giro.

3.6.- Diagrama de evaluación técnico- económica

Tomando como base las opciones preliminares presentadas en la sección previa, se procede a elaborar sus matrices de evaluación técnica (Tabla 3.10) y evaluación económica (Tabla 3.11.). Para su elaboración se tomaron en cuenta los atributos y características que se consideran de interés para la elaboración del presente proyecto, asignándoles un puntaje de acuerdo a la relevancia que posean para la elaboración final del sistema.

En la Tabla 3.10 se muestran los aspectos técnicos, donde los aspectos que se consideraron de mayor relevancia fueron la facilidad de instalación, la transportabilidad del sistema la facilidad de manejo y la eficiencia en el uso de energía al momento de su uso y/o instalación. El aspecto técnico menos relevante fue el de rigidez puesto que los tres sistemas están diseñados para ser estables y rígidos al momento de su instalación.

En base a la asignación de puntajes se obtuvo que la mejor opción en el aspecto técnico es el proyecto preliminar 1, estando con casi similaridad de puntaje con la solución 3, quedándose la opción 2 relegada al tercer lugar debido a la complejidad de instalación, su difícil transportabilidad y su uso poco eficiente de la energía.

En la Tabla 3.11 se muestran los aspectos económicos, los aspectos que se consideraron de mayor relevancia fueron el número de piezas a usar, el costo de la tecnología, el costo de

montaje y mantenimiento. Por influir dichos aspectos directamente en el costo final del sistema, así como, en el costo asociado al sistema durante su uso.

En el aspecto económico la mejor opción fue la solución 3, ello debido a que esta opción hace uso de solo una cámara. La opción que quedo en segundo lugar fue el proyecto preliminar 1, debido al número de piezas y menor facilidad de montaje frente a la opción 1. En tercer lugar, quedo el proyecto preliminar 2, debido al costo de usar 3 cámaras y a su costo asociado de instalación y mantenimiento.

Tabla 3.10 Matriz de evaluación técnica de sistemas preliminares

N°	Criterios técnicos y económicos	Peso	N° de Solución							
			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
	Aspectos técnicos	g	p	pg	p	pg	p	pg	p	pg
1	Eficiencia (Buen uso de la fuerza o energía)	3	2	6	1	3	3	9	4	12
2	Seguridad	3	2	6	2	6	3	9	4	12
3	Rapidez	3	3	9	3	9	2	6	4	12
4	Estabilidad	1	3	3	2	2	3	3	4	4
5	Rigidez	2	2	4	2	4	2	4	4	8
6	Manipulación	2	2	4	2	4	3	6	4	8
7	Confiabilidad	2	3	6	2	4	1	2	4	8
8	Facilidad de manejo	3	3	9	2	6	2	6	4	12
9	Transportabilidad	3	3	9	1	3	3	9	4	12
10	Facilidad de instalación	3	3	9	1	3	3	9	4	12
11	Complejidad	3	2	6	2	6	2	6	4	12
12	Lista de exigencias	2	3	6	2	4	3	6	4	8
14	Grado de contaminación del medio ambiente	2	2	4	2	4	2	4	4	8
15	Fácil reciclaje	2	2	4	2	4	2	4	4	8
	Puntaje máximo $\sum g$ o $\sum pg$.		35	85	26	62	34	83	56	136
	Valor Técnico Xi		0.63		0.45		0.61		1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11 Matriz de evaluación económica de sistemas preliminares

N°	Criterios técnicos y económicos	Peso	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
			P	Pg	P	Pg	P	Pg	P	Pg
	Aspectos Económicos	g	P	Pg	P	Pg	P	Pg	P	Pg
1	Número de piezas	3	2	6	1	3	3	9	4	12
2	Disponibilidad de materiales de fabricación	3	3	9	3	9	3	9	4	12
3	Costos diversos	3	2	6	1	3	3	9	4	12
4	Número de operadores	3	3	9	3	9	3	9	4	12
5	Costo de la tecnología	3	3	9	2	6	3	9	4	12
6	Facilidad de montaje o ensamble	3	2	6	1	3	3	9	4	12
7	Fácil mantenimiento	2	3	6	2	4	3	6	4	8
8	Costos de operación	2	2	4	2	4	2	4	4	8
	Puntaje máximo $\sum g$ o $\sum pg$.		20	55	18	41	26	64	40	88
	Valor Económico Yi		0.62		0.46		0.72		1	

Fuente: Elaboración propia

3.7.- Cuadro de decisión de evaluación técnico- económica

En la figura 3.10 se muestra el diagrama de evaluación técnico económico, donde el eje X corresponde al criterio técnico, y el eje Y al criterio económico, adicionalmente, la línea roja es el criterio ideal que combina conceptos idóneos técnicos y económicos. Donde, mientras el concepto preliminar se encuentre más cerca a dicha línea se tendrá un mayor equilibrio en los aspectos técnicos- económicos.

Tomando como base la Figura 3.10. se aprecia que las opciones preliminares que más se acercan a los conceptos ideales son los conceptos preliminares 1 y 3, siendo el concepto preliminar 1 el que posee mejores características técnico- económicas.

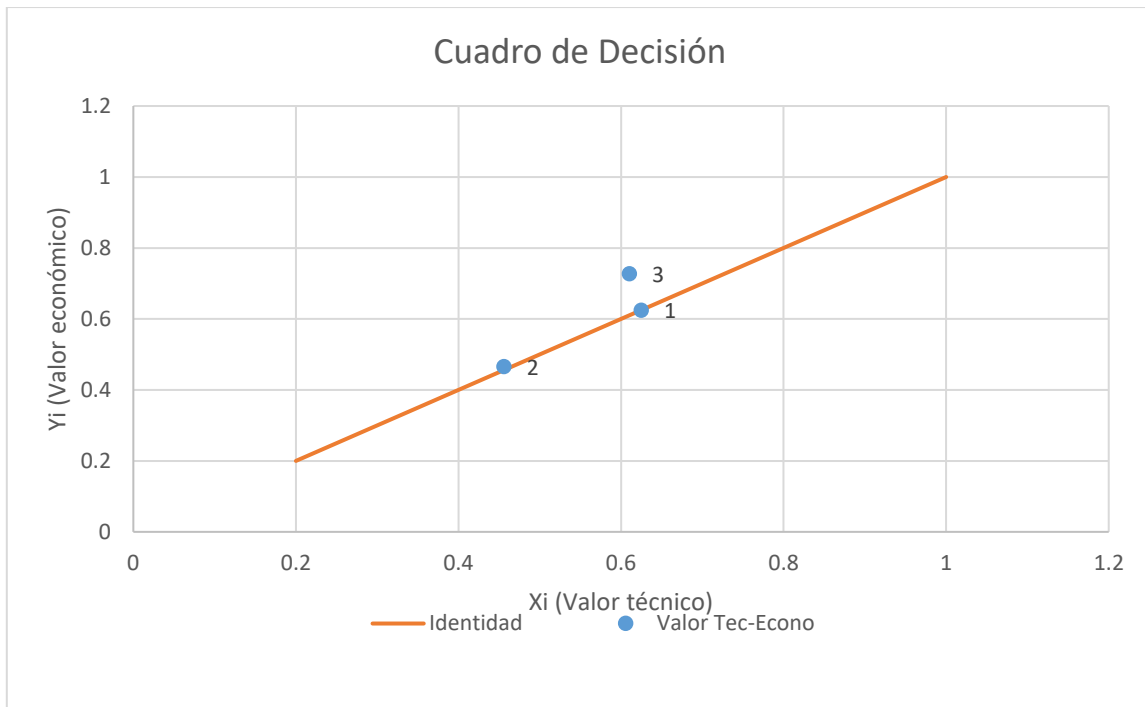
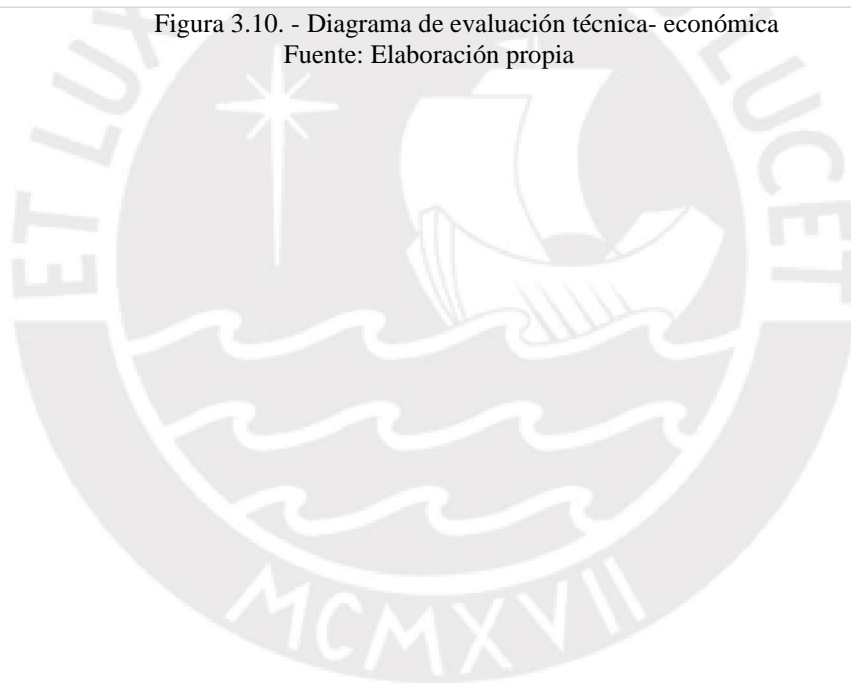


Figura 3.10. - Diagrama de evaluación técnica- económica
 Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL SISTEMA REGISTRADOR DE TRÁFICO

En el presente capítulo, se presenta en el primer acápite, la disposición que tendrá el sistema desde una vista aérea en el cruce de avenidas de uno de los nodos, a su vez se muestra la vista en detalle de disposición del dispositivo de captura y su localización en su respectivo soporte. Luego, se presenta la arquitectura del hardware donde se detallan los componentes que formarán parte del sistema, así como, sus respectivas conexiones. A continuación, se realiza el diseño y selección de componentes de los dominios electrónico, eléctrico, de control, de comunicaciones, mecánico y de procesamiento de imágenes

4.1. Disposición espacial en el cruce de las avenidas del sistema. -

El sistema se instalará en un cruce vial y estará compuesto por cuatro dispositivos de captura, los cuales registrarán el volumen vehicular de cada vía, adicionalmente estará conformado por de un dispositivo de comunicaciones el cual se encargará de enviar la información del volumen vehicular detectado a los cruces de vías aledaños, la especificación en detalle de cada dispositivo se presenta en las siguientes secciones del presente capítulo. El modelo a escala de cruce vial usado de referencia se puede se puede apreciar en la Figura 4.1. donde se muestra cómo se vería el sistema instalado en un cruce vial a escala real (cruce de Av. Bolívar con Av. Sucre).

Así mismo, en dicha figura, los marcadores circulares amarillos señalan la posición donde se encontrarán ubicados los dispositivos de captura del tráfico vehicular en una avenida. Como se puede apreciar en la imagen, el sistema será apenas visible desde el espacio. Por lo tanto, causará un poco o nulo impacto visual tanto para conductores, como para peatones.

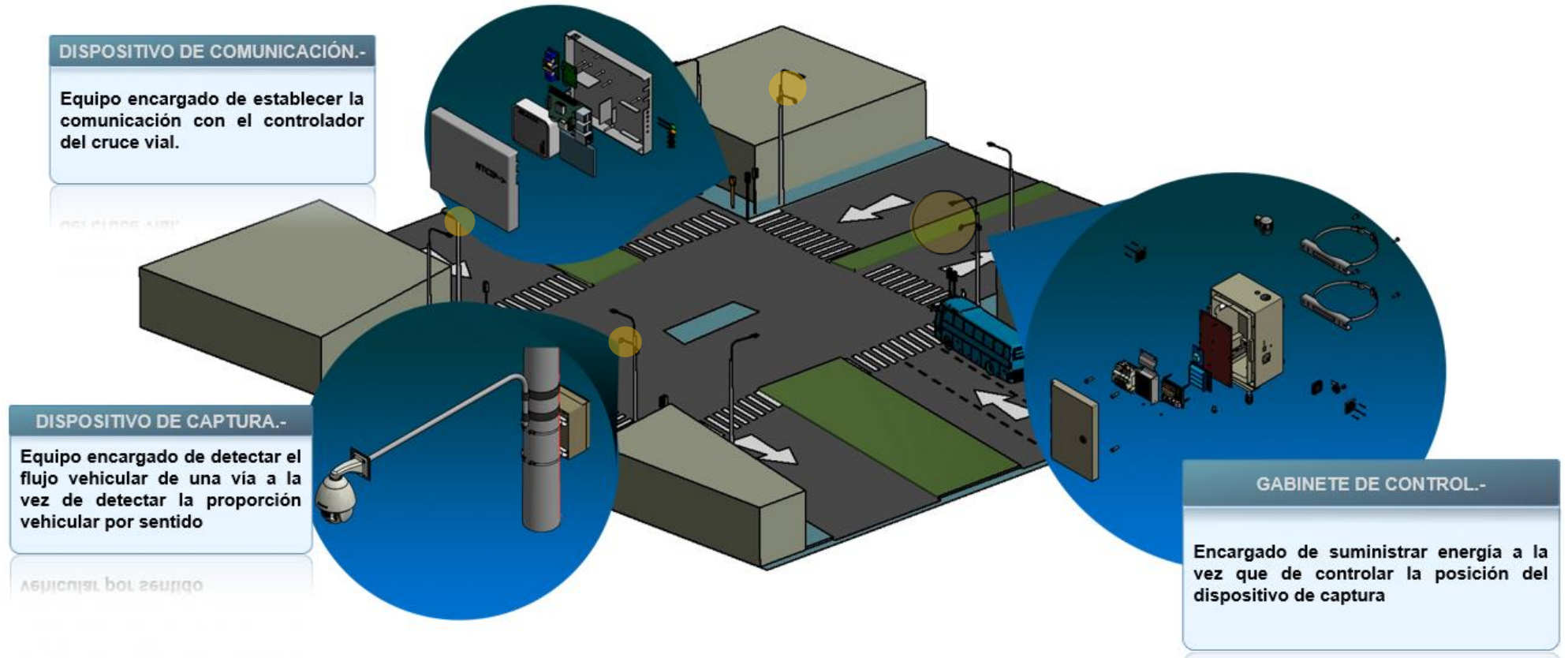


Figura 4.1. - Vista aérea de cruce de avenidas
 Fuente: Elaboración propia

4.2. Arquitectura de hardware. -

El sistema estará compuesto por un dispositivo de captura y un dispositivo de comunicaciones, el dispositivo de captura se encargará de la caracterización vehicular de las vías (conteo vehicular y análisis vial). Mientras que, el dispositivo de comunicaciones se comunicará con el controlador maestro del cruce vehicular para enviarle las instrucciones con los tiempos de semaforizado, a la vez que será el encargado de proporcionar acceso a la red a los dispositivos de captura.

El diagrama de conexiones del dispositivo de captura se muestra en la Figura 4.2. La energía eléctrica suministrada (monofásica de 220V, 60 Hz) pasa a través de los dispositivos de protección eléctrica (interruptores termomagnético y diferencial), los cuales protegerán tanto a los componentes electrónicos como al operario frente a sobrecargas y cortocircuitos. Posteriormente, el adaptador de corriente transforma el voltaje de llegada de 220VAC a un voltaje de 5 VDC, a su salida se conectará a un UPS el cual a su vez estará conectado a un banco de baterías, el UPS en caso de ausencia de fluido eléctrico accionará el uso de la fuente secundaria (batería Li-ion). El UPS suministrará de energía a una placa de alimentación. La placa de alimentación suministrará de energía al procesador, al ventilador y a la cámara del sistema. Finalmente, el procesador se encontrará conectado a un adaptador WiFi, una memoria microSD y a un sensor de temperatura.

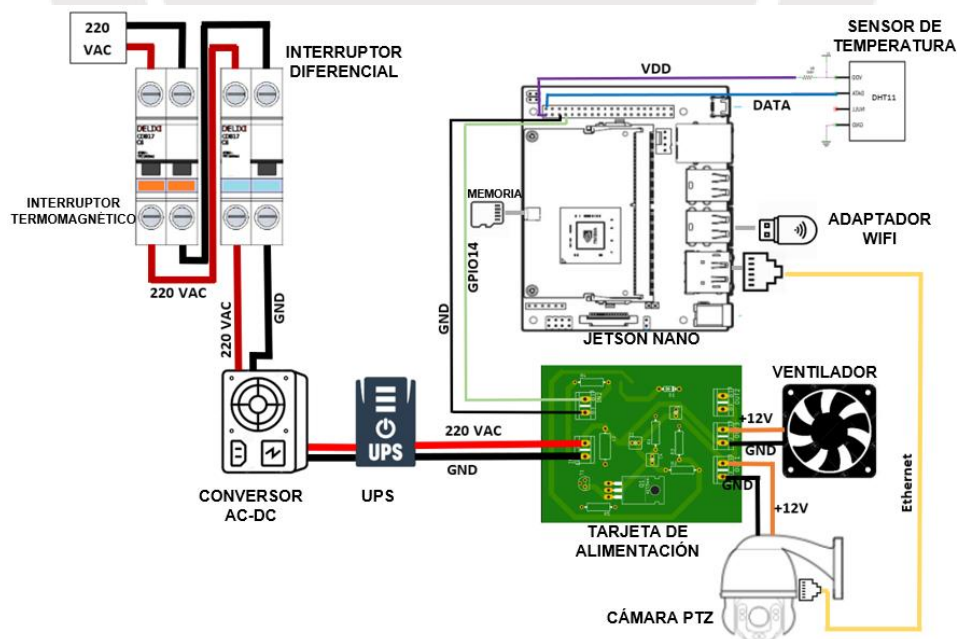


Figura 4.2. – Diagrama de conexiones del sistema
Fuente: Elaboración propia

4.3. Diseño del sistema electrónico. –

En la Figura 4.3. se muestran los componentes que conforman el dominio electrónico, donde, el dispositivo de captura está compuesto por una tarjeta de alimentación la cual energiza procesador, al cual se encuentran conectados la memoria, el sensor de temperatura, la cámara y el ventilador. El dispositivo de comunicación está compuesto por el procesador y la memoria.

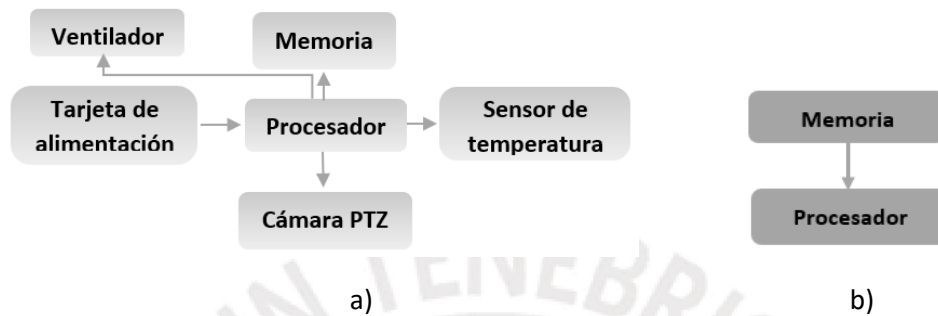


Figura 4.3. Arquitectura del dominio electrónico. a) Dispositivo de captura. b) Disp. de comunicación
Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Selección de componentes electrónicos y cálculos del dispositivo de captura. –

4.3.1.1. Selección de la cámara. –

En la actualidad existen 3 tipos de cámaras que tienen mayor predominancia en el mercado, las cuales son del tipo Bullet, de tipo Domo y de tipo PTZ. Las características de dichas cámaras se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.- Características de las cámaras tipo Bullet, Domo y PTZ

	Cámaras tipo Bullet	Tipo Domo	Tipo PTZ
Imagen referencial			
Descripción	Cámaras de tipo fijo, suelen ser de dimensiones pequeñas y poseen una lente de punto focal fijo. Por su diseño son generalmente compatibles para uso en interiores y exteriores.	Cámaras unidas al techo o pared con una carcasa de domo invertido que protege la cámara. Estas cámaras ofrecen mayor variedad y pueden ser usadas en exteriores o interiores.	Cámaras similares a las cámaras tipo Bullet, sus siglas vienen de P: pan T tigh y Z Zoom. Son cámaras que se puede ajustar el Angulo y orientación de enfoque, así como el zoom
Ubicación	Sobre soporte fijo, o en paredes.	Debajo de techos en el interior o de un soporte.	Usadas al aire libre o en áreas grandes
Rango de visión	70°-100°	70°-100°	Inclinación 90°, rotación 360°
Instalación	Fácil	Complejidad intermedia	Fácil
Visión nocturna	Hasta 30m	Hasta 30m	Hasta 60m




Fuente: Elaboración propia

Para el presente proyecto se requiere una cámara que pueda ajustar la zona de enfoque para realizar la calibración inicial por parte del operario. Tomando como base los tipos de cámaras analizados, las cámaras tipo PTZ poseen las características que más se ajustan al proyecto respecto a las demás opciones debido a su instalación y su rango de visión. Además, este tipo de cámaras poseen la capacidad de ajustar su inclinación y rotación.

En base al Anexo 4, se selecciona el tipo de comunicación que tendrá la cámara, dado que no existe una cámara PTZ comercial con conector MIPI-CSI compatible, se seleccionará la cámara tipo Ethernet ello debido al requerir únicamente un cable Ethernet y a la mayor seguridad que provee dicha conexión frente a otras opciones como la de tipo Wifi.

Entre los modelos comerciales que cumplen con las características antes mencionadas, se seleccionaron 2 modelos de cámara cuyas características se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Características de modelos cámaras PTZ

Producto	Requerimientos	Youmeet HD WIFI	Alptop AT-500W
Imagen Referencial			
Protección	IP66	IP66	IP66
Conexión		WiFi, Lan Network, AP hotspot	WiFi
Red		2.4 GHz	2.4 GHz
Lentes Zoom Digital		2.8-12MM	-
Resolución		2.0 MP/1080P	1080 P
Memoria interna		16 GB SD card	-
Memoria soportada	>64 GB	Hasta 128 GB tarjeta MicroSD	Hasta 128GB tarjeta microSD
Compatibilidad	PC	PC, Iphone Android	PC, dispositivos IOS y Android
Amplitud de ángulo de visión		110°	70°
Rango movilidad		Horizontal 320° Vertical 90°	Horizontal 320° Vertical 90°
Dimensiones		17x11x10 cm	21x21x13 cm
Vin		12V	12V
Iin		2A	2A
IR distance		20m	15m
Standard Wireless		ONVIF, IEE 802.11b/g/n	RSTP, ONVIF
Frame rate		30 FPS	30FPS
Vision Nocturna		2 luces LED Y 2 luces blancas 850nm	8 luces LEDS IR
Peso		433g	750g
Precio		60 USD	60 USD

Fuente: Youmeet

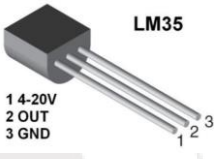
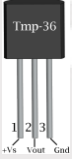
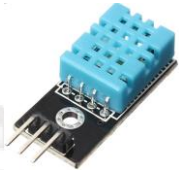
Dado que el modelo Youmeet HD WiFi posee una mayor amplitud del ángulo de visión, así mismo, cuenta con una memoria interna frente a la otra alternativa y dado que ambos modelos cuestan lo mismo se decidió escoger el modelo **YouMeet HD WiFi**.

4.3.1.2 Selección del sensor de temperatura. –

Para seleccionar el sensor de temperatura se consideraron los sensores: LM35DZ, TMP36 y DHT11. Las características de los sensores mencionados se muestran en la Tabla 4.3.

En base a la investigación realizada, para poder implementar los sensores LM35 y TMP36 se requerirá añadir un conversor análogo digital a dichos sensores, puesto que los procesadores no cuentan con pines de tipo analógico. Sin embargo, el sensor DHT11 ya viene incorporado con un conversor de dichas características y es compatible con el uso de los pines del procesador, es por dicho motivo que se seleccionó el sensor DHT11, además como el rango de temperatura se encuentra en el rango del requerimiento, este modelo es compatible con el proyecto.

Tabla 4.3. Características de los sensores de temperatura

Características	Requerimientos	LM35	TMP36	DHT11
		 <p>LM35 1 4-20V 2 OUT 3 GND</p>	 <p>Tmp-36 1 2 Vout 3 Gnd</p>	
Máximo error de medida	-	0.5 °C	2°C	2°C
Rango de temperatura	0-40 °C	-55 a 150 °C	-40 a 150 °C	0 a 50 °C
No-linealidad	-	+/-0.18	+/-0.5	+/-1
Máxima intensidad de corriente eléctrica	-	60 uA	50 uA	150 uA
Bajo nivel de calentamiento	-	Sí	Sí	Sí
Tipo de señal	Digital	Analógico	Analógico	Digital
Nivel de voltaje	-	4-30V	2.7-5.5V	3-55V
Precio	-	2 USD	2 USD	6 USD

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.3. Regulador de temperatura. –

Para seleccionar el regulador de temperatura que permita mantener una temperatura idónea para los componentes electrónicos se elaborarán los cálculos en función del calor que debe ser disipado. Para lo cual se usará la siguiente fórmula (Fuente Hoffman):

$$Watts = .316 \times CFM \times \Delta T \quad (\text{Ec. 4.1.})$$

Donde: CFM es el flujo de aire que ingresa al ventilador, ΔT es la variación de temperatura en °F, Watts es la potencia total consumida por el sistema.

Al estar en un ambiente cerrado se considera que la temperatura máxima al interior del gabinete será de 45°C y que la temperatura ambiente media es de 25°C. Convirtiendo a °F.

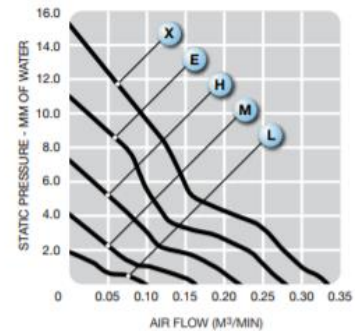
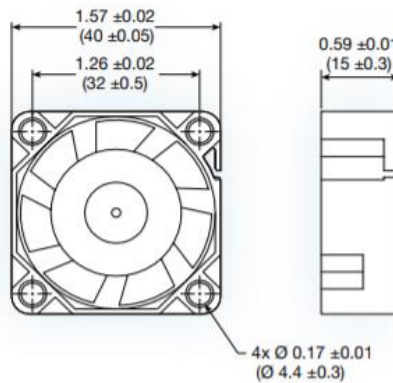
$$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C} = 77^{\circ}\text{F}, T_{max} = 45^{\circ}\text{C} = 113^{\circ}\text{F}$$

En base a la potencia de consumo de los componentes obtenida en Tabla 4.4 se calculará el CFM requerido del ventilador:

$$CFM = \frac{Watts}{0.316 \times \Delta T} = \frac{134.8}{0.316 \times (113 - 77)} = 11.84 \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Según catálogo, se seleccionará el modelo G4015X, puesto que posee un CFM de 12 el cual es mayor al mínimo CFM requerido (11.84).

G4015 series



(40 x 40 x 15 mm)
1.57 x 1.57 x 0.59 inches

Construction:	UL94V-0 PBT impeller & frame
Bearing option:	ball bearing
Connection:	AWG 26, UL1061 lead wires
Frame:	ribbed
Protection:	thermal
Options:	tachometer output or locked rotor alarm signal; PWM speed control

Model No.	Rated Voltage V	Current mA			Speed RPM	Air Volume		Max. Static Pressure (H ₂ O)		Sound Noise dba	Weight g
		5	12	24		M ³ /Min.	CFM	MM	INCH		
G4015L	5/12/24	200	80	50	4,000	0.10	4.00	1.84	0.07	20	23
G4015M	5/12/24	300	130	70	6,000	0.16	6.00	4.08	0.16	23	23
G4015H	5/12/24	400	200	90	8,000	0.22	8.00	7.24	0.29	29	23
G4015E	12/24	-	270	110	10,000	0.28	10.00	11.02	0.43	35	23
G4015X	12/24	-	350	160	12,000	0.33	12.00	15.31	0.60	39	23

Figura 4.4. Catálogo de cooler DC
Fuente: Mechatronics Fan Group Catalog




4.3.1.4. Selección de la unidad de procesamiento. -

Para la selección de la unidad de procesamiento se tuvo en consideración que el procesador deberá ser capaz de controlar la cámara PTZ (conexión ethernet), recepcionar la lectura del sensor de temperatura (entrada digital), accionar el ventilador del sistema (salida

digital), y de recepcionar y procesar las imágenes, así como, detectar los vehículos captados y enviar dicha información hacia un servidor central.

Se tomaron en consideración las placas: Raspberry Pi 3, Jetson Nano y Coral Dev Board cuyas características se muestran a continuación:

Tabla 4.4. Características de diferentes placas de desarrollo

	Requerimientos	Jetson Nano	Google Coral Dev Board	Raspberry Pi 4
Imagen Referencial				
Características				
GPU	NVIDIA	128-core NVIDIA Maxwell	Edge TPU	Broadcom VideoCore IV
CPU		64-bit Quad-core ARM A57 (1.43GHz)	NXP iMXOM -Quadcore Cortex-A53 +GC7000 GPU	Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8)
Memoria	>2GB	4GB 64-bit LPDDR4(ancho de banda 25.6 GB/s)	1 GB LPDDR4	4 GB de RAM
Conectividad	Ethernet	10/100/1000 Mbit Ethernet	Wifi, Bluetooth	Wifi, Bluetooth
Conector Cámara		12 MIPI CSI-2	No	12 MIPI CSI-2
Dimensiones		69.6x45mm	88x60x24mm	
Interfaces del modulo				
USB	2xUSB	3x USB2.0, 1x USB 3.0	Tipo C, Tipo-A 3.0	3x USB2.0, 1x USB 3.0
PCIe		1 (x1/x2/x3)	Tipo mini	-
Cámara		CSI 3 x4 o 2 x4 + 2 x2	CSI 3 x4 o 2 x4 + 2 x2	CSI 3 x4 o 2 x4 + 2 x2
Display		HDMI 2.0	HDMI 2.0	HDMI 2.1
Audio (i2s)		2x	3.5 mm Audiojack	3.5 mm Audiojack
Pines		40 (GPIOs, I2C, I2S, SPI, PWM, UART)	41 (GPIOs, I2C, I2S, SPI, PWM, UART)	42 (GPIOs, I2C, I2S, SPI, PWM, UART)
Almacenamiento	>32GB	Tarjeta microSD	Tarjeta microSD	Tarjeta microSD
Peso		49.7g	136g	46g
Precio		100 USD	170 USD	70 USD

Fuente: Elaboración propia

En base a las características de las diferentes placas de desarrollo, la placa que más destaca es la Jetson Nano ello debido a su tarjeta gráfica y a su capacidad de procesamiento de imágenes, lo cual se puede comprobar viendo su rendimiento comparado a las otras placas de desarrollo como se muestra en la Figura 4.5. Por tal motivo se seleccionará dicha tarjeta para su uso.

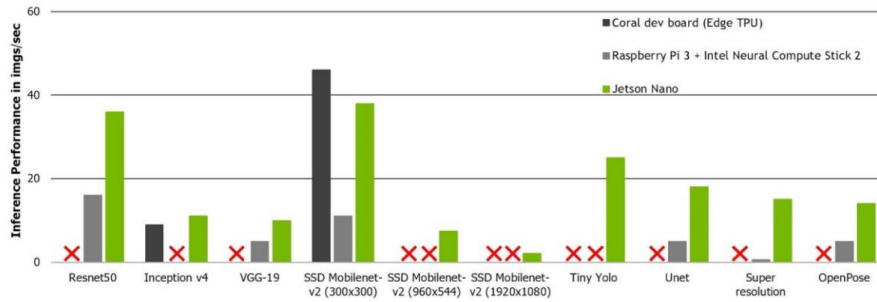


Figura 4.5.- Tiempo de Inferencia de imágenes/segundo de diferentes placas
Fuente: NVIDIA

4.3.2. Selección de componentes electrónicos del dispositivo de comunicación. –

4.3.2.1. Selección de la unidad de procesamiento del dispositivo de comunicación. -

El procesador del dispositivo de comunicación deberá ser capaz de comunicarse con el controlador del semáforo ya instalado en los cruces de vías, por dicho motivo el procesador debe ser capaz de enviar comandos compatibles con el protocolo NTCIP. Adicional a ello debe contar con al menos 5 pines digitales para poder conectar 3 switches y 2 indicadores digitales.

En base al análisis comparativo mostrado en el Anexo 5, se seleccionará como procesador el Raspberry Pi 3 modelo B, por contar con las características necesarias para comunicarse con el controlador maestro y con los demás componentes.

4.3.3 Lista de planos del sistema electrónico. –

En la Tabla 4.5 se presentan los planos esquemáticos y diagrama de la PCB del sistema

Tabla 4.5. Planos del sistema electrónico

Código	Nombre	Anexo
EE01-A4	Tarjeta de alimentación	8
EE02-A4	PCB de tarjeta de alimentación	8
EE03-A4	Conexión General	8
EE04-A4	Diagrama de conexiones simbólico	8
EE05-A4	Diagrama de conexiones Dispositivo de detección	8
EE06-A4	Diagrama de conexiones Dispositivo de comunicación	8

Fuente: Elaboración propia

En el plano esquemático EE01-A4, se presenta el diagrama esquemático de la placa de alimentación donde se muestran las conexiones de los componentes requeridos para elevar la tensión de alimentación a 12 V (Voltaje de la cámara y del ventilador).

Su estructura se detalla a continuación, en la Figura 4.6. se muestran los componentes del elevador de tensión DC-DC de 5V a 12V

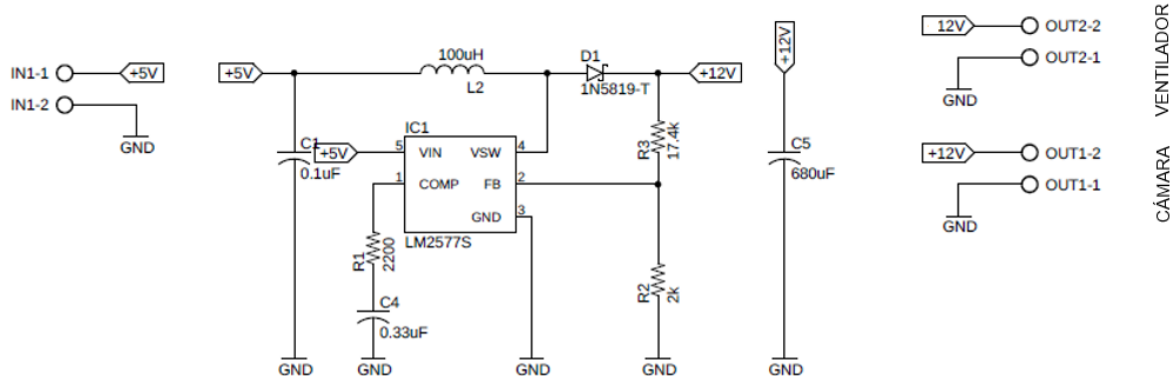


Figura 4.6. Convertidor elevador del voltaje DC
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4.7. se muestran la disposición de los componentes electrónicos requeridos para poder controlar el ventilador DC de 12V mediante el procesador Jetson Nano, el cual lo controlará mediante una señal PWM.

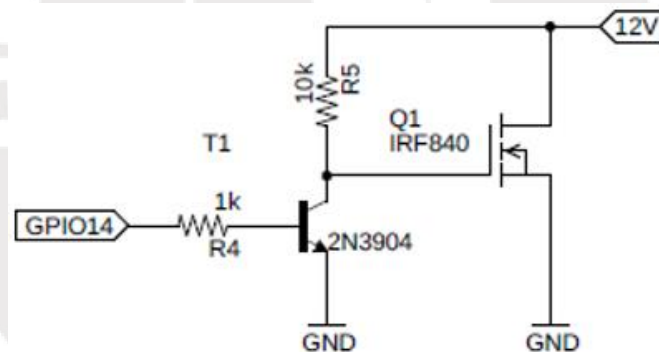


Figura 4.7. Circuito de control del ventilador mediante PWM
Fuente: Elaboración Propia

En el plano EE05-A4, se presenta el diagrama de conexiones del dispositivo de comunicación, cuyo esquemático se muestra en la Figura 4.8. Partiendo de un conversor AC-DC se transforma de 220VAC a 5V, este conversor está conectado a un UPS, el UPS será el encargado de alimentar a la tarjeta de alimentación, a partir de la cual se energizará el Jetson Nano, el ventilador y a la cámara PTZ. Así mismo, al Jetson Nano irá conectado un adaptador Wifi, que le permita captar redes inalámbricas y un sensor de temperatura en uno de sus pines digitales.

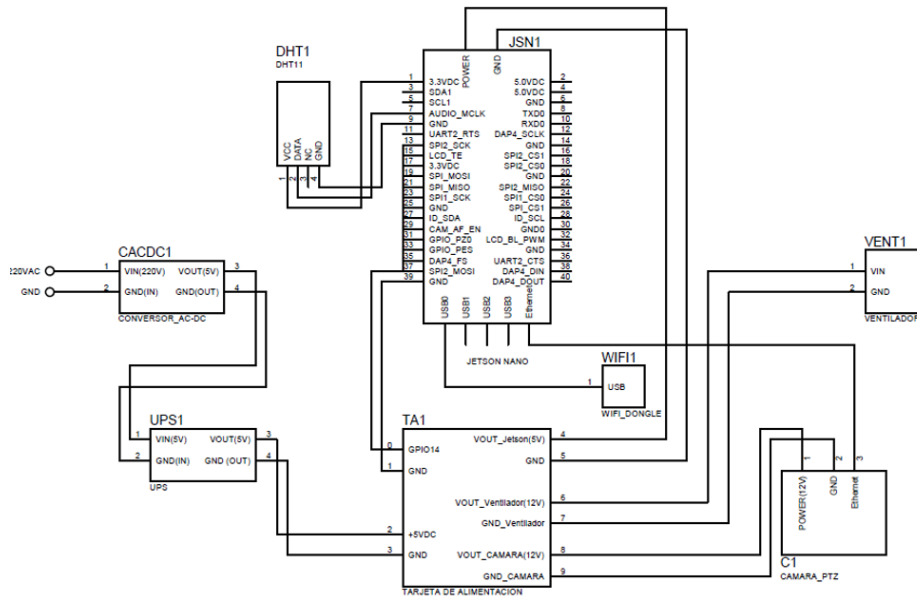


Figura 4.8. Diagrama de conexiones del dispositivo de captura
Fuente: Elaboración Propia

En el plano EE06-A4, se presenta el diagrama de conexiones del dispositivo de comunicación, cuyo esquemático se muestra en la Figura 4.9. En donde, se transforma la corriente monofásica, recibida por parte del generador, de 220VAC A 5VDC, a su vez, el convertor está conectado a un UPS que mediante el uso de una batería Li-ión, mantiene continuo el fluido eléctrico, aún en caso de corte de energía. El UPS, se encarga de alimentar al Raspberry Pi, al cual irán conectados 3 switches (de encendido, apagado, y de interrupción de emergencia). Finalmente, se contarán con 2 leds indicadores del funcionamiento del sistema o de alarma en caso de falla.

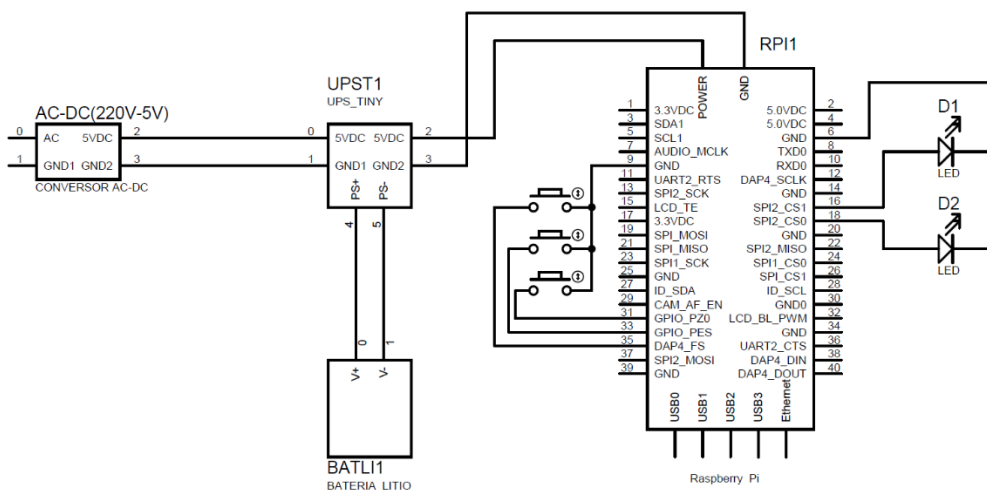


Figura 4.9. Diagrama de conexiones del dispositivo de comunicación
Fuente: Elaboración Propia

4.4. Diseño del dominio de comunicaciones. –

En la Figura 4.10 se muestra el esquema de comunicaciones entre los nodos del sistema, donde la información de los vehículos detectados por los procesadores de los semáforos de un cruce de avenidas (Nodo 1), son enviados por WiFi, hacia un router el cual envía la información ya procesada hacia un servicio de cloud de donde se envía la información hacia los nodos aledaños al norte, sur este y oeste (Nodo 1_N, Nodo 1_S, Nodo 1_E, Nodo 1_O) y hacia el servidor central.

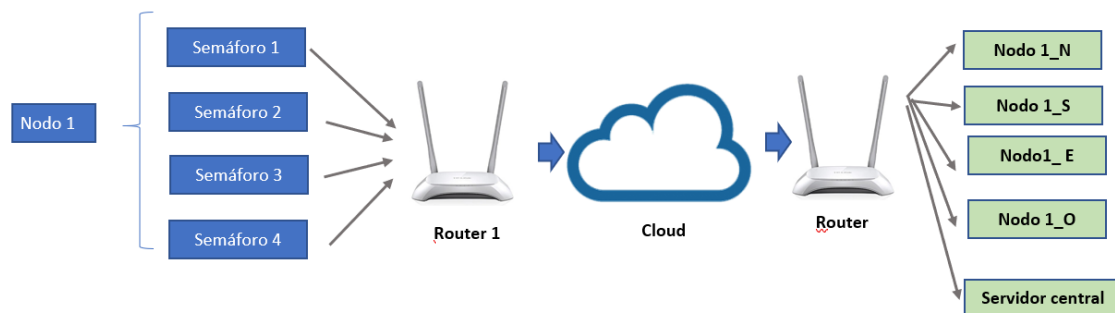



Figura 4.10. Esquema del dominio de comunicaciones
Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Selección de componentes de comunicación del dispositivo de captura. –

4.4.1.1 Selección de módulo inalámbrico. –

Dado que dispositivo de procesamiento escogido (Jetson Nano), no cuenta con un módulo tipo Wifi incorporado se usará un adaptador WiFi tipo USB, para permitir que el procesador pueda recibir y transmitir información hacia los nodos aledaños y hacia el servidor central. Las características del módulo seleccionado se muestran en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Características adaptador Wifi

Características Wifi Dongle	
Imagen Referencial	
Velocidad de transmisión	150 Mbps (max)
Estándares Soportados	IEEE 802.11n, g, b
Redes	Wep, WPA/WPA2
Rango de frecuencia	2.4 GHz
Potencia de RF	20dbm (max)
Dimensiones	15x32mm
Costo	S/ 25



Fuente: Core-electronics

4.4.2. Selección de componentes de comunicación del dispositivo de comunicación. –

4.4.2.1. Selección del router. –

Para la selección del router se disponen de las opciones mostradas en la tabla 4.7. donde ambas alternativas se diferencian en el método de conexión a la red

Tabla 4.7. Características de routers considerados

	TP-LINK MR3020	TP-LINK TL-wr840n
Imagen referencial		
Estándar Inalámbrico	IEEE 802.11n, g, b	IEEE 802.11n, g, b
Frecuencia	2.4-2.4835GHz	2.4-2.4835GHz
Potencia de Transmisión	<20dBm	CE:<20dBm, FCC:<30dBm
Modos Inalámbricos	3G Router, Travel Router (AP), WISP Client Router	Access Control, Local Management, Remote Management
Dimensiones	74 x 67 x22 mm	182 x 128 x 35 mm
Fuente de Alimentación Externa	5VDC/1.0A	9VDC / 0.6A
Precio	90 soles	65 soles

Puesto que, no todos los semáforos poseen una conexión inalámbrica a la red, se escogerá el modelo TP- LINK MR3020 ello debido a que en caso el semáforo no cuente con una conexión a la red se podrá usar un modem tipo USB 3G/4G para darle acceso al internet al nodo y pueda enviar y recibir información desde y hacia los nodos aledaños.

4.4.2.2. Conexión del dispositivo de comunicación con el controlador del semáforo. –

Para establecer la comunicación con el controlador de los semáforos, el sistema deberá poder adecuarse a un equipo que cumpla con los “Criterios Técnicos Mínimos para La Implementación De Equipos Y Sistemas De SemafORIZACIÓN En Vías De Lima Metropolitana”². En donde se estipula que los controladores deberán ser capaces de comunicarse mediante el protocolo NTCIP.

² Resolución de gerencia-N° 1579-2015-MML/GTU

4.4.2.3. Descripción del protocolo NTCIP. –

El protocolo NTCIP (National Transportation Communications for ITS Protocol), define los estándares de comunicación, que permiten la interoperabilidad y el intercambio de información entre los dispositivos usados para la regulación del transporte. Este protocolo abarca 7 niveles, los cuales se muestran en la Figura 4.11.

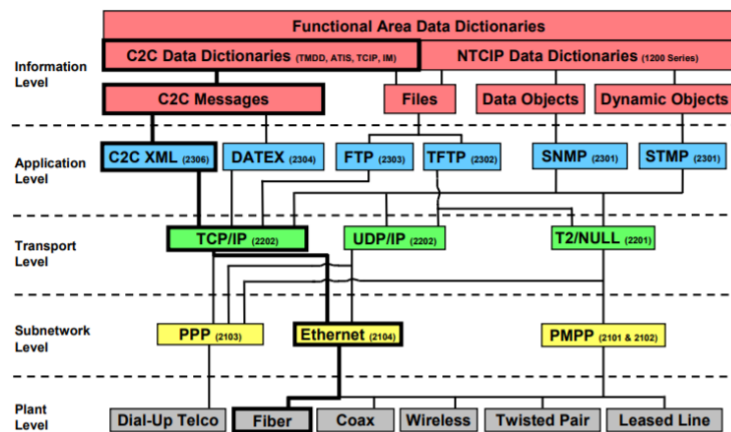


Figura 4.11. Niveles de Protocolo NTCIP
Fuente: NTCIP 1202

4.4.2.4. Implementación del sistema

El procesador seleccionado (Raspberry pi 3B), enviará los comandos con los tiempos de los indicadores mediante conexión ethernet con el controlador del semáforo usando la librería SNMP en Python, la cual permite enviar comandos que puedan ser interpretados el controlador del semáforo. La estructura de los mensajes a enviar se muestra en la Figura 4.12.

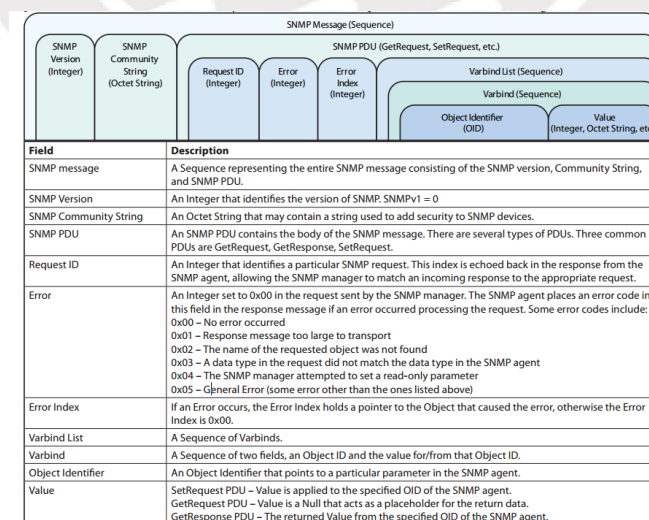


Figura 4.12. Estructura del mensaje SNMP
Fuente: Rane

4.4.3. Selección de plataforma de almacenamiento en la nube. –

El servidor central deberá estar almacenado en la nube de manera que pueda recibir y enviar la información hacia los nodos con las estadísticas acordes al momento. Los servicios de cloud con mayor accesibilidad, conectividad y servicios son IBM cloud, Google cloud, Oracle y Amazon Cloud services.

Sus características se muestran en la Tabla 4.8. en donde se aprecian los servicios que brindan los principales proveedores de cloud (información actualizada hasta marzo del 2019). Se observa que los proveedores con mayor cantidad de funcionalidades son Amazon Web Services, Azure y Google Cloud

Tabla 4.8.- Servicios brindados por diferentes alternativas Cloud

Servicios	Amazon web services	Azure	Google Cloud	IBM Cloud	Oracle	Alibaba Cloud
Shared Web Hosting						
Virtual Server						
Virtual Dedicated Host						
Container Management Service						
Virtual Private Servers						
Autoscaling						
App Development						
Object Storage						
Virtual Machine Disk Storage						
Relational Database						
No relational Database						
Server Migration Services						
Virtual Networking						
Private Connectivity						
Cloud Software Development Kit						
Logging Monitoring						
Server Automation						
Security Advisor						
Cloud Management Tools						
Web Application Firewall						
Big Data Query as A Service						
Cloud Search						
Image Recognition						
Machine Learning						
IoT Platform						
Development And Testing						

Fuente: Comparecloud.in

Adicionalmente, en la Figura 4.13. se muestra una comparativa de precios en algunos de los servicios ofrecidos por los distintos proveedores de cloud.

Dado que para la realización del proyecto se requerirán usar los servicios de base de datos, virtual server, logging monitoring, app development, y virtual machine disk storage. Se puede apreciar, que las 4 alternativas cuentan con dichas opciones, pero dado que la plataforma de

IBM cloud provee una capacidad de uso de 500 dispositivos y 200 Mb de forma gratuita, se seleccionará dicha plataforma para el presente proyecto.

Products (Unit per US Dollars)	ORACLE Cloud Infrastructure	Amazon Web Services	Microsoft Azure	Google Cloud Platform
Standard Virtual Machine Instances \$/CPU/Hour	\$0.0638	+49%	+49%	+46%
DenseIO Virtual Machine Instances \$/CPU/Hour	\$0.1275	+18%	+48%	+20%
Bare Metal Standard \$/CPU/Hour	\$0.0638	+45%	n/a	n/a
Bare Metal Dense IO \$/CPU/Hour	\$0.1275	-4%*	n/a	n/a
GPU Instances \$/GPU/Hour	\$2.25	+26%	+26%	+31%
Block Storage: Massive Perf Annual cost of 400 GB 20K IOPS	\$204	+7,900%	+2,900%	+400%
Data Archive \$/GB/Month	\$0.0026	+35%	-30%	+63%
File Storage \$/GB/Month	\$0.425	+86%	+29%	+79%
Internet Data Egress 50 TB/Month	\$340	+1,300%	+1,300%	+1,300%
Private Line Network 1 Gbps, 100 TB Data/Month	\$155	+2,100%	+3,700%	+1,500%

Legend

- Lowest cost
- + % Percent more expensive
- % Percent less expensive
- * Oracle DenseIO bare metal instances have 8% higher core count and 14X more local SSD storage capacity vs AWS r5d.metal

Figura 4.13. Comparación de precios de principales servicios
Fuente: Oracle

4.5 Diseño del sistema eléctrico. –

En la Figura 4.14. se muestran los componentes del dominio eléctrico que se seleccionarán, para el desarrollo del presente proyecto. En donde, se requieren seleccionar los interruptores diferencial y termomagnético, el adaptador AC-DC, el UPS y la batería.

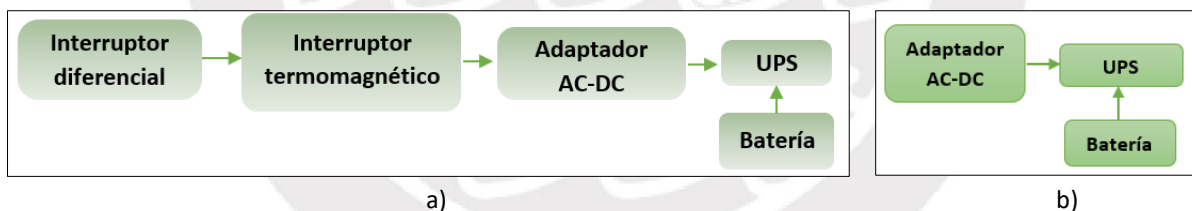


Figura 4.14. Arquitectura del dominio eléctrico. a) Dispositivo de captura b) Disp. de comunicación
Fuente: Elaboración propia

4.5.1. Selección de componentes y cálculos eléctricos del dispositivo de captura. –

4.5.1.1 Selección del interruptor termomagnético y diferencial. –


En la Tabla 4.9 se calcula la corriente total que requerirá el sistema la cual es de 4.3 A, usando un factor de seguridad de 1.1 se tendrá una corriente de 4.8 A. Es por ello que se seleccionará una llave termomagnética de al menos 5A.

Tabla 4.9.- Consumo de corriente de componentes a energizar por batería

Componentes	mA	Potencia (Watts)
Convertor AC-DC	-	100
Jetson nano	2000	10
Cámara	2000	0.00003
Sensor Temperatura	0.003	0.76
Ventilador	270	24
Total	4270.003	134.8

Fuente: Elaboración propia

Según el catálogo de Bticino se seleccionará el interruptor termomagnético FN820YC6 de corriente nominal 6A con un número de módulos de 2.



Poder de corte: 6000A IEC 60898-1:92 / 10 000 A a 220 V
 Conexión por bornes protegidas contra los contactos directos (IP20)
 Tornillos imperdibles
 Portaetiquetas incorporado
 Capacidad de embornamiento:
 25mm² flexible / 35 mm² rígido

Conforme a la norma IEC 61008-1:96
 Tornillos imperdibles
 Portaetiquetas incorporado
 Capacidad de embornamiento:
 25mm² flexible / 35 mm² rígido

Artículo	INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS	
	Bipolar - 230/400 Va.c.	
	In (A)	Nº de módulos
FN820YC6	6	2
FN820YC10	10	2
FN820YC16	16	2
FN820YC20	20	2
FN820YC25	25	2

Artículo	INTERRUPTORES DIFERENCIALES	
	Bipolar - 230/400 Va.c. IΔN=0.03A	
	In (A)	Nº de módulos
G7230AC25	25	2
G7230AC40	40	2
G7230AC63	63	2

Figura 4.15. Catálogo de Interruptor termomagnético y diferencial

Fuente: Bticino


Por reglamento de instalaciones eléctricas (11), la intensidad diferencial máxima permitida es de 30mA, ello con el fin de proteger al operario durante la instalación o mantenimiento del equipo en caso de cortocircuito. Para la selección del interruptor diferencial se tuvo en consideración que su intensidad nominal debe ser igual o mayor a la del interruptor termomagnético (11). Puesto que según catálogo la menor corriente nominal disponible para interruptores diferenciales es de 25 A. Se seleccionará el Interruptor diferencial G7230AC25 de 25A y 2 módulos.

4.5.1.2. Selección de convertor de corriente alterna a continua. –

Para la conversión de corriente alterna a continua se decidió usar un modelo comercial. Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de los componentes seleccionados, para la

implementación del sistema, El voltaje requerido por el procesador es de 5V con una corriente mínima de 4.3 A. En base a dichos criterios se seleccionó la placa de alimentación conmutada AC-DC ZDM 5V. Cuyas características se muestran en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10.- Características del conversor AC-DC

Características	Conversor AC-DC	Conversor AC-DC
Imagen referencial		
Modelo	Step Down	Step Down
Modelo	ZDM 5V	DX-437387
Voltaje de entrada	100-240V	85-264V
Voltaje de salida	5v	5V
Máxima corriente de salida	10A	2 A
Max Potencia de salida	50W	10W
Dimensiones	16x10x4.8 cm	10.6x2.7x3 cm
Peso	320g	141g
Precio	16 USD	4.8 USD

Fuente: Elaboración propia

4.5.1.3. Cálculo de la potencia consumida. –

La potencia consumida de los componentes del sistema se muestra en la Tabla 4.9. de donde se obtuvo que la potencia total que consumirá el sistema es de 134.8 watts.

4.5.1.4. Selección del conductor de cables de alimentación para la cámara. –

Puesto que la cámara se encontrará alejada del gabinete de control a una distancia estimada de 10m, se realizarán los cálculos para la selección de los conductores para evitar una pérdida significativa de la potencia del sistema. El cálculo de la sección de los cables (S) de potencia hacia el sistema se calculará a partir de la ecuación:

$$S = \frac{2 \times P \times L}{\gamma \times e \times U} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Donde: γ es la conductividad, e es la caída de tensión admisible, P es la potencia consumida, L es la longitud del conductor y U es el voltaje de alimentación.

Se considera como caída de tensión admisible (e) al 3%, la cual al ser multiplicada por el voltaje de requerido (12 V) da como resultado 0.36 V, la longitud de cada conductor será de 10 m. El cable será de cobre con una conductividad $\gamma=56 \text{ m}/\Omega.\text{mm}^2$

$$S = \frac{2 \times 135 \times 10}{56 \times 0.36 \times 220} = 0.65 \text{ mm}^2 \quad (\text{Ec. 4.4.})$$

Usando un factor de seguridad de 2: $S=1.30 \text{ mm}^2$

Por tanto, en base a la Figura 4.16. se seleccionará el **cable 14 AWG** para los cables conductores de alimentación general del sistema.



EQUIVALENCIA MM - AWG		
SECCIÓN MM2	SECCIÓN EQUIVALENTE EN MM2	SECCIÓN AWG / MCM
	0,653	19
0,75	0,823	18
1,00	1,31	16
1,50	2,08	14
2,50	3,31	12
4	5,25	10

Figura 4.16. Tabla de equivalencias mm-awg
Fuente: Comatelsa

4.5.1.5. Selección de UPS y batería. –

Para la implementación del proyecto se requiere un UPS que pueda alimentar a la placa del procesador en caso de ausencia eléctrica. Por ello, se seleccionaron 2 opciones el Tiny UPS y el UPS del Jetson Nano, cuyas características se muestran en la Tabla 4.11. Ambos modelos proporcionan la funcionalidad completa de un UPS en un espacio reducido. Estos dispositivos hacen uso de batería de Litio para uso de energía de reserva. El tamaño y la capacidad de la batería son independientes del dispositivo, pudiendo escoger la capacidad de la batería que se ajuste a los requerimientos del proyecto. Puesto que, el UPS del Jetson Nano entrega una corriente de 8A y el sistema consumirá en promedio más de 4A se seleccionará el modelo NVIDIA Jetson Nano 1865 UPS

Tabla 4.11. - Características de dispositivos UPS

	Tiny-UPS	Nvidia Jetson Nano 1865 UPS
Imagen Referencial		
UPS output	5V -2A	5V-8A
Vin	5V	5V
Iin	2.5A	2A
Tipo de Bateria	Li-ion y Li-Po	Batería 18650 Li-ion
Dimensiones	3.5x2.8x1 cm	10x8x2.5cm
Compatibilidad	Placas tipo Raspberry Pi, Jetson Nano o similares	Jetson Nano, jetson tx2
Capacidad de batería	Independiente	12800 mAh
Conector	MicroUSB	MicroUSB
Precio	27 USD	49 USD

Fuente: Elaboración propia

4.5.1.5.1. Selección de la capacidad de la batería. –

En base al consumo de energía de los diferentes componentes del sistema se realizarán los cálculos para poder seleccionar una batería que brinde una autonomía de funcionamiento al sistema de al menos 2 horas. El consumo de corriente de los componentes del sistema se muestra en la Tabla 4.9.

Para calcular la capacidad de la batería se usará la siguiente fórmula (Fuente DigiKey).

$$\text{Capacidad de Bateria(mAh)} = \frac{\text{Tiempo(horas)} \times \text{Corriente de carga (mA)}}{0.7} \quad (\text{Ec. 4.5.})$$

El sistema debe poseer una autonomía de al menos 2 horas para continuar funcionando ante un caso de corte de energía eléctrica, así mismo, se considera un factor de 0.7 previniendo factores externos que puedan afectar el desempeño de la batería.

$$\text{Capacidad de Bateria(mAh)} = \frac{2 \times 4270.003}{0.7} = 12200\text{mAh}$$

Dado que el UPS seleccionado tiene una capacidad de hasta 12800mAh, se seleccionarán 4 baterías 18650 Li-ion de 3200 mAh, para poder brindar la autonomía requerida del sistema.

4.5.2. Selección de componentes y cálculos eléctricos del dispositivo de comunicación. –

4.5.2.1. Selección del convertidor de corriente alterna a continua. –

Puesto que el dispositivo de comunicación está compuesto principalmente por el procesador Raspberry Pi cuyo consumo es de 2A, tomando como base la Tabla 4.10 se seleccionará el convertidor AC-DC DX-437387, el cual suministra un voltaje de 5V con 2 A de corriente.

4.5.2.2. Selección del UPS. –

El UPS deberá de poder soportar una corriente de paso de 2A, así como, deberá de brindar 5V a la salida. En base a la tabla 4.11. se seleccionará el modelo Tiny UPS, por cumplir con los requerimientos de voltaje y corriente.

4.5.2.3. Selección de la capacidad de la batería. –

Dado que el procesador tiene un consumo promedio de 1A incluyendo el consumo de los pines para los leds se realizarán los cálculos para poder seleccionar una batería que brinde una

autonomía de funcionamiento al sistema de al menos 2 horas. El consumo de corriente de los componentes del sistema se muestra en la Tabla 5.9.

Para calcular la capacidad de la batería se usará fórmula 4.6.2. Se considera un factor de 0.7 previniendo factores externos que puedan afectar el desempeño de la batería.

$$\text{Capacidad de Batería(mAh)} = \frac{2 * 1000mA}{0.7} = 2857mAh$$

Por consiguiente, para el UPS seleccionado se escogerá una batería de tipo Li-ión de al menos 3000 mAh

4.6. Diseño del sistema mecánico. –

El dominio mecánico del sistema se encontrará conformado por los componentes mostrados en la Figura 4.17.

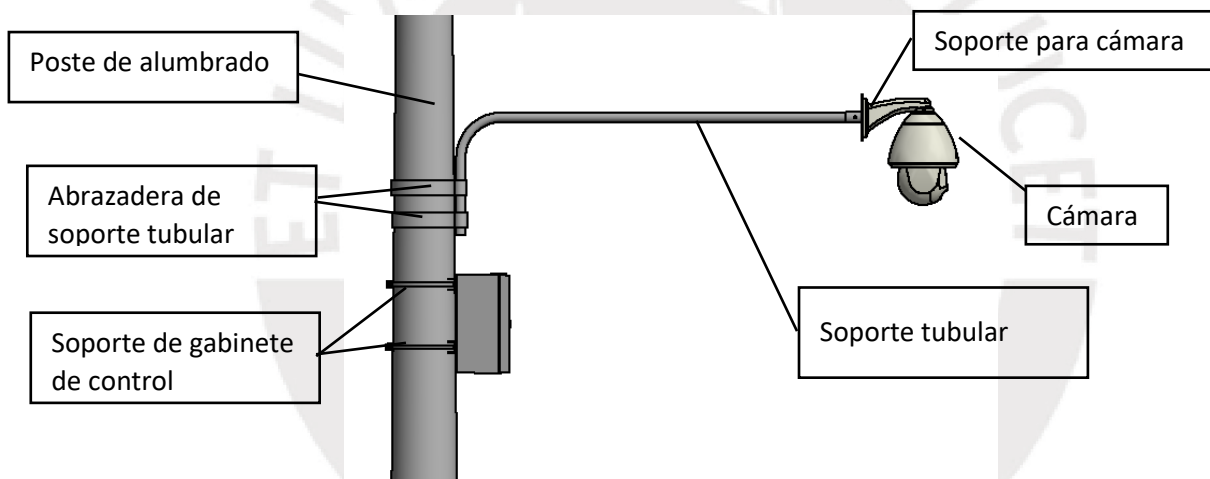


Figura 4.17. - Componentes del sistema mecánico
Fuente: Elaboración propia

4.6.1. Selección de componentes y cálculos mecánicos. –

4.6.1.1. Soporte tubular. –

4.6.1.1.1. Selección del material del soporte. –

Entre las opciones disponibles para la selección del soporte tubular que sostendrá a la cámara se disponen de tres opciones a usar: tubos de acero galvanizado, tubo de acero inoxidable o tubo de aluminio, cuyas características mecánicas se muestran en el Anexo 6.

En la Tabla 4.12. se muestran las principales características tomadas en cuenta al momento de seleccionar al soporte tubular. Los aspectos que más primaron fueron el peso, debido a que, al sistema estar montado sobre un poste, se requiere que posea el menor peso posible. El precio y mecanizado son otros factores importantes a tener en cuenta pues ello influye directamente en el costo final. A la resistencia a la tracción se le dio un menor puntaje en peso, pues, se tiene en cuenta que el peso de la cámara PTZ una vez montadas no requerirán un gran esfuerzo a la flexión. En el Anexo 6 se presenta las características mecánicas de los materiales considerados.

Tabla 4.12. – Selección de materiales para soporte tubular

Características	Peso (P)	Tubos			A. galvanizado (PxPtje 1)	A. inoxidable (PxPtje 2)	Aluminio (PxPtje 3)
		A. galvanizado (Ptje 1)	A. inoxidable (Ptje 2)	Aluminio (Ptje 3)			
Precio	3	3	1	2	9	3	6
Peso	4	2	2	3	8	8	12
Disponibilidad	2	2	1	3	4	2	6
Mecanizado	3	2	2	3	6	6	9
Resistencia a tracción	2	3	3	2	6	6	4
	Total				33	25	37

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, la cámara debe estar ubicada en una posición cercana al centro de la pista ello para tener un mejor reconocimiento de las características del tráfico a tomar. Por ello para su fijación se hará uso de doblado tubular para que posea un ángulo de 90° que permita a la cámara estar en posición horizontal y a la vez que el soporte vertical pueda unirse al poste de alumbrado, teniendo en cuenta ello las dimensiones del soporte tubular se muestran en la Figura 4.18. El tubo seleccionado será de 30mm de diámetro.

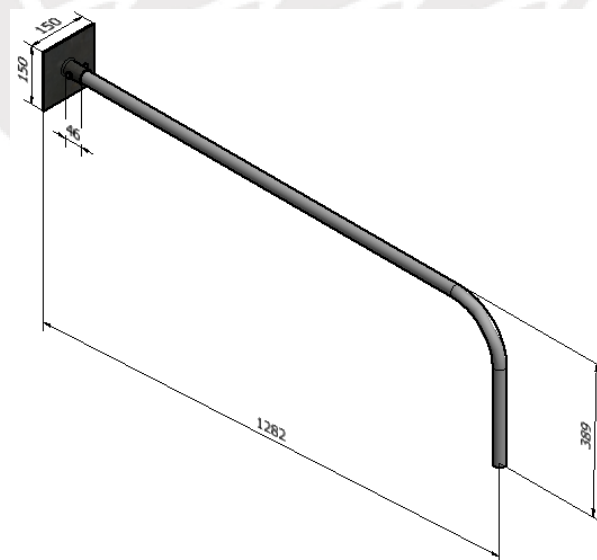


Figura 4.18. – Dimensiones del soporte tubular del sistema
Fuente: Elaboración propia

4.6.1.1.2. Cálculos de doblado tubular del soporte de cámara. –

En base a las dimensiones seleccionadas del tubo de aluminio se calculará las proporciones del doblado tubular en base al standard de doblado tubular (19).

- Determinación del radio mínimo de doblado tubular. –

Se halla la relación entre el diámetro de tubo de aluminio y su espesor

$$\frac{Dn}{T} = \frac{25.4mm}{1.1mm} = 23.1 \quad (\text{Ec. 4.6})$$

En la Figura 4.19. Se selecciona la relación obtenida entre el diámetro y espesor del soporte tubular, luego se busca su cruce con la recta del rango de doblado para hallar el radio de doblado equivalente. Donde, se obtiene que el factor para el radio mínimo es de 4.2, por razones de seguridad, se escogerá un factor de 5.

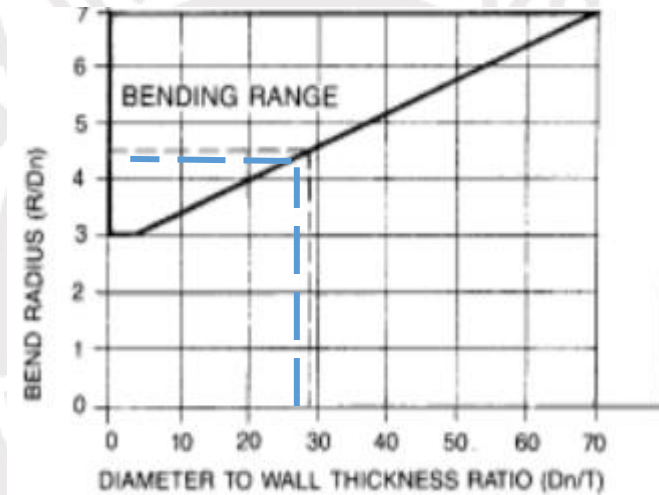


Figura 4.19.- Rango de curvatura
Fuente: Pipe Fabrication Institute

Siendo el radio mínimo de curvatura igual a:

$$Rc = 5 * D = 5 * 25.4mm = 127 mm \quad (\text{Ec. 4.7})$$

- Determinación del mínimo espesor de la pared del soporte tubular

Para el mínimo espesor que deberá tener el tubo de aluminio se halla la relación entre su factor de curvatura y su factor de espesor mínimo. En la Figura 4.20. se relaciona el factor de curvatura en el eje vertical proyectando su valor hasta el cruce con la curva del cuadro para luego proyectar dicho cruce en el eje horizontal obteniendo una relación de Dn/tn igual a 75

$$\frac{Dn}{tn} = 75 \quad (\text{Ec. 4.8})$$

$$tn = \frac{Dn}{75} = \frac{25.4}{75} = 0.34mm$$

Dado que el tubo de aluminio seleccionado tiene un espesor de 1.1mm, no fallará por el doblado tubular.

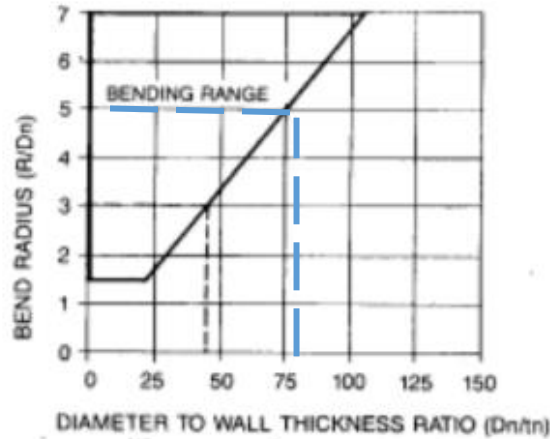


Figura 4.20. – Relación entre curvatura y relación de espesor
Fuente: Pipe Fabrication Institute

4.6.1.1.3. Abrazadera del soporte tubular. –

Para unir la estructura tubular al poste de iluminación se requiere de un medio de sujeción que sea ajustable a las dimensiones del diámetro del poste de iluminación y del soporte tubular. Teniendo en cuenta ello, se dispone de 2 opciones: usar una abrazadera de poste o usar cinta de acero inoxidable unida a una hebilla como se muestra en la Figura 4.21.



Figura 4.21. Medios de sujeción: a) Abrazadera para poste b) Cinta de acero con hebilla
Fuente: Jmet/ Default name YT

Dado que mediante el uso de la abrazadera tipo poste se cuenta con una mayor área de sujeción, lo cual permite un mayor agarre y de unión frente al uso de la cinta de acero con hebilla, además que permite un ajuste y desajuste mejor se seleccionará usar una abrazadera de dimensiones especificadas en la Figura 4.22; en la Tabla 4.13. se muestra el peso total que soportará los elementos de sujeción el cual es de 1.063kg equivalente a 10.4 N

Tabla 4.13. – Peso soportado por los elementos de sujeción del soporte tubular

	Peso (g)
Cámara	460
Soporte tubular	507
Soporte cámara	91
Uniones atornilladas	5
Total	1063

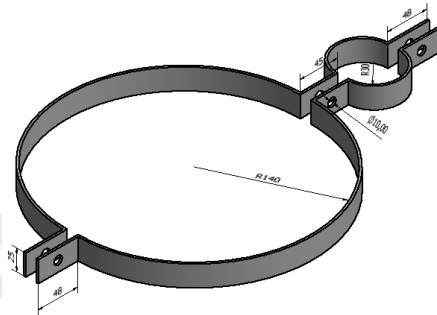


Figura 4.22. – Dimensiones de abrazadera del soporte tubular
Fuente: Elaboración propia

4.6.1.2. Soporte para cámara. –

Puesto que en la sección 4.1.1 se seleccionó una cámara PTZ que tiene un soporte vertical, se diseñará un soporte para cámara como se muestra en la Figura 4.23. Dicho soporte estará conformado por acero estructural A36 y se encontrará unido a un cilindro del mismo material, la unión entre ambos se realizará mediante soldadura.

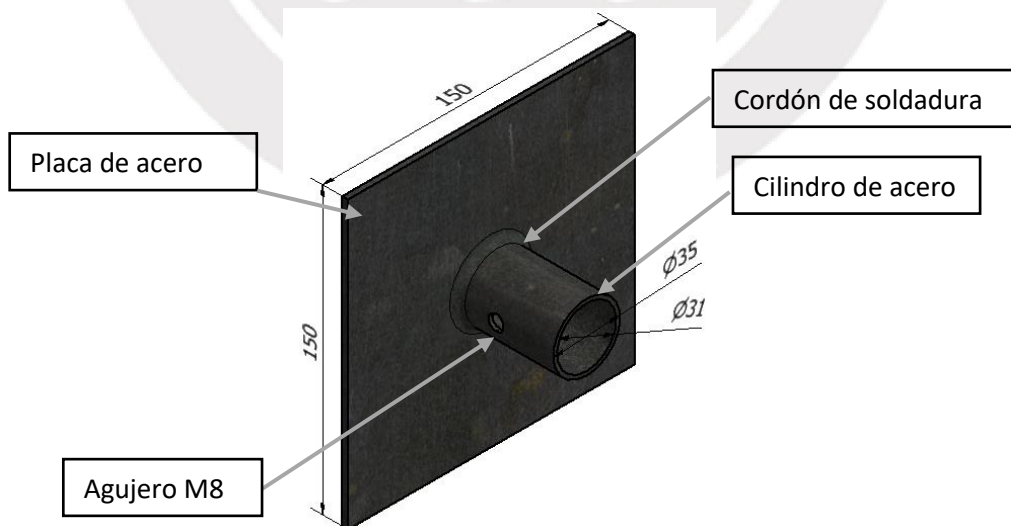


Figura 4.23. - Soporte de cámara
Fuente: Elaboración propia

Los cálculos del ancho del cordón de soldadura se realizan a continuación:

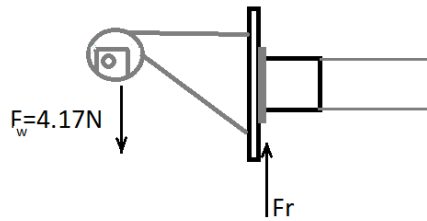


Figura 4.24. DCL del sistema

Por especificaciones del fabricante la cámara pesa 426 gramos (4.17 N),

$$F_R = \sqrt{f_t^2 + f_b^2 + f_s^2} \quad (\text{Ec. 4.9})$$

Donde: f_t = Fuerza de torsión, f_b = Fuerza de flexión, f_s = Fuerza cortante vertical
Fuerza de flexión. –

$$F_b = \frac{M}{S_w} \quad (\text{Ec. 4.10})$$

Donde: M Momento, S_w =Inercia

$$M = (4.17\text{N}) * (0.11\text{m}) = 0.459 \text{ N} * \text{m} \quad (\text{Ec. 4.11})$$

$$S_w = \frac{\pi}{4} * (0.03^2 - 0.028^2) = 9.11 * 10^{-5} \text{ m}^2 \quad (\text{Ec. 4.12})$$

$$F_b = 5038.4 \text{ N/m}$$

Fuerza cortante vertical. –

$$F_s = \frac{P}{A_w} \quad (\text{Ec. 4.13})$$

$$A_w = \pi * (0.03 - 0.028) = 6.28 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$F_s = \frac{4.17}{A_w} = 664.01 \text{ N/m}$$

Fuerza de torsión =0;

Fuerza resultante:

$$F_R = \sqrt{f_t^2 + f_b^2 + f_s^2} = 5081.96 \text{ N/m}$$

Ancho del cordón de soldadura. -

$$W = \frac{5081.96 \text{ N/m}}{1681217.616 \text{ N/m}} = 3.022 \text{ mm}$$

Por consiguiente, el chaflán del cordón de soldadura requerido para poder soportar la cámara PTZ será de 4mm usando electrodos de soldadura **E60**.

4.6.1.3. Gabinete de control. –

Teniendo en cuenta el costo y peso del gabinete de control se escogió usar un gabinete de control no metálico. Ello debido a que un gabinete metálico puede llegar a costar hasta 3 veces

más frente a un gabinete no metálico. En específico se escogió usar un gabinete de poliéster debido a sus características de resistencia frente a la corrosión, impacto, resistencia a los rayos UV y menor precio. El análisis de los materiales tomados en consideración se muestra en el Anexo 7. Una vez seleccionado el material del gabinete de control se seleccionará las dimensiones del gabinete en función de las dimensiones de los componentes (Figura 4.25).

IP 66 | TYPE 4, 4X, 12, 13 | IK 10 /07

Plain door

Enclosure dimensions				
H	W	D	N° of locking points	Item no.
315	215	170	1	UCP320
415	315	170	1	UCP430
515	415	230	3	UCP540
615	415	230	3	UCP640
735	535	270	3	UCP750
835	635	300	3	UCP860
1035	835	300	3	UCP1080

Figura 4.25. Catálogo del gabinete de control

Fuente: Eldon

Según catalogo mostrado en la Figura 4.25 y en base a las dimensiones de todos los componentes se seleccionará el gabinete de control UCP320 compuesto de poliéster de 315x215x170mm.

4.6.1.4. Soporte del gabinete de control. –

El soporte del gabinete de control deberá ser capaz de soportar el peso del gabinete de control con todos sus componentes, dado que el gabinete de control (de tipo adosable a la pared) dispone de rendijas que permiten el acoplamiento de un perfil de aluminio por medio de uniones atornilladas queda unido al gabinete de control. Dicho perfil, luego mediante el uso de una cinta de acero inoxidable es fijada a través de una hebilla de acero al poste de alumbrado.


Tabla 4.14. Peso total soportado por elementos de sujeción de gabinete de control

	Peso (g)	Cantidad	Peso total (g)
Batería	48	4	192
Jetson Nano	250	1	250
Termomagnético	200	1	200
I. Diferencial	200	1	200
Convertor AC-DC	100	1	100
UPS Jetson Nano	82	1	82
Ventilador	20	1	20
Sensor de temperatura	10	1	10
Abrazaderas	40	2	80
Uniones atornilladas	50	1	50
Gabinete de control	2800	1	2800
Adaptador wifi	10	1	10
Placa de alimentación	100	1	100
Total			4094

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.15 se muestra el peso total que soportará el elemento de sujeción es de 4.094Kg lo cual es equivalente a 40.2 N. Se seleccionará el elemento de sujeción EPF0400 del catálogo Eldon, estos elementos de sujeción pueden soportar una carga máxima de 900N por lo que soportará la carga total de la estructura.

Tabla 4.15. Características del elemento de sujeción del gabinete de control

Artículo	EPF0400
Imagen Referencial	
Material	Acero galvanizado
Diámetro mínimo de poste	80mm
Diámetro máximo de poste	250mm
Máxima carga	900 N

Fuente: Eldon

En la figura 4.26 se muestra un esquema del montaje del gabinete de control al poste de alumbrado.

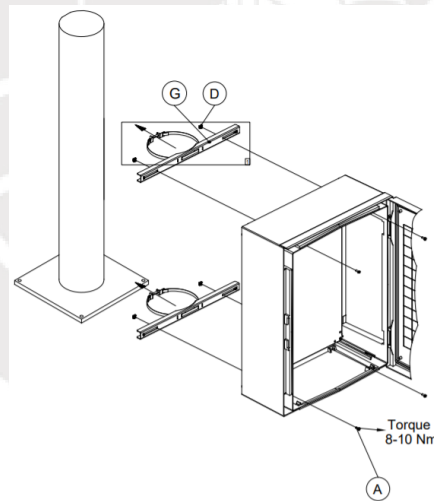


Figura 4.26. – Esquema de montaje de gabinete de control con soportes

Fuente: Eldon

4.6.2. Case del Dispositivo de comunicación. –

Los componentes del dispositivo de comunicación se encontrarán ensamblados dentro de un case hecho mediante impresión 3D de material ABS, el diseño realizado se muestra en la

Figura 4.27, el case superior se acoplará al case inferior mediante uniones de tipo macho-hembra. Así mismo, el dispositivo contará con un acople por la parte posterior que le permita acoplarse fácilmente a un rack convencional de electricidad.

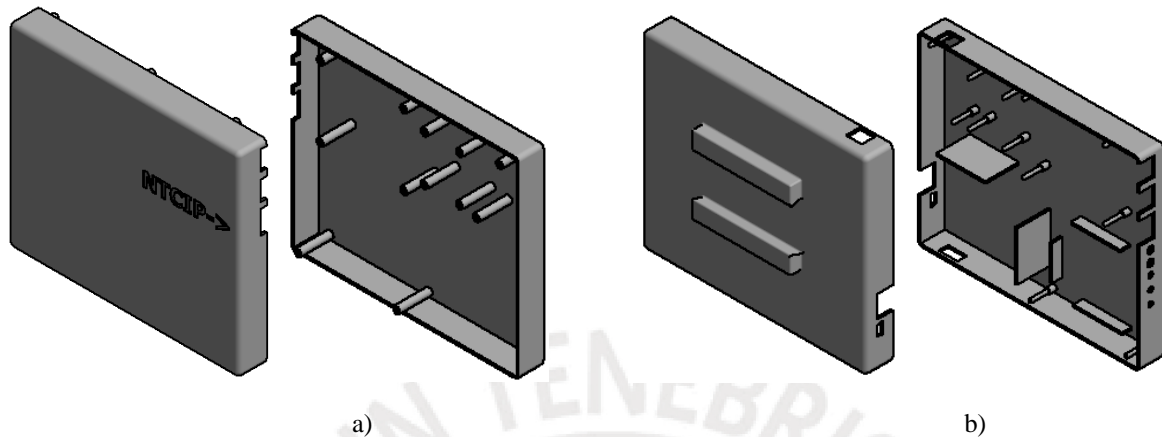


Figura 4.27. Case del dispositivo de comunicación. a) Case superior. b) Case inferior.

Fuente: Elaboración propia

4.6.3 Lista de planos del sistema mecánico del dispositivo de captura. –

En la Tabla 4.16. se presentan los planos mecánicos del sistema de detección vehicular

Tabla 4.16. Planos del sistema mecánico

Código	Nombre	Tipo	Anexo
E01-A3	Ensamble General	Ensamble	9
E02-A4	Ensamblaje Tablero de control	Ensamble	9
E02-2-A4	Vista explosionada del Tablero de control	Ensamble	9
D01-A4	Plano Placa Montaje	Despiece	9
D02-A4	Plano Soporte Vertical	Despiece	9
D03-A4	Soporte tubular	Despiece	9
D04-A3	Despiece Gabinete de control	Despiece	9

Fuente: Elaboración propia

Donde en el plano E01-A3 se presenta el tablero de control y el soporte de la cámara los cuales se encuentran montados sobre el poste de alumbrado. La instalación de la cámara deberá realizarse a una distancia de 9m sobre el ras del suelo.

En el plano E02-A4 se presentan los componentes del ensamblaje del tablero de control, señalándose la disposición de los componentes electrónicos una vez que se encuentre montado el sistema.

En el plano E02-2-A4 se presenta una vista explosionada de los componentes del tablero de control para mostrar en detalle la composición y como se realizará el montaje de los componentes en la placa de soporte (Figura 4.28).

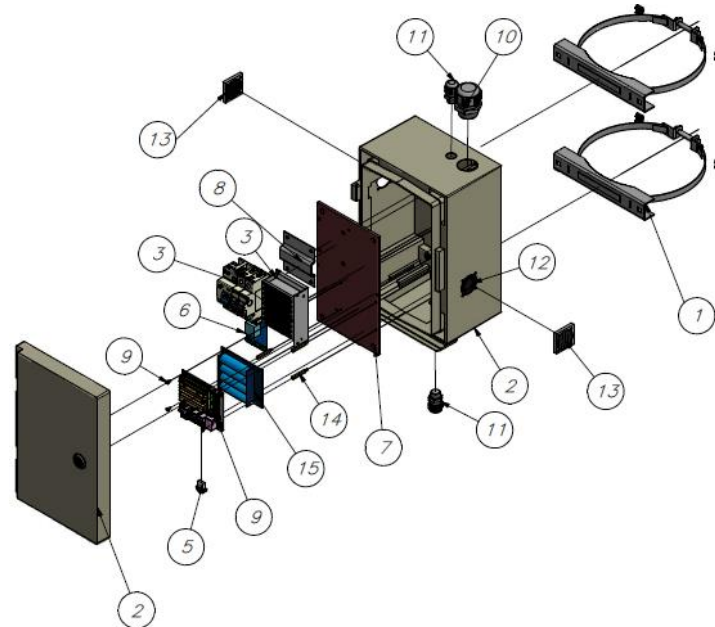


Figura 4.28. Vista explosionada de tablero de control
Fuente: Elaboración Propia

En el plano D01-A4 Se presentan las dimensiones que tendrá la placa de montaje, está placa es de Pertinax, y sus dimensiones externas va vienen pre-dimensionadas. Se requerirá realizar el maquinado mediante el taladrado según las dimensiones mostradas de dicho plano.

En el plano D02-A4 se muestran las dimensiones y composición del soporte vertical, el cual estará conformado por una placa de acero A36 de 150x150mm, unido mediante un cordón de soldadura de 4mm a una estructura tubular de 35mm de diámetro externo de longitud de 50mm.

4.6.4 Lista de planos del sistema mecánico del dispositivo de comunicación. –

En la Tabla 4.17 se muestran los componentes del sistema mecánico que forman parte del dispositivo de comunicación. El cual está compuesto principalmente por el case de soporte de los componentes.

Tabla 4.17. Planos del sistema mecánico del dispositivo de comunicación

Código	Nombre	Tipo	Anexo
EC1-A3	Dispositivo de comunicación	Ensamble	9
DC1-A3	Parte inferior de Case	Despiece	9
DC2-A3	Parte superior de Case	Despiece	9

Fuente: Elaboración propia

En el plano EC03-A4 se muestran los componentes que soportará y forman parte del dispositivo de comunicación (Figura 4.29.).

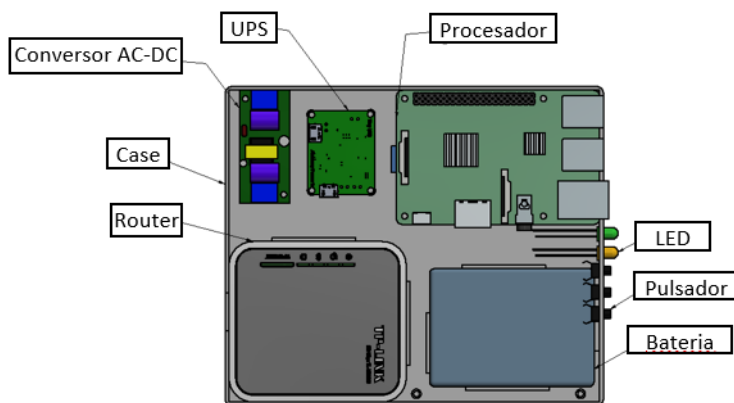


Figura 4.29. Componentes del dispositivo de comunicación – Plano EC03-A4
Fuente: Elaboración propia

4.7 Estimación del presupuesto. –

En la Tabla 4.18. se presentan los costos totales para un nodo de instalación el cual estará compuesto por 4 dispositivos de captura y 1 dispositivo de comunicación más el costo total de instalación. Los costos detallados para cada uno de los componentes que conforman cada uno de los sistemas se encuentran en el Anexo 8 y los precios de catálogo se encuentran en el Anexo 12.

Los costos de instalación y montaje se estimarán en función del número de horas empleado, el cual se estima es una hora de montaje y una hora de instalación. Considerándose un cobro de S/. 50 por hora el costo de montaje y de instalación.

Tabla 4.18. Costos de componentes mecánicos y electrónicos

	Cantidad	Precio Unidad	Precio Total
Dispositivo de captura	4	2122.70	8490.80
Dispositivo de comunicación	1	851.30	851.30
Costo de mano de obra en Instalación (Se considera precio de S/ 50 la hora)	2	50.00	100.00
Total			9442.10

Fuente: Elaboración propia

La tarifa de consumo del sistema se realizará en función de la potencia consumida del sistema que es de 142 watts. Según el tarifario de Enel para Lima Metropolitana se tiene la siguiente tarifa (Figura 4.30).

TARIFA MT4 :	TARIFA HORARIA CON SIMPLE MEDICION DE ENERGIA Y CONTRATACION O MEDICION DE UNA POTENCIA - 1E1P		
Cargo Fijo mensual		S./cliente	4.32
Cargo por Energía		Cent.S./kW.h	24.76

Figura 4.30. Tarifario para Lima Metropolitana
Fuente: Enel

Dado que el router tiene la posibilidad de acceso a la red mediante la inserción de un chip 4G, se estimará el costo mensual en función de las tarifas nacionales.

En función de las consideraciones previamente mencionadas se elaboró el costo de operación mensual que costará el sistema

Tabla 4.19. Costo mensual de servicios

		Costo mensual (S/)
Costo Cloud	Costo por dispositivo	0
	Servidor	20
	Costo megas transferidos	10
Costo electricidad		29.62
Costo de acceso a internet mediante chip 4G		30
Total		89.62

Fuente: Enel

El consumo mensual por un nodo compuesto por 4 dispositivos de captura y un dispositivo de comunicación será de 89.62 soles. Dicho precio incluye el precio del servicio en la nube, el costo de la electricidad consumida, así como el costo de acceso a internet.

En el Anexo 9 se muestra el diagrama de operaciones del sistema donde se presentan las operaciones de mantenimiento e instalación del sistema. Así mismo, en el Anexo 10 se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO 5

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

En el presente capítulo se indica el procedimiento que se siguió para la detección vehicular efectuada por el sistema, en donde, en la primera sección se selecciona la plataforma de desarrollo y programación utilizada, luego, se indica el procedimiento seguido para la detección de vehículos, para finalmente mostrar los resultados obtenidos.

5.1 Selección de la librería de procesamiento de imágenes. –

Para el procesamiento de las imágenes obtenidas por la cámara se puede realizar de forma local mediante el uso del procesador del sistema o usar un servicio de Image Recognition y Machine Learning de la nube. Pese a que el uso de la nube brinda ventajas de procesamiento y reducción del costo computacional local, presenta también ciertas desventajas pues dado que el sistema se encontrará continuamente midiendo la cantidad de autos detectados en la vía se requerirá un consumo continuo de datos. Donde los servicios de Cloud Computing analizados tienen un costo por imagen de 0.001 USD en AWS por imagen (para más de 1M de imágenes al mes) y 0.0015 USD en Google Cloud. Considerando que la realización de tomas se realizará a una tasa de 1 FPS da como resultado 86,400 tomas al día lo cual se traduce en un costo mínimo de 86.4 USD por día, lo cual es equivalente al costo del procesador Jetson Nano para una capacidad de procesamiento similar. Por dicho motivo se escogió realizar el procesamiento de imágenes de forma local con dicho procesador.

La librería de detección de imágenes que se decidió usar es Tensorflow, ello debido a que facilita las operaciones de machine learning y deep learning, así como el entrenamiento de imágenes.

Tensorflow se define como “librería open source para computación numérica y aprendizaje automático de gran escala, fue creada por el Equipo de Google, y usa Python para la creación de aplicaciones. La ventaja de usar TensorFlow es la abstracción que proporciona para el desarrollo del aprendizaje automático. Tensorflow se encarga de los detalles tras de la implementación de algoritmos, o descubrir formas adecuadas de enganchar la salida de una función a la entrada de otra”³.

5.1.1. Pasos del procesamiento de imágenes usando Tensorflow

En la Figura 5.1. se muestra los pasos que se seguirán para el desarrollo de del procesamiento de imágenes donde se parte del entrenamiento del sistema, etapa en la cual teniendo una base de datos con las imágenes de los vehículos a detectar se procede a entrenar al sistema para que sea capaz de distinguir patrones y pueda caracterizar los vehículos detectados. Esta etapa se realiza con un equipo de elevada potencia computacional. Del total de la data a usar el 80% se usará para entrenar el modelo y el 20% para realizar pruebas y validar el porcentaje de precisión de caracterización, a fin de obtener la mayor precisión posible en la detección. Para su detección se hará uso del GPU y CPU del procesador. Una vez que se tenga el modelo validado se procederá a implementarlo en el procesador a usar.

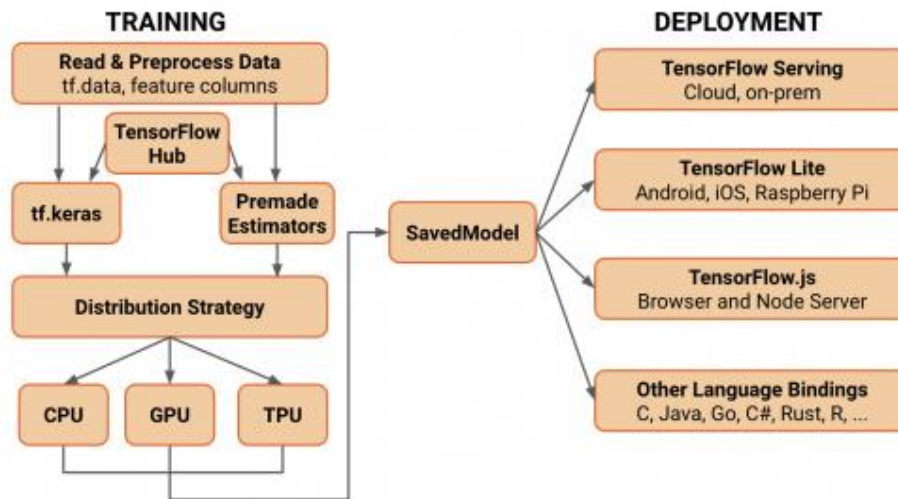


Figura 5.1. – Etapas de desarrollo de procesamiento de imágenes
Fuente: SD times

³ What is the TensorFlow machine intelligence platform

5.2 Procedimiento seguido para la detección de imágenes. –

Para la detección de los objetos de interés se procedió a la instalación de las librerías, programas y configuración del entorno de desarrollo, así como, al etiquetado y entrenamiento de las imágenes, el procedimiento detallado se presenta a continuación:

5.2.1 Instalación de Tensorflow-GPU y de entorno Anaconda. –

Para el correcto funcionamiento de la librería de Tensorflow se requiere la instalación de Cuda y Cudnn, se instaló la versión Tensorflow-GPU para poder realizar un procesamiento de imágenes más rápido pues, el procesamiento a través de la GPU puede llegar a ser hasta 100 veces más rápido que a través de la CPU⁴. Luego se instaló el entorno de la plataforma Anaconda el cual permite ejecutar código Python en Windows, así como, incluye varias librerías que facilitan el desarrollo y lanzamiento de programas de inteligencia artificial.

5.2.2 Creación de entorno de trabajo. -

Se creó el directorio que albergaría la librería de detección de objetos de Tensorflow, a la vez que todos los códigos, modelos de entrenamiento e imágenes a usar para la detección de imágenes.

Tensorflow posee clasificadores preentrenados con arquitecturas de redes neuronales, los cuales son los modelos de detección de objetos. En el presente proyecto se usará el modelo Faster-RCNN-Inception-V2-COCO.

Así mismo se instalaron los siguientes paquetes: Pillow, Lxml, Cython, Contextlib2, Jupyter, Matplotlib, Pandas, Opencv-python, luego se configuró la variable de entorno PYTHONPATH. Para poder configurar el modelo y los parámetros de entrenamiento se usarán los archivos Protobuf.

⁴ Nvidia, What's the Difference Between a CPU and a GPU? - Kevin Krewell

Una vez realizado todo lo anterior se procedió a ejecutar el archivo de Tensorflow de prueba para verificar la correcta instalación y funcionamiento de las librerías y directorios de trabajo mediante el subprograma Jupyter.

5.2.3 Recolección de imágenes y etiquetado

Las imágenes recolectadas fueron tomadas a partir de una cámara de vigilancia ubicada en una avenida de alto tráfico vehicular. Buscándose que las condiciones de visualización sean similares a las que tendría el sistema desarrollado una vez que se encuentre en funcionamiento. En total se recolectaron 300 imágenes de las cuales se etiquetaron 100 imágenes con un promedio de entre 8 a 20 objetos de interés por imagen los cuales fueron etiquetados con el software Labelimg mediante el trazado de cuadro delimitador alrededor del objeto a detectar para luego etiquetarlo de forma manual asignándole el nombre de clase a cada elemento de interés, como se muestra en la Figura 5.2, Dicho software genera un archivo .xml para cada una de las imágenes, el cual contiene las coordenadas de cada uno de los objetos trazados y su nombre de clase. De las imágenes etiquetadas, el 80% se usarán para el entrenamiento y el 20% restante se empleará para realizar pruebas.

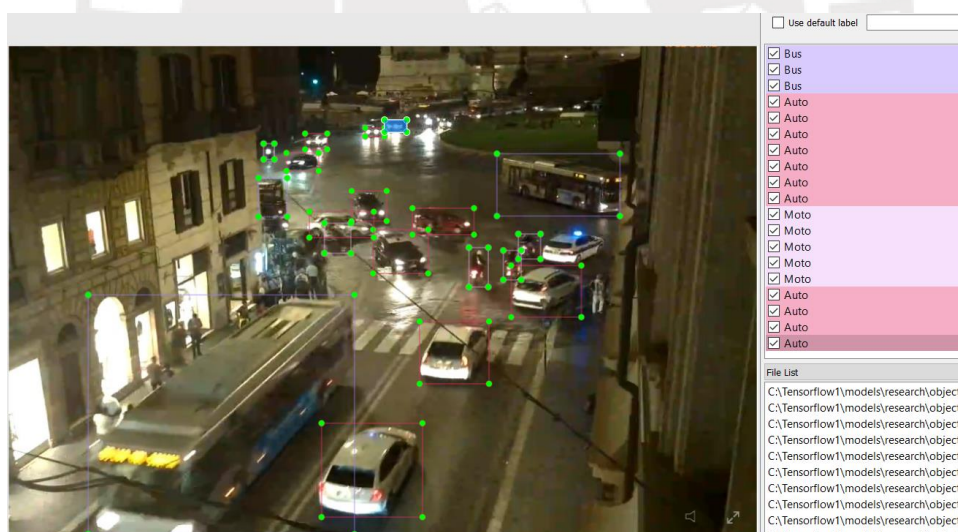


Figura 5.2. Etiquetado de imágenes
Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Generación de la data de entrenamiento. -

A partir de los archivos .xml creados en la sección 5.2.3. se generarán archivos .csv los cuales contendrán toda la información necesaria para las imágenes de entrenamiento y prueba.

Luego, se crea un archivo que contenga el mapa de las etiquetas que contendrá el sistema. El sistema en total estará compuesto por 7 clases de datos, los cuales son: Auto, Moto, Camioneta, Bus Largo, Van, Bus y Camión. En base a la cantidad de clases se modificó el archivo de detección de objetos.

5.2.5 Ejecución del entrenamiento. –

Con las imágenes y etiquetas del modelo se procedió a entrenar al sistema, esta etapa consiste en una iteración repetitiva del modelo de detección para que en base a la data de entrenamiento se logre el mínimo error posible durante la detección de objetos. En la Figura 5.3. se muestran la variación de la precisión en la detección donde se puede apreciar que a medida que se realizan más iteraciones el valor de la precisión de la data va aumentando. Luego de 20000 iteraciones del sistema se detuvo el entrenamiento para poder verificar la efectividad del sistema entrenado.

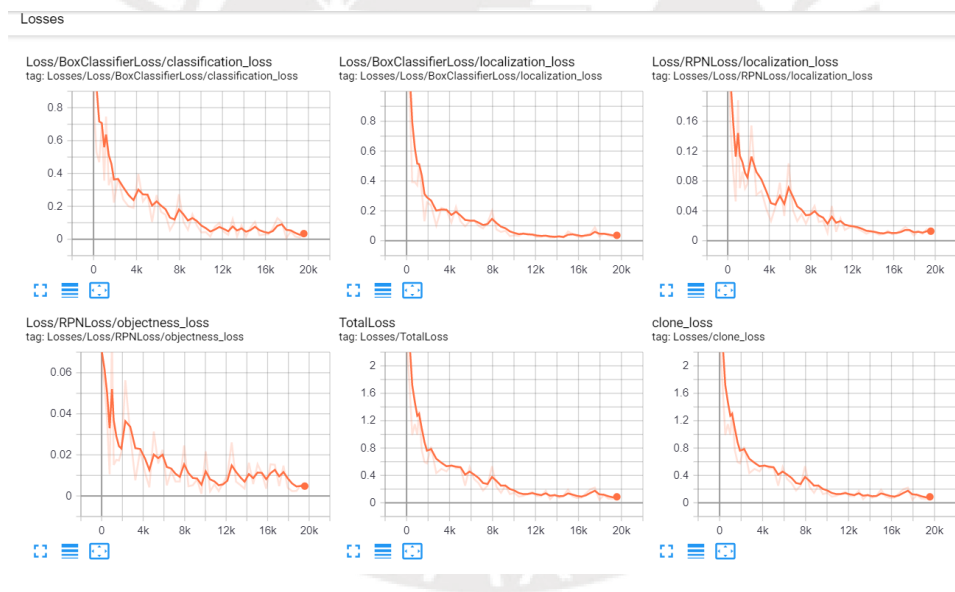


Figura 5.3. Variación en la precisión en función de la iteración del programa-
Fuente: Elaboración propia

5.2.6. Generación del modelo de inferencia y pruebas. –

Luego de realizado el entrenamiento del sistema se genera su modelo de inferencia, el cual contiene el algoritmo de detección para los objetos deseados. En la Figura 5.4. se muestra el resultado obtenido al ejecutar el algoritmo de detección en una figura aleatoria. En dicha

imagen se puede apreciar que el grado de correlación entre los objetos detectados y los objetos de interés es alto, sin embargo también se puede apreciar que para el caso de la detección de la clase “moto” el sistema no posee un alto grado de precisión ello ocurre debido a que la posición de la cámara facilitaba la confusión del sistema de las motos con las personas, sin embargo se puede apreciar que el grado de precisión en la detección es mayor al 50%. Para mejorar esta precisión se requiere un mayor cantidad de etiquetado de las imágenes de la base de datos, así como un mayor número de iteraciones de entrenamiento.

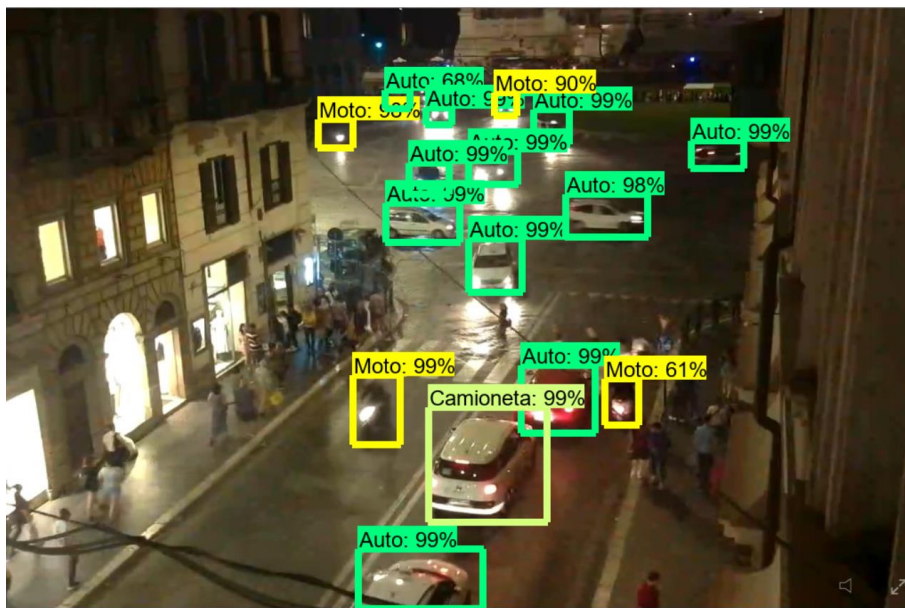


Figura 5.4. Figura con etiquetas obtenidas por visión artificial
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizó la misma prueba en un video en donde se pudo apreciar a pesar de que se obtuvo una alta tasa de correspondencia entre los objetos y sus etiquetas hubo momentos en donde hubo ambigüedad al momento de detectar camionetas y autos en la zona inferior y de personas con motos. Para mejorar dicha precisión será necesario aumentar el número de imágenes de la data de entrenamiento.

5.3. Conteo de vehículos. -

Para poder detectar los vehículos que se encuentran detenidos en la vía de interés, se contabilizará el número de vehículos detectados en la imagen, según su tipo, lo cual se puede apreciar en la Figura 5.5. en donde se aprecian los vehículos detectados en los frames de un video de prueba.

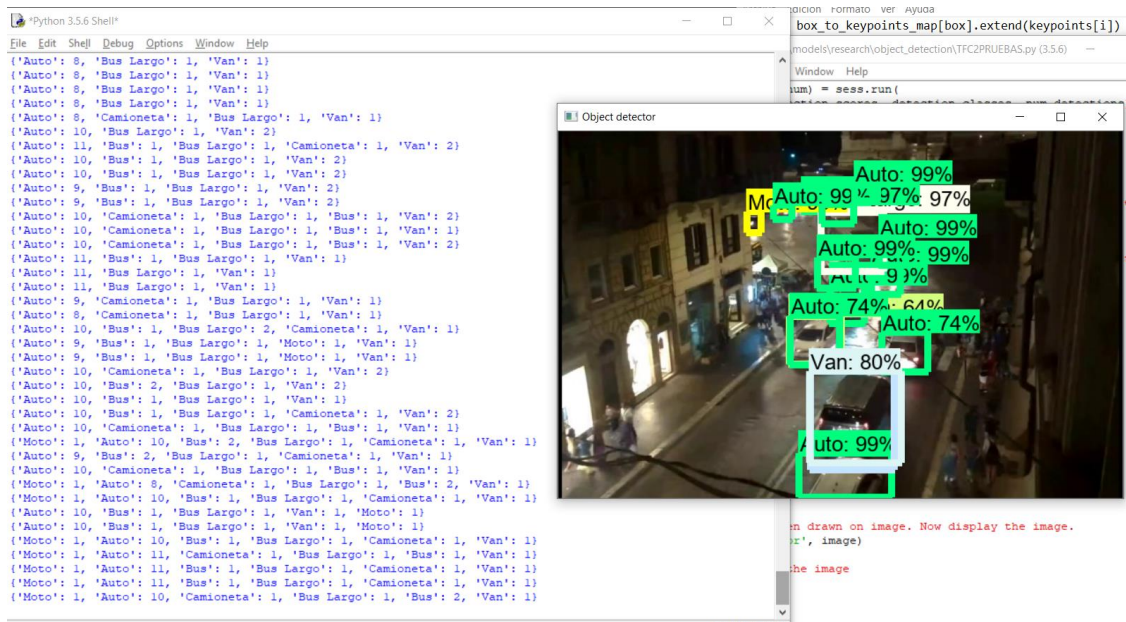


Figura 5.5. Resultados obtenidos de detección de vehículos

Fuente: Elaboración propia

5.4. Detección de los vehículos por coordenadas. –

Para poder detectar la dirección de los vehículos se tomará como variable el centroide de los cuadros delimitadores de los vehículos detectados, para lo cual se requieren las coordenadas externas de los dichos cuadros. Como se puede apreciar en la Figura 5.6. Donde el formato de salida de la función *return_coordinates* es:

$$return_{coordinates} = [Nombre_{de_clase}, xmin, confidence, ymax, xmax, ymin]$$

Donde:

Xmin: Coordenada x mínima, Confidence: Nivel de confiabilidad de elemento, Xmax: Coordenada x máxima, Ymin: Coordenada y mínima, Ymax=Coordenada Y maxima

Una vez detectadas dichas coordenadas se halla el centroide mediante la formula:

$$xm = \frac{Xmin+Xmax}{2} \quad \text{y} \quad ym = \frac{Ymin+Ymax}{2}$$

Con las coordenadas de los centroides, se procederá a detectar mediante secuencias condicionales si dichos centroides se encuentran dentro de las zonas límites de proyección donde se contabiliza el número de elementos detectados, dicha información servirá para realizar estadísticas sobre la proporción de los vehículos que se dirigen hacia la derecha, en sentido directo o hacia la izquierda.

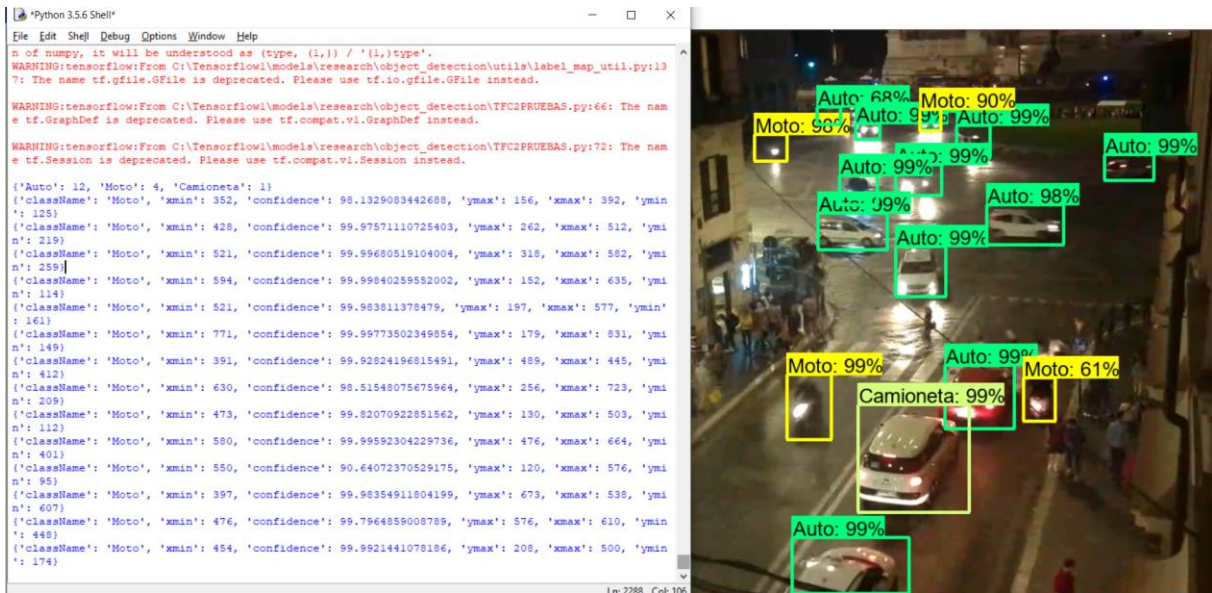


Figura 5.6. Coordenadas de los vehículos detectados
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5.7 se muestran las zonas 1 y 2 donde si el centroide del vehículo se encuentra dentro de la zona 1 indicará que el vehículo se está dirigiendo hacia adelante y en caso se encuentre en la zona 2 indicará que el vehículo está girando hacia el lado derecho.

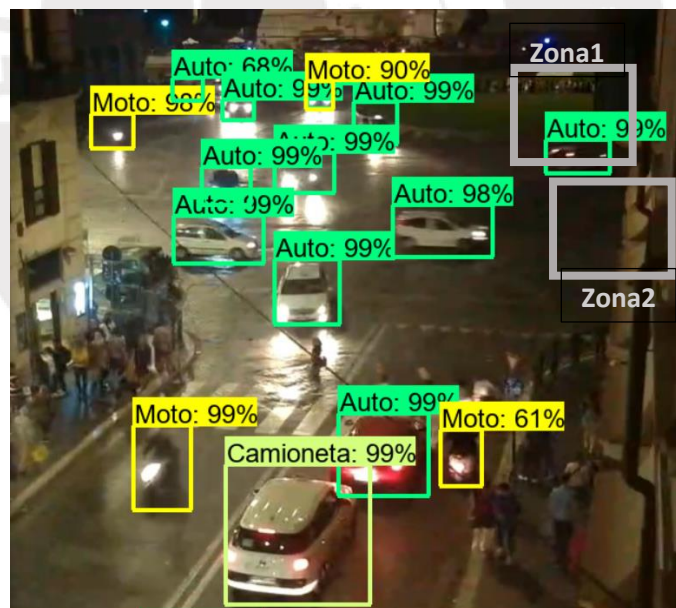


Figura 5.7. Figura con zonas de detección de dirección
Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 13 se presenta el trabajo realizado aplicando la metodología descrita en la presente sección para la medición de parámetros de tráfico en la Av. Universitaria, con una clasificación vehicular más precisa en base a la cantidad promedio de personas y área superficial ocupada.

CAPÍTULO 6

CONECTIVIDAD E IOT

En el presente capítulo, se presenta los conceptos de almacenamiento en la nube y la forma de interconexión entre los distintos dispositivos de detección junto con el dispositivo de controlador, así mismo, se realiza la selección del dispositivo de cloud y se describen el método de almacenamiento y los servicios a utilizar. Finalmente se realiza el diseño del prototipo de la interfaz del sistema.

6.1. Conectividad entre los dispositivos de detección. –

Los dispositivos de detección (cámara con tablero de control) poseen un adaptador Wifi, que le permitirán al dispositivo conectarse a la red. La conexión de los nodos del sistema al servicio de cloud se muestra en la Figura 6.1. donde el dispositivo que se conectará al controlador estará compuesto por un router que proporcionará acceso a la red a los 4 dispositivos de detección de las vías.

Dado que todos los dispositivos tendrán acceso a la red, se aplicará el concepto internet of things, para la conexión entre los dispositivos, para lo cual se empleará un proveedor de acceso a la nube que provea de los servicios que faciliten dicha conexión.

El flujo de la información será el siguiente, a cada uno de los nodos se le asignará un ID del dispositivo los cuales enviarán la información y los parámetros detectados a la plataforma en la nube de donde recibirán la información los nodos aledaños respecto al número de vehículos esperado.

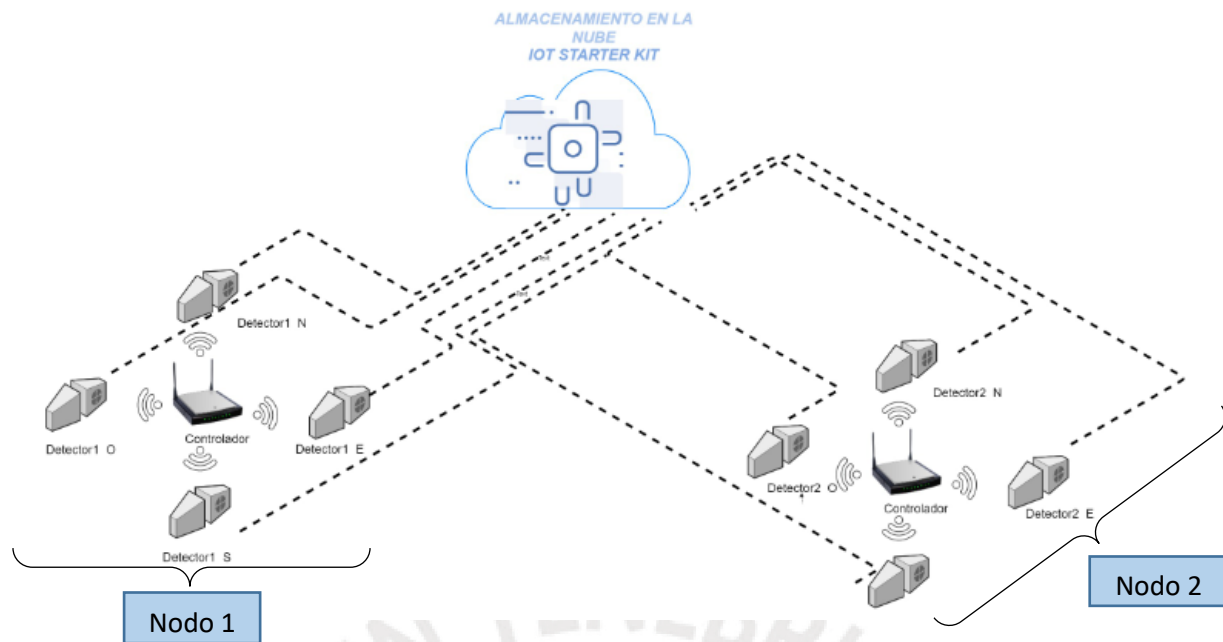


Figura 6.1. Modo de conexión entre los distintos dispositivos
Fuente: Elaboración propia

6.2. Cálculo y selección de parámetros del servicio de almacenamiento en la nube. –

Para la selección del servicio cloud se tendrán en cuenta los servicios brindados por las diferentes plataformas. Donde se calculará el volumen de la data que se espera enviar, así como, el tipo de datos de los mensajes a enviar.

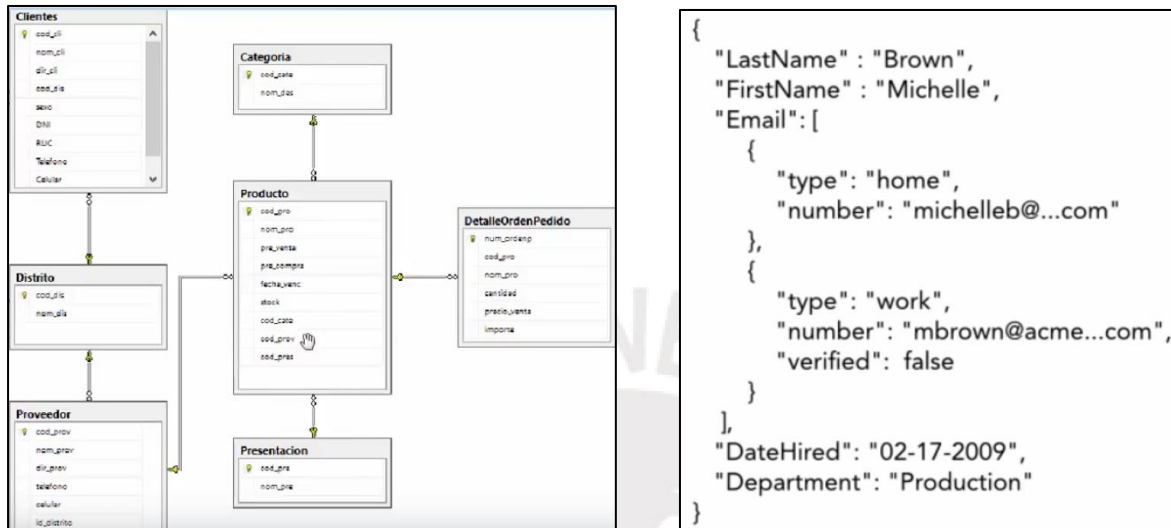
6.2.1 Selección de tipo de base de datos. –

En la actualidad, existen 2 tipos de bases de datos, las bases de datos relacionales (SQL) y las no relacionales (NOSQL):

Bases de datos relacionales. – Son de mayor antigüedad, su estructura de almacenamiento es mediante tablas con filas que contienen los datos (Figura 6.2.a). Siendo un sistema no muy flexible, sin embargo, dado su tiempo de permanencia en el mercado, posee un gran soporte y variedad de herramientas y proveedores. A pesar de ello, las bases SQL requieren un mayor número de recursos pues a mayor complejidad de la base de datos se requerirán más recursos. Una de sus desventajas, es referente a la escalabilidad⁵.

⁵,⁴: SQL vs NOSQL. Conoce sus diferencias y cuando utilizarlas – Alberto Pat

Bases de datos no relacionales. – Su método de almacenamiento es no estructurado, es decir sus datos no se almacenan en una tabla fija, además es de mayor escalabilidad, pues es flexible a diferentes tipos de datos y no requiere de muchos recursos para poder ejecutarse (Figura 6.2.a). Sin embargo, una de sus limitaciones es la falta de estandarización⁶.



a) Base de datos SQL

b) Base de datos NOSQL

Figura 6.2. Modo de almacenamiento de las bases de datos

Dado que el formato de envío de los datos no necesariamente contendrá todos los tipos de vehículos siendo el número de clases detectados de tipo variable, a la vez que se requiere, un tipo de base de datos escalable que permita adicionar más adelante otro tipo de parámetros. Lo ideal será usar una base de datos NOSQL por la facilidad de implementación y adición de mayor cantidad de variables en caso requerirlas. Las bases de datos NOSQL, usan como método de almacenamiento los tipos de archivo JSON, la estructura de los archivos a enviar tienen la estructura como se muestra en la Figura 6.3.

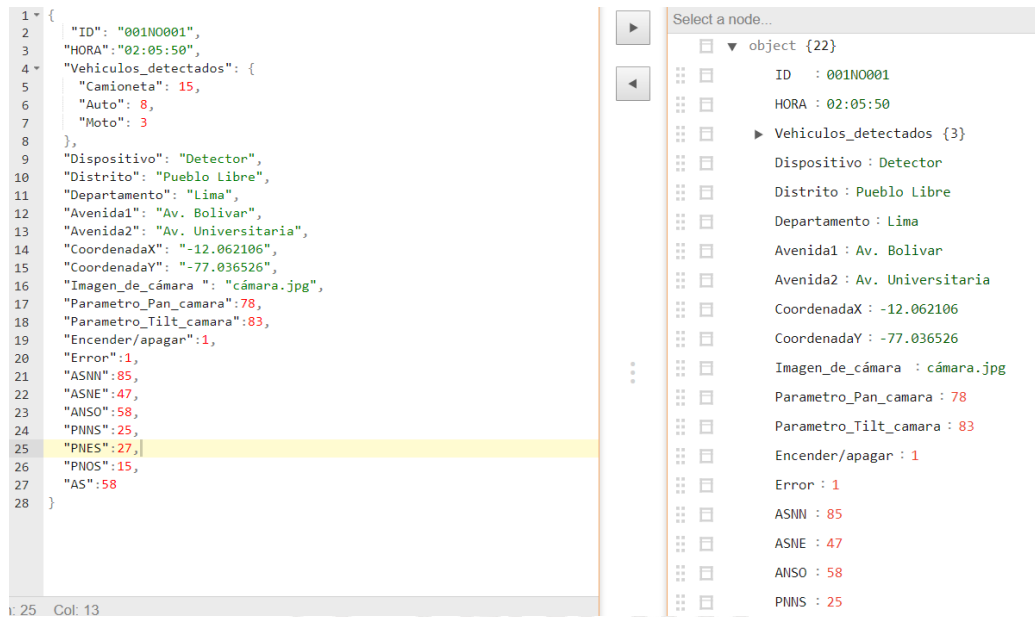


Figura 6.3. Ejemplo de mensaje a enviar en tipo Json

6.2.2. Cálculo de data estimada. –

Se tuvo como parámetro que la máxima tasa de variación de los semáforos es de 20 segundos, en base a ello se obtuvo la cantidad de ciclos de trabajo al mes:

$$\frac{\left(\frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}\right) \times \left(\frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}}\right) \times \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}}\right)}{\left\lfloor \frac{20 \text{ s}}{1 \text{ ciclo}} \right\rfloor} = 129600 \text{ ciclos de trabajo/mes}$$

Por cada ciclo de trabajo se enviará 1 mensaje por dispositivo, al mismo tiempo, se tendrá en funcionamiento 4 detectores de vehículos y un controlador (5 dispositivos), por lo que la cantidad total de mensajes enviados al mes por nodo será de 129600 ciclos*5=648000 mensajes por nodo.

Tomando en consideración que el sistema se usará en una área que requiera 25 nodos, el total de mensajes enviados será de 3.24 millones de mensajes al mes. Un mensaje estándar como el mostrado en la Figura 6.3. consume 341 Bytes, a raíz de ello, se considera que un mensaje pesará como máximo 400 Bytes. Multiplicando el peso del mensaje por la cantidad de mensajes, se obtuvo que el consumo total de datos enviados será de 1.296 GB al mes para 25 nodos (cruce vial) tomando en consideración un envío de mensajes cada 20 segundos.

6.2.3. Descripción de los servicios y de la plataforma cloud. –

La plataforma que se usó fue IBM cloud, específicamente el paquete Internet of Things Platform Starter, la cual se muestra en la figura 6.4. Esta plataforma tiene como componentes: una aplicación, un servicio de almacenamiento NoSQL y un servicio de almacenamiento llamado Cloudant, el cual es un software de IBM, que se entrega como un servicio de almacenamiento basado en la nube, siendo un servicio de base de datos distribuido no relacional (NoSQL).

El paquete Internet of Things Platform Starter permite administrar las aplicaciones dependientes, los dispositivos conectados y el consumo de datos

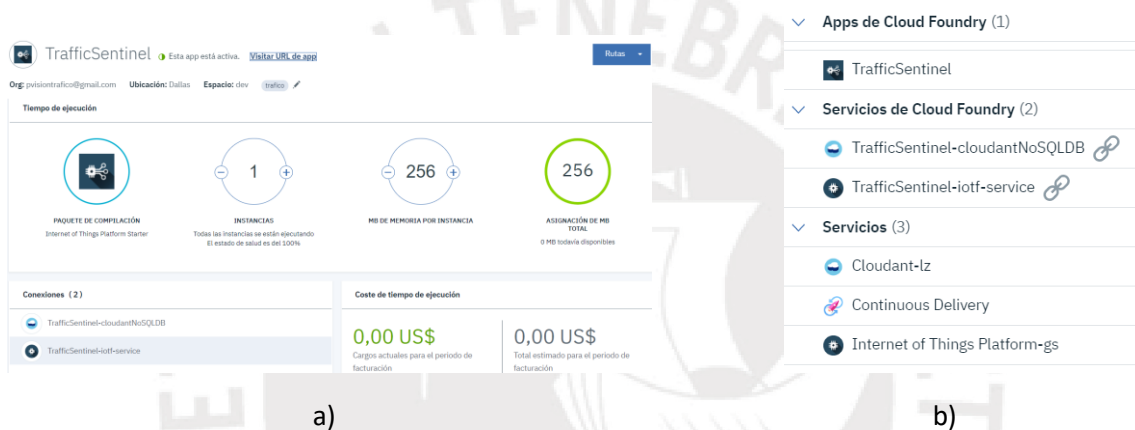


Figura 6.4. Sistema de Internet of Things Platform Starter a) Entorno del sistema b) Servicios del sistema Fuente: IBM cloud

En la Figura 6.4.b. se muestran los componentes y servicios que forman parte de dicha plataforma

Esta plataforma ofrece una App de cloud foundry, para acceder mediante una página web en este caso llamada <https://trafficsentinel.mybluemix.net/>. Esta app viene integrada con Node-RED, la cual es una herramienta de desarrollo basada en flujo para programación visual que facilita la interconexión de dispositivos IoT. Un ejemplo de conexión de un dispositivo a la plataforma Iot se muestra en la Figura 6.5.

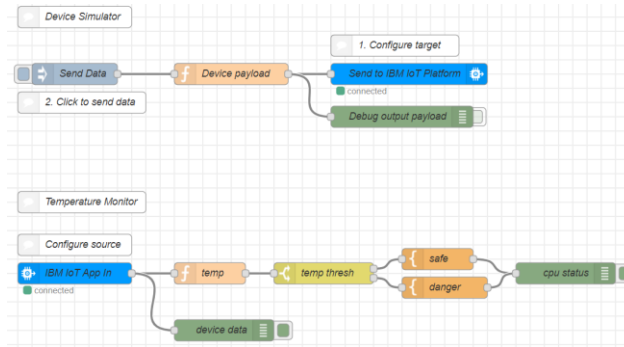


Figura 6.5. Diagrama en Node-RED de conexión de dispositivo a IBM IoT Platform

6.3. Diseño de la interfaz del sistema

En la Figura 6.6. se muestra el prototipo de la interfaz principal del sistema, a la cual se accede una vez ingresados el usuario y contraseña del operario. Esta interfaz contiene un mapa con la ubicación de los nodos instalados, botones de navegación del mapa visualizado, un menú con los parámetros de la cuenta asociada al operario. Un menú desde donde se podrá acceder a un nodo específico y finalmente un botón de edición de los parámetros, cuya interfaz se muestra en la Figura 6.7. desde la cual se podrá modificar el modo de vista del mapa (satélite - mapa), agregar o eliminar algún nodo, así como, visualizar o esconder los nodos en el mapa.

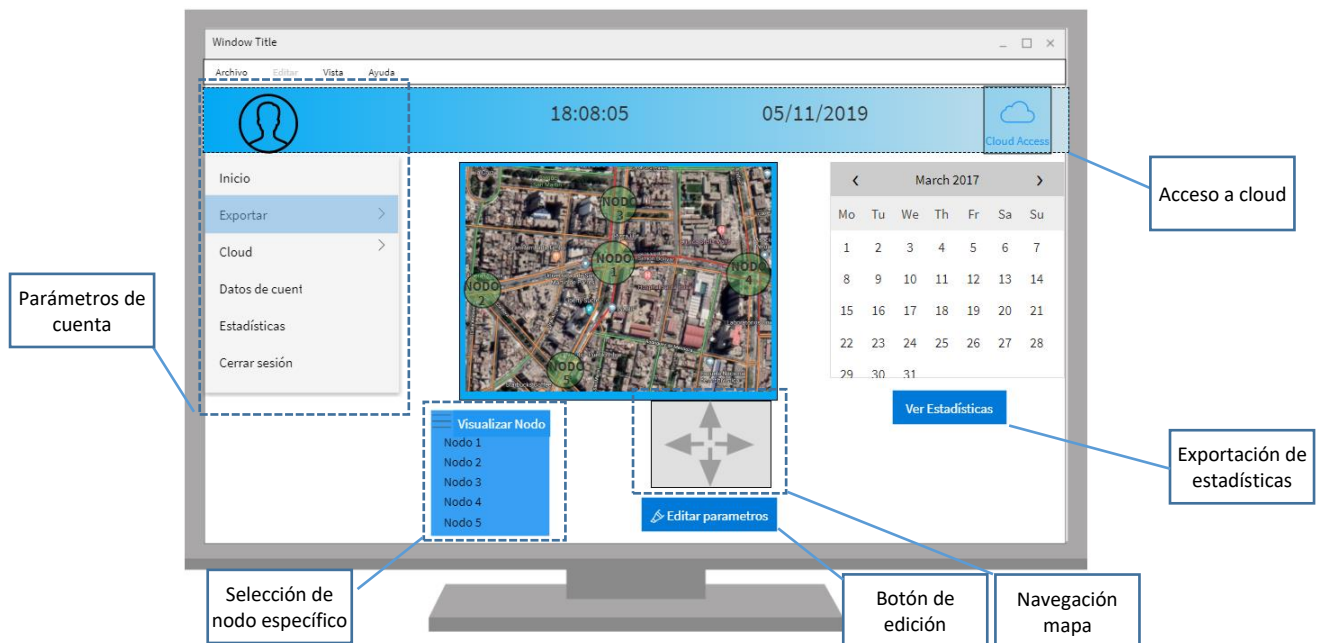


Figura 6.6. Interfaz Principal del sistema
Fuente: Elaboración propia

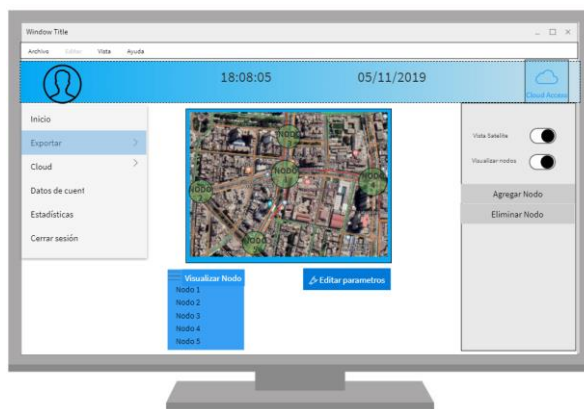


Figura 6.7. Interfaz de edición de parámetros
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.8. se muestra la interfaz de selección de nodo, desde donde el operario podrá visualizar la imagen que está registrando el detector en tiempo real, así como, la selección de alguno de los detectores del nodo. Adicional a ello se podrá ajustar el enfoque de la cámara modificando su elevación/descenso o rotación a la derecha o izquierda de la cámara PTZ. Adicional a ello se contará con un panel ubicado al lado derecho la cual contiene los switches que permiten encender/apagar el dispositivo, cambiar al modo temporizado (método de envío de tiempos del semáforo mediante tiempo preestablecidos). Finalmente se dispone de una zona denominada zonas de detección desde donde se podrá seleccionar las coordenadas de las zonas de detección (en la imagen cuadrados de color beige), las cuales permiten saber la dirección hacia donde se dirigen los vehículos de una vía.

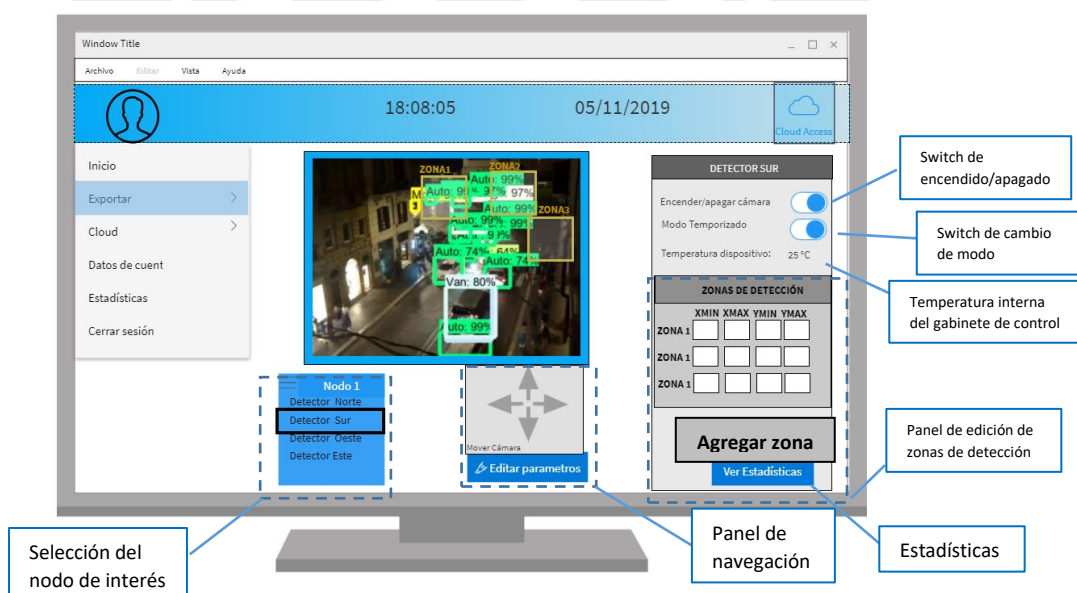


Figura 6.8. Interfaz de edición de parámetros
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 7

ALGORITMO DE TEMPORIZACIÓN Y SIMULACIONES DEL SISTEMA

En el presente capítulo se realiza el algoritmo de control y posteriormente se realizan simulaciones de prueba para verificar si el volumen del tráfico en las vías de interés se logra reducir.

7.1. Algoritmo de análisis predictivo. –

Para el desarrollo del algoritmo se tendrán en consideración las variables que interactúan o forman parte del proceso de generación del tráfico, que pueden ser medidas por el sistema desarrollado. Para su desarrollo se tendrán en cuenta las variables que se muestran en la Figura 7.1. las cuales son las áreas superficiales ocupadas por los vehículos en cada una de las vías, así como la proporción en que los vehículos de cada vía van hacia una u otra dirección para que en base a dichos datos se pueda estimar el volumen de tráfico esperado en una vía.

Los cálculos a realizar en base a dichos parámetros son:

$$AS_{eN} = Ptv_N * [AS_N^N * P_{NS}^N] + Ptr_N * [AS_E^N * P_{ES}^N + AS_O^N * P_{OS}^N] \dots \dots \dots (Ec. 7.1)$$

$$AS_{eS} = Ptv_S * [AS_S^S * P_{SN}^S] + Ptr_S * [AS_E^S * P_{EN}^S + AS_O^S * P_{ON}^S] \dots \dots \dots (Ec. 7.2)$$

$$AS_{eE} = Ptv_N * [AS_E^E * P_{EO}^E] + Ptv_R * [AS_N^E * P_{NO}^E + AS_S^E * P_{SO}^E] \dots \dots \dots (Ec. 7.3)$$

$$AS_{eO} = Ptv_N * [AS_O^O * P_{OE}^O] + Ptv_R * [AS_N^O * P_{NE}^O + AS_S^O * P_{ON}^O] \dots \dots \dots (Ec. 7.4)$$

Donde:

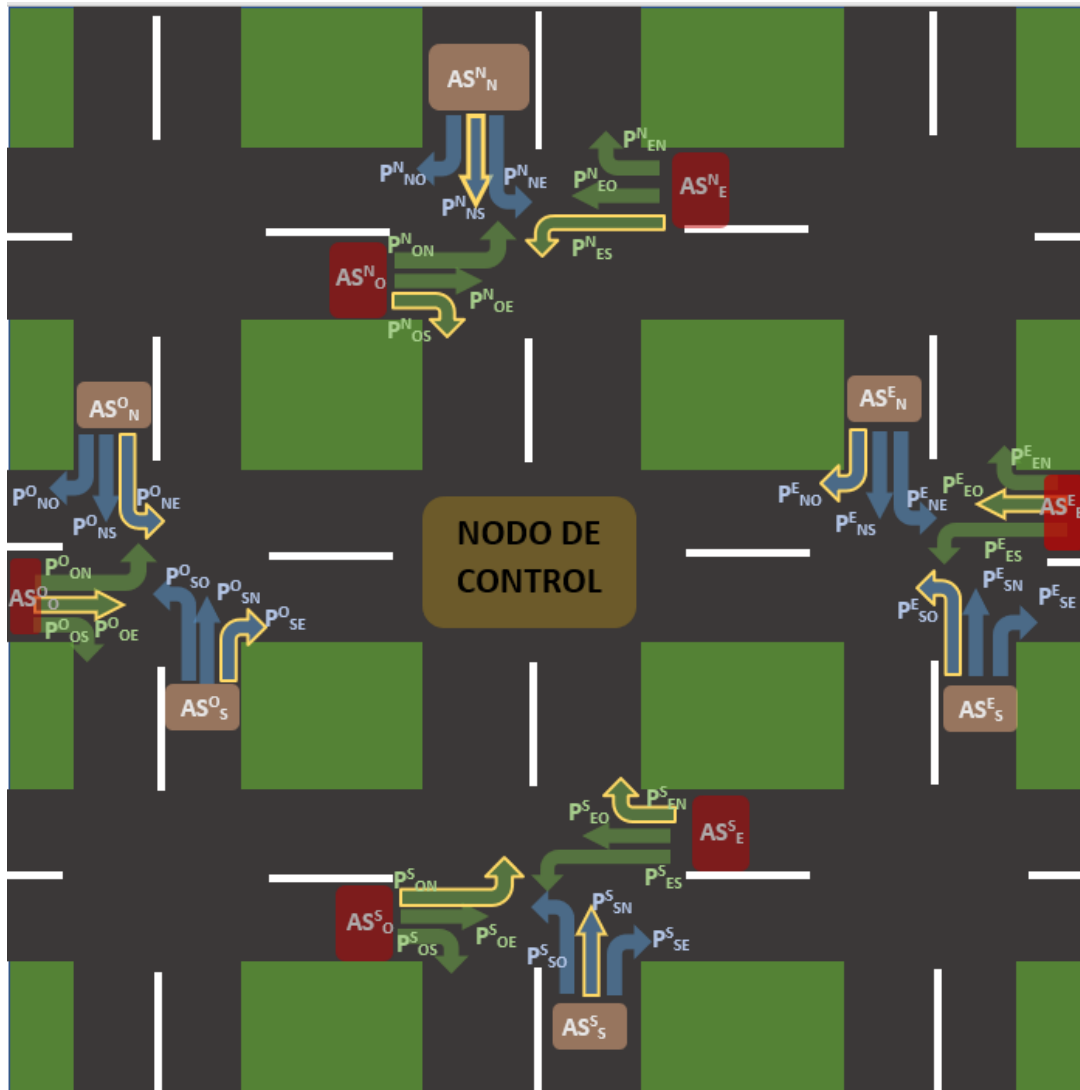
AS_{eN} = Área superficial estimada a recibir de vehículos al norte del nodo a analizar

AS_{eE} = Área superficial estimada a recibir de vehículos al sur del nodo a analizar

AS_{eO} = Área superficial estimada a recibir de vehículos al oeste del nodo a analizar

AS_{eE} = Área superficial estimada a recibir de vehículos al este del nodo a analizar

Ptv_N y Ptr_N =Proporción en tiempos para cambios en los tiempos del semáforo del nodo al norte (Subíndice S: Para el nodo sur, O: Para el nodo oeste, E: Para el nodo este)



LEYENDA:

AS: Área superficial ocupada por los vehículos

P: Proporción

Superíndice;

P^X_{YZ} : X indica la ubicación respecto al nodo puede ser N: Norte, S: Sur, O: Oeste, E: Este,

Y: Dirección de partida, Z; Dirección de sentido

Ejemplo: P^S_{ON} = Proporción de vehículos en el nodo sur (S) que se dirigen desde la dirección oeste (O) hacia la dirección norte (N)

AS^A_B : A indica la ubicación respecto al nodo, B: indica la dirección

Ejemplo AS^A_B

AS^S_E = Área superficial ocupada en el nodo sur adyacente en la orientación Este

Figura 7.1. Diagrama de cruce con los parámetros a tomar en cuenta

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en las ecuaciones 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4. Se obtiene la proporción del área ocupada por los vehículos que se estima recibir durante los próximos instantes, mediante las ecuaciones 7.5. y 7.6. Con dichas ecuaciones, se ajustarán los tiempos del semáforo de la intersección del nodo a evaluar en función de dichos parámetros.

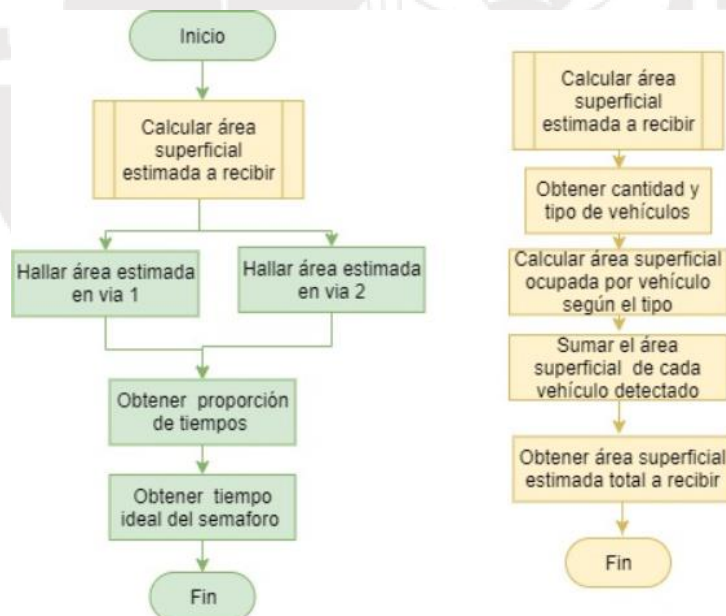
$$P_{via1} = \left[\frac{AS_{eS} + AS_{eN}}{AS_{eS} + AS_{eN} + AS_{eE} + AS_{eO}} \right] * t \dots\dots (Ec. 7.5.)$$

$$P_{via2} = \left[\frac{AS_{eO} + AS_{eE}}{AS_{eS} + AS_{eN} + AS_{eE} + AS_{eO}} \right] * t \dots\dots (Ec. 7.6.)$$

Donde: Pvia1: Es el tiempo que debe dejar circular a los vehículos por la vía 1 (Lo mismo para Pvia2)

t: Tiempo total de la intersección

En la Figura 7.2. se muestra el diagrama de flujo para el cálculo del algoritmo de temporización, donde se inicia calculando el área superficial (7.2.b) partiendo de la detección de la cantidad total vehículos en una vía, para luego según el área superficial ocupado por cada tipo de vehículo se procede a calcular el área total ocupado por todos los vehículos, con esa información se halla el área estimada que se espera recibir en cada una de las vías de la intersección. Estableciéndose una proporción de donde se obtiene la vía que se espera se encuentre más saturada, para en función a ello ajustar los tiempos de operación del semáforo.



a) Diagrama de flujo principal b) Subproceso de cálculo
 Figura 7.2. Diagrama de flujo para el cálculo del algoritmo de temporización
 Fuente: Elaboración Propia

7.2. Simulación del sistema

Para la simulación del sistema se tomará como modelo el cruce entre 2 avenidas de alto tráfico, para el presente trabajo se escogió el cruce de la Av. Bolívar con la Av. Sucre en el distrito de Pueblo Libre. En la Figura 7.3.a se muestra el modelo tomado, donde las zonas resaltadas son las zonas donde se encontrarán ubicados los sistemas de detección diseñados.

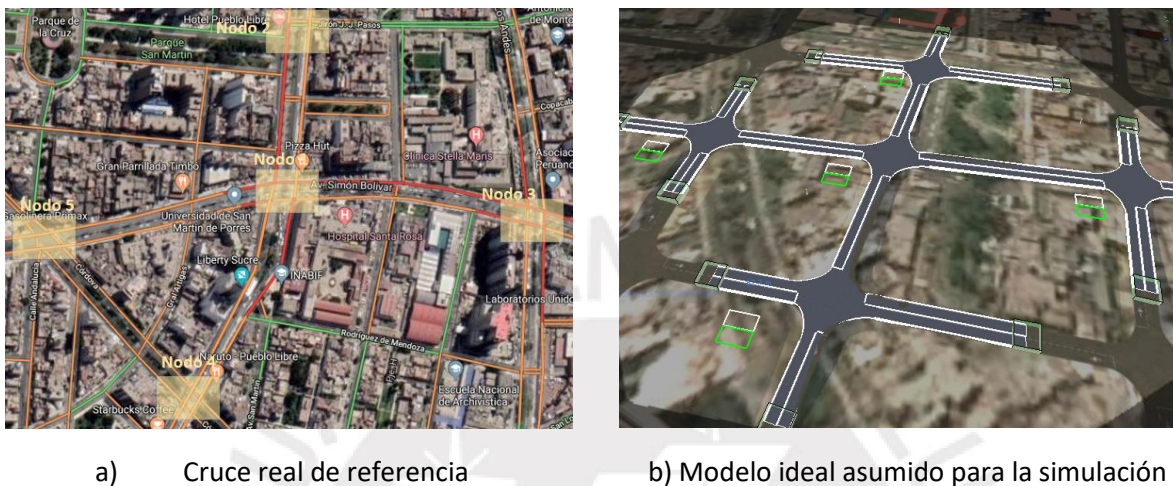
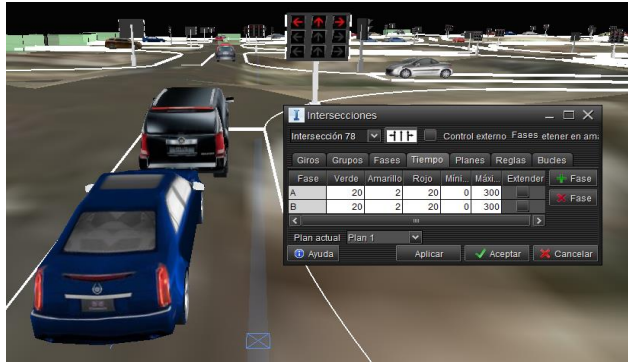


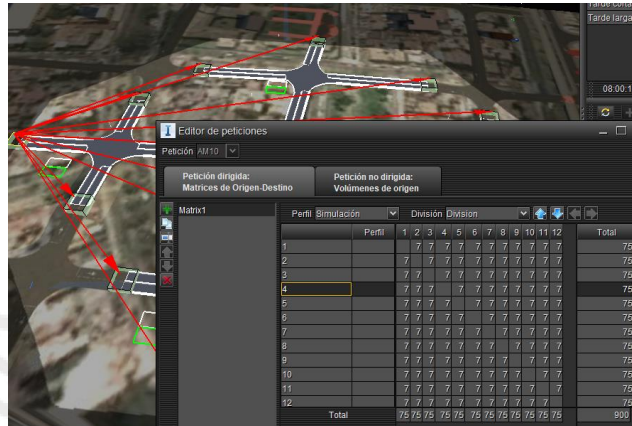
Figura 7.3. Modelo para simulación:
Fuente: Elaboración Propia

Se modelará el funcionamiento del sistema mediante el software Autodesk Infracore donde se modela las intersecciones asumiendo un comportamiento ideal de nodos ordenados, para una mejor visualización del comportamiento vehicular, se usó 5 intersecciones. El modelo a usar se muestra en la Figura 7.3.b.

Para la simulación del sistema se modificarán los tiempos de los semáforos para las diferentes intersecciones, según las ecuaciones calculadas en la sección 7.1. Donde se colocarán tiempos predeterminados para los semáforos de cada intersección. En la Figura 7.4.a se muestran los tiempos colocados para una vía. Para una carga vehicular similar a la mostrada en la Figura 7.4.b se asigna la cantidad de vehículos que irá hacia cada uno de los destinos validos del mapa (Cuadros delimitadores verdes)



a) Calibración de semáforos



b) Asignación de demanda vehicular a los cruces

Figura 7.4. Configuración de parámetros en Infracore

Fuente: Software Infracore

Se obtuvieron como resultados para cada una de las intersecciones la cola máxima de los vehículos y el tiempo de demora en cada vía del cruce. Dichos datos se muestran en la Figura 7.4.b.

En la Figura 7.5. se muestran las estadísticas del tiempo recorrido, los viajes de los vehículos completados y los que faltan por completarse.

Medida	Total	Recuento	Media	Desviación estándar
Viaje completado Conducir Distancia(KM)	30,93	186	0,17	0,06
Viaje completado Conducir Tiempo	02:20:31	186	00:00:45	00:00:22
Tiempo de no iniciados	00:21:05			
Distancia extra de viaje completada	0,00	0		
Tiempo extra de viaje completado	00:00:00	0		
Distancia de conducción incompleta	4,58	77	0,06	0,05
Tiempo de conducción incompleto	00:48:36	77	00:00:36	00:00:25
Distancia extra incompleta	0,00	0		
Tiempo extra incompleto	00:00:00	0		
Paradas		454		
Vehículo Viajes no iniciados		14		
Vehículo Viajes iniciados		263		
Vehículo Viajes finalizados		186		
Vehículo Viajes en curso		77		

a) Resultados obtenidos con el algoritmo

Medida	Total	Recuento	Media	Desviación estándar
Viaje completado Conducir Distancia(KM)	28,45	174	0,16	0,06
Viaje completado Conducir Tiempo	02:16:01	174	00:00:46	00:00:24
Tiempo de no iniciados	00:26:10			
Distancia extra de viaje completada	0,00	0		
Tiempo extra de viaje completado	00:00:00	0		
Distancia de conducción incompleta	5,59	86	0,06	0,05
Tiempo de conducción incompleto	00:58:40	86	00:00:40	00:00:25
Distancia extra incompleta	0,00	0		
Tiempo extra incompleto	00:00:00	0		
Paradas		432		
Vehículo Viajes no iniciados		17		
Vehículo Viajes iniciados		260		
Vehículo Viajes finalizados		174		
Vehículo Viajes en curso		86		

b) Resultados normales obtenidos

Figura 7.5. Resultados de simulación obtenidos con control

Fuente: Informe Infracore

En las figuras 7.5.a y 7.5.b se muestran los resultados obtenidos para un tiempo de simulación de 3 minutos. En donde se observa que los viajes completados usando el algoritmo de control fue de 186 tramos mientras que con una estructura de tiempos preestablecidos fue de 174 tramos es decir se obtiene una mejora de 12 tramos cada 3 minutos, lo cual es equivalente a 240 tramos más en una hora. Adicional a ello se obtuvo una mejora de aproximadamente 2.5km para los tramos completados por los vehículos lo cual equivale a una mejora de un 8%. Cabe mencionar, que el modelo solo fue aplicado en un único nodo.



CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema que tiene la capacidad de registrar el volumen vehicular detectado en una avenida y que es capaz de enviar dicha información a nodos aledaños para que, en función de la data observada, los nodos aledaños puedan ajustar sus tiempos de operación en función del volumen vehicular esperado.
- Durante la revisión de las principales tecnologías y trabajos de investigación realizados para conseguir reducir el tráfico vehicular se encontró que el método más usado de detección del tráfico vehicular es a través del uso de lazos inductivos. Pero dado que, su implementación requiere una gran inversión, además que, el tiempo necesario para el mantenimiento de vías para su instalación es largo, la convierte en una solución poco práctica aplicada en Lima. A diferencia del método anterior, el uso de cámaras con visión por computadora es un método que requiere menor costo de instalación y tiene mayor facilidad de montaje, pero que aún se encuentra en desarrollo para ser un medio óptimo.
- Durante la realización del presente trabajo se logró finalizar el diseño mecánico, electrónico y eléctrico del sistema. El diseño mecánico, está compuesto principalmente por los componentes de soporte de los dispositivos eléctricos y electrónicos. En el diseño electrónico, se dispone de la operación en conjunto de un procesador de tipo Raspberry Pi en el dispositivo de comunicaciones y un Jetson Nano para el dispositivo de captura, ambos cuentan con un sistema UPS que le permitirá continuar funcionando incluso en caso de ausencia de fluido eléctrico por un periodo de tiempo de 2 horas.
- Se pudo comprobar que, entrenando una red neuronal, se obtuvo una tasa de detección de más del 90% de los vehículos la cual se mantuvo incluso bajo otras condiciones de iluminación y de enfoque. Sin embargo, para entornos borrosos disminuye el nivel de detección, detectándose los vehículos por intervalos, siendo una posible solución el aumento de la data de entrenamiento para dichas condiciones.
- Durante la realización de las simulaciones se logró un aumento de la eficiencia de hasta un 8%, puesto que según las estadísticas obtenidas por el software infraworks para un tiempo de prueba de 3 minutos se logró una distancia de recorrido completada de 30.9 Km frente a los 28.45 Km que recorrieron los vehículos con un modelo estándar pretemporizado.

- El costo total de instalación y de los componentes para un cruce vial compuesto por cuatro dispositivos de captura y un dispositivo de comunicación será de S/. 9442.10. Teniendo un costo mensual de operación de S/. 89.40.



OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES. -

- Al momento de la localización del diseño del sistema, se decidió realizar el montaje de las cámaras de detección del tráfico en los postes de alumbrado, ello debido a que, para poder realizar una correcta medición del tráfico vehicular, se requiere contar con un adecuado rango de visión. Puesto que, el tráfico en Lima puede llegar a ser de hasta más de 50 metros, se requiere que el sistema de visión se encuentre a una altura lo suficientemente elevada, que le permita realizar una correcta medición.
- Al momento del desarrollo del presente sistema se tuvo en cuenta que, los semáforos en los que se implemente el sistema de control de tráfico planteado deberán cumplir con los criterios técnicos mínimos con que deben contar los sistemas de semaforización según el ministerio de Transporte y Comunicaciones
- Para poder realizar una correcta comunicación entre los distintos nodos se deberá asegurar que la velocidad de transmisión de imágenes para el calibrado se vea ininterrumpida, es por ello que se recomienda que la implementación del presente sistema se realice en zonas con acceso estable a una conexión de red.
- Para la instalación del presente sistema se realiza en 2 fases, una que es el montaje in situ en la zona de detección y otra es la calibración de la zona de enfoque de monitoreo del sistema, la cual se realiza de forma remota.

TRABAJO A FUTURO

- Se deberá buscar la sincronización entre los indicadores de los tiempos de los semáforos, para conseguir las verdes que según estudios de especialistas ayudarán a reducir más el tráfico
- Se buscará extender el procesamiento de imágenes a fin de detectar la velocidad y evasión de las reglas de tráfico para un posible escalamiento a futuro del sistema.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] GRUPO RPP. *El caótico tránsito uno de los grandes pendientes que las nuevas autoridades deberán atender*. Consulta 25 de marzo del 2019.
<https://rpp.pe/peru/actualidad/el-caotico-transito-uno-de-los-grandes-pendientes-que-las-nuevas-autoridades-deberan-atender-noticia-1145554>. Consultado 25 de marzo del 2019.
- [2] PERU21. *Tráfico genera estrés en 92% de la población*. Consulta 25 de marzo del 2019.
<https://peru21.pe/peru/trafico-genera-estres-92-limeno-372014>.
- [3] PERU21. *“Caótica: Lima es la tercera ciudad con más congestión vehicular en el mundo*. Consulta 16 de junio del 2019. <https://peru21.pe/peru/lima-tercera-ciudad-congestion-vehicular-mundo-483405>
- [4] GRUPO RPP. *Se persona promedio pierde 20 días de vida debido al tráfico*. Consulta 25 de marzo del 2019.
<https://rpp.pe/peru/actualidad/un-limeno-pierde-en-promedio-20-dias-al-ano-atrapado-en-el-trafico-noticia->
- [5] GRUPO RPP. *La ira del tráfico y otros efectos de la congestión vehicular*. Consulta 25 de marzo del 2019.
<https://vital.rpp.pe/salud/la-ira-del-trafico-y-otros-efectos-de-la-congestion-vehicular-noticia-1045549>.
- [6] GRUPO EL COMERCIO. *Semáforos mal coordinados quitan 20 minutos al día*. Consulta 25 de marzo del 2019.
<https://elcomercio.pe/lima/transporte/semaforos-mal-coordinados-quitan-30-minutos-dia-noticia-596006>
- [7] WINDMILL SOFTWARE LTD. *Vehicle Sensing: Ten Technologies to Measure Traffic*, Consulta 01 de Abril del 2019. <https://www.windmill.co.uk/vehicle-sensing.html>
- [8] VIDEO FOR SURVEILLANCE. *Traffic monitoring*, Consulta 01 de Abril del 2019.
<https://www.videosurveillance.com/traffic.asp>
- [9] TrafficVision. *Traffic vision*. Consulta 01 de Abril del 2019.
<http://www.trafficvision.com/>
- [10] SCATS. *How scats works*. Consulta 01 de abril del 2019. <https://SCATS.com.au/how-scats-works.html>

- [11] STREAMS. *Smart motorways*. Consulta 01 de abril del 2019. <https://www.transmax.com.au/what-we-do/streams/smart-motorways>
- [12] Patente 106981205^a. *Implementación de un controlador inteligente para un semáforo en una intersección*. Consulta 01 de abril del 2019. <https://www.transmax.com.au/what-we-do/streams/smart-motorways>
<https://patents.google.com/patent/CN106981205A/>
- [13] *Patente EP3262623A1- Control de un sistema de señalización de tráfico y control remoto de dispositivos de señalización de luz*. Consulta 01 de abril del 2019. <https://patents.google.com/patent/EP3262623A1/en?>
- [14] ARCE CIGUEÑAS, DIEGO M. *Sistema Autónomo De Control De Tráfico Vehicular Para Intersecciones De Avenidas*. PUCP. 2017. http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/10175/ARCE_CIGUEÑAS_SISTEMA_AUTONOMO_CONTROL_TRAFICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [15] Pavan Chhatpar, Nimesh Doolani. *Machine Learning Solutions to Vehicular Traffic Congestion*. Consulta 01 de abril del 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8537260&tag=1>
- [16] Diario Oficial el Peruano. “*Criterios Técnicos Mínimos para la Implementación de Equipos y Sistemas de Semaforización en Vías de Lima. Metropolitana*”. Consulta 01 de abril del 2019. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/actualizan-el-anexo-01-criterios-tecnicos-minimos-para-la-i-resolucion-no-1579-2015-mmlgtu-1331564-1/>
- [17] Gamble Bob, Bullet, Dome, And Ptz Cameras—*What’s The Difference?* Consulta: 03 de Setiembre del 2019. Disponible en: <https://www.securityinstrument.com/bullet-dome-ptz-cameras-whats-difference/>
- [18] Amanda Li, Bullet vs. Dome vs. PTZ Cameras: Which One Should You Choose. Consulta: 03 de Setiembre del 2019. Disponible en: <https://reolink.com/bullet-dome-ptz-security-cameras/>
- [19] NVIDIA, *Jetson Nano 18650 Mini UPS*. Consulta: 29 de agosto del 2019. Disponible en: <https://www.amazon.com/NVIDIA-Jetson-Management-Expansion-Developer/dp/B07VNST1F8>

- [20] Geekworm, *T200*, Consulta: 03 de Setiembre del 2019. Disponible en: <http://raspberrypiwiki.com/index.php/T200>
- [21] Thermal Management, Hoffman. Consulta: 29 de agosto del 2019. Disponible en: https://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=233596&pRID=219442
- [22] Conversion calculator battery life, Digikey. Consulta: 25 de agosto del 2019. Disponible en: <https://www.digikey.ch/en/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-battery-life>
- [23] Guía técnica de aplicación: Instalaciones eléctricas. Consulta: 25 de agosto del 2019. Disponible en: http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_25_jul12R2.pdf
- [24] Public cloud services comparison, Compare cloud. Consulta: 29 de agosto del 2019. http://comparecloud.in/?_lrsc=c276bb2a-7ec4-4a23-8f51-9ac3645823b8
- [25] Why Oracle Cloud Infrastructure, Oracle. Consulta: 25 de agosto del 2019. Disponible en: <https://cloud.oracle.com/cloud-infrastructure>
- [26] Serdar Yegulalp, What is TensorFlow? The machine learning library explained. Consulta: 29 de agosto del 2019. Disponible en: <https://www.infoworld.com/article/3278008/what-is-tensorflow-the-machine-learning-library-explained.html>
- [27] Hui Jonathan, Object detection: speed and accuracy comparison. Consulta: 29 de agosto del 2019. Disponible en: https://medium.com/@jonathan_hui/object-detection-speed-and-accuracy-comparison-faster-r-cnn-r-fcn-ssd-and-yolo-5425656ae359

ANEXOS. -

ANEXO I.-

Tabla de la lista de requerimientos que debe poseer el sistema

Tabla A1.1. Lista de requerimientos con los que debe contar el sistema

Fuente: Elaboración propia

LISTA DE REQUERIMIENTOS		Pág. 1 de 3	
		Edición: Miguel A.Z.Y.	
PROYECTO:	Diseño de sistema registrador del tráfico vehicular con implementación de algoritmo predictivo.	Fecha: 02/04/2019	
		Revisado: 02/04/2019	
CLIENTE:	PUCP	Elaborado: Miguel A.Z.Y.	
N°	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
1	E	FUNCIÓN PRINCIPAL: Medir el volumen del tráfico vehicular en una intersección, y transmitir la información medida hacia los cruces aledaños y a una unidad de gestión central, con dicha información generar un algoritmo predictivo del tráfico vehicular que se espera en los cruces aledaños del sistema.	Miguel A.Z.Y.
2	E	GEOMETRÍA: Dimensiones menores de 30x30x80 cm en caso el sistema vaya al ras del suelo. En caso el sistema vaya sobre el semáforo sistema de dimensiones máximas de 15cm x 15cm x 20cm. Requeridas para ser fácilmente transportable y acoplable sobre semáforos.	Miguel A.Z.Y.
3	E	ENERGÍA: Alimentación general de 220V AC a 60 Hz.	

	E	Fuente de reserva, compuesta por una batería DC, usada en caso de falta de suministro eléctrico que permita la autonomía del equipo por 1 hora.	Miguel A.Z.Y.
4	E	MATERIALES: Resistencia mecánica de todos los materiales capaz de dar soporte a los componentes del sistema.	Miguel A.Z.Y.
	E	Materiales resistentes a la corrosión y oxidación.	
5	E	SEÑALES: Sensores para determinar el volumen de tráfico vehicular.	Miguel A.Z.Y.
	E	Se contarán con señales de encendido, apagado, así como de parada de emergencia.	
	E	Se contarán con señales de envío y recepción de datos del flujo del tráfico vehicular	
	D	Se tendrán sensores que detecten cuando un vehículo incumpla las señales de tránsito	
6	E	SEGURIDAD: Sistemas eléctricos internos aislados de acuerdo a normas de electricidad.	Miguel A.Z.Y.
	D	Presencia de botón de emergencia.	
	E	Sellado que evite la presencia de elementos extraños externos.	
	E	Sellado del cableado eléctrico, que soporte condiciones climáticas.	
7	E	ERGONOMÍA: Acceso sin obstrucciones a los componentes con los que interactuará el operario.	Miguel A.Z.Y.
	E	El peso del conjunto del sistema no sobrepasará los 10 kg	
8	D	FABRICACIÓN: El sistema podrá ser fabricado y montado en talleres de producción.	Miguel A.Z.Y.

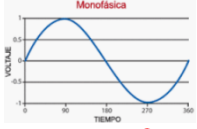




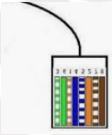


	D	Se emplearán componentes que tengan amplia disponibilidad a nivel nacional.	
9	E	CONTROL.- Control de las señales que serán recibidas y las señales que serán enviadas para su procesamiento.	Miguel A.Z.Y.
10	E	MONTAJE: El equipo será de tipo modular que permita u tanto para su operación como para su mantenimiento.	Miguel A.Z.Y.
11	E	TRANSPORTE: Equipo capaz de ser transportado por una persona cuyo peso será inferior al peso máximo establecido según Ley N° 29088 del Ministerio de Trabajo del Perú.	Miguel A.Z.Y.
12	E E	USO: Adaptable a cualquier tipo de entorno, incluso bajo condiciones climáticas adversas. Podrá ser usado en un rango de temperaturas de 8°C a 40°C.	Miguel A.Z.Y.
13	E	MANTENIMIENTO: Inspección inalámbrica respecto al funcionamiento adecuado de sensores y actuadores del sistema.	
14	E	COSTOS: Costo máximo 5000 soles	
15	E E	PLAZOS: Adjunto en el plano de trabajo Entrega Parcial 17 de Junio del 2019 Entrega Final 28 de Noviembre del 2019.	

ANEXO 2

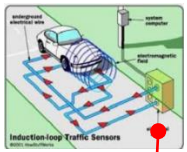

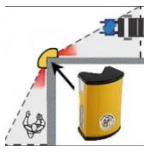
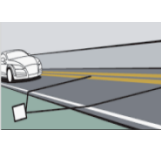

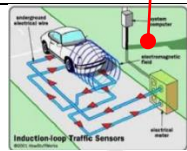
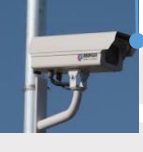

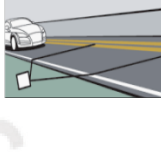
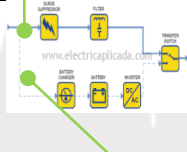
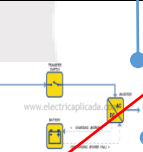




MATRIZ MORFOLOGICA DEL SISTEMA

3.2. Matriz morfológica. -

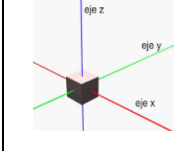
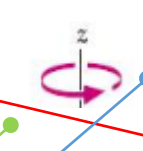
3.2.1. Dominio Eléctrico






Energizar el dispositivo	Energía eléctrica alterna 220V	Energía eléctrica alterna 380V		
				
Tipo de batería	LIPO	Baterías de litio (Li-ion):	Baterías NiMH	
				
Acondicionar voltaje de alimentación	Conexión directa	Fuente conmutada	Fuente lineal	
				

3.2.2. Dominio sensores. -

















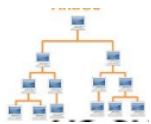
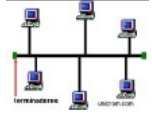
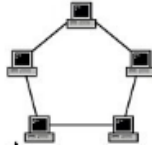

	Loop inductivo	Cámara	Sensor Infrarrojo	Tubo Neumático	Radar
Sensar flujo de tráfico					
Detectar direcciones de desplazamiento del flujo vehicular					
Detectar ausencia de fluido eléctrico	Ups Standby	Interactivo	Conmutador automático		
					
Parada de emergencia	Pulsador	Inalámbrica In situ	Inalámbrica remota		
					

3.2.3. Dominio Mecánico. -







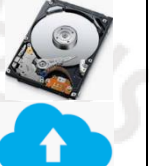












	Estructura Rígida	Estructura con movimiento			
Soportar los componentes					

	Servomotor	Motor DC	Motor a pasos	Motor AC	NA
Accionar Movimiento					

3.2.4. Dominio de comunicaciones. -

	Ethernet	Wifi	Telefonía móvil 4G	Fibra óptica	RS485
Enviar información a Nodos (Protocolo de comunicación)					
Enviar información a controlador del semáforo					
Enviar información a servidor central					
	Malla	Árbol	Bus	Anillo	Estrella
Topología de red					

3.2.5 Dominio de control. -

	Placa de desarrollo	Raspberry Pi	Beaglebone	PLC	
Procesar la información					
Almacenar la información	Disco Duro 	Nube 	Disco Duro + Nube 		
Controlador de mecanismo de posicionamiento	Driver 	Puente H 	Variador de frecuencia 	NA 	
Control del estado interno del sistema	Control inalámbrico 	Pulsadores 	Pantalla HMI 	Control inalámbrico + pulsadores 	
Mostrar estado del sistema	Indicador inalámbrico 	indicador Leds 	Indicador sonoro 	Inalámbrico + indicador led 	

ANEXO 3

Criterios Técnicos Mínimos para la Implementación de Equipos y Sistemas de Semaforización en Vías de Lima Metropolitana [16]. -

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones los semáforos para las vías de Lima Metropolitana deben contar necesariamente con un microprocesador de mínimo 32 bits de datos, debe tener la capacidad de manejar 16 fases y 06 grupos de semáforos. El sistema debe contar con un Protocolo de Comunicación para de tipo TCP/IPv4 y un Protocolo de Comunicación NTCIP (National Transportation Communication for ITS Protocolo) 1201, 1202, 1203, 1210, 1211.

El controlador deberá de cumplir con las Especificaciones Técnicas Mínimas: (Según el informe N° 033-2015-MML/IMPL/GTI-RIF)

1. Funcionales:

- 1.1 Debe tener una capacidad mínima de 16 fases.
- 1.2 Debe tener una capacidad mínima de 06 grupos.
- 1.3 Debe controlar como mínimo 4 intersecciones.
- 1.4 Su operación debe ser: Aislada, auto adaptativo, sincronizada, centralizada y operar en situ.
- 1.5 El controlador debe de disponer de un software capaz de evaluar volúmenes de tránsito, demanda de tráfico, detectores de tráfico, prioridad de demanda para transporte público, señalizaciones peatonales, elementos sonoros para invidentes.
- 1.6 Debe tener capacidad para operar en condiciones de emergencias (policías y bomberos).

2. Tecnológico:

- 2.1 Disponer de un microprocesador mínimo de 32 bits de datos.
- 2.2 Memoria de configuración operativa (EPROM, RAM y flash SIM u otro tipo).
- 2.3 Debe de poseer módulo de potencia.
- 2.4 Presentar una pantalla LCD y leds para monitorear conflictos.
- 2.5 Tarjeta modular.
- 2.6 Disponer de terminales externo para el input y output la información mediante una PC o dispositivo de programación.

3. Comunicación:

- 3.1 Protocolo NTCIP o compatibilidad a las normas NTCIP
- 3.2 Debe de poseer un Software de control y gestión de tránsito.

3.3 Sistema de comunicación vía fibra óptica y modem inalámbrico, además de por lo menos GPS, GPRS, GSM, radio u otro sistema de comunicación.

4. Instrumentos de calibración:

4.1 Software para calibración físico y lógico.

5. Eléctricos:

5.1 Consumo de alimentación inferior a 12 W.



ANEXO 4




Alimentación y comunicación de cámaras

Para la selección del tipo de alimentación y comunicación con que deberá contar la cámara se dispone de las opciones siguientes: USB, Ethernet – POE, MIPI -CSI y adaptador AC-DC.

- La alimentación USB dependiendo del tipo de cámara normalmente requiere el uso de hub adicional para que pueda funcionar adecuadamente con procesamiento de imágenes. Puesto que los puertos USB no brindan el suficiente amperaje para su funcionamiento.
- Mediante el uso de cable ethernet, el cual provee un medio de comunicación para el control de la cámara PTZ a distancia.
- Cámaras compatibles con el conector MIPI-CSI, conector para cámaras compatibles con plataformas tipo Raspberry pi, Jetson nano y derivados, al ser un conector específico para el uso de la cámara posee mayor compatibilidad de funcionamiento y de energización. La única desventaja es que este tipo de conectores solo se encuentran para cámaras de desarrollo, lo cual implicaría realizar todo el diseño mecánico de la cámara.
- Las cámaras alimentadas con un convertor AC-DC conector usado en cámaras tipo Wifi, presentan ventajas tales como la ausencia de cables para la transmisión de datos, lo cual permite la libre colocación de la cámara. Únicamente requieren de un conector de alimentación. Sin embargo, su mayor riesgo viene en el área de seguridad al poderse ver afectados.

ANEXO 5

Tabla A5.1. Características de diferentes placas de desarrollo

	Requerimientos	Jetson Nano	Raspberry Pi 3	Raspberry Pi 4
Imagen Referencial				
Características				
GPU	-	128-core NVIDIA Maxwell	Edge TPU	Broadcom VideoCore IV
CPU	-	64-bit Quad-core ARM A57 (1.43GHz)	NXP iMXOM -Quadcore Cortex-A53 +GC7000 GPU	Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8)
Memoria	>1GB	4GB 64-bit LPDDR4(ancho de banda 25.6 GB/s)	2 GB LPDDR4	4 GB de RAM
Conectividad	Ethernet	10/100/1000 Mbit Ethernet	Wifi, Bluetooth	Wifi, Bluetooth
Conector Cámara		12 MIPI CSI-2	12 MIPI CSI-2	12 MIPI CSI-2
Dimensiones		69.6x45mm	88x60x24mm	
Interfaces del modulo				
USB	2xUSB	3x USB2.0, 1x USB 3.0	4xUSB2.0	3x USB2.0, 1x USB 3.0
PCIe		1 (x1/x2/x3)	Tipo mini	-
Cámara		CSI 3 x4 o 2 x4 + 2 x2	CSI 3 x4 o 2 x4 + 2 x2	CSI 3 x4 o 2 x4 + 2 x2
Display		HDMI 2.0	HDMI 2.0	HDMI 2.1
Audio (i2s)		2x	3.5 mm Audiojack	3.5 mm Audiojack
Pines		40 (GPIOs, I2C, I2S, SPI, PWM, UART)	41 (GPIOs, I2C, I2S, SPI, PWM, UART)	42 (GPIOs, I2C, I2S, SPI, PWM, UART)
Almacenamiento	>32GB	Tarjeta microSD	Tarjeta microSD	Tarjeta microSD
Peso		49.7g	46g	46g
Precio		100 USD	35 USD	70 USD

Fuente: Elaboración propia

Dado que las 3 placas cumplen con los requisitos mínimos, el aspecto diferenciador será el precio de las placas puesto que de las 3 opciones la Raspberry Pi 3-B, cumple con todos los criterios y tiene un costo menor frente a las otras opciones, por dichos motivos se escogerá este procesador.

ANEXO 6

Características mecánicas de materiales para soporte tubular

Entre las opciones disponibles para la selección del soporte tubular que sostendrá a la cámara PTZ como alternativas para la selección el material se dispone de tres opciones a usar tubos de acero galvanizado, tubo de acero inoxidable o tubo de aluminio:

Tubo de acero galvanizado. –

Tubo de acero dulce y con bajo contenido de carbono. A la vez es un material muy maleable y fácilmente soldable. Dado que normalmente el acero tiene baja resistencia a la corrosión al contacto con el aire y la humedad una protección superficial es el galvanizado.

Características	Tipo de material: acero galvanizado
Resistencia a la tracción (Kgf/cm ²)	5.000
Alargamiento (%)	22
Dureza HB	140
Presión máxima admisible (bar)	258
Coefficiente de dilatación $\times 10^{-6}$ (°C ⁻¹)	11,6
Punto de fusión (°C)	1.540
Temperatura máxima de trabajo en continuo	95°C
Presión máxima de trabajo en continuo	20 bar

Figura A6.1. - Características del acero galvanizado

Fuente: Imacifp

Tubo de acero inoxidable. –

Tubería constituida por una aleación de hierro y cromo en aproximadamente 10%. El cromo le aporta resistencia a la corrosión, debido a que al combinarse con el oxígeno

Características	Tipo de material: acero inoxidable
Resistencia a la tracción (Kgf/mm ²)	76,7
Alargamiento (%)	48,2
Dureza HB	190
Presión máxima admisible (bar)	100 aprox.
Coefficiente de dilatación $\times 10^{-5}$ (°C ⁻¹)	1,73
Punto de fusión (°C)	1400
Temperatura máxima de trabajo en continuo	95°C
Presión nominal de trabajo en continuo	16 bar

Figura A6.2. - Características del acero inoxidable

Fuente: Imacifp

Tubo de aluminio. –

Tubería constituida por aluminio recocido. Material con alta resistencia a la corrosión, posee baja densidad. Su mecanizado se realiza con facilidad y es más barato frente a otras alternativas. Es el metal más usado después del acero.

Características	Tipo de material: Aluminio
Densidad	2700 kg/m ³
Punto de fusión	660 °C
Conductor eléctrico	38 m/Ω*mm ²
Resistencia a tracción	160-200 N/mm ²

Figura A6.3. - Características del aluminio

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla A6.1 se muestran las principales características tomadas en cuenta al momento de seleccionar al soporte tubular. En donde, los aspectos que más primaron fueron el peso, debido a que, al sistema estar montado sobre un poste, se requiere que posea el menor peso posible. El precio y mecanizado son otros factores importantes a tener en cuenta pues ello influye directamente en el costo final del sistema. A la resistencia a la tracción se le dio un menor puntaje en peso, pues, se tiene en cuenta que el peso de las 2 cámaras una vez montadas no requerirán un gran esfuerzo a la flexión, todo ello se verificará más adelante mediante cálculos.

Tabla A6.1. – Selección de materiales para soporte tubular

Características	Peso (P)	Tubos					
		A. galvanizado (Ptje 1)	A. inoxidable (Ptje 2)	Aluminio (Ptje 3)	A. galvanizado (PxPtje 1)	A. inoxidable (PxPtje 2)	Aluminio (PxPtje 3)
Precio	3	3	1	2	9	3	6
Peso	4	2	2	3	8	8	12
Disponibilidad	2	2	1	3	4	2	6
Mecanizado	3	2	2	3	6	6	9
Resistencia a tracción	2	3	3	2	6	6	4
	Total	9			33	25	37

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7

SELECCIÓN DEL MATERIAL DE GABINETE DE CONTROL

El gabinete de control se encontrará al aire libre, estando expuesto a las condiciones climáticas. Se requiere que el gabinete seleccionado ofrezca un desempeño confiable bajo condiciones de intemperie, entre las que se incluyen radiación UV, temperaturas extremas, humedad y la salinidad del entorno.

En la actualidad se tiene 2 tipos de materiales para gabinetes, de tipo metálico y no metálico.

Gabinetes metálicos. –

Una opción posible es usar acero dulce pintado, para brindar protección frente a aplicaciones solares. Sin embargo, su uso en ambientes costeros o húmedos generaría corrosión en el gabinete, lo cual podría afectar a los componentes electrónicos.

Frente a esta posibilidad, existe la alternativa de usar gabinetes de acero inoxidable, los cuales proporcionan un alto grado de protección frente a la corrosión. A la vez que mantiene una buena apariencia bajo la luz del sol directa y a temperaturas extremas.

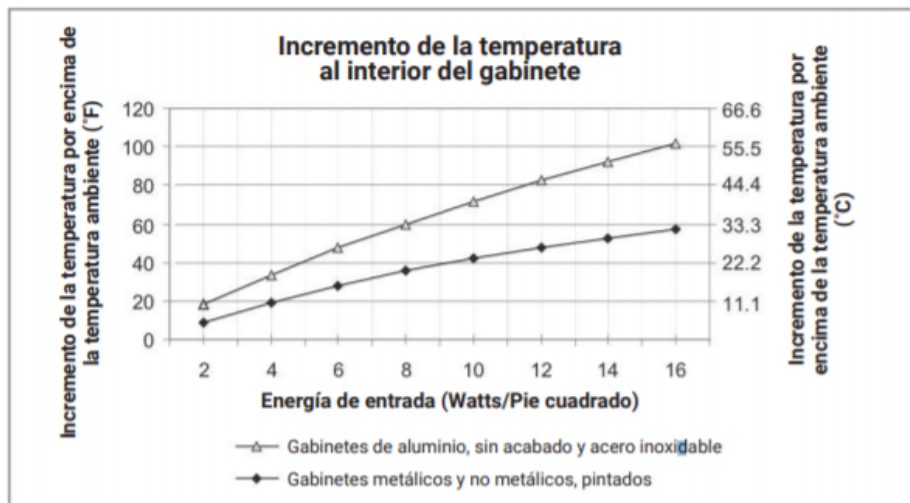


Figura A7.1. – Incremento de la temperatura al interior del gabinete
Fuente: Hoffman-Latam

Gabinetes no metálicos. –

Su bajo peso aporta cierta ventaja frente al uso de gabinetes metálicos. A la vez que son resistentes a la corrosión. Por otra parte, a pesar de poseer diferentes grados de resistencia frente a impactos, aún no llegan a superar a los gabinetes metálicos. Los materiales más característicos son:

Fibra de vidrio. - Fabricados con resina de poliéster con fibras de vidrio. Este material resiste a la corrosión y soporta un gran rango de temperaturas. A pesar de que los gabinetes fabricados con este material ofrecen alta durabilidad y fortaleza, son susceptibles al “fiberbloom”. El cual es un fenómeno que se produce, debido a los rayos UV, los cuales erosionan su superficie y adquiere una forma de un copo de nieve lo cual es antiestético.

Poliéster. – Ofrece mejores prestaciones frente a la corrosión. A la vez que son una solución más económica para algunas aplicaciones. Se fabrican por inyección del material termoplástico en un molde. Posee buena resistencia frente a la humedad, a los golpes

Selección de gabinete de control. -

Teniendo en cuenta el costo y peso del gabinete de control se escogió usar un gabinete de control no metálico. Ello debido a que un gabinete metálico puede llegar a costar hasta 3 veces más frente a un gabinete no metálico. En específico se escogió usar un gabinete de poliéster debido a sus características de resistencia frente a la corrosión, impacto, resistencia a los rayos UV y menor precio.

En la figura A7.2. se muestran las características del gabinete de poliéster seleccionado

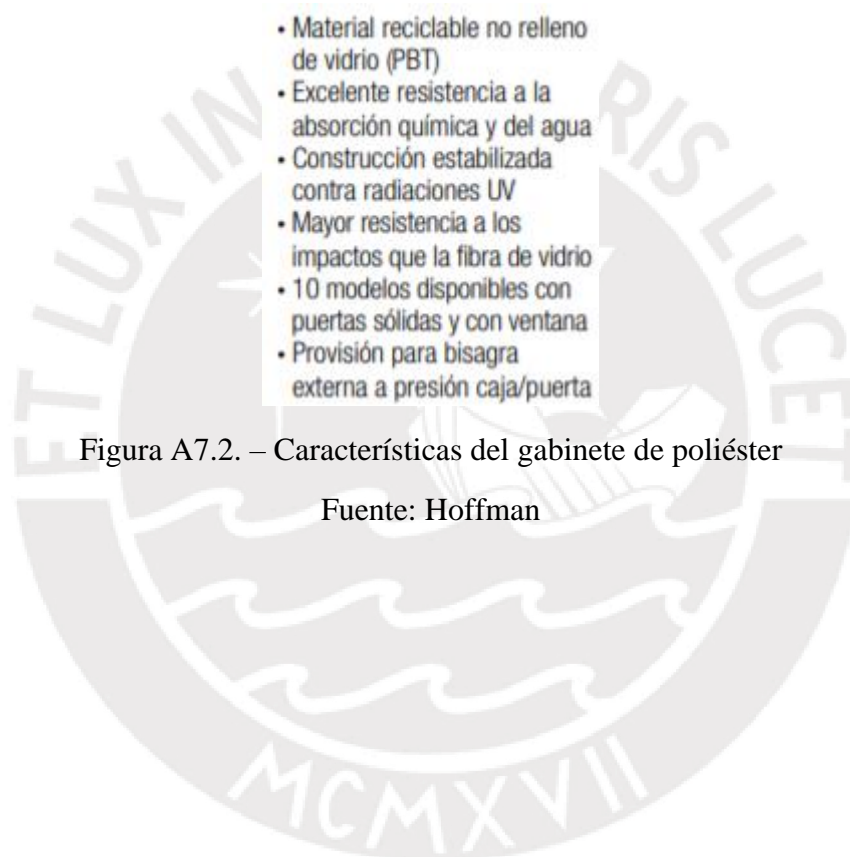


Figura A7.2. – Características del gabinete de poliéster

Fuente: Hoffman

ANEXO 8

Costo total del dispositivo de captura

Tabla A8.1 Costos de componentes y mecanizado dispositivo de captura

	Cantidad	Precio Lista Unidad	Costo de importación	Precio Total (S/.)
Gabinete de control				
Tablero de control UCP320	1	€ 59.00	€ 15.00	275.80
Rejilla de ventilación	2	S/ 20.00	-	40.00
Espaciadores 30mm de latón	8	S/ 0.50	-	4.00
Prensaestopa CPG32	1	S/ 8.20	-	8.20
Prensaestopa CPG16	2	S/ 3.80	-	7.60
Jetson Nano	1	S/ 349.00	S/ 55.00	404.00
Ventilador 40x40mm	1	S/ 49.00	S/ 275.00	833.00 ¹
UPS T200 + 4 baterías 18650	1	S/ 210.00		
Adaptador Wifi	1	S/ 35.00		
Convertor AC-DC 5V 10A	1	S/ 49.00		
Cámara PTZ	1	S/ 215.00		
Placa de montaje UMPP320	1	€ 8.00	€ 3.00	41.00
Interruptor diferencial	1	S/ 95.00	-	95.00
Interruptor termomagnético	1	S/ 28.00	-	28.00
Rack de aluminio	1	S/ 8.00	-	8.00
Dispositivo de captura				
Soporte vertical	1	S/ 35.00		35.00
Tubo de aluminio	1	S/ 14.00		14.00
Cable Ethernet 10m	1	S/ 10.00		10.00
Mecanizado				
Doblado tubular	1	S/ 10.00		10.00
Taladrado tubo aluminio (4 agujeros diam. 8)	-	S/ 4.00		4.00
Taladrado de gabinete de control	-	S/ 8.00		8.00
Taladrado soporte vertical (6 agujeros diam 8)	-	S/ 6.00		6.00
Taladrado placa de montaje ()	-	S/ 10.00		10.00
Sujeción y ensamble				
Tuercas M8	12	S/ 0.60	-	7.20
Pernos M8x25	12			
Pernos M3x10	12	S/ 0.30	-	3.60
Tuercas M3	12			
Abrazaderas tipo poste tipo doble media luna	1 par	S/ 60.00	-	60.00
Accesorio de fijación a poste EPF0300	1 par	€ 41.42	€ 15.00	210.30
Total				2122.70

Fuente: Elaboración propia

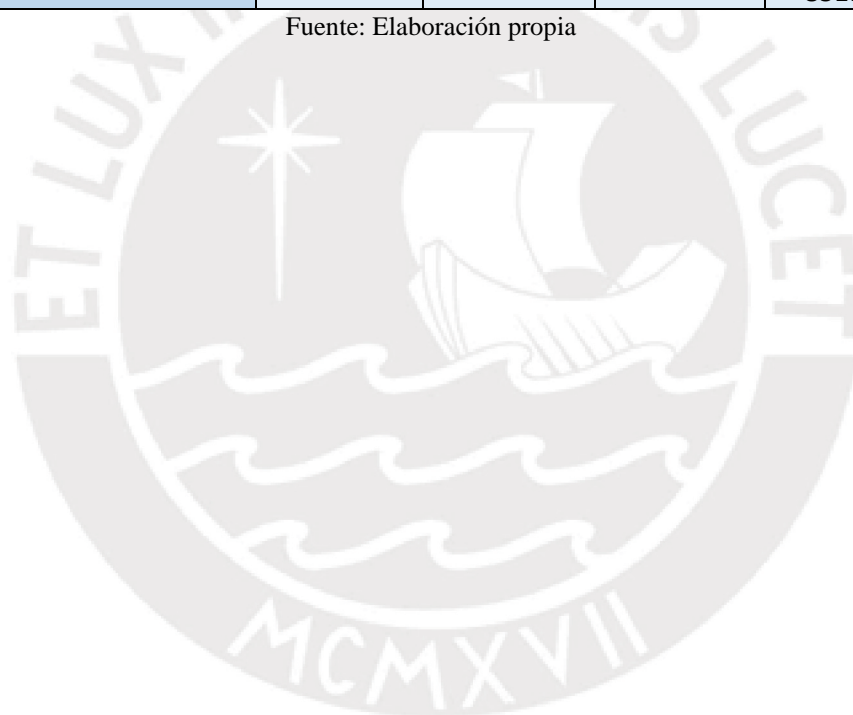
¹ Según precio de importador local (Tienda mía)-Anexo 12

Costo total de dispositivo de comunicación. –

Tabla A8.2 Costos de componentes del dispositivo de comunicación

	Cantidad	Precio Lista Unidad	Costo Importación	Precio total (S/.)
Impresión 3D del case inferior	1	S/. 30	0	30.00
Impresión 3D del case superior	1	S/. 35	0	35.00
Raspberry Pi 3 Modelo B	1	S/. 135	278	773.00
Tiny UPS	1	S/. 115		
Bateria Li-ion 3000mAh - 5V	1	S/. 45		
Conversor AC-DC 5V	1	S/. 25		
Router 4G	1	S/. 175		
Cable ethernet (50 cm)	1	S/. 0.5	0	0.50
LEDs	2	S/. 0.3	0	0.30
Pulsadores	3	S/. 1.5	0	1.50
Cables y soldadura	-	S/. 5	0	5.00
Disipador de calor de aluminio	1	S/. 6	0	6.00
Precio Total				851.30

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 9

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL SISTEMA. -

En la Figura A9.1 se presenta el diagrama de operaciones de uso del sistema del servidor central, el cual consta como primera operación del inicio de sesión por parte del usuario en el entorno del sistema, una vez que las credenciales de usuario y contraseña hayan sido validadas se ingresará dentro del sistema teniendo acceso a la información del flujo de tráfico en los diferentes nodos, así como, a las imágenes que registran las cámaras para, en caso se requiera, ajustar la focalización de visualización.

Como siguiente operación en caso el usuario requiera realizar el calibrado de las cámaras en una determinada posición se podrá seleccionar la opción de calibrado para ajustar el giro horario u antihorario del sistema, así como, la elevación o descenso de la cámara.

En caso que se reciba alertas de falla por parte de algún nodo se podrá reiniciar el dispositivo por si se trata de un error de saturamiento de datos, en caso que el problema perdure el operario deberá contactar con el servicio técnico.

Si se requieren obtener los parámetros de un determinado cruce, con sus respectivas estadísticas de índice de tráfico, se seleccionará la opción de estadísticas.

Para salir del sistema se seleccionará la opción de salida del sistema.

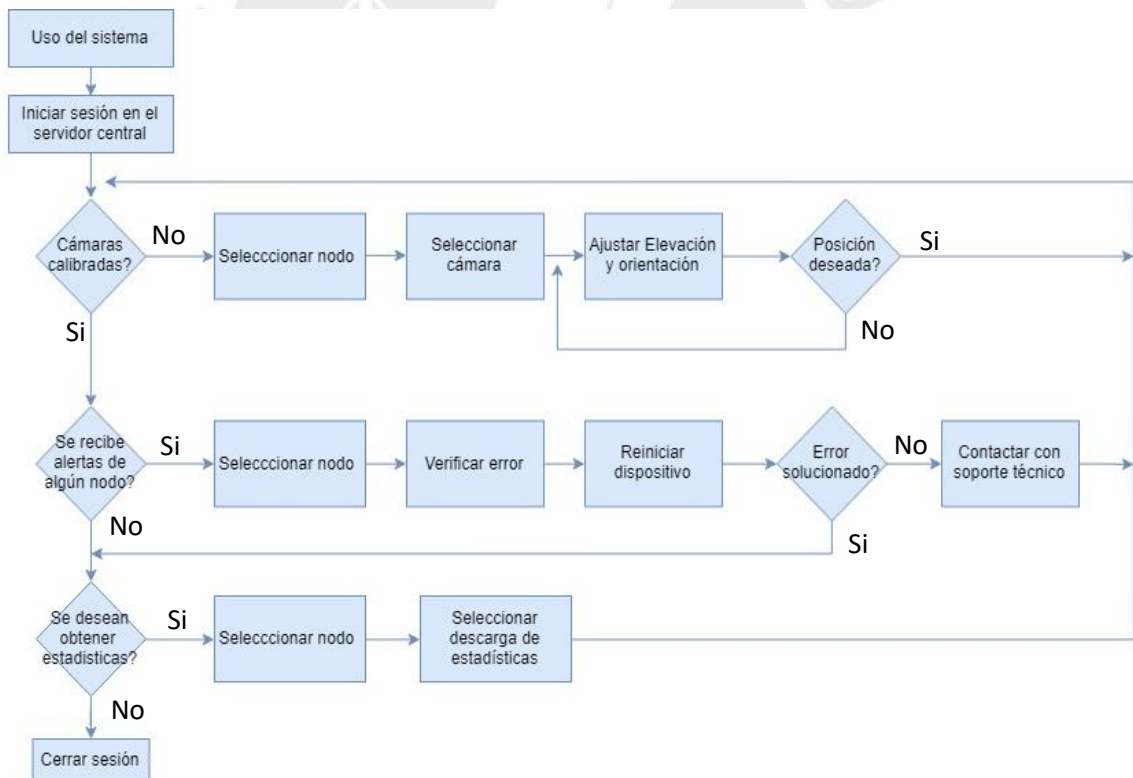


Figura A9.1. - Diagrama de operaciones de uso del sistema del servidor central

Fuente: Elaboración propia

En la figura A9.2. se muestra el diagrama de operaciones de la instalación del sistema, iniciándose con la instalación de las cámaras en su respectivo soporte tipo plano una vez que se encuentren montadas ambas cámaras se procede a montar dicho soporte en la estructura de soporte tipo tubular, colocándose al mismo tiempo el mango tubular de protección, las 3 estructuras son unidas mutuamente con un perno de sujeción.

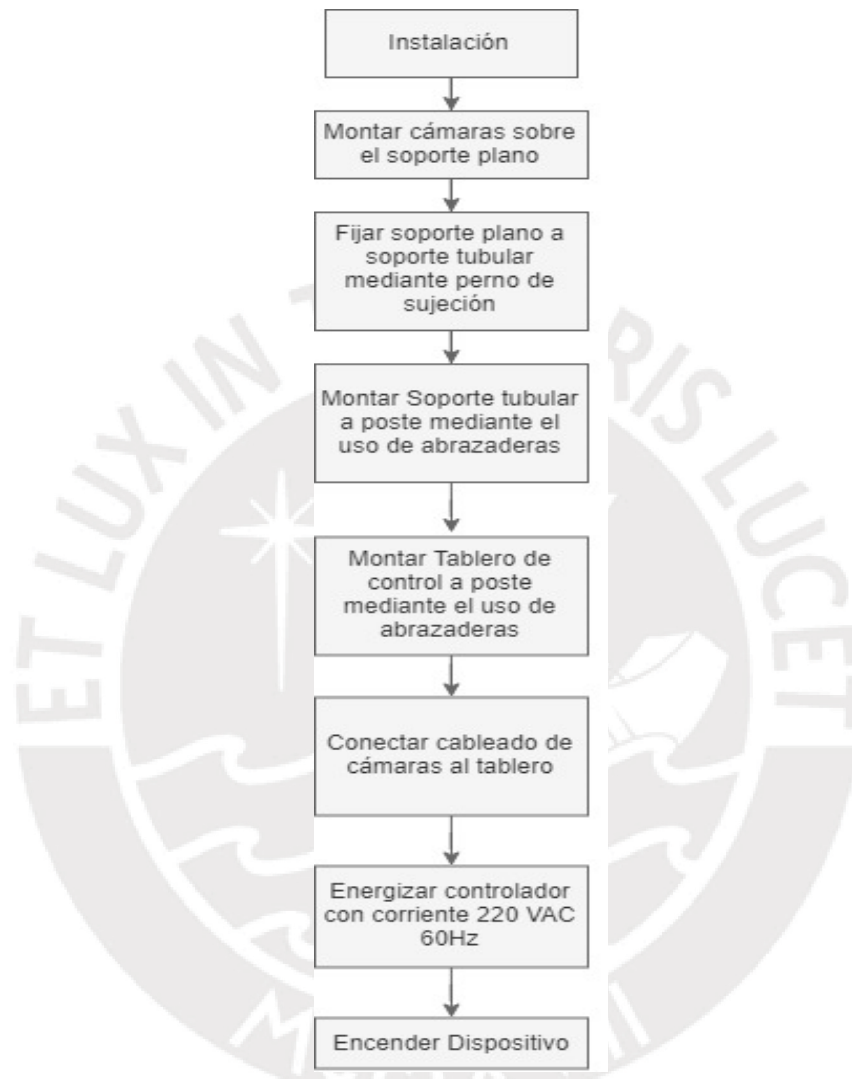


Figura A9.2. - Diagrama de operaciones de la Instalación del sistema

Fuente: Elaboración propia

En la Figura A9.3, se indican las operaciones necesarias para realizar el mantenimiento del sistema, donde dependiendo si es que el equipo al momento de estar conectado emite una señal de falla, se deberá pulsar el botón de parada de emergencia, con lo cual se suspenderán las operaciones del sistema, luego se deberá verificar el conexionado de los componentes del sistema para verificar si existe falla de conexionado. En caso que la falla no se haya sido resuelta se procederá a reemplazar los componentes del sistema hasta verificar que el sistema funcione adecuadamente.

En caso no haya indicaciones de falla del sistema, como parte de un mantenimiento preventivo se realizará la verificación del cableado, verificándose que se no hayan conexiones libres o cables sin cubierta protectora. Luego se procederá a limpiar los componentes de la caja de control a fin de limpiar de partículas de polvo o humo. Una vez realizada dicha limpieza se procederá a limpiar los lentes de las cámaras y del soporte.

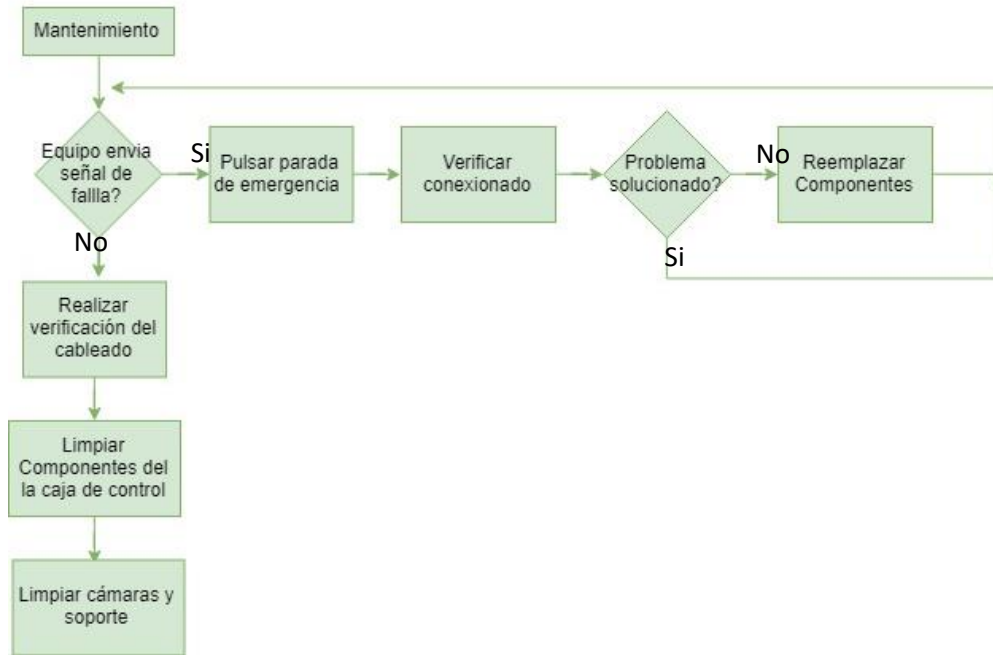


Figura A9.3- Diagrama de operaciones de mantenimiento del sistema
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 10

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA

En la presente sección se presenta el diagrama de flujo general de funcionamiento del sistema, en donde: En la Figura A10.1 se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento del servidor central del sistema. Donde se verificará continuamente si es que el operario selecciona una de las opciones disponibles para calibrar el sistema o visualizar los parámetros del nodo seleccionado. Así mismo, continuamente se estará recibiendo y enviando información respecto al flujo del tráfico de parte de los nodos y hacia los nodos de interés a la vez que se procesará la información recibida.

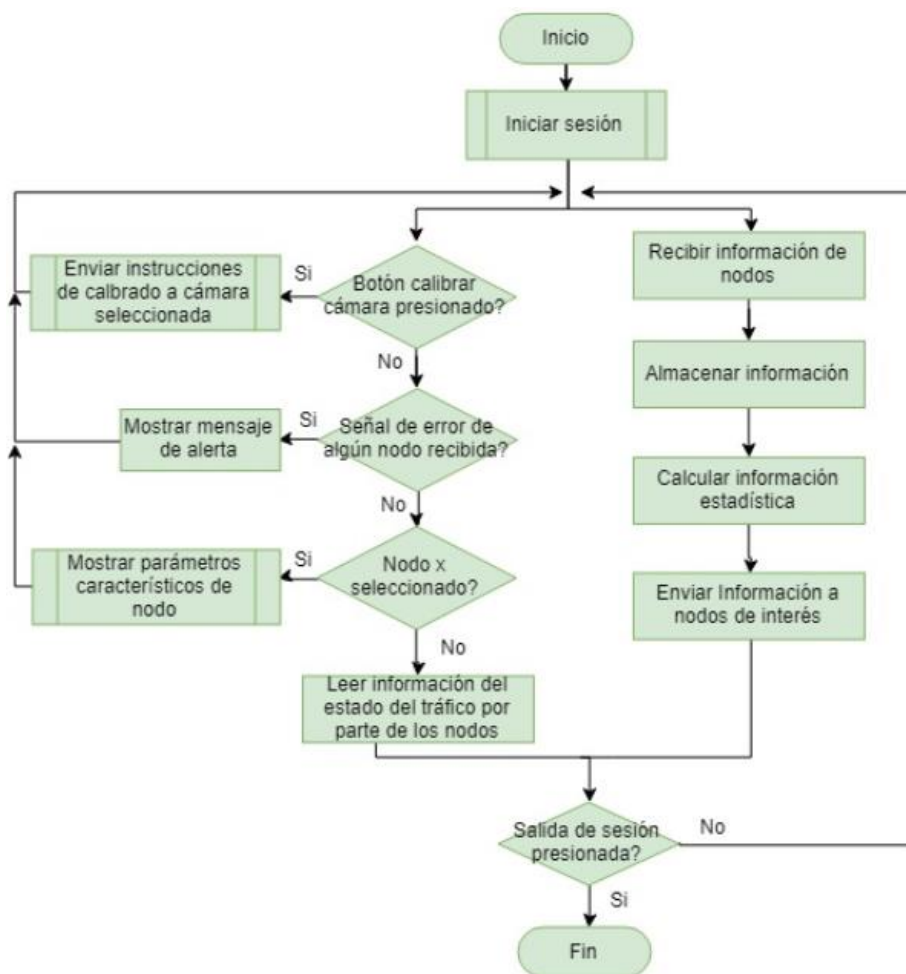


Figura A10.1. - Diagrama de flujo del servidor central del sistema

En la figura A10.2.a y A10.2.b se muestran los subsistemas de enviar instrucciones de calibrado a cámara seleccionada y de mostrar parámetros característicos., los cuales componen al diagrama de flujo principal del servidor central

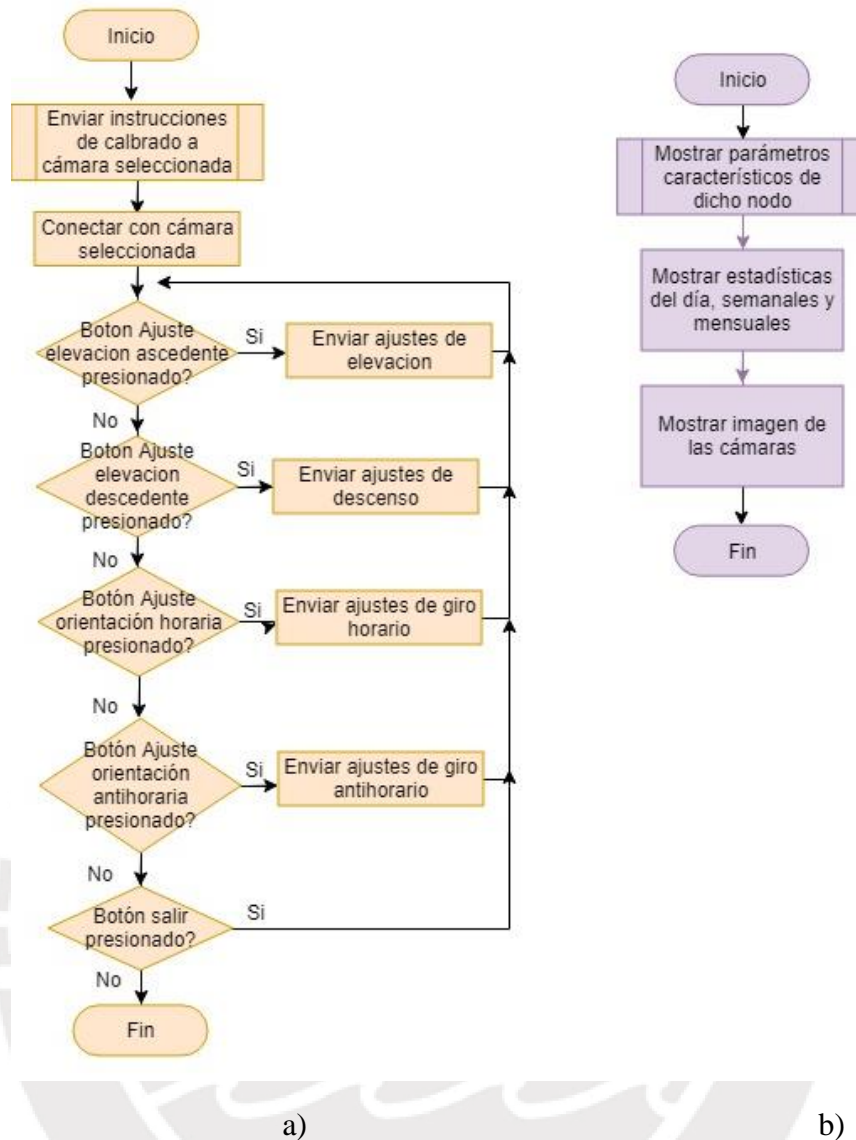


Figura A10.2. Diagrama de Flujo de subsistemas a) enviar instrucciones de calibrado a cámara seleccionada b) Mostrar parámetros característicos

En la figura A10.3. se presenta el diagrama de flujo del equipo de sensado del flujo del tráfico vehicular, en donde para iniciar el proceso se requiere que se presione el botón de inicio. Una vez presionado se conecta al sistema con el servidor central a partir de lo cual se procederá a enviar la información registrada y a recibir la información del estado del tráfico en los nodos aledaños. Al mismo tiempo el sistema verificará si es que recibe instrucciones para realizar el calibrado de las cámaras, en cuyo caso se ajustara la zona de enfocado hacia la zona deseada.

Diagrama de flujo de equipo de captura

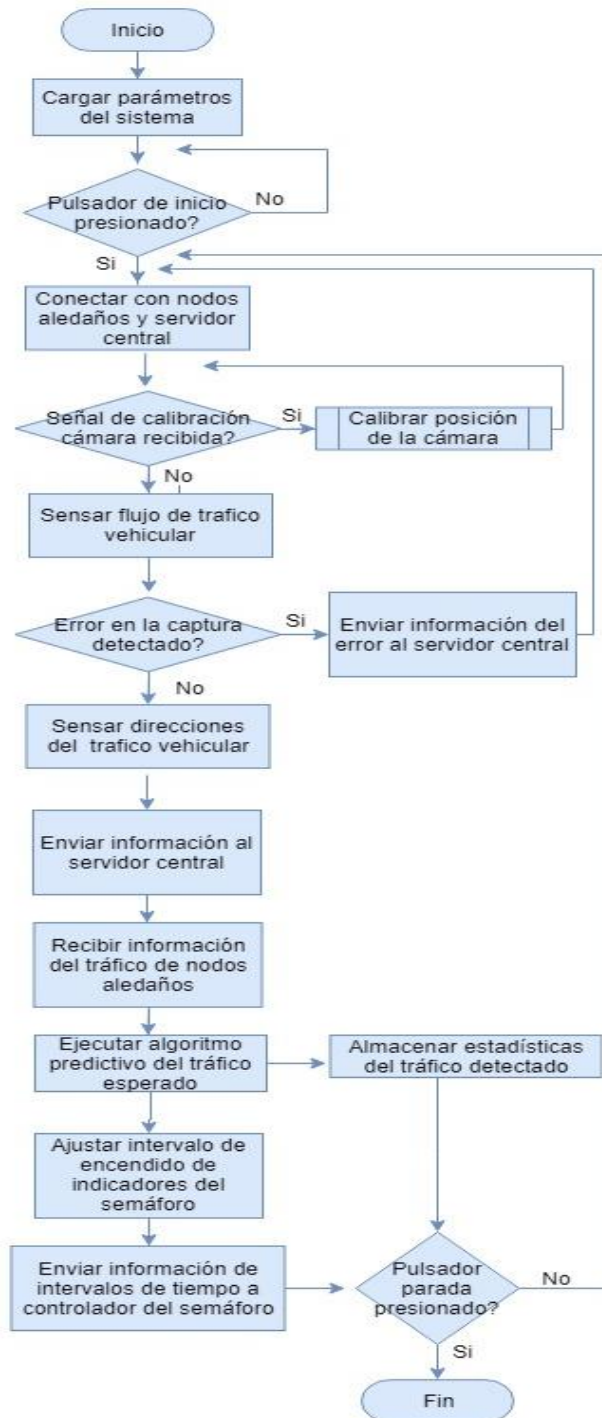


Figura A10.3. Diagrama de flujo del equipo de sensado del tráfico

En la figura A10.4 se presenta la subfunción para poder calibrar la posición de la cámara, ajustando la elevación y la orientación en caso se requiera.

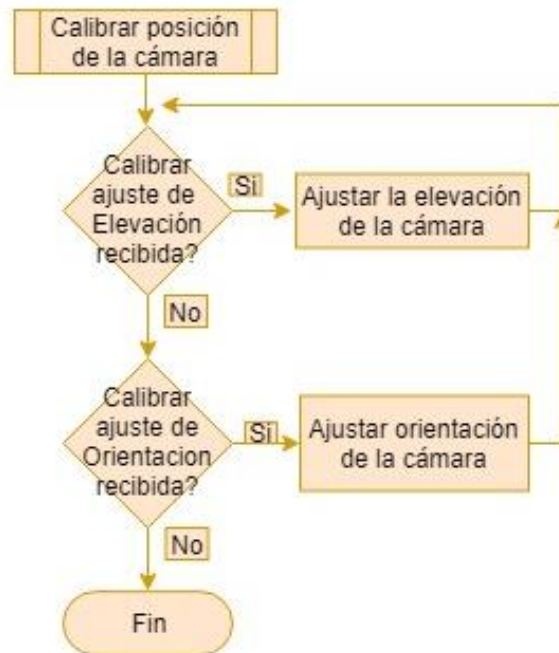
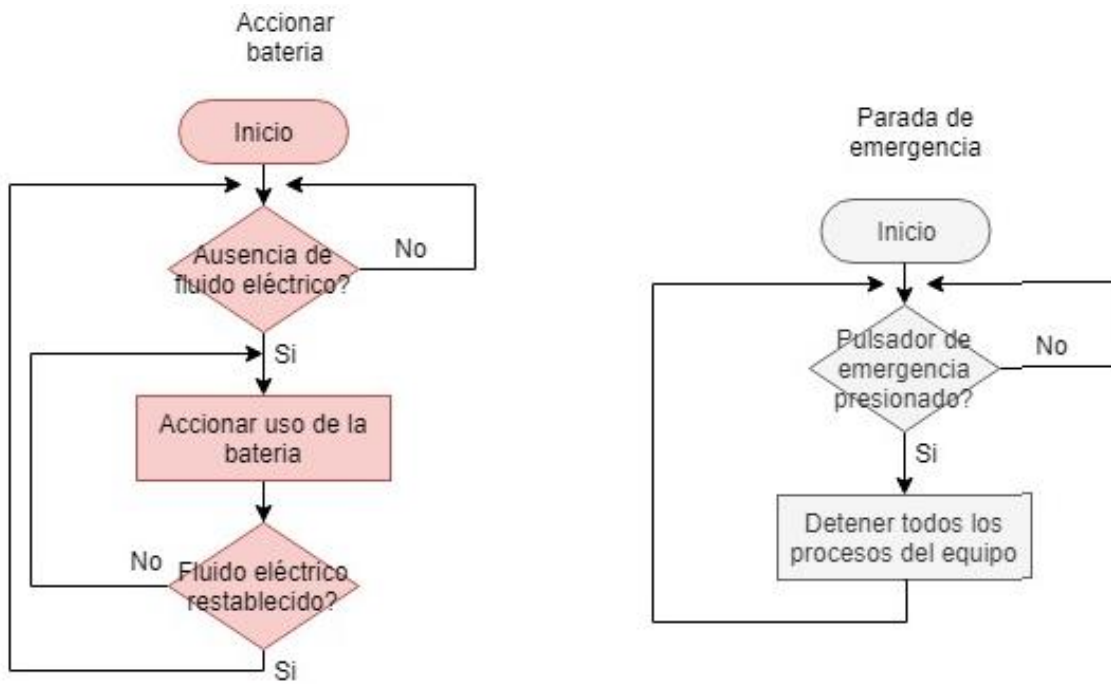


Figura A10.4. Subfunción calibrar posición de la cámara

Finalmente, el sistema cuenta con 2 interrupciones, cuyos diagramas de flujo se pueden apreciar en la figura A10.5.a A10.5.b las cuales son accionar batería y la parada de emergencia, respectivamente. La interrupción accionar batería, se accionará en caso de detecte la ausencia de fluido eléctrico por parte del alimentador primario. En este caso se procederá a hacer uso de la fuente secundaria de energía (uso de batería).

La segunda interrupción se da en caso se presione el botón de emergencia en cuyo caso se detienen todas las operaciones del sistema.



a) **Figura A10.5.** - Interrupciones del sistema a) Accionar batería
 b) Parada de emergencia, y del subsistema
 c) Subfunción calibrar posición de la cámara

ANEXO 11

MONTAJE DEL SISTEMA

En la figura A11.1 se muestra cómo se realizaría el montaje del sistema, junto a sus mecanismos de ajuste.

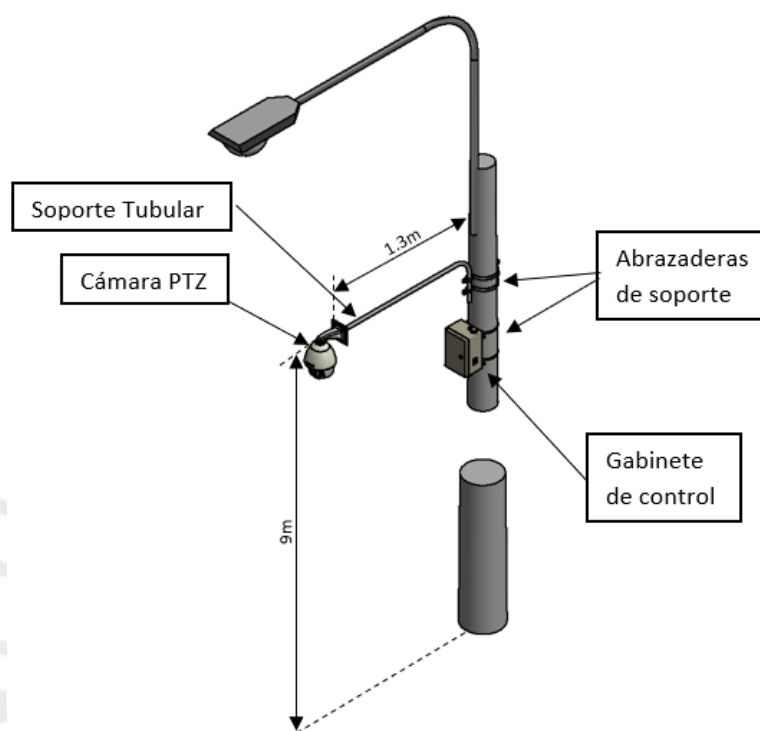


Figura A11.1. – Sistema implementado sobre poste de alumbrado
Fuente: Elaboración propia

En el caso que en la zona aledaña al sector a medir no existan postes de luz disponibles para poder colocar el dispositivo de captura, se tendrá que instalar, como elemento adicional, para el soporte de los componentes del sistema, un poste cónico de acero galvanizado, similar al mostrado en la figura A11.2. el cual estará fijado al suelo por medio de uniones atornilladas.

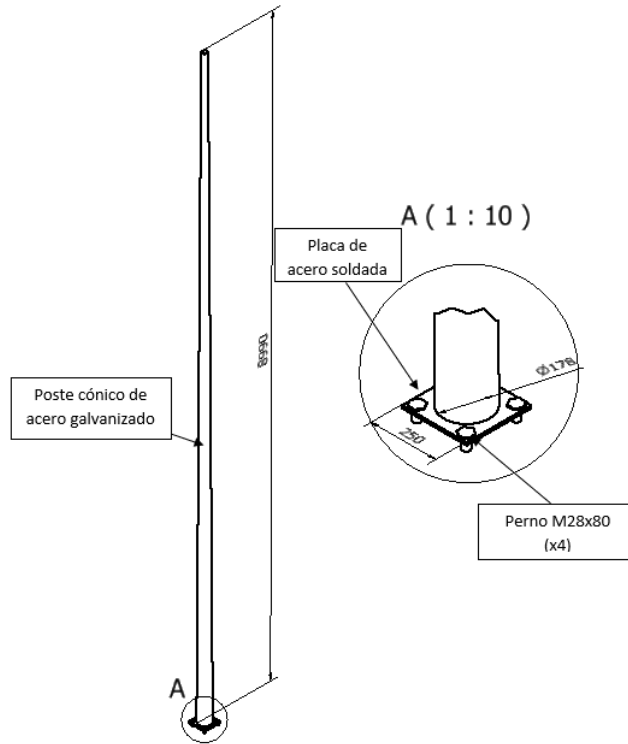


Figura A11.2. - Soporte auxiliar para la fijación del sistema de captura
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 12

PRECIOS DE ARTÍCULOS.

Convertor AC-DC 5V -10A

50W

5V 10A



YETAIDA 5V 10A Universal DC Power Supply Low Voltage Regulated Switching Power Supply 100-240v 50 60hz for CCTV Camera

by **YETAIDA**
 ★★★★★ 2 customer reviews

Price: **\$12.99**

Size: **DC 5V 10A (50W)**

DC 5V 5A (25W) \$9.99	DC 5V 10A (50W) \$12.99	DC 5V 30A (150W) \$17.59	DC 24V 5A (120W) \$15.59
DC 24V 10A (240W) \$16.49	DC 24V 20A (480W) \$29.99		

- ♥ 5V DC Power supply : Universal Input: AC 110V-220V Switchable; Output : DC 5V 10A; Maximum Power : 50Watts
- ♥ Smart device surge protection : Shortage, Overload, Over Current, Over Voltage Protection.
- ♥ High Quality : Passed the CCC / Rohs /CE Certification ;IN-DOOR USE ONLY! Non-waterproof !
- ♥ Widely Used : High quality switching power supply widely used in LED Strip, LED Display, Audio Power Amplifier, LED Lighting, Light Box Billboard, etc
- ♥ 24 Hours Reply : Pls feel free to contact us if you have any question.

[Compare with similar items](#)

[New \(1\) from \\$12.99 Details](#)

Roll over image to zoom in

Fuente.- Amazon

Tubo de aluminio



S/ 54.89

- 1 +

Agregar

Retiro en tienda Disponible Ver tiendas

Despacho a domicilio Disponible Calcula tu despacho

Métodos de pago:



Compartir este producto:



Fuente. - PROMART

UPS T200

T200 18650 UPS&Power Management Shield



Note: **Not include** Jetson Nano, T200-A1 Board and 18650 batteries

NVIDIA Jetson Nano 18650 UPS (5.1V Max. 8A Output) & Power Management Expansion Board T200 Shield for NVIDIA Jetson Nano Developer Kit (Only T200 Shield)

by [Geekworm](#)

Price: **\$48.89**

Color: **Only T200 Shield**



- Important Note: 1. The Jetson Nano, T200-A1 board and 18650 batteries are all not included in the packing list. 2.Wiki for reference: raspberrypiwiki.com/index.php/T200
- T200 is a 18650 UPS HAT Shield with 5.1V 8A Output for NVIDIA Jetson Nano Developer Kit, it provides smart and powerful uninterruptible power supply and Safe power management for Jetson Nano, can work with two or three or four 18650 Lithium Ion batteries(not included).
- Smart and powerful Uninterruptible Power Supply (UPS) - Provides continuous operations for up to 10~30hours (depending on battery type and qty used) - Max 5.1V 8000mA Power Backup for even the most demanding Jetson Nano set ups - On-board 4 green LEDs indicate battery charging and discharging levels of 25%, 50%, 75% and 100% - On-board blue LED show the status of power on/off
- On-board push button to control power on /off (Press-ON, Hold the button pressed at least 3s -OFF) - Automatic powering off when system shutdown - On-board pin header to enable auto power-on when power supplied or battery installed

Fuente.- Amazon

Jetson Nano



Seed Studio NVIDIA Jetson Nano Developer Kit

by [seed studio](#)



2 customer reviews

Price: **\$99.00**

Free Amazon product support included

Color: **Jetson Nano Developer Kit**













- 128-core NVIDIA Maxwell GPU
- Quad-core ARM A57 CPU
- 4 GB 64-bit LPDDR4
- 10/100/1000BASE-T Ethernet

New (5) from \$99.00 [Details](#)

Fuente.- Amazon

Costo de componentes dispositivo de comunicación

Producto	Cantidad	Eliminar	Valor Unitario	Valor Total
 <p>Raspberry Pi 3 Model B Motherboard Peso: 0.506 kg Express</p>	- 1 +		S/ 135	S/ 135
 <p>TinyUPS Tiny Fully Functional UPS Peso: 0.225 kg Tiempo de entrega: 20-25 días hábiles, para toda la orden</p>	- 1 +		S/ 115	S/ 115
 <p>ACDC 5V 15A 10W Power Supply Buck Converter Step Down Module High Quality USA Peso: 1.595 kg</p>	- 1 +		S/ 25	S/ 25
 <p>TPLink N150 Wireless 3G4G Portable Router with Access PointWISPRouter Modes Peso: 0.795 kg</p>	- 1 +		S/ 175	S/ 175
 <p>37V 3000mAh 407090 Lipo Battery Rechargeable Lithium Polymer ion Battery Pack with... Peso: 0.225 kg Express</p>	- 1 +		S/ 45	S/ 45

NUEVO Retiro en Pickup Centers en Pueblo Libre, Lima GRATIS



Tu pedido tiene **Garantía de Entrega**

Si tienes un cupón de descuento, ingresa el código aquí.

Aplicar cupón

Envío a Miami **GRATIS**
 Subtotal en USA S/ 495
 Tax Interno S/ 47
 Envío a Perú S/ 14
 Costo por kilo (3.346 kg) **25% OFF** S/ 224
 30% OFF a partir del 3er kg - S/ 7
Mejor Precio Subtotal: S/ 773

Fuente: TiendaMia

Tablero de control



UCP320 ELDON Wall mounted, 315x215x170

★★★★★ 0/5 - 0 Opiniones

Reference: UCP320

Manufacturer: ELDON

Checking availability
28%

Description:
Wall mounted, 315x215x170

Categories:

Polyester Uniplast enclosures

* Brand new product in its original packaging covered by the warranties and certifications provided by ELDON

Unit price: 75,03 €

[Special discounts for registered customers.](#)

[Login or register and prices will be updated.](#)

Calculate price by quantity

1 - +

Quantity Price

1+ 75,03 €

3+ 65,80 €

6+ 61,37 €

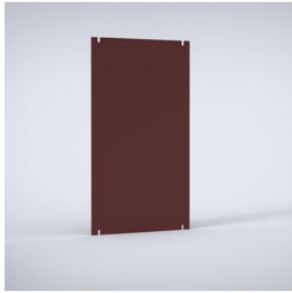
8+ 60,04 €

11+ 58,95 €

*This price is per unit and is the net value (not including taxes if applicable).

Fuente: Distribuidor electric automation network

Soporte de componentes



UMPP320 ELDON Mounting plate, 315x215 UMPP320

★★★★★ 0/5 - 0 Opiniones

Reference: UMPP320

Manufacturer: ELDON

Available Ship today

Description:
Mounting plate, 315x215 UMPP320

Categories:

Polyester Uniplast enclosures

* Brand new product in its original packaging covered by the warranties and certifications provided by ELDON

Unit price: 8,03 €

[Special discounts for registered customers.](#)

[Login or register and prices will be updated.](#)

Calculate price by quantity

1 - +

*This price is per unit and is the net value (not including taxes if applicable).

Add to cart

If our price is not the best, please ask us for

Fuente: Distribuidor electric automation network

Dispositivo de fijación a poste



EPF0300 ELDON Enclosure pole fixation, 300 EPF0300

★★★★★ 0/5 - 0 Opiniones

Reference: EPF0300

Manufacturer: ELDON

Available Ships out in 2 days

Description:
Enclosure pole fixation, 300 EPF0300

Categories:

Steel Wall Mounting Enclosures

* Brand new product in its original packaging covered by the warranties and certifications provided by ELDON

Unit price: 41,42 €

[Special discounts for registered customers.](#)

[Login or register and prices will be updated.](#)

Calculate price by quantity

1 - +

*This price is per unit and is the net value (not including taxes if applicable).

Add to cart

If our price is not the best, please ask us for

Fuente: Distribuidor electric automation network

Prensaestopa de 32 mm



CPG32 ELDON Pasacables plástico M32, 20 u. CPG32

★★★★★ 0/5 - 0 Opiniones

Referencia: CPG32

Fabricante: ELDON

Disponible Envío en 9 días

Descripción:
Pasacables plástico M32, 20 u. CPG32

Categorías:

Accesorios generales

* Producto nuevo en su embalaje original con todas las garantías y certificaciones de ELDON

Precio unitario: 33,06 €

[Descuentos adicionales para clientes registrados.](#)

[Regístrese y los precios se actualizarán automáticamente.](#)

Calcule su precio por cantidad

1 - +

*Este precio es por unidad y muestra el valor neto (no incluye impuestos indirectos si son aplicables).

Añadir al carro

Fuente: Distribuidor electric automation network

Prensaestopa de 16mm



**2024756 OBO BETTERMANN
PRENSAESTOPAS V-TEC
PG16 GRCL**

★★★★☆ 0/5 - 0 Opiniones

Referencia: V-TEC PG16 LGR
Código: 2024756
Fabricante: OBO BETTERMANN
Unidades por embalaje 25

Disponible Envío en 6-7 días

Descripción:
PRENSAESTOPAS V-TEC PG16 GRCL

Categorías:

* Producto nuevo en su embalaje original con todas las garantías y certificaciones de OBO BETTERMANN

Precio total: 18,47 €
Precio unitario: 0,74 €
[Descuentos adicionales para clientes registrados.](#)
[Regístrese y los precios se actualizarán automáticamente.](#)

Calcule su precio por cantidad

25 - +

*Este precio es por unidad y muestra el valor neto (no incluye impuestos indirectos si son aplicables).

Añadir al carro

Si nuestro precio no es el mejor solicitenos presupuesto

Fuente: Distribuidor electric automation network

Interruptor Diferencial



Compartir
Descargar ficha técnica

Interruptor Diferencial Easy9 MCB 2x25A
Schneider Electric | SKU: 36341

Vendido por: **Promart**

Ahora **S/ 95**

Disponibilidad

Ver tiendas para retiro
Calcular despacho
Consultar stock


1 **Agregar**

VISA MasterCard American Express Diners Club oh!

Métodos de pago disponibles para este producto.

Fuente: Promart

Interruptor termomagnético



Compartir
Descargar ficha técnica

Interruptor Termomagnético Easy 9 MCB 2x25A
Schneider Electric | SKU: 36332

Vendido por: **Promart**

Ahora **S/ 27.90**

Disponibilidad

Ver tiendas para retiro
Calcular despacho
Consultar stock

1 **Agregar**

VISA MasterCard American Express Diners Club oh!

Métodos de pago disponibles para este producto.

Fuente: Promart

Juego de Pernos y tuercas M8



Compartir
 Descargar
 ficha técnica

Perno hexagonal NC-5.8 M-8 x 4 unidades0 más tuerca x 4 unidades

Acrimsa | SKU: 79733

Vendido por: **Promart**

Ahora
S/ 2.30

Disponibilidad

Ver tiendas
 para retiro

Calcular
 despacho

Consultar
 stock

- 1 +

Agregar

VISA MasterCard American Express Diners Club oh! PayPal

Métodos de pago disponibles para este producto.

Fuente: Promart

Bateria 18650



Me gusta Compartir

4X 18650 Battery 5800mAh 3.7V Rechargeable Battery 1X Charger For LED Flashlight

(4X 18650 Battery 5800mAh 3.7V Rechargeable Battery 1X Charger For LED Flashlight)

Este producto tiene **Garantía de Entrega**

Disponibilidad: **En stock**

Unidades disponibles: **more than 10 available**

Unidades vendidas: **1.651**

Tipo de publicación: **Compra Inmediata**

Condición: **Nuevos**

Marca: **SKYWOLF EYE**

Peso con empaque: **1.495 kg**

Peso puede ser incorrecto.

Producto **SIN devolución**

Vendedor: **lucky-168**

Producto de: **Ebay**

Ver tienda en: **Seleccionar idioma**

Precio: ~~S/ 49~~
 Ahorras: **S/ 14 (25%)**

S/ 35

Mismo precio que en eBay

Hay 21 personas viendo este producto ¡Quedan pocas unidades!

Envío a Peru

ENVÍO INTERNACIONAL

GRATIS

Producto sin impuestos en tu país

Hasta en 12 cuotas

Cantidad:

VISA MasterCard PayPal

Comprar

Agregar al carrito

Fuente: Ebay

Convertor AC-DC



SUPER OFERTA Block



Pasa el mouse para ver la imagen ampliada

Me gusta Compartir

SIN IMPUESTOS TCS

Pasow AC 110/220V DC 5V 10A 50W LED Strip Light Switching Power Supply Adapter (5V, 10A)

(Pasow AC 110/220V DC 5V 10A 50W LED Strip Light Switching Power Supply Adapter (5V, 10A))

★★★★★ 8 Calificaciones

Ver aquí **tabla de talles**

Color - **10A**

12A 5A **10A** 15A

Este producto tiene **Garantía de Entrega**

Express

* Recibe este producto de 5 a 9 días hábiles

Disponibilidad: **Solo 7 en Stock.**

Marca: **PASOW en Peru**

Peso con empaque: **0.415kg**

Producto con **devolución**

Producto de: **amazon**

Ver tienda en: **Seleccionar idioma**

Precio: ~~S/ 55~~
 Ahorras: **S/ 6 (9%)**

S/ 49

Mismo precio que en Amazon

Hay 24 personas viendo este producto ¡Quedan pocas unidades!

Envío a Peru

ENVÍO INTERNACIONAL

GRATIS

Producto sin impuestos en tu país

Hasta en 12 cuotas

Cantidad:

VISA MasterCard PayPal PagoEfectivo

Comprar

Agregar al carrito

Fuente: Amazon

Adaptador WIFI



SUPER OFERTA Black

SIN PRECISOS TCS

EDUP Wifi Adapter Ac600Mbps Wireless Usb Adapter 5ghz /2.4ghz Dual Band 600mbps Usb Adapter 2dBi External Antennas Supports Windows Xp Win Vista Win 7 Win 8.1 Win 10 Mac Os X 10.7 -10.14

(EDUP Wifi Adapter Ac600Mbps Wireless Usb Adapter 5ghz /2.4ghz Dual Band 600mbps Usb Adapter 2dBi External Antennas Supports Windows Xp Win Vista Win 7 Win 8.1 Win 10 Mac Os X 10.7 -10.14)

★★★★★ 3,899 Calificaciones

Color - 600Mbps Dual Band Wifi Adapter for Computer



Este producto tiene **Garantía de Entrega**

* Recibe aproximadamente entre 10 y 15 días hábiles, seleccionando al finalizar tu compra envío normal

IMPORTANTE: Ten en cuenta que por la normativa

Pasa el mouse para ver la imagen ampliada

Me gusta Comparar

Precio: S/49
Ahorras: S/ 14 (25%)

S/ 35
Mismo precio que en Amazon
Hay 12 personas viendo este producto ¡Quedan pocas unidades!

Envío a Perú

ENVÍO INTERNACIONAL GRATIS

Producto sin impuestos en tu país
 Hasta en 12 cuotas

Cantidad:

Comprar

Agregar al carrito

Fuente: Amazon

Componentes a importar

	2019 Upgraded Full HD 1080P Security Surveillance Cameras Outdoor Waterproof... Peso: 0.869 kg 	- 1 +		S/ 215	S/ 215
	Generic 40x28mm Cooling Fan Replace GM1204PQV18A Maglev Cooling Fan 40mm... Peso: 0.225 kg 	- 1 +		S/ 49	S/ 49
	Geekworm NVIDIA Jetson Nano 18650 UPS 51V Max 8A Output amp Power Management... Color: Only T200 Shield Peso: 0.225 kg 	- 1 +		S/ 175	S/ 175
	4X 18650 Battery 5800mAh 37V Rechargeable Battery 1X Charger For LED Flashlight Peso: 1.495 kg	- 1 +		S/ 35	S/ 35
	Pasow AC 110220V DC 5V 10A 50W LED Strip Light Switching Power Supply Adapter 5V 10A Color: 10A Size: 5 Volt Peso: 0.415 kg 	- 1 +		S/ 49	S/ 49
	EDUP Wifi Adapter Ac600Mbps Wireless Usb Adapter 5ghz 24ghz Dual Band 600mbps Usb... Color: 600Mbps Dual Band Wifi Adapter for Computer Peso: 0.225 kg	- 1 +		S/ 35	S/ 35

NUEVO Retiro en Pickup Centers en Pueblo Libre, Lima GRATIS

Tu pedido tiene **Garantía de Entrega**

Esta promoción no es acumulable con otros cupones.

Envío a Miami **GRATIS**
Subtotal en USA S/ 558
Tax Interno S/ 53
Envío a Perú S/ 14
Costo por kilo (3.454 kg) **25% OFF** S/ 231
30% OFF a partir del 3er kg - S/ 9
Descuento Blackfriday - S/ 14

Mejor Precio Subtotal: S/ 833


Fuente: TiendaMia

Jetson Nano

	NVIDIA Jetson Nano Developer Kit Peso: 0.324 kg  Express	- 1 +		S/ 349	S/ 349
---	---	-------	---	--------	--------


NUEVO Retiro en Pickup Centers en Pueblo Libre, Lima GRATIS

 Tu pedido tiene **Garantía de Entrega**

Orden disponible para Envío  **Express**

Esta promoción no es acumulable con otros cupones.

Envío a Miami	GRATIS	
Subtotal en USA	S/ 349	
Tax Interno	S/ 33	
Envío a Perú	S/ 14	
Costo por kilo (0.324 kg)	25% OFF	
Descuento Blackfriday	- S/ 14	

Mejor Precio Subtotal: S/ 404 

O en 12 cuotas desde: S/ 34

Finalizar compra

Continúa comprando y ahorra en tu envío

¡Cuotas sin interés con Visa y Diners Club!
Procesado por Mercado Pago



¡Hasta en 12 cuotas!

Tarjetas internacionales a través de **PayPal**

Transferencias y depósitos bancarios por PagoEfectivo (hasta 48 hrs)



Fuente: TiendaMia



ANEXO 13
TRABAJO REALIZADO



Traffic Parameters Adquisition System using Faster R-CNN Deep Learning based algorithm

Miguel Zinanyuca
Department of Engineering
Pontifical University Catholic of Perú
Lima, Perú
m.zinanyuca@pucp.edu.pe

Diego Arce
Department of Engineering
Pontifical University Catholic of Perú
Lima, Perú
Diego.arcec@pucp.edu.pe

Abstract—Traffic parameters survey is important for proper control of traffic lights on the roads. Computer vision is one of the tools that offer greater advantages and lower cost compared to other alternatives. Particularly among the computer vision algorithms, the use of Deep Learning stands out against the traditional methods of image processing, due to the varying conditions of the environment. In the present paper, vehicle detection is performed by using a Deep Learning based algorithm, running the system trained under different environments for which the system was not trained. Later, an area of interest is defined in the image to be analyzed where, based on the detected vehicles, the necessary parameters of each of the routes of interest will be obtained. The parameters detection includes obtaining the queue lengths, estimating the average number of passengers in the region of interest and detecting the number of vehicles detected according to their type.

Keywords—Deep Learning, Intelligent Transportation System, Traffic Parameters Survey

I. INTRODUCTION

Traffic condition estimation is an important process for describing the level of congestion on the roads. Such information allows to adjust and improve traffic control and management in cities according to the parameters measured [1]. The traffic condition is estimated by measuring parameters such as queue lengths, area occupancy, density, etc. This process being performed manually or automatically can obtain estimates of traffic status. To obtain the traffic data automatically, different technologies are used. Among the traditionally used sensors are the fixed sensors, such as inductive loop detectors and magnetic sensors; and overhead sensors, such as video detectors, microwave radar sensors, infrared sensors, ultrasonic sensors and LIDAR [2].

Among the technologies mentioned previously, video detection systems stand out, due to less installation requirements, less maintenance and cheaper sensor acquisition costs, and at the same time they allow to obtain a greater amount of traffic parameters [1]. In image processing techniques for vehicle detection, computer vision methods based on morphological operations were traditionally used, centered on the subtraction of the background and obtaining its characteristics [3-7]. However, in recent years there has been further development and improvement in detection adaptability using Deep Learning that has brought better results. Particularly in vehicular detection in avenues, due to the varying conditions of the detection environment, the use of Deep Learning stands out. This technique offers greater detection capacity under variable lighting environments or with the presence of noise, which is not easily replicable under

traditional methods of image segmentation because it is mostly functional only under certain special lighting conditions and not in the presence of noise [8].

This paper proposes a vehicle detection method using an identification algorithm based on Deep Learning, applied to a main road in Lima, Peru, along which vehicles of various types and dimensions circulate. From the data of vehicle detection obtained, the traffic parameters of the analyzed road will be obtained. By means of the vehicle count, the traffic queues will be estimated taking into account their estimated horizontal projected area, their queue lengths and the average number of passengers transported will be counted according to the transport capacity of each vehicle. The system developed could be implemented in the road crossings where there the traffic light controller could be used for the optimization of traffic light times, being calibrated in real time according to the priority of the number of vehicles and people transported per unit.

The article is organized as follows: Section II describes the methodology followed for vehicle detection and identification; Section III presents the experimental results obtained from the case of study; Section IV presents the conclusion of this study and Section V presents the future work to be developed.

II. BACKGROUND ANALYSIS

A. Deep Learning

Deep learning is defined as a type of machine learning that have emerged to try to simulate the way in which a brain learns through patterns that are not readily apparent for a machine [21]. It stands out because it is not conditioned by previously programmed rules, but rather the system itself is capable of learning to perform a task through a previous training phase. At the same time, it is also characterized by being composed of artificial neural networks intertwined for the processing of information. The algorithms that make up a Deep Learning system are found in different neural layers composed of weights [9].

B. Detection algorithms Based on Deep Learning

Detection algorithms are usually divided into two-stage algorithms and single-stage algorithms. Where generally two-stage algorithms, such as, R-FCN and Faster R-CNN have higher detection accuracy, however, they are slower having a detection speed lower than 1 FPS. Unlike them, single-stage algorithms such as Yolo, SSD, Retinanet, have a speed between 3.59 to 14.15 FPS but have lower detection

accuracy [4]. Previous studies include the comparison of neural network models [8], and particularly their application in vehicle counting methods based on convolutional neural networks (CNN) [10-11]. Based on the previous works reviewed, in the improvement of the detection efficiency of the algorithms, the present paper will focus on the acquisition of traffic parameters by using a Deep Learning based detection algorithm.

C. Faster R-CNN

Faster R-CNN is a convolutional neural network (CNN) based meta-architecture, being one of the fastest two-stage techniques, which makes the inference process more efficient, since the number of objects and classes is not a significant factor in its performance. In Faster R-CNN the detection occurs in two stages. The first is a Region Proposal Network (RPN), which is responsible for selecting potentially occupied image patches, while the second is a Fast R-CNN subnet, where a set of box proposals from the first stage is classified. Although the two-step procedure makes it slower than single-shot approaches (e.g. SSD, YOLO), its accuracy in detecting objects is considerably better [12]. Since we require more accuracy than speed to properly obtain the parameters, it was decided to use this architecture.

III. METHODOLOGY

The methodology followed is detailed in Figure 1 [13]. Each of the stages is described in detail in the following subsections.

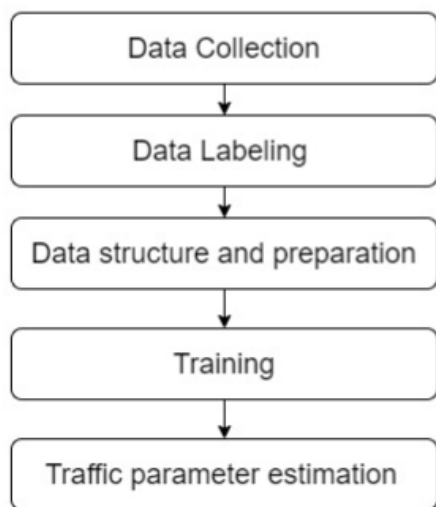


Figure 1. Flowchart of the methodology followed

A. Data collection

The images were obtained from video recordings of the analyzed route. The route analyzed was the Universitaria Avenue at the intersection with Bolivar Avenue the video was acquired from 18:00 to 20:00, prioritizing an area where the flow of vehicles is clearly visualized as shown in Figure 2. Using the Free Video JPG Converter software, images were obtained every 1 second. More than 3000 images were collected, each containing between 4 to 15 vehicles per image, of which 600 images were used for training. The images were intentionally acquired at night in order to later test the detection model obtained under other contexts for which the system was not trained.



a)



b)

Figure 2. Sample image used for training: a) Sample Image taken; and b) Intersection map image

B. Data labelling

Each one of the images were labeled according to the types of vehicles contained in the image, classifying the total of images in 11 groups according to the dimensions occupied. The classes were: Car, LTruck, STRuck, SBus, MBus, LBus, Motorcycle, SVan, LVan, SUV and PickUp. For example, SBus was the small sized bus like a Coaster, Mbus was the medium sized bus and LBus was the long bus. The images were labeled with the program Labeling (Figure 3). In total, 3060 items were labeled in 600 images. With the labelling, an XML file is created containing the coordinates of each bounding box with its respective label.

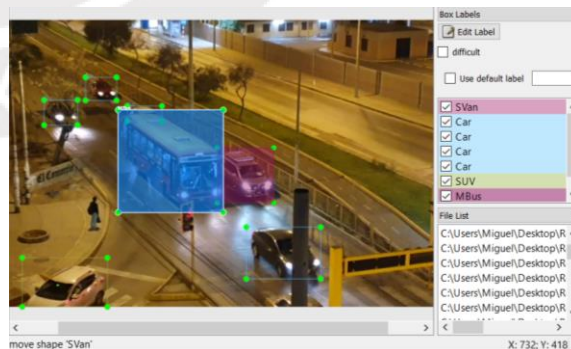


Figure 3. Data labelling process

C. Data structure and preparation

The working environment was configured at first. The Anaconda programming environment, Tensorflow and the Jupyter, Matplotlib, Pandas, OpenCV and Python libraries were installed.

Once the working environment was configured, 80% of the images were used to train the system and the remaining 20% were used for testing. Then the XML files of each group of images were converted to CSV files that contain a list with each image and the coordinates of their corresponding bounding boxes for each group of images. The system was trained with a pre-trained model of Tensorflow called faster_rcnn_inception_v2_coco_2018_01_28.

D. Training

For the training process, an I7-8750h computer was used, with 8 GB Ram and a GTX 1060 GPU. The system was trained by performing 175,000 global step iterations, starting from a loss of 1 to reach an average accuracy of 0.05 at the end. the training time lasted about 12 hours. Figure 3 shows the graphs of the reduction in losses by classification loss and by location loss vs. the number of iterations performed.

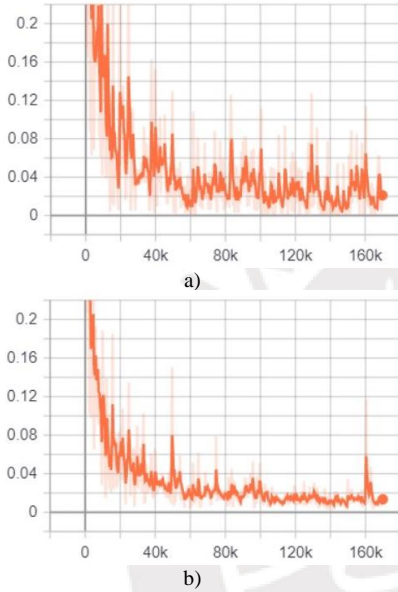


Figure 4. Variation in accuracy according to iterations: a) classification loss; and b) detection loss

E. Traffic parameters estimation

The traffic parameters to be obtained will be the traffic queues by occupied area and length, the counting of the numbers of vehicles according to type, the number of vehicles by type and the average number of passengers transported. The flowchart of the deep learning-based algorithm is shown in Figure 5.

This process starts with the implementation and use of the trained detection algorithm with which the vehicles labeled in the image are detected. From each vehicle, the coordinates of the bounding box around it, are obtained.

The selection of the area of interest (ROI) is made, which in this case would be the road or street where the traffic parameters are required. After that, the number of lanes present in the region of interest is specified in the system. The coordinates of each road are obtained according to the coordinates of the ROI's edges.

The system will verify if the detected vehicle is within the area of interest, in which case all vehicles of each class will be counted.

Three measurements were performed, using the number of vehicles detected, estimating the average number of passengers transported, the lengths of the queues and the area occupied by the vehicles on each track.

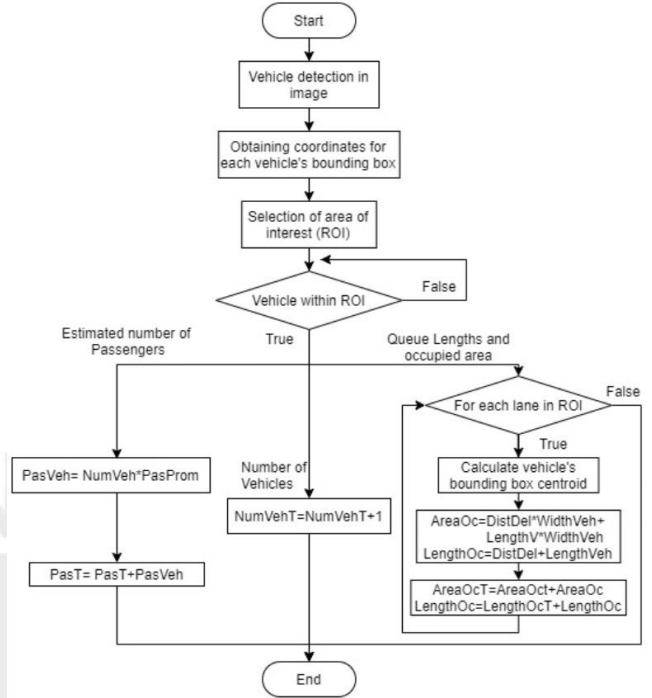


Figure 5. Traffic parameters Flow chart algorithm

1) Measurement of queue lengths and occupied area

Queue lengths are defined as a line of vehicles waiting due to traffic control, bottlenecks or other [14]. This is an important measurement parameter since the longer the queue length, the speed of subsequent vehicles is reduced, increasing vehicle congestion [15]. In the present paper the centroid of each vehicle bounding box is obtained for its calculation by:

$$\text{return}_{data} = [\text{Name}_{Class}, X_{min}, X_{max}, Y_{min}, Y_{max}, \text{Conf}]$$

Where: X_{min} : minimum x-coordinate, X_{max} : maximum x-coordinate, Y_{min} : minimum y-coordinate, Y_{max} : maximum y-coordinate, Conf : accuracy of the system in detecting the object, Name_{Class} : Class of vehicle

The centroid will be:

$$xm = \frac{X_{min} + X_{max}}{2} \quad \& \quad ym = \frac{Y_{min} + Y_{max}}{2} \quad (1)$$

Based on the selection of the region of interest (ROI) it will be divided laterally by the number of tracks, to obtain the coordinates of each track. By using the centroid of each vehicle, it will be determined whether it belongs to each track.

Then each vehicle is multiplied by the average length it occupies plus the average distance between vehicles (estimated data), as is shown in eq. (2). The estimated queue length of each lane will be estimated by eq. (3).

$$\text{Length}T_{Veh} = \text{DistDel} + \text{LengthVeh} \quad (2)$$

$$\text{Length}T_{Queue} = \text{Length}T_{Queue} + \text{Length}T_{Veh} \quad (3)$$

Where: $\text{Length}T_{Veh}$: Total length occupied by the vehicle, DistDel : Separation distance from front vehicle, LengthVeh :

Average vehicle length. $LengthT_{Queue}$: Total length occupied by the queue.

Vehicle occupancy area is another important parameter because it allows us to estimate how saturated is a road [16], also it can be used as a basis for calculating the occupancy area which is defined as the proportion of time that observed vehicles remain in one position [17]. To obtain this parameter, the occupied area was multiplied for each vehicle detected according to the average dimensions of the respective type of vehicle. Table 1 shows the average lengths that were used as a function of the average values found in various sources [16][18]. The average number of passengers travelling per vehicle was obtained from measurement statistics [19][20].

TABLE 1. VEHICLE DIMENSIONS AND AVERAGE PASSENGER PER VEHICLE USED AS DATA

Vehicle Type	Vehicle dimension (m)		Average occupancy
	Length	Width	
Car	4.2	1.69	1.54
Long Truck	8	2.45	1.5
Small Truck	5.13	1.74	1.2
Small Bus	6.98	2.05	26.63
Medium Bus	9	2.4	53.07
Long Bus	12	2.55	70
Motorcycle	2.3	0.92	1.1
Small Van	4.43	1.65	4.5
Long Van	5.3	1.92	14.46
SUV	4.6	1.85	1.7
PickUp	5.3	1.85	1.6

Starting from the lower limit of the region of interest as shown in Figure 6, we begin to move forward until we detect the centroid of each vehicle. Based on its lateral coordinate, we estimate the lane in which it is located and based on its longitudinal coordinate; we estimate the number of vehicles in each lane. Subsequently, the number of vehicles detected in each lane is grouped and their estimated occupied areas are added. The estimated queue length of each lane is then obtained. This would give the lengths of traffic in each lane based on the following formula for each lane.

$$AreaOcV = LengthV \times WidthV + DistDel \times WidthV \quad (4)$$

$$AreaOcT = AreaOcT + AreaOcVeh \quad (5)$$

Where: AreaOcT : total occupied area, WidthV: Vehicle Width, DistDel: : Separation distance from front vehicle, LengthV: Average vehicle length, AreaOcV: occupied area for each type of vehicle.

Then the queue lengths of each lane of the track will be compared to obtain the one with the largest occupied area.

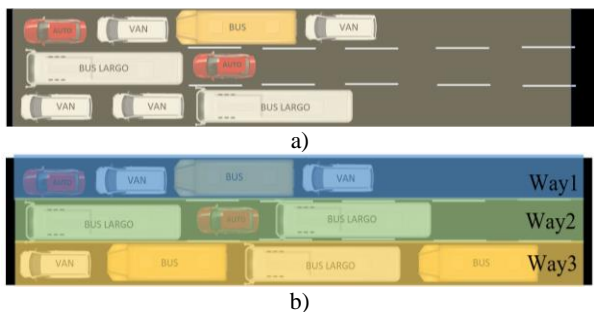


Figure 6. Model Image for algorithm: a) selection of the area of interest; and b) division into the number of lanes of the road

2) Counting of number of vehicles

Counting the number of vehicles on the road will allow us to know the proportion by type of vehicle present that circulates on a given road, for its estimation will be counted the vehicles by type.

3) Estimation of average number of passengers

This method of counting is based on the average number of people transported by assigning higher priority to mass transit vehicles. Given that, despite the fact that both Figure 6.a and 6.b have similar traffic queues, in Figure 6.b, it has the capacity to transport the greatest number of passengers, making it a higher priority than the road in Figure 6.a. To estimate this, the number of vehicles detected according to their type will be count and multiply by the average number of passengers (Table I).

$$Pass_Veh = NumVeh * Pass_Prom \quad (6)$$

The estimated average number of passengers for each vehicle group will then be added to the total for each track.

$$PassT = PassT + Pass_Veh \quad (7)$$

Where: Pass_Veh: Estimated average number of passengers by vehicle type, NumVeh: Number of vehicles of a particular type, Pass_Prom: Average occupancy by vehicle, PassT: Estimated number of passengers in ROI.

IV. RESULTS

As mentioned in section 2, all training images were taken at night. However, for the testing stage, environments for which the system was not trained, environments were included, for which the system was not trained, as shown in Figures 7.b, 7.c and 7.d.

Figure 7.b corresponds to an image acquire during the day by the same camera, Figure 7.c was acquire with another camera using a different focus and in Figure 7.d noise was added to the image during the day. This allowed to verify that the system, despite being under untrained environments, continued to detect vehicles with the addition of noise. However, when the noise generates a totally blurred image the system did not detect any vehicle.

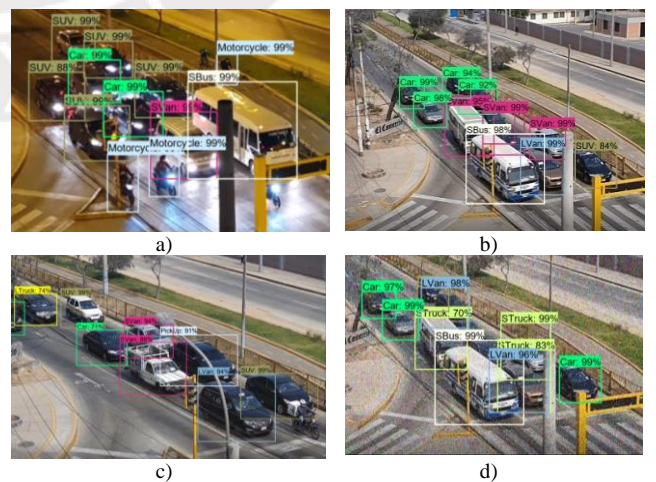


Figure 7. Detection in different environments: a) At same conditions of training (Night); b) During the day (Not Trained); c) From a different angle of vision (Not trained); and d) With presence of noise (Not trained)

The errors obtained during the tests, are shown in Figure 8. In Figure 8.a there is an overlap of classes for the same object. This was because some classes were similar and the percentages of detection were high for both types. However, this was resolved by setting a high value of detection when the confidence of detection is greater than 80% and in Figure 8.b the results obtained for a high noise addition are shown. This image displays that the detection rate is reduced when objects are no longer detected or when groups are formed.

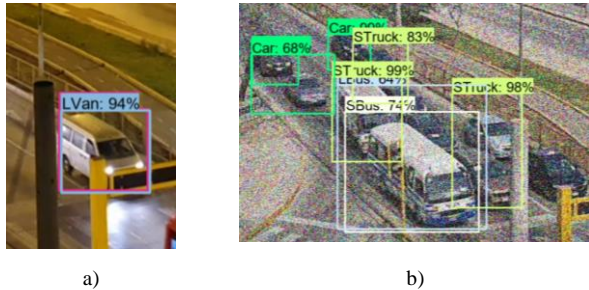


Figure 8. Errors obtained: a) Class overlap; and b) Non-detection and erroneous grouping

Figure 9 shows the ROI lanes on which the parameters will be obtained. The selected road has 3 lanes, in each lane were estimated the queue length, area occupancy and the estimated number of passengers.

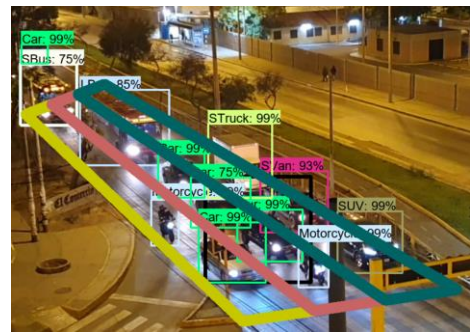


Figure 9. Detected vehicles with detection lanes

The detection system was applied to a sample of 25 images obtaining as results the graphs shown in Figure 10. In Figure 10.a, 10.b and 10.c are shown the percentages of precision obtained for the area occupied by the vehicles, obtaining a precision of 95.98%, 91.73% and 98.25% for lanes 1, 2 and 3 respectively. Graphs 10.d, 10.e and 10. f show the precision results obtained for the estimation of the queue length, obtaining an estimation accuracy of 96.99%, 91.24% and 98.86% for lanes 1, 2 and 3 respectively.

With respect to the estimation of the amount of the average number of passengers for the region of interest, the accuracy obtained is shown in Figure 10.g where an accuracy of 96.6% was obtained. Finally, in Figure 10.h is shown the results of the precision obtained for the accounting of vehicles in ROI.

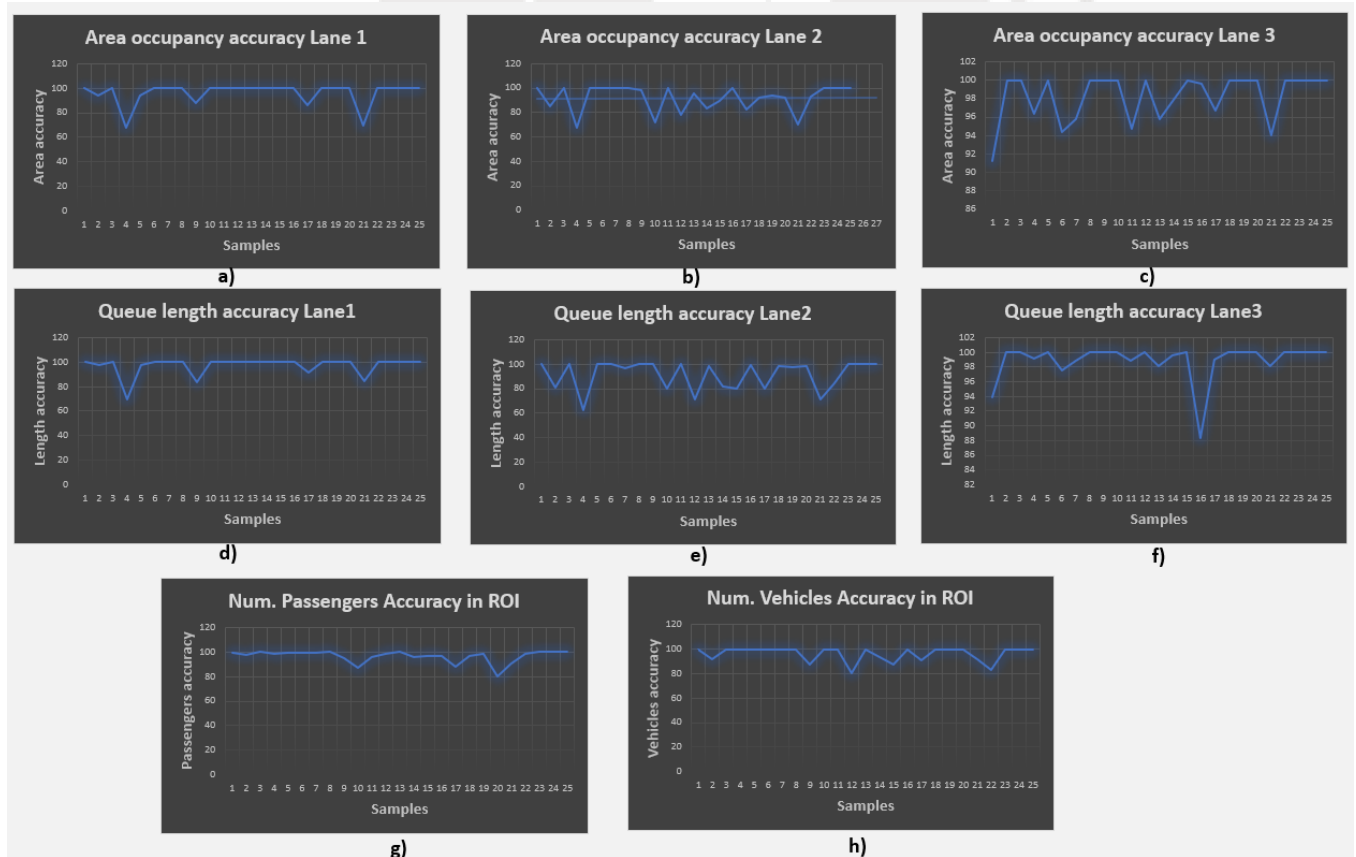


Figure 10. Graphs of results obtained: a), b), c): Area Occupancy for lanes 1,2 and 3 respectively; d), e), f): Length of Queue for lanes 1,2 and 3 respectively; g) Estimated average number of passengers, and h) number of vehicles detected

Table 2 shows the percentage of precision obtained for the detection of different classes of vehicles present on the road, where the highest proportion of vehicles present was cars occupying 48% of the vehicles detected in total. The overall average of detection for the different vehicle types was 88.9%.

TABLE 2. EXPERIMENTAL RESULTS

	Actual Number	Counting Number	False counting Number	Counting accuracy	Proportion
Car	74	75	1	98.65	48.37
Long Truck	1	1	0	100.00	0.65
Small Truck	2	2	0	100.00	1.31
Small Bus	7	5	2	71.43	4.58
Long Bus	9	7	2	77.78	5.88
Motorcycle	18	15	3	83.33	11.76
Small Van	12	10	2	83.33	7.84
SUV	30	31	1	96.67	19.61
Total	153	146	11	88.90	100.00

V. CONCLUSIONS

It can be concluded that object detection in images using Deep Learning techniques provides a method that is capable of detecting objects with more than 83% accuracy. Even if the system is trained under specific characteristics, it can be applied to other environments and obtain the same results.

The present method is capable of detecting the number of vehicles in a road. This method is able to estimate important traffic parameters such as the queue lengths, occupancy area and estimate the average amount of passengers transported by vehicles. This way the system could be capable of sending precise information to process the traffic parameters and optimize the operation of the traffic lights on the intersections.

VI. FUTURE WORK

As a future work, the authors will improve the accuracy of the system training the model with different environments. In addition, we will try to obtain parameters of the traffic in movement such as the flow and the average speed of vehicles. Finally, the system will be implemented in a Raspberry Pi or Jetson Nano development board in order to process the information in real time.

VII. VACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thank the XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXX XXXX for their support on the development of this research as part of a bachelor degree thesis.

REFERENCES

[1] E. Ua-areemitr, A. Sumalee and W. H. K. Lam, "Low-Cost Road Traffic State Estimation System Using Time-Spatial Image Processing," in *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 11, no. 3, pp. 69-79, Fall 2019, doi: 10.1109/MITS.2019.2919634..

[2] Yue Y., Traffic Sensors. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*, pp 1–7, 2017.

[3] A. P. Kulkarni and V. P. Baligar, "Real Time Vehicle Detection, Tracking and Counting Using Raspberry-Pi," 2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications

(ICIMIA), Bangalore, India, 2020, pp. 603-607, doi: 10.1109/ICIMIA48430.2020.9074944.

[4] N. Seenouvang, U. Watchareeruetai, C. Nuthong, K. Khongsomboon and N. Ohnishi, "A computer vision based vehicle detection and counting system," 2016 8th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), Chiangmai, 2016, pp. 224-227, doi: 10.1109/KST.2016.7440510.

[5] M. F. Chowdhury, M. Ryad Ahmed Biplob and J. Uddin, "Real Time Traffic Density Measurement using Computer Vision and Dynamic Traffic Control," 2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) and 2018 2nd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR), Kitakyushu, Japan, 2018, pp. 353-356, doi: 10.1109/ICIEV.2018.8641039.

[6] Patel, Ravi & Vyas, Manas & Parmar, Abhishek & Patel, Utpal. (2019). Traffic Analysis and Signal Timer Management Using OpenCV. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. 888-894. 10.32628/CSEIT1952288.

[7] B. A. Alpatov, P. V. Babayan and M. D. Ershov, "Vehicle detection and counting system for real-time traffic surveillance," 2018 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Budva, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/MECO.2018.8406017.

[8] Wang, Hai & Yu, Yijie & Cai, Yingfeng & Chen, Xiaobo & Chen, Long & Liu, Qingchao. (2019). A Comparative Study of State-of-the-Art Deep Learning Algorithms for Vehicle Detection. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*. PP. 1-1. 10.1109/MITS.2019.2903518.

[9] Wiley, J.F., *R Deep Learning Essentials*, 2016, PP. 6-7 Packt Publishing

[10] L. Lou, Q. Zhang, C. Liu, M. Sheng, J. Liu and H. Song, "Detecting and Counting the Moving Vehicles Using Mask R-CNN," 2019 IEEE 8th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS), Dali, China, 2019, pp. 987-992, doi: 10.1109/DDCLS.2019.8908877.

[11] Lou, Lu & Zhang, Qi & Liu, Chunfang & Sheng, Minglan & Zheng, Yu & Liu, Xuan. (2019). Vehicles Detection of Traffic Flow Video Using Deep Learning. 1012-1017. 10.1109/DDCLS.2019.8908873.

[12] C. Guindel, D. Martin and J. M. Armingol, "Fast Joint Object Detection and Viewpoint Estimation for Traffic Scene Understanding," in *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 10, no. 4, pp. 74-86, winter 2018, doi: 10.1109/MITS.2018.2867526.

[13] EdjeElectronics, "TensorFlow-Object-Detection-API-Tutorial-Train-Multiple-Objects-Windows-10," GitHub, 10 Oct. 2019, Available on : <https://github.com/EdjeElectronics/TensorFlow-Object-Detection-API-Tutorial-Train-Multiple-Objects-Windows-10>

[14] HCM 2010 : *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C. :Transportation Research Board, 2010.

[15] Wang, Dianhai & Bie, Yiming & Sun, Feng & Jin, Sheng. (2012). A Method for Queue Length Estimation in an Urban Street Network Based on Roll Time Occupancy Data. *Mathematical Problems in Engineering*. 2012. 10.1155/2012/892575.

[16] Chunchu, Mallikarjuna & Rao, K Ramachandra. (2006). Area occupancy characteristics of heterogeneous traffic. *Transportmetrica*. 2. 223-236. 10.1080/18128600608685661.

[17] Kumar, P., Raju, N., Mishra, A., Arkatkar, S. S., & Joshi, G. (2018). Validating Area Occupancy-Based Passenger Car Units and Homogeneous Equivalent Concept under Mixed Traffic Conditions in India. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 144(10), 04018064.

[18] Chandra, Satish & Kumar, Upendra. (2003). Effect of Lane Width on Capacity under Mixed Traffic Conditions in India. *Journal of Transportation Engineering-asce - J TRANSP ENG-ASCE*. 129. 10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:2(155).

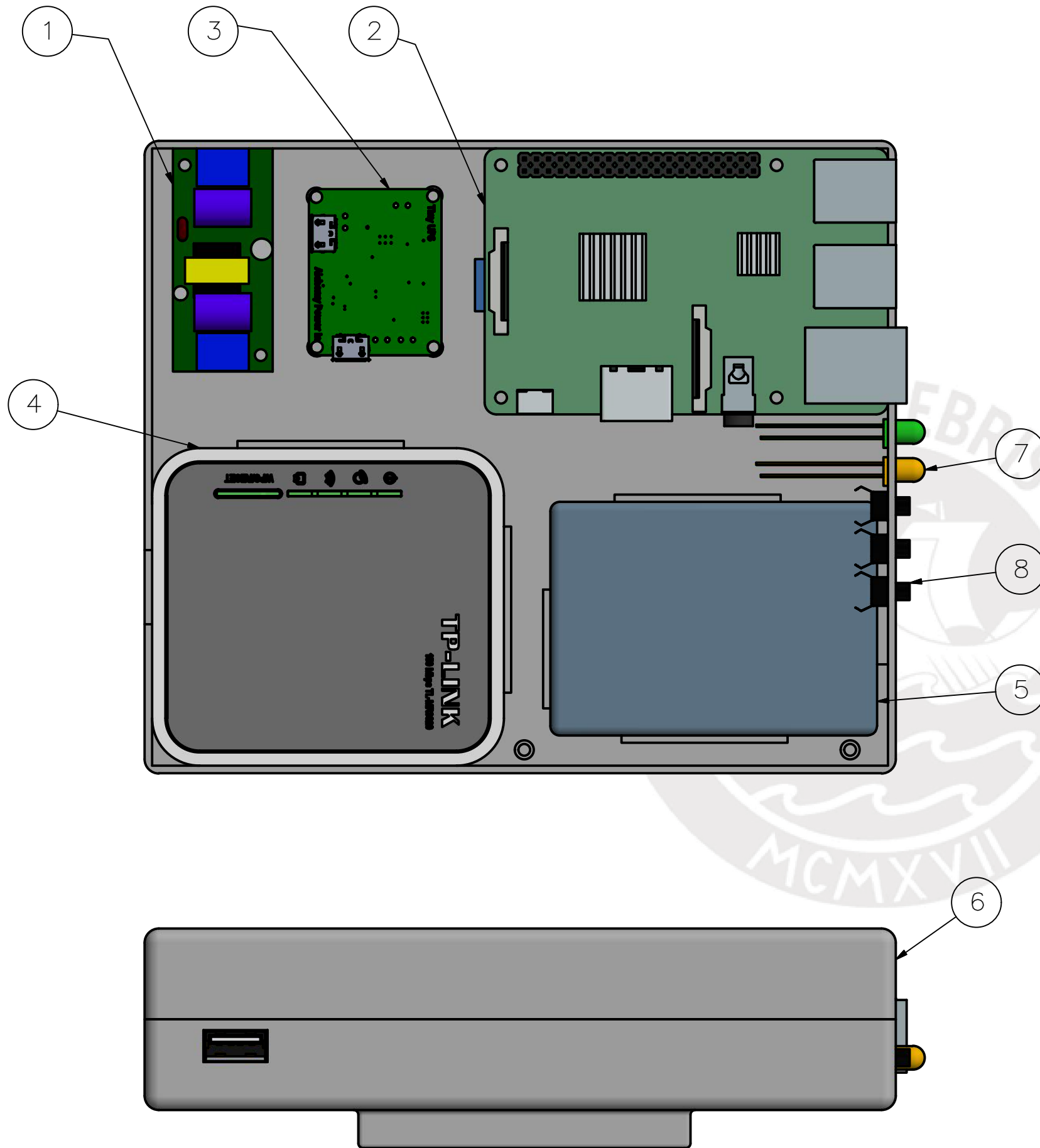
[19] Federal Highway Administration (FHWA). (2018). *Average Vehicle Occupancy Factors for Computing Travel Time Reliability Measures and Total Peak Hour Excessive Delay Metrics (April 2018)*

[20] Instituto Metropolitano Protransporte De Lima.(2013). *Definición De Un Diseño Operacional Preliminar Para Los Corredores Complementarios Definidos Por Protransporte*. Pp. 9.

[21] S. Contreras and F. D. L. Rosa, "Using deep learning for exploration and recognition of objects based on images," in 2016 XIII Latin American Robotics Symposium and IV Brazilian Robotics Symposium (LARS/SBR), Oct 2016, pp. 1–6.

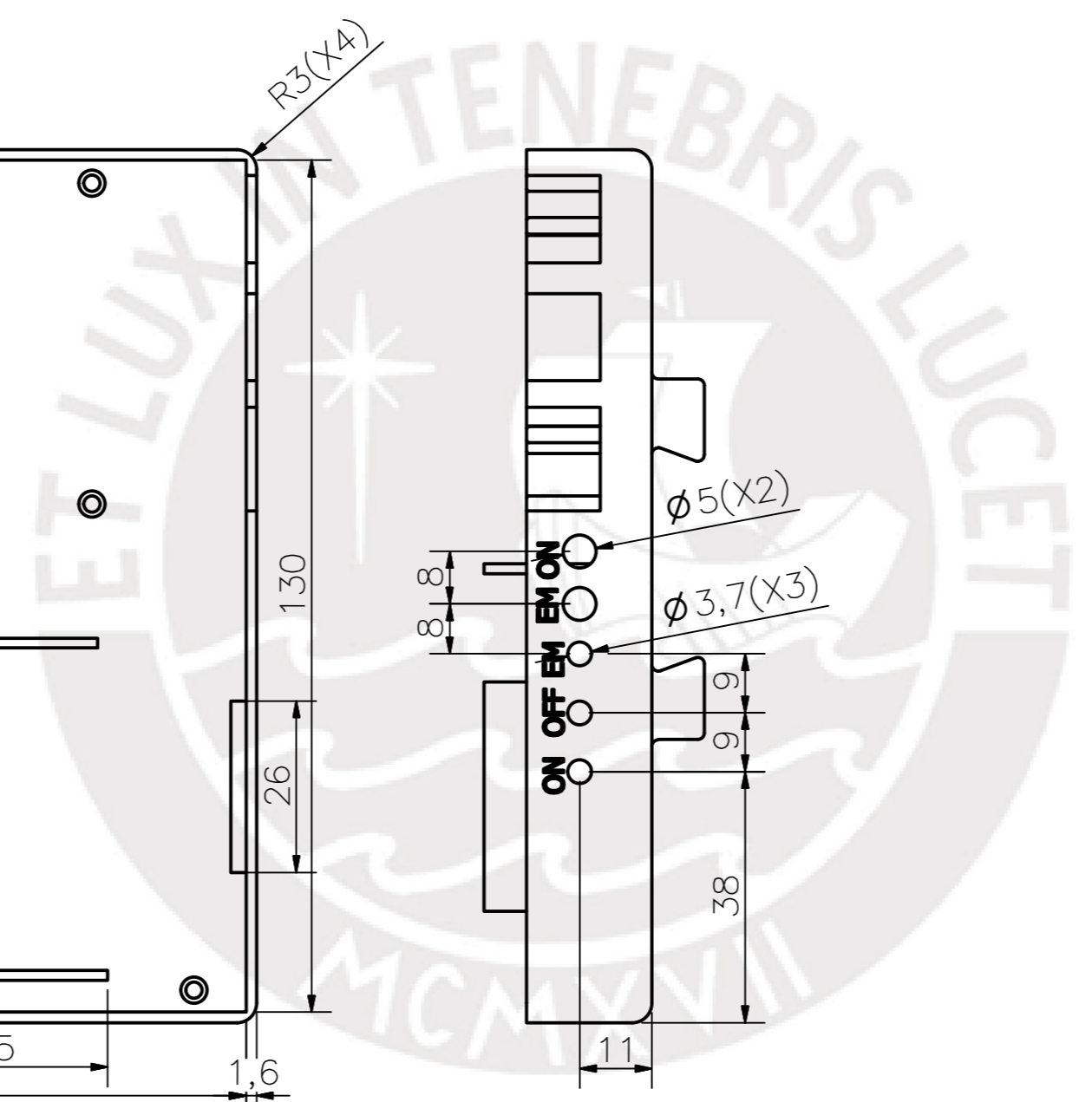
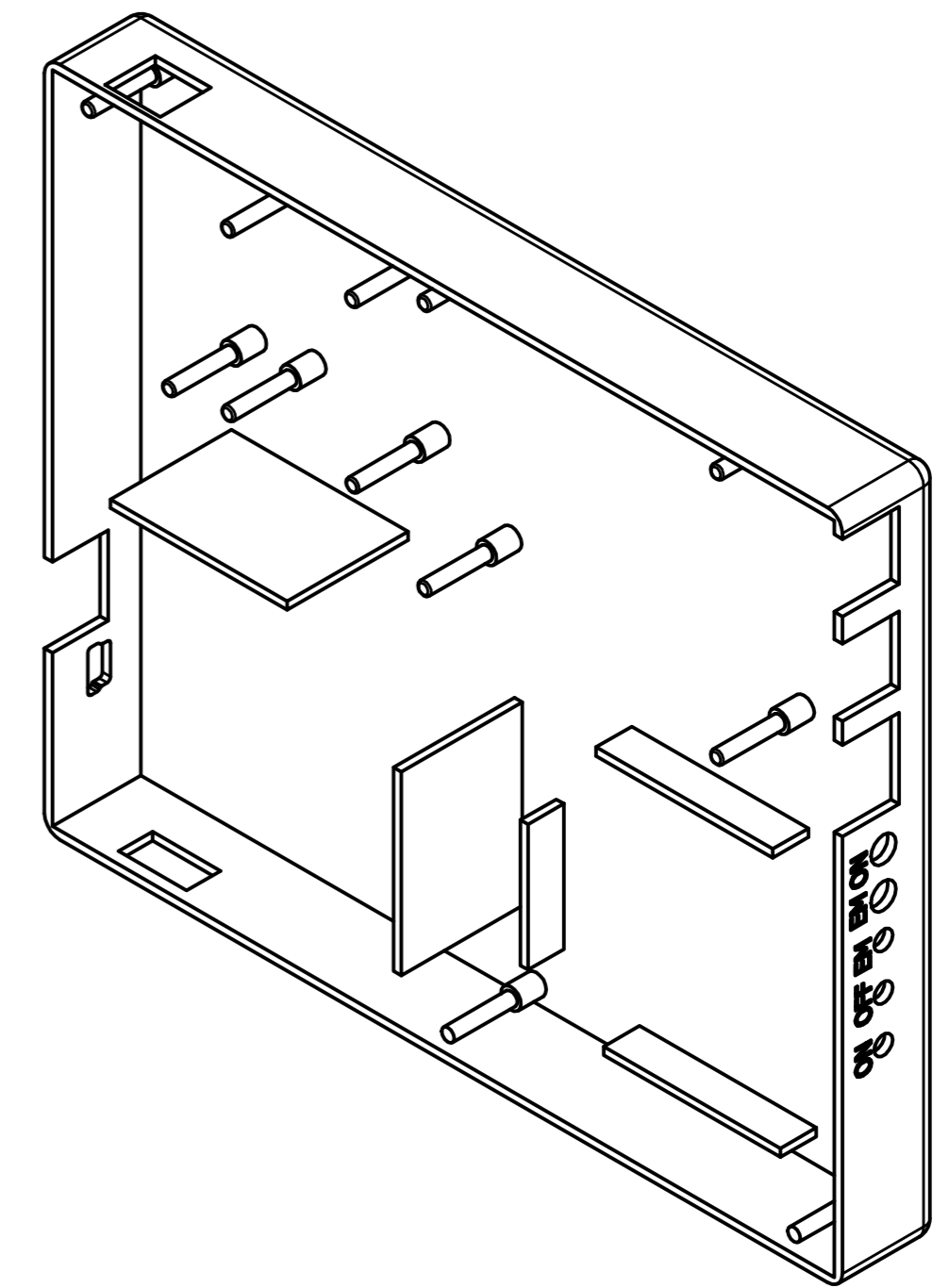
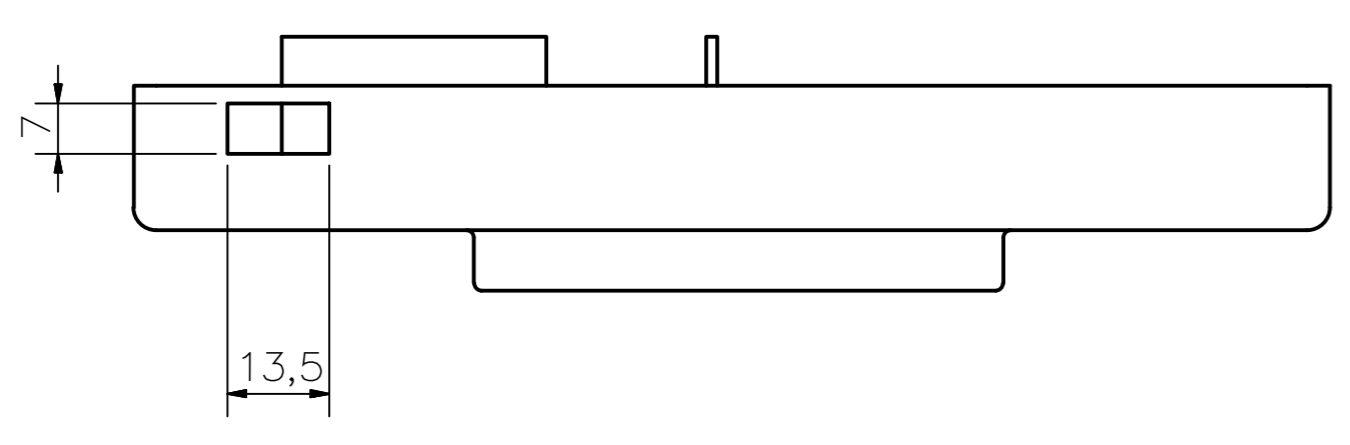
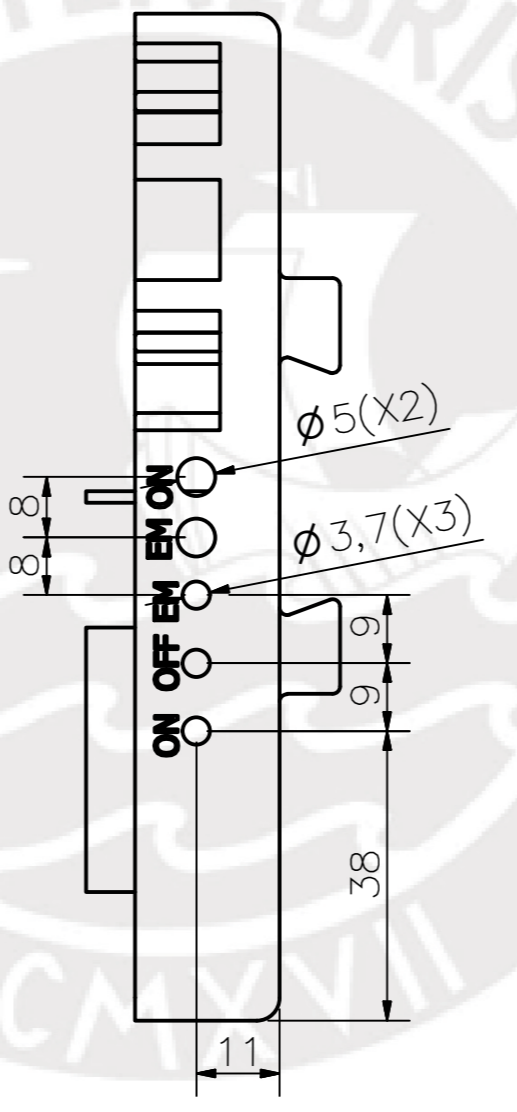
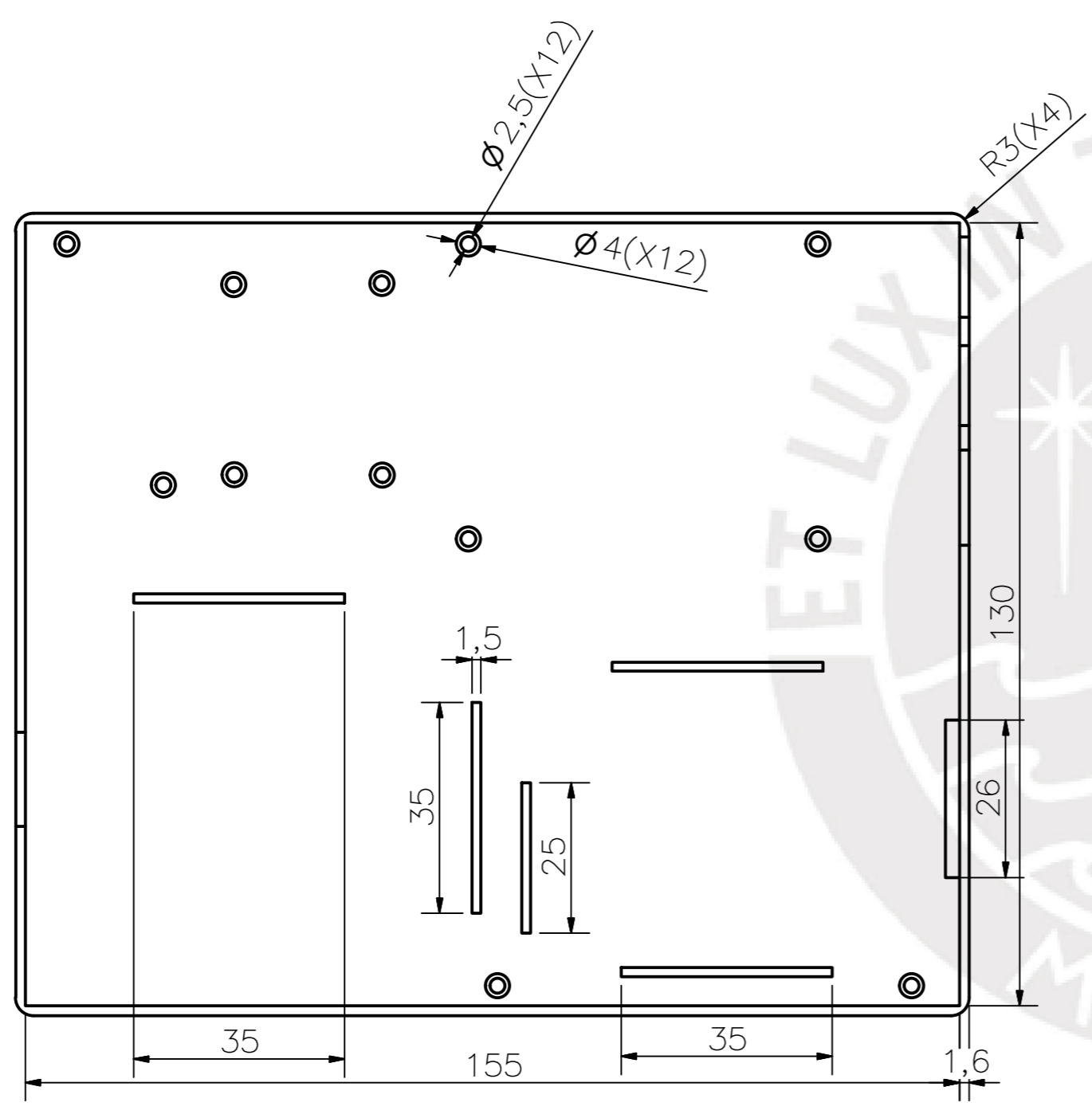
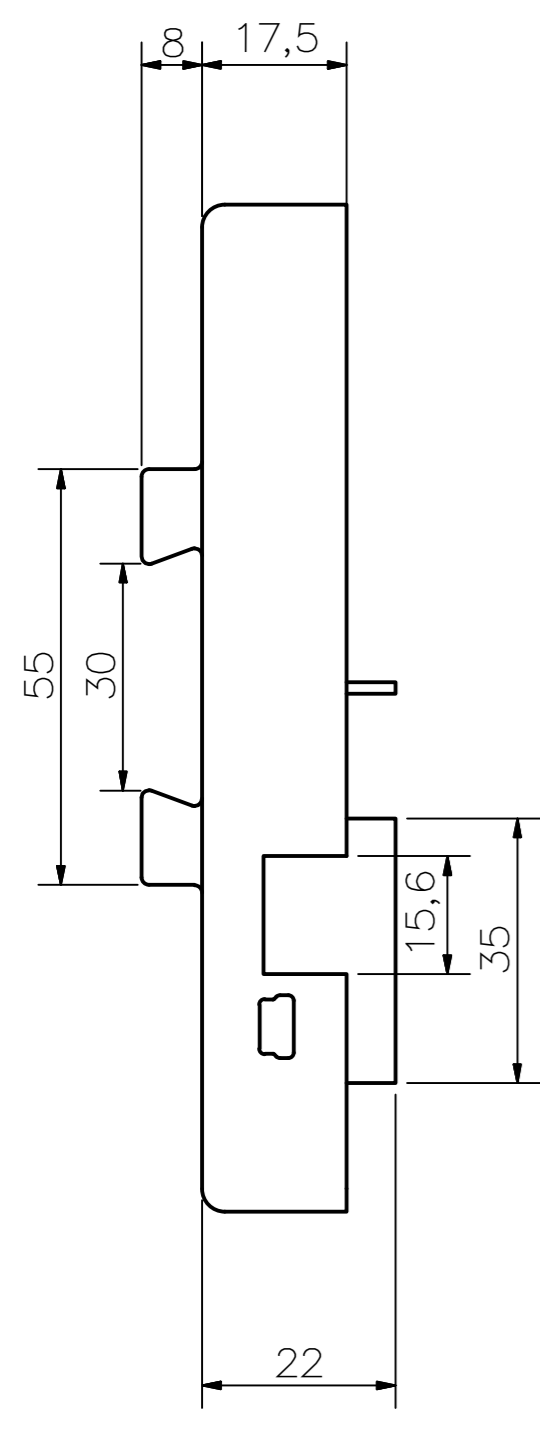
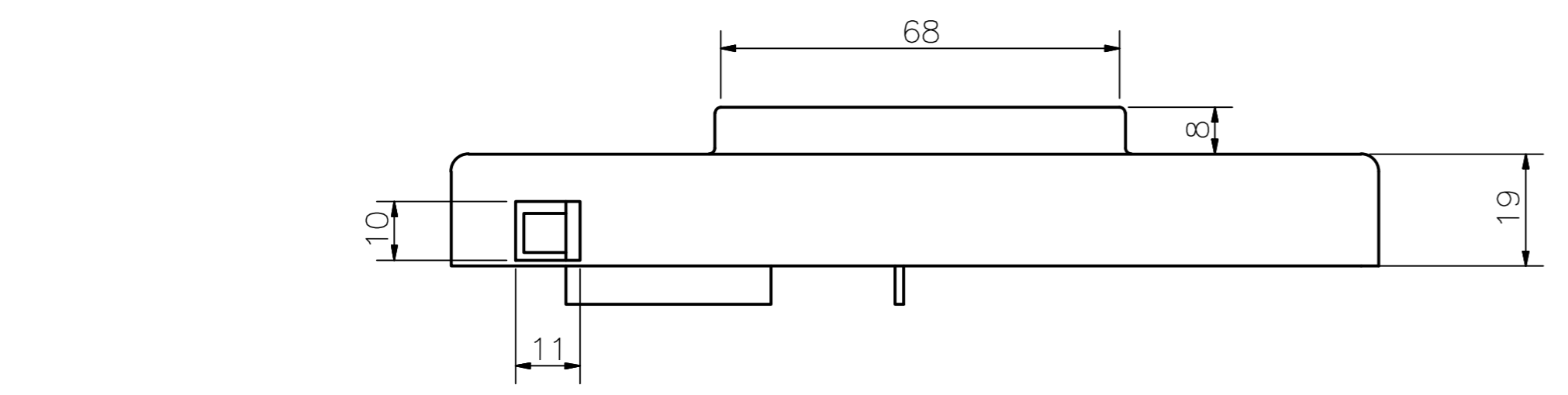


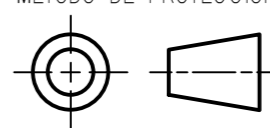
ANEXO 15
PLANOS ELECTRÓNICOS

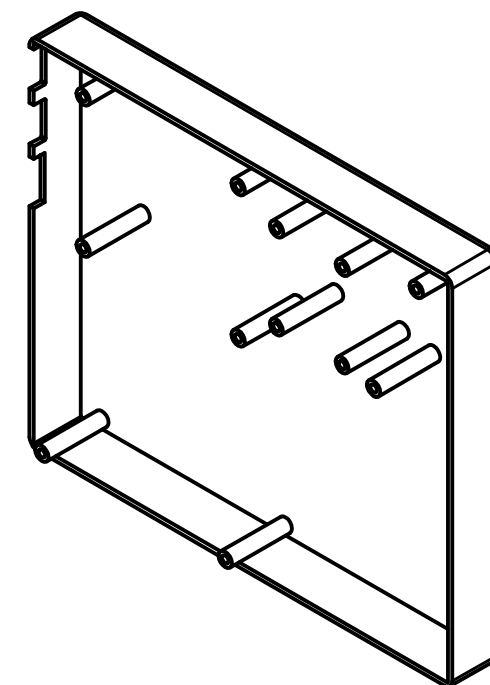
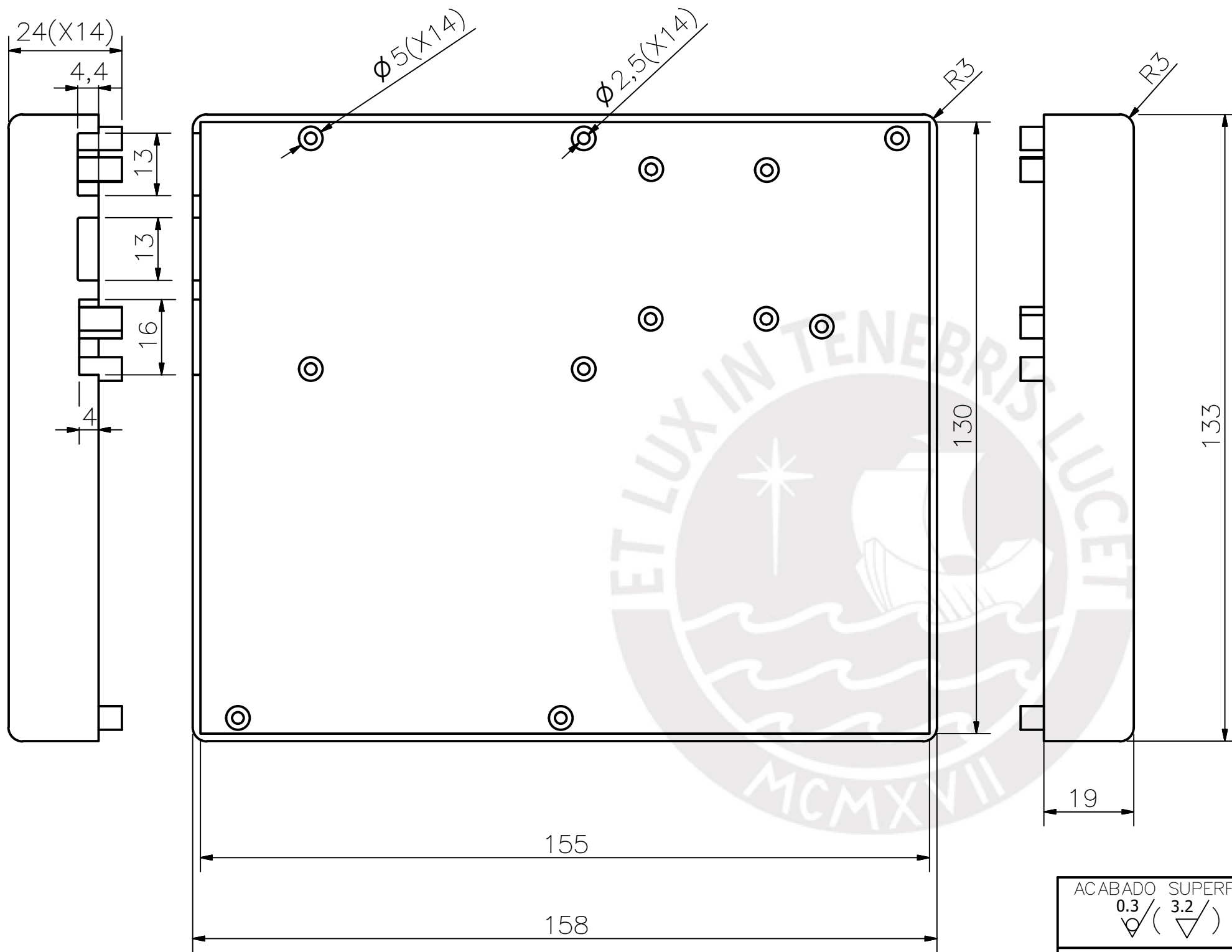


PARTS LIST				
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	OBSERVACIONES
8	3	Push Button	Generic	6x6 mm
7	2	LED	Genérico	5mm
6	1	Case	ABS	ABS
5	1	Bateria Li-Ion	Genérico	Bateria Li-Ion de 2Ah
4	1	Router	Genérico	LM3375
3	1	UPS 112018	Genérico	Tiny UPS UPS 112018
2	1	Raspberry Pi 3	Genérico	Modelo B
1	1	Conversor AC-DC(220VAC-5VDC)	Genérico	DX-437387

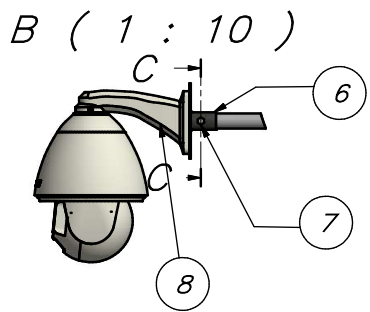
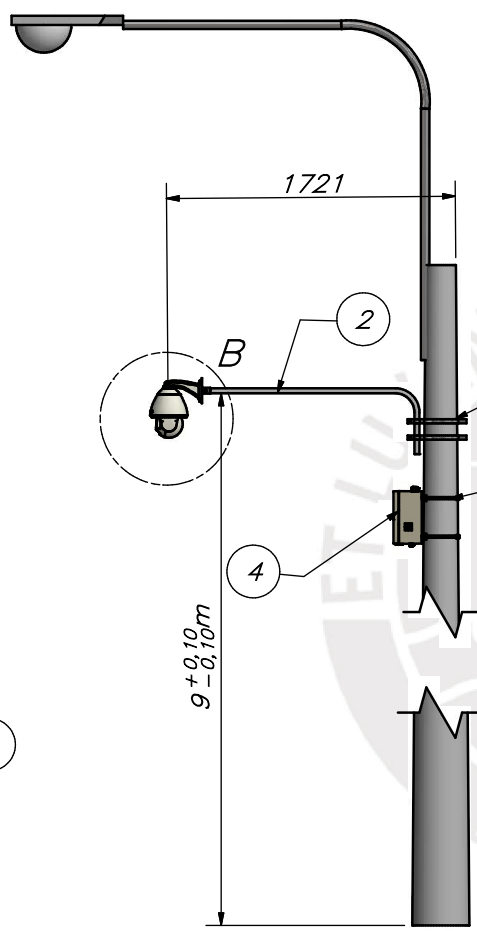
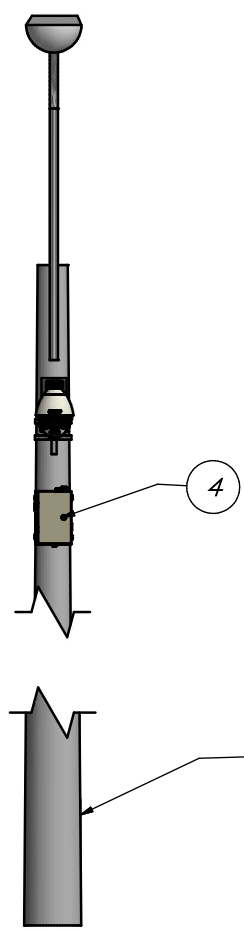
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FAC. DE CIENCIAS E INGENIERÍA-INGENIERIA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN	ESCALA 1:1
20142631	ZINANYUCA YÁBAR MIGUEL ANDRÉS	FECHA: 07/11/2019 LÁMINA: EC 1-A3



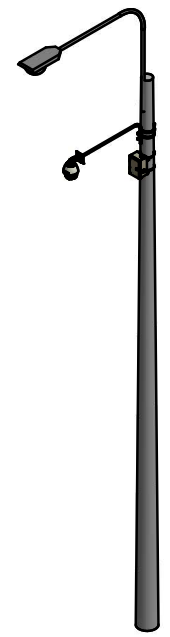
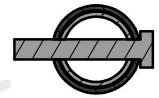
ACABADO SUPERFICIAL 3.2	TOLERANCIA GENERAL 0.3	MATERIAL ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de ciencias e ingeniería- INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 CASE INFERIOR	ESCALA 1:1
20142631	ZINANYUCA YÁBAR MIGUEL ANDRÉS	FECHA: 07/11/2019
		LÁMINA: DC1-A3



ACABADO SUPERFICIAL 0.3 / 3.2 ▽ (▽)	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA-INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕	TRABAJO DE FIN DE CARRERA-10M1	ESCALA 1:1
20142631	ZINANYUCA YÁBAR MIGUEL ANDRÉS	FECHA: 07/11/2019
		LÁMINA: DC2-A3



C-C (1 : 2)

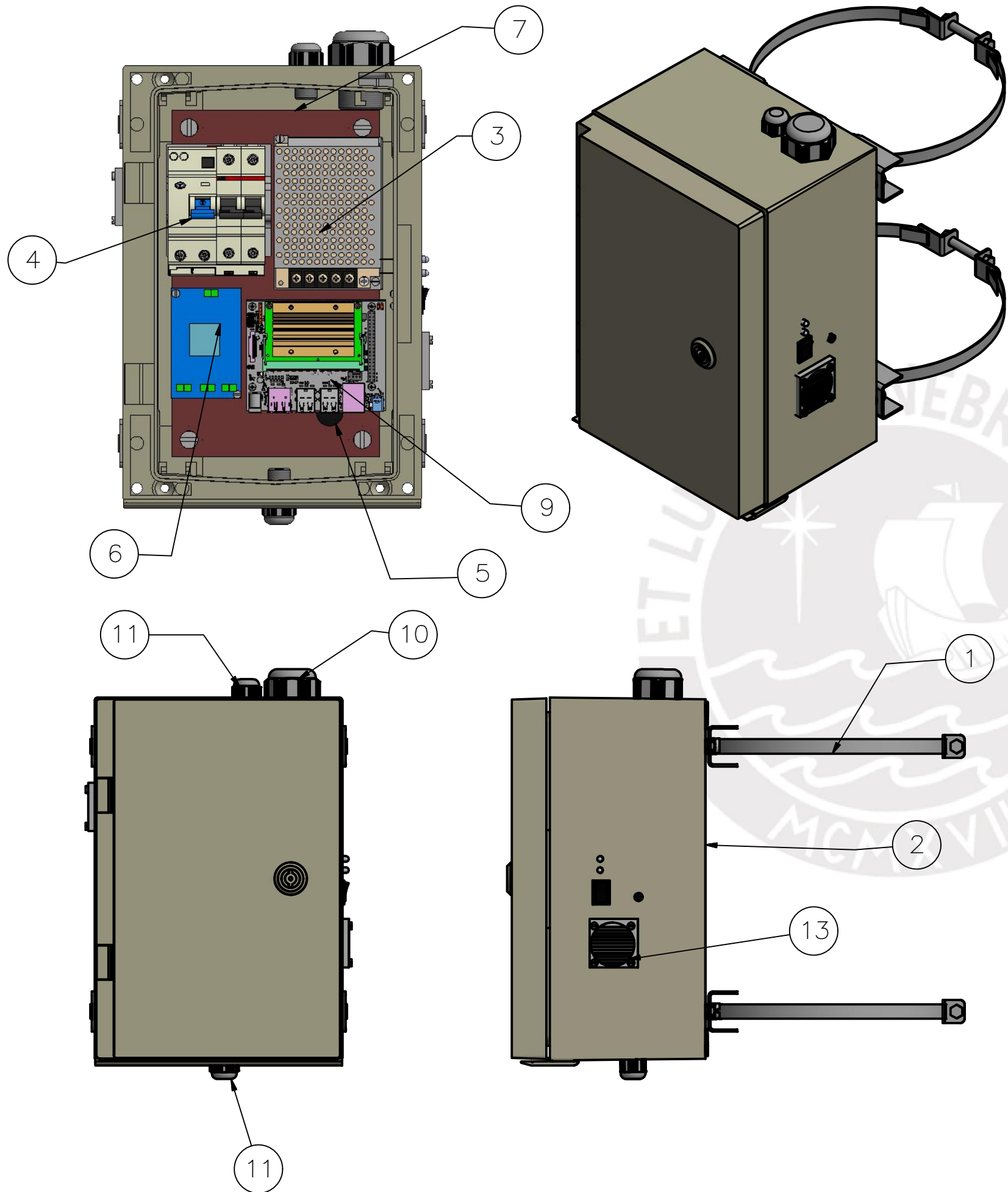


Lista de componentes

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
8	1	Cámara YMTECH002			YouMeet
7	1	Perno M8x50	DIN 933	5	
6	1	Soporte vertical		Acero A36	Plano D02-A4
5	2	Accesorio de fijación a poste EPF0300		Acero Galvanizado	Eldon
4	1	Gabinete de control		Poliéster	Plano E02-A3
3	2	Abrazaderas para poste AP01		Acero galvanizado	FAMET
2	1	Soporte tubular		Aluminio	Plano D03-A4
1	1	Poste de Iluminación			

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Facultad de Ciencias e Ingeniería-Ingeniería Mecatrónica

MÉTODO DE PROYECCIÓN	1MTRO2	ESCALA
	SISTEMA DE DETECCIÓN VEHICULAR	1:30
20142631	Zinanyuca Yábar Miguel Andrés	FECHA: 25/09/2019
		LÁMINA: E01-A3



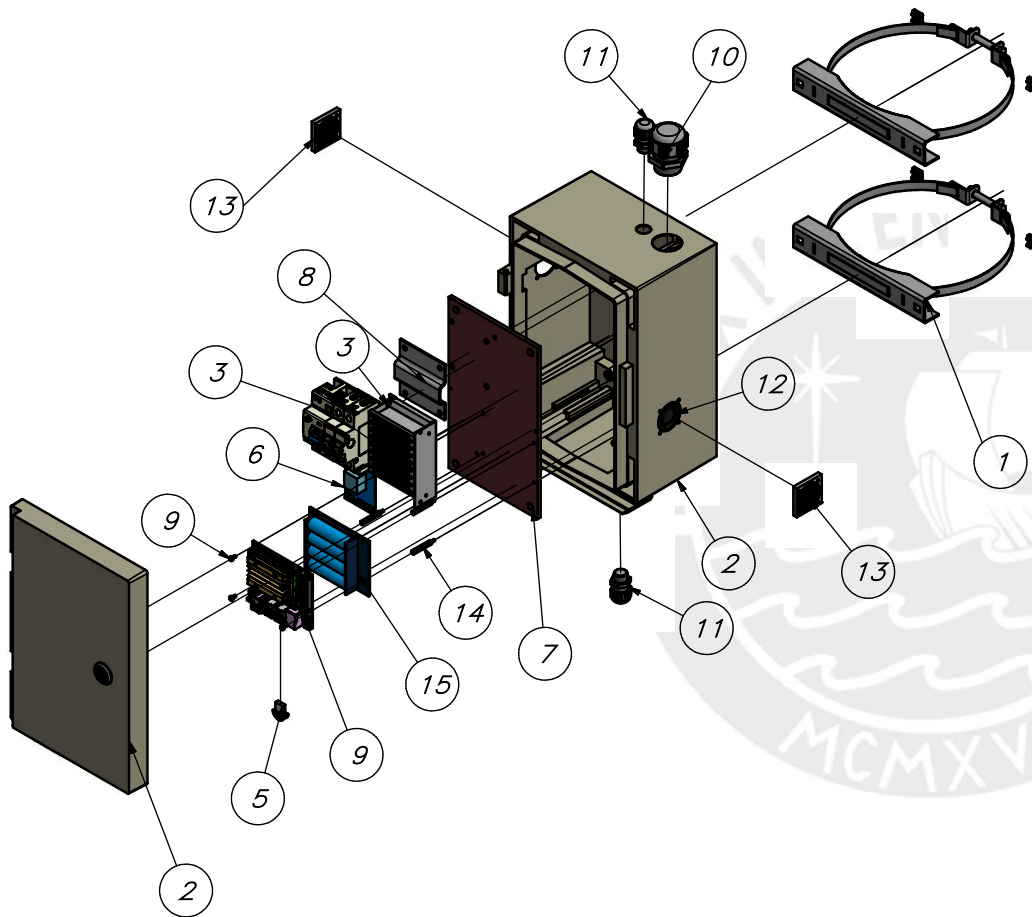
Lista de componentes

20	8	Tuerca M6		Genérico	
19	20	Perno M8		Genérico	
16	1	Tactile Push Button THT 12x12mm H8.50mm (Würth 430476085716)		Generisch	
15	2	LED 5mm		Genérico	
14	1	Switch		Genérico	
13	2	Rejilla		Genérico	
12	1	Ventilador 40x40x10 D40SM_12A DC12V_012A		Genérico	Fan Mechatronics
11	2	Prensaestopa - CPG16(1)		Generico	Eldon
10	1	Prensaestopa - CPG32(1)		Generico	Eldon
9	1	Jetson Nano + UPS		Generico	Nvidia
8	1	Soporte Termomagnetico-diferencial		Acero galvanizado	
7	1	Placa de Montaje - UMPP320		Pertinax	Eldon
6	1	Placa de alimentacion		Genérico	Plano EE01-A4
5	1	Wifi Dongle AC600		Genérico	Foktech
4	1	Interruptor Termomagnetico y Diferencial (ABB S200 +DDA 202 AC)		Genérico	Bticino
3	1	Fuente de Alimentacion S3605		Generico	Leadstar
2	1	Tablero de control - UCP320		Polyester	Eldon
1	2	Accesorio de fijación a poste EPF0300(1)		Acero Galvanizado	Eldon

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Facultad de Ciencias e Ingeniería-Ingeniería Mecatrónica

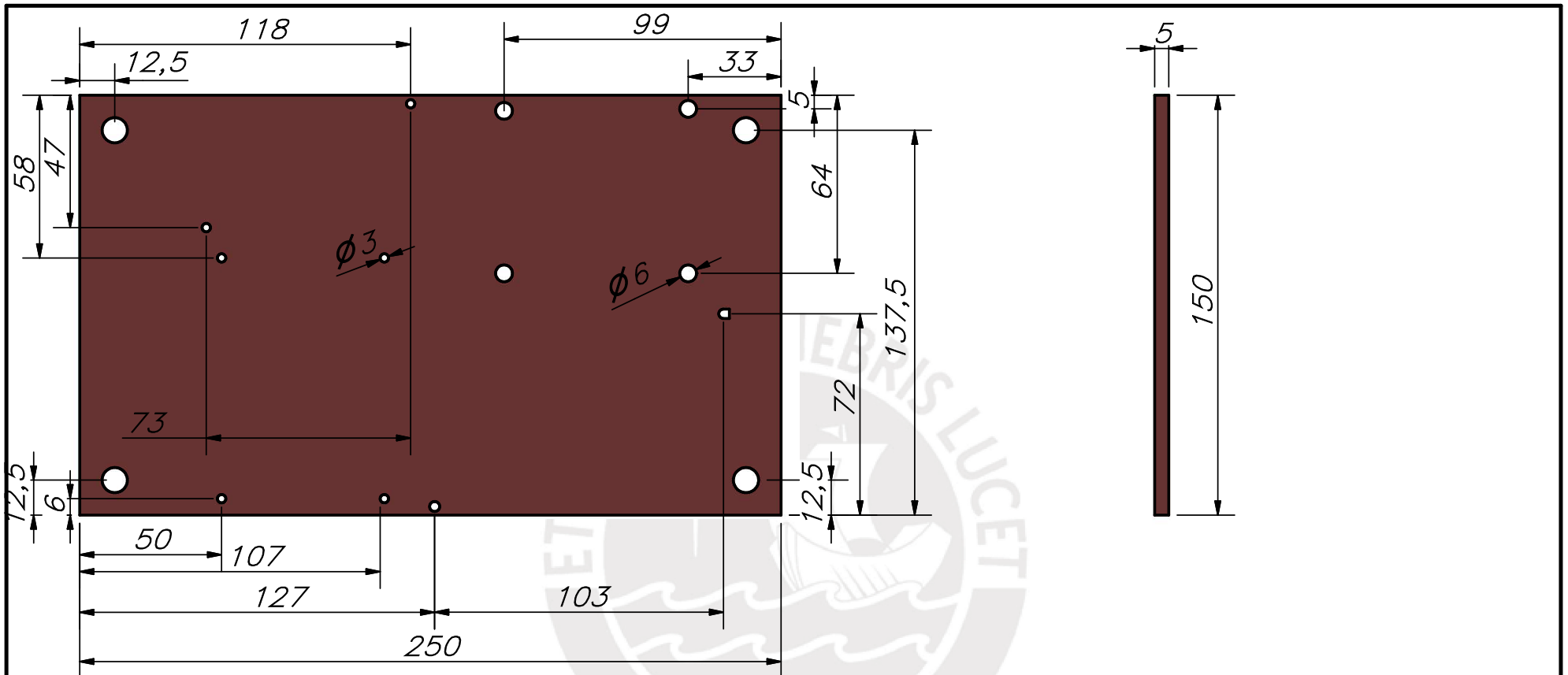
MÉTODO DE PROYECCIÓN	1MTR02	ESCALA
	Plano de ensamble Gabinete de control	1:4
20142631	Zinanyuca Yábar Miguel Andrés	FECHA: 25/09/19
		LÁMINA: E03-A4



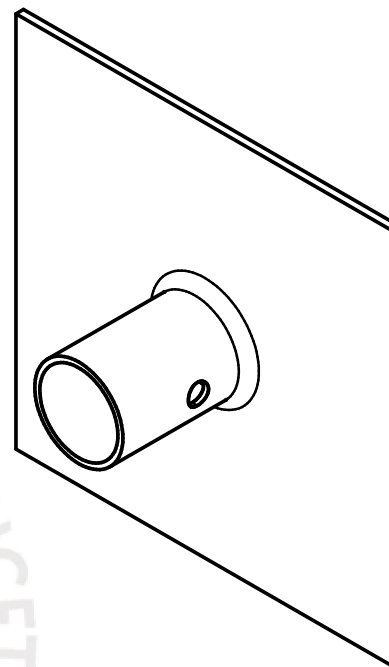
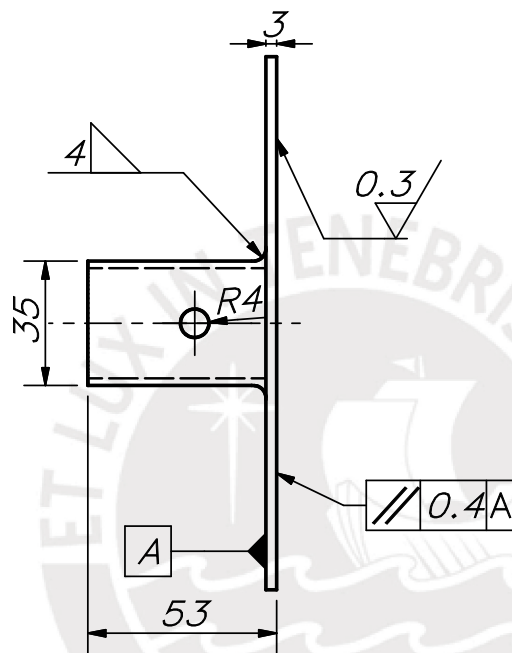
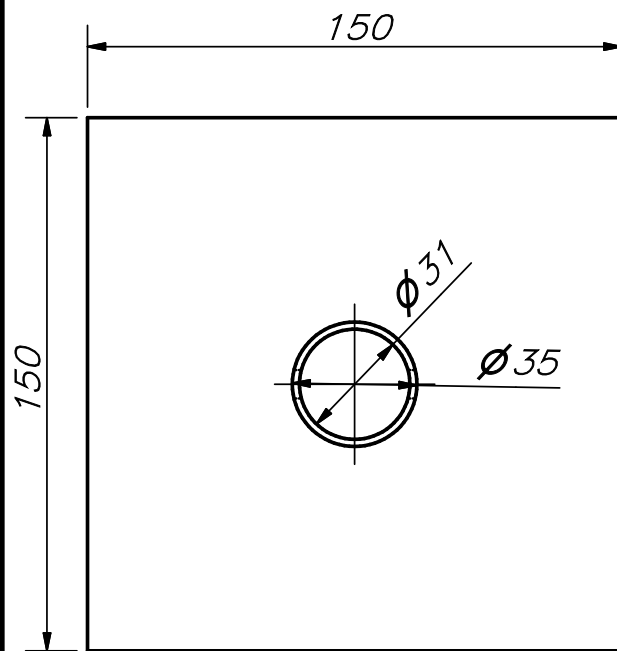
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
15	1	UPS -T200		Genérico	Nvidia
14	1	Espaciador 30mm		Latón	
13	2	Rejilla		Genérico	
12	1	Ventilador 40x40x10 D40SM_12A		Genérico	DC12V_012A
11	2	Prensaestopa - CPG16		Generic	Eldon
10	1	Prensaestopa - CPG32		Generic	Eldon
9	1	Jetson Nano + UPS		Nvidia	Nvidia
8	1	Soporte Termomagnetico-diferencial		Acero Galvanizado	
7	1	Placa de montaje - UMPP320		Petinax	Plano D01-A4
6	1	Placa de alimentacion		Genérico	Plano EE01-A4
5	1	Wifi Dongle - AC600		Genérico	Foktech
4	1	Interruptor termomagnetico y diferencial -ABB S200 +DDA 202 AC		Genérico	Bticino
3	1	Fuente de alimentación S-36-12		Generico	Leadstar
2	1	Tablero de control - UCP320		Poliester	Eldon
1	2	Accesorio de fijación a poste - EPF0300		Acero Galvanizado	Eldon

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Facultad de Ciencias e Ingeniería-Ingeniería Mecatrónica

MÉTODO DE PROYECCIÓN	01MTR02	ESCALA
	Vista explosionada gabinete de control	1:5
20142631	Zinanyuca Yábar Miguel Andrés	FECHA: 19/09/19
		LÁMINA: E02-2-A4

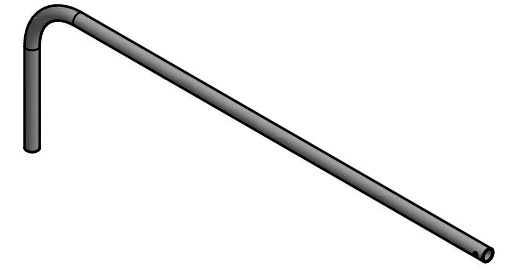
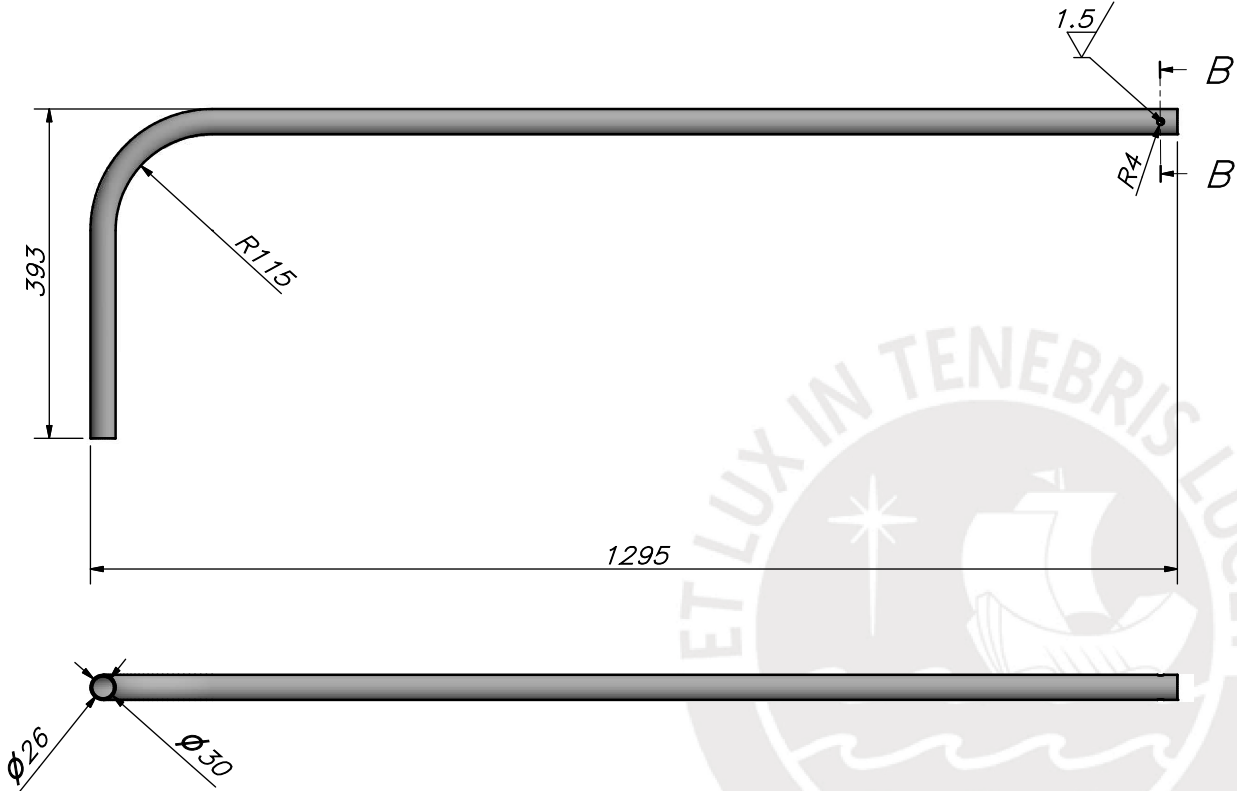


ACABADO SUPERFICIAL 3.2/ ∇	TOLERANCIA GENERAL 01MTR02	MATERIAL Pertinax
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de Ciencias e Ingeniería-Ingeniería Mecatrónica		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	01MTR02	ESCALA 1:2
20142631	Zinanyuca Yábar Miguel Andrés	FECHA: 25/09/2019
		LÁMINA: D01-A4

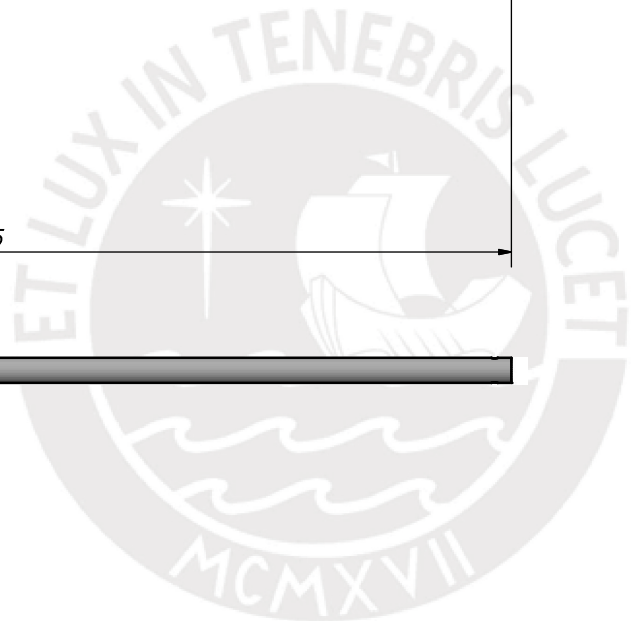
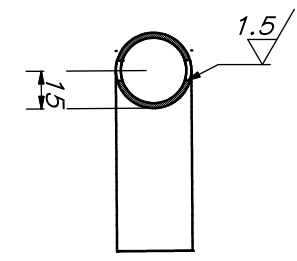


TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
BASTO	±0,15	±0,2	±0,5	±0,8	±1,2

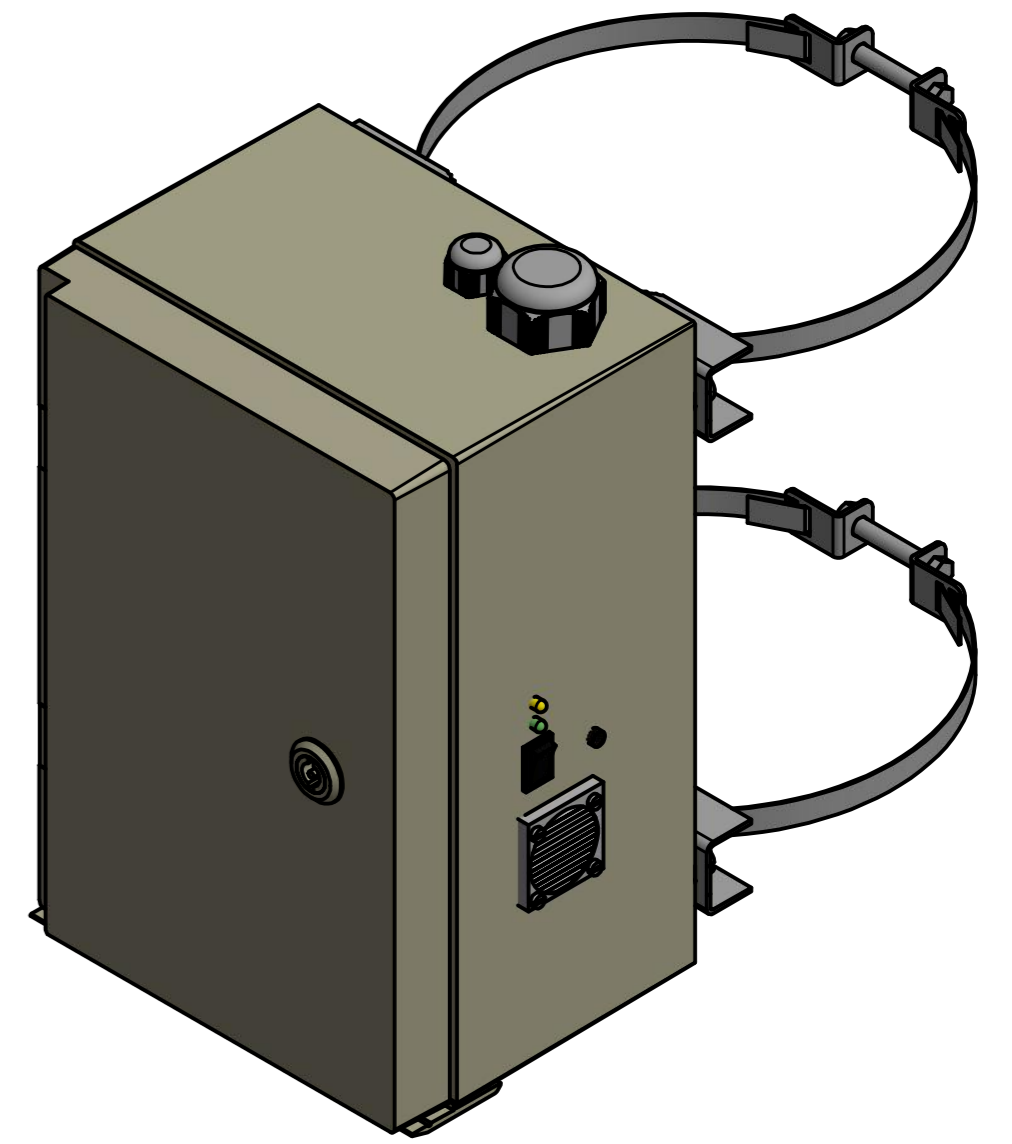
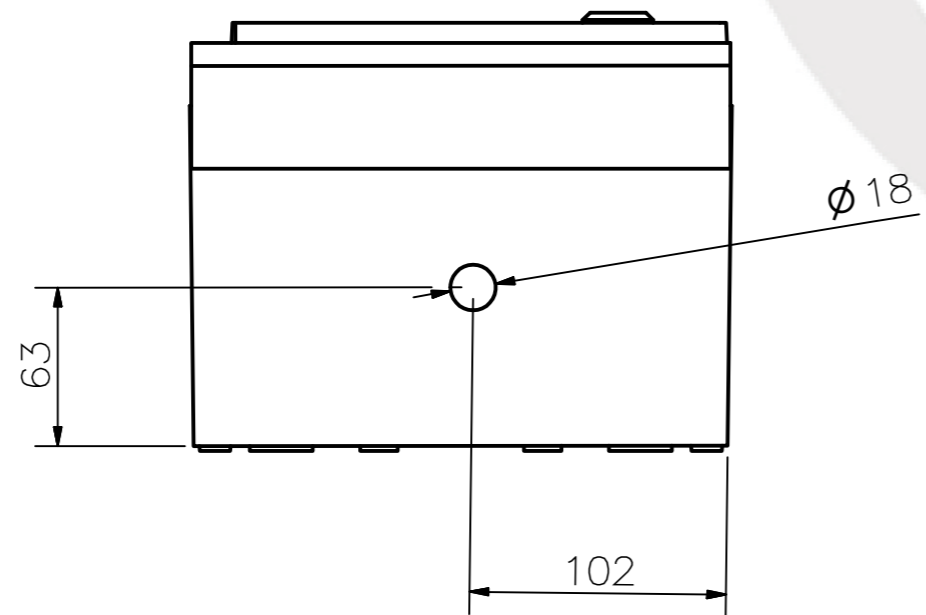
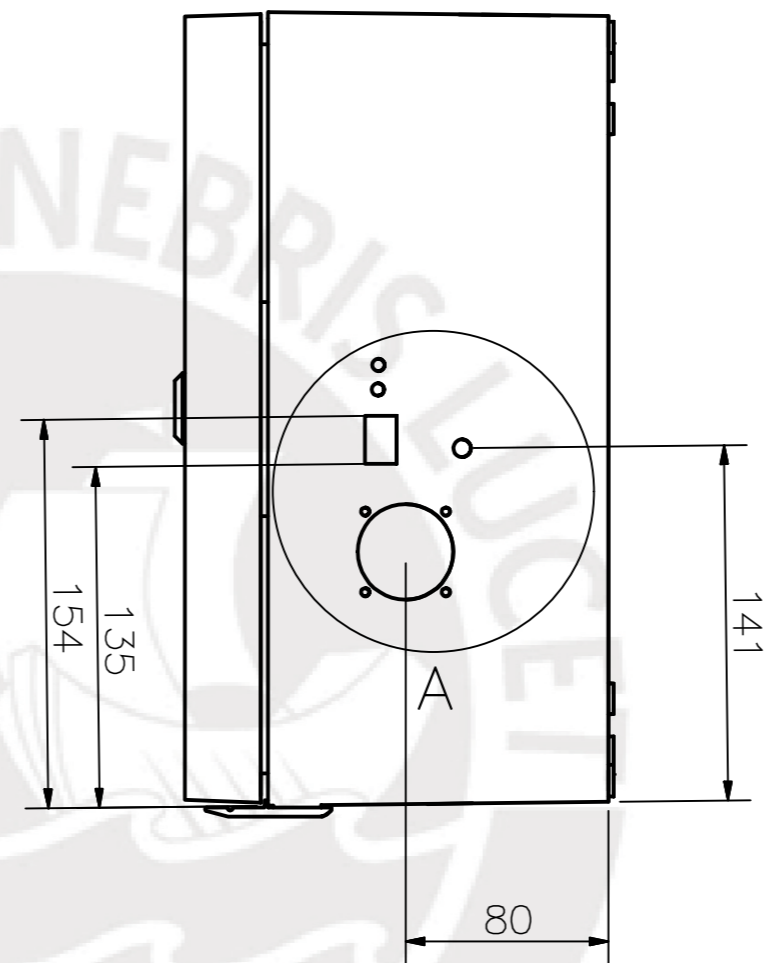
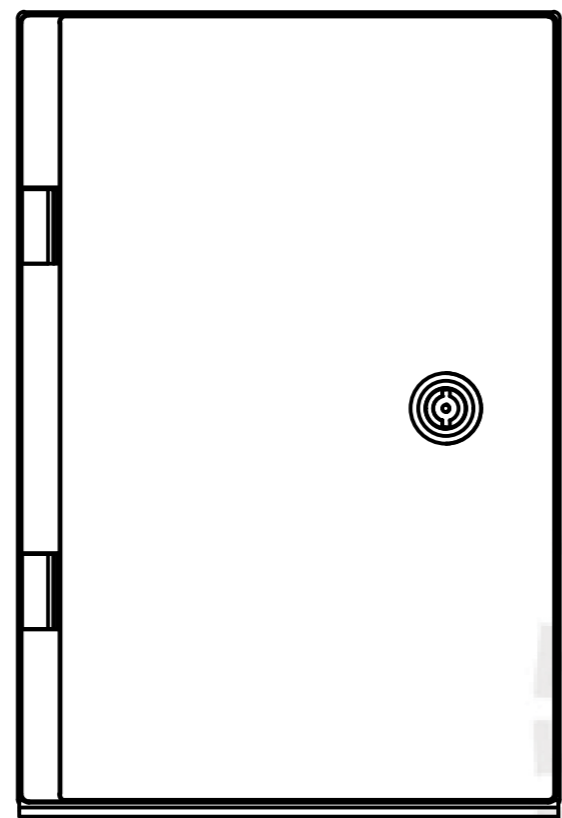
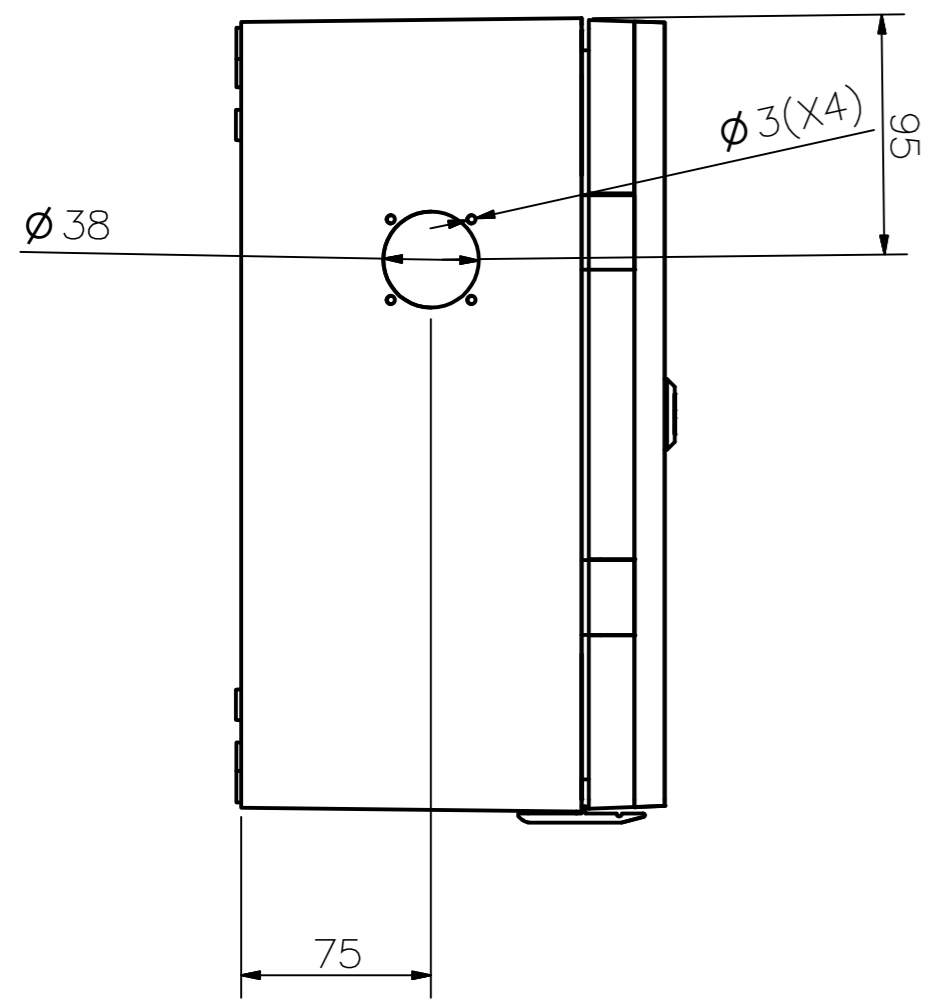
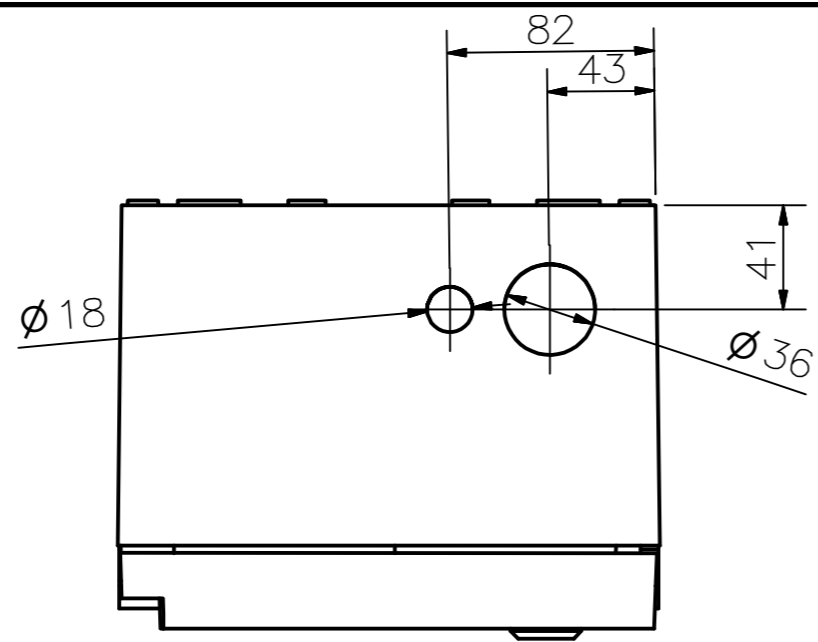
ACABADO SUPERFICIAL ▽ (0.3 / 1.5)	TOLERANCIA GENERAL Según Din 7168	MATERIAL Acero A-36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de Ciencias e Ingeniería-Ingeniería Mecatrónica		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	01MTR02 Soporte de cámara vertical	ESCALA 1:2
20142631	Zinanyuca Yábar Miguel Andrés	FECHA: 25/09/2019
		LÁMINA: D02-A4



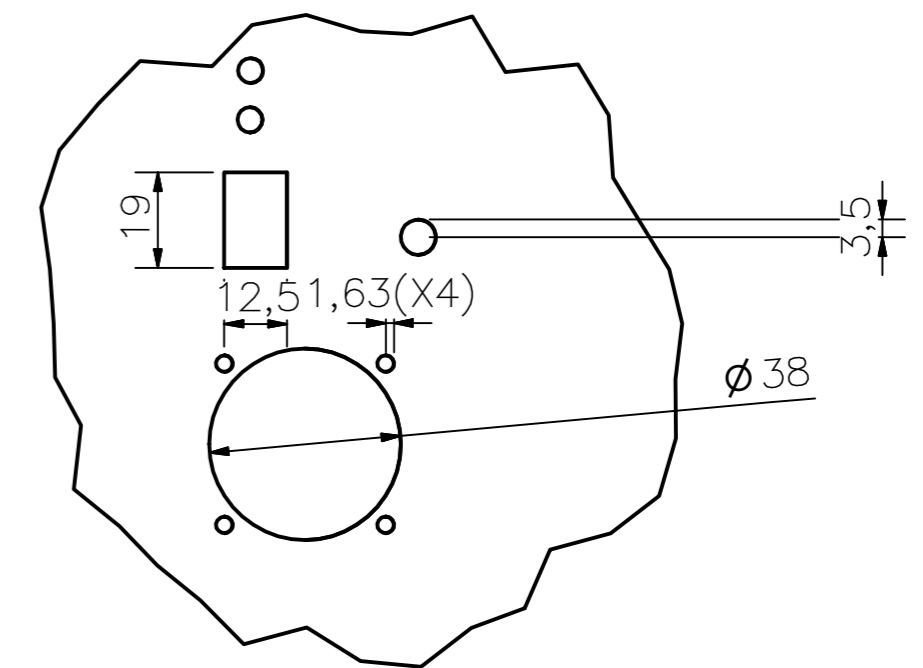
B-B (1 : 2)



ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{(1.5)}$	TOLERANCIA GENERAL -	MATERIAL Aluminio
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de Ciencias e Ingeniería - Facul. de Ingeniería Mecatrónica		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	01MTR02 Soporte tubular	ESCALA 1:10
20142631	Zinanyuca Yábar Miguel Andrés	FECHA: 28/09/2019
		LÁMINA: D03-A4



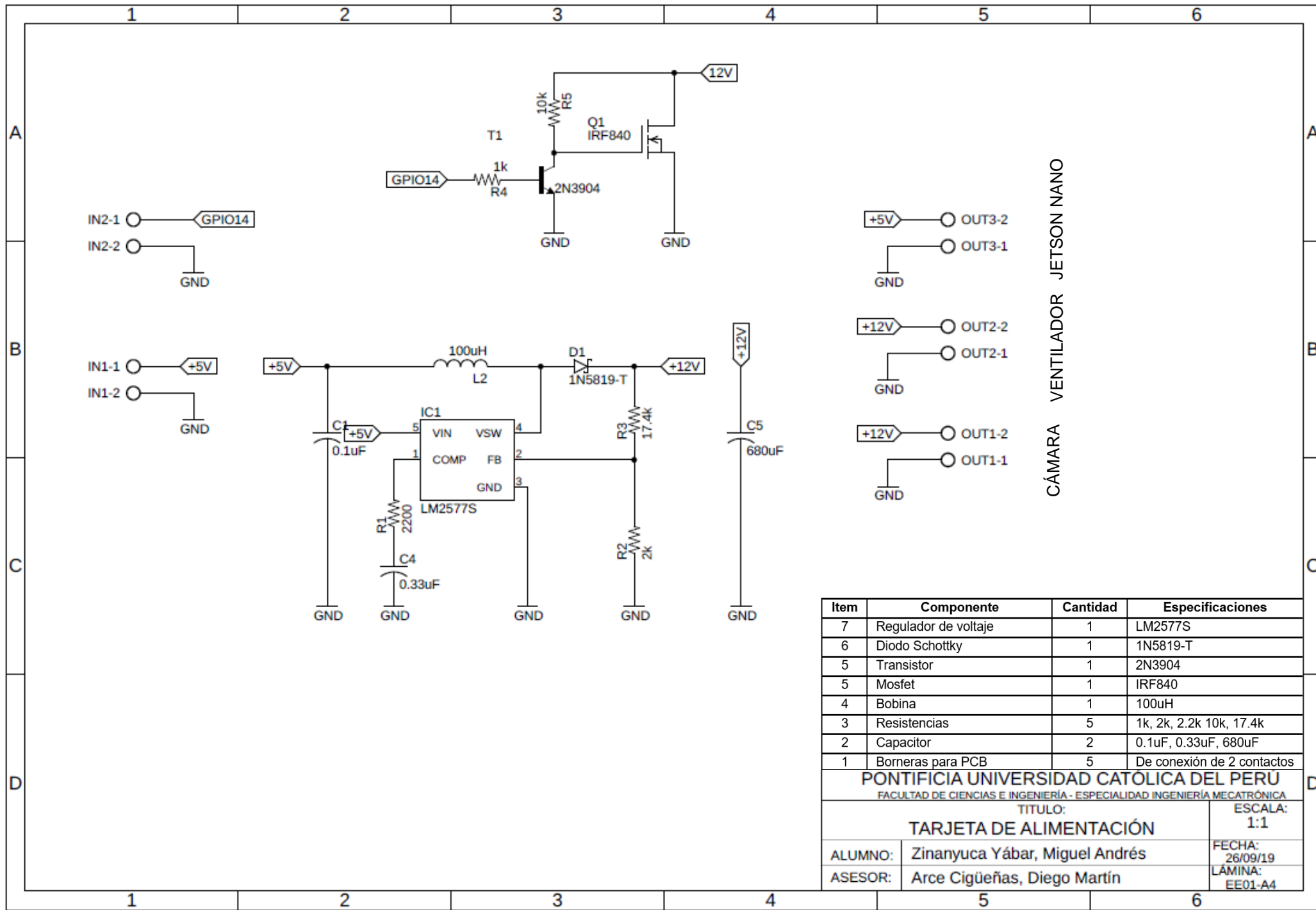
A (2 : 3)



ACABADO SUPERFICIAL 4.8/	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL Poliester
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de Ciencias e Ingeniería- Ing. Mecatrónica		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕	TRABAJO DE FIN DE CARRERA2-10M1	ESCALA 1:2
20142631	ZINANYUCA YÁBAR, MIGUEL ANDRÉS	FECHA: 17/11/2019
		LÁMINA: D04-A3



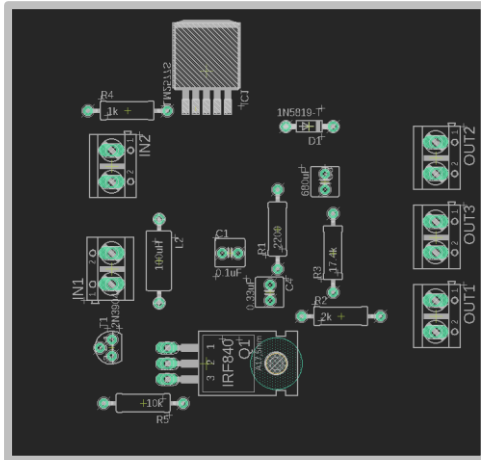
ANEXO 14
PLANOS MECÁNICOS



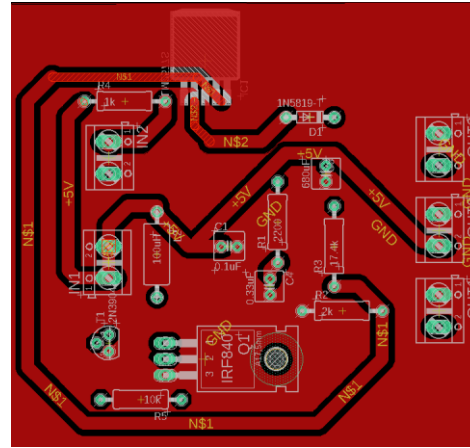
Item	Componente	Cantidad	Especificaciones
7	Regulador de voltaje	1	LM2577S
6	Diodo Schottky	1	1N5819-T
5	Transistor	1	2N3904
5	Mosfet	1	IRF840
4	Bobina	1	100uH
3	Resistencias	5	1k, 2k, 2.2k 10k, 17.4k
2	Capacitor	2	0.1uF, 0.33uF, 680uF
1	Borneras para PCB	5	De conexión de 2 contactos

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - ESPECIALIDAD INGENIERÍA MECATRÓNICA

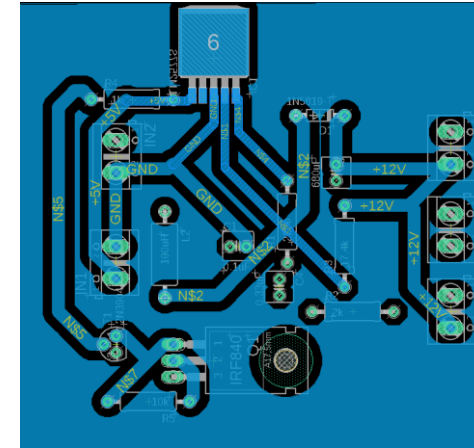
TÍTULO: TARJETA DE ALIMENTACIÓN		ESCALA: 1:1
ALUMNO:	Zinanyuca Yábar, Miguel Andrés	FECHA: 26/09/19
ASESOR:	Arce Cigüeñas, Diego Martín	LÁMINA: EE01-A4



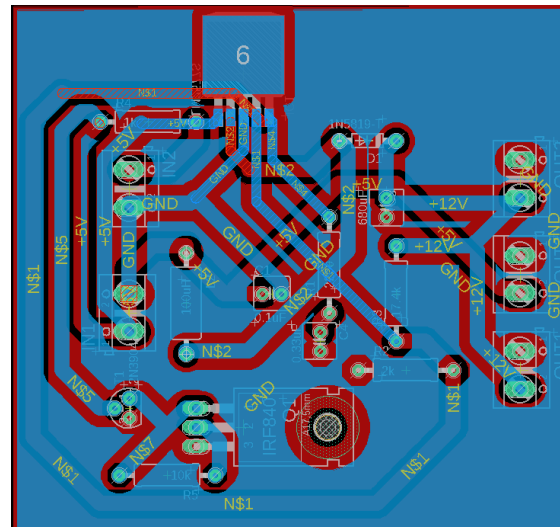
Disposición de componentes



Capa 1 de PCB

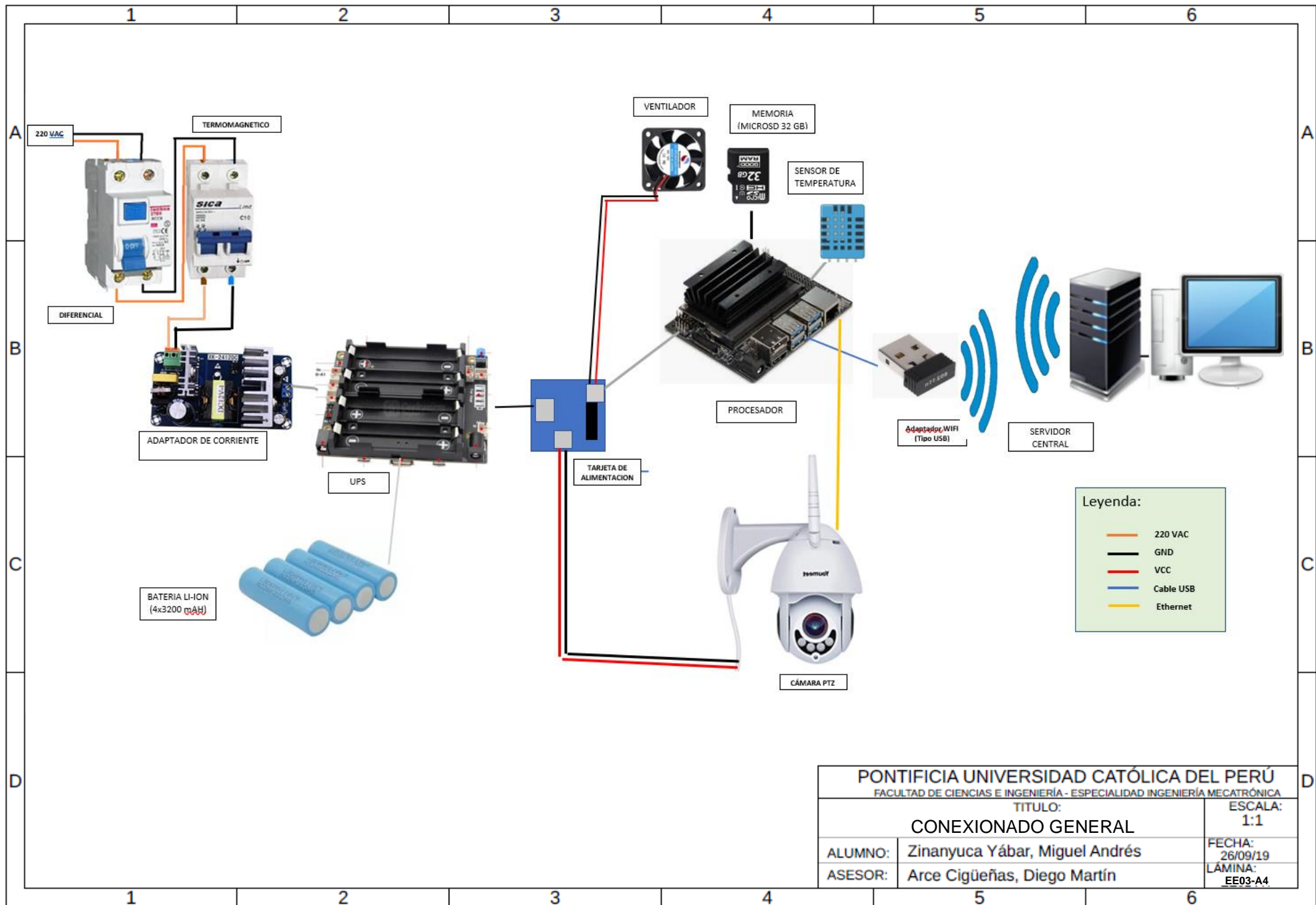


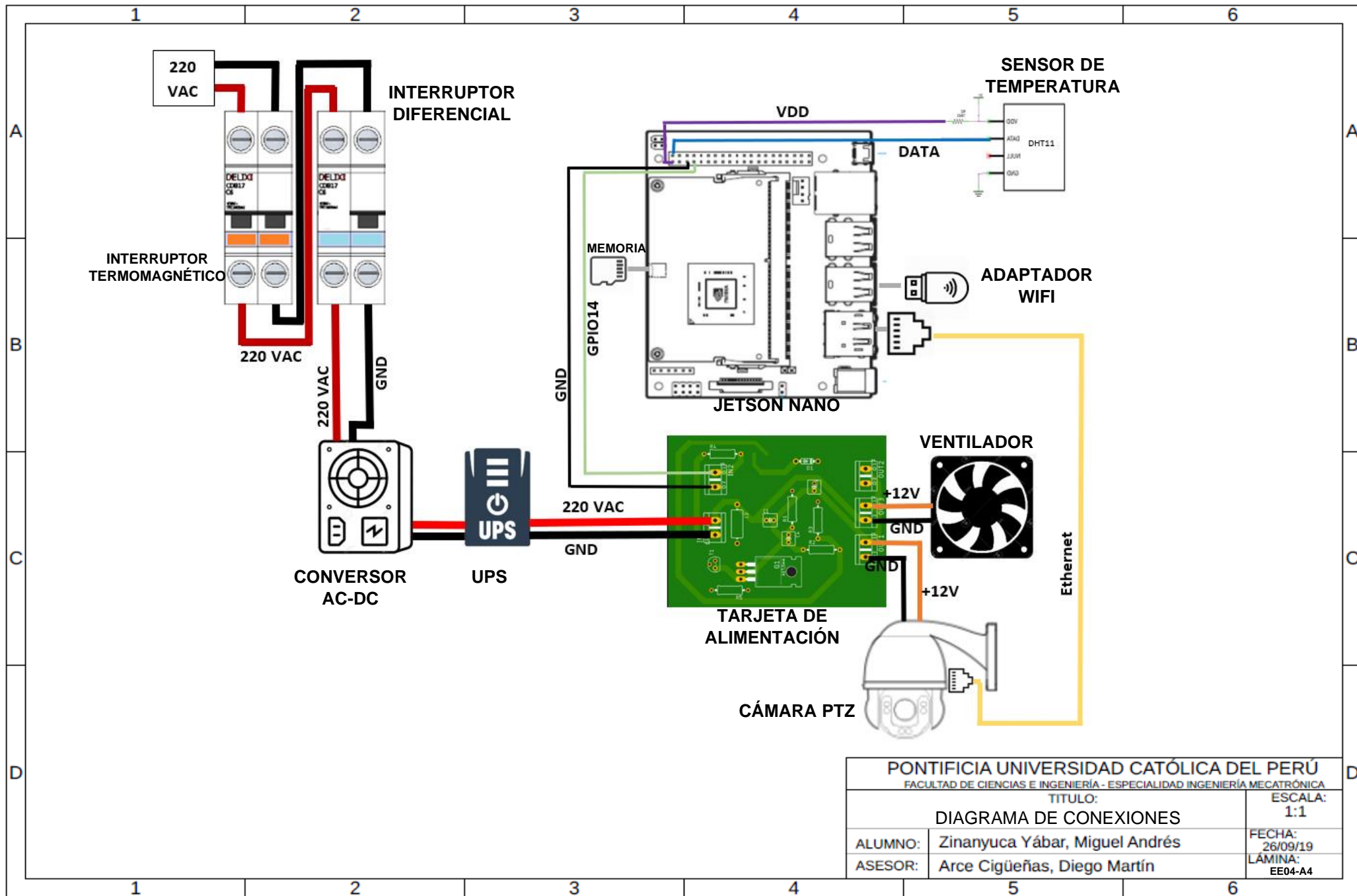
Capa 2 de PCB



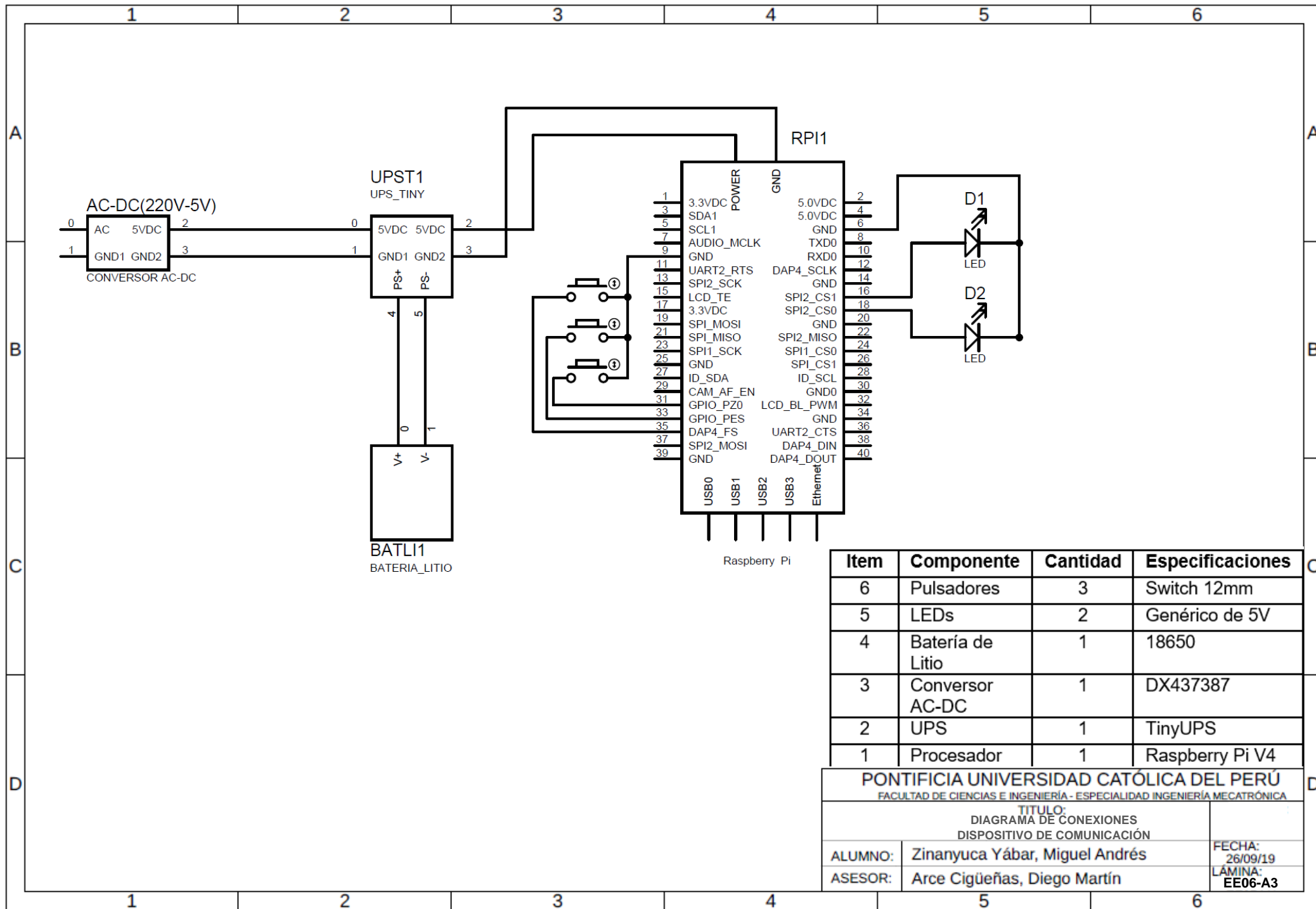
PCB de doble capa

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ			
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - ESPECIALIDAD INGENIERÍA MECATRÓNICA			
TÍTULO:		ESCALA:	
PCB DE TARJETA DE ALIMENTACIÓN		1:1	
ALUMNO:	Zinanyuca Yábar, Miguel Andrés	FECHA:	26/09/19
ASESOR:	Arce Cigüeñas, Diego Martín	LÁMINA:	EE02-A4



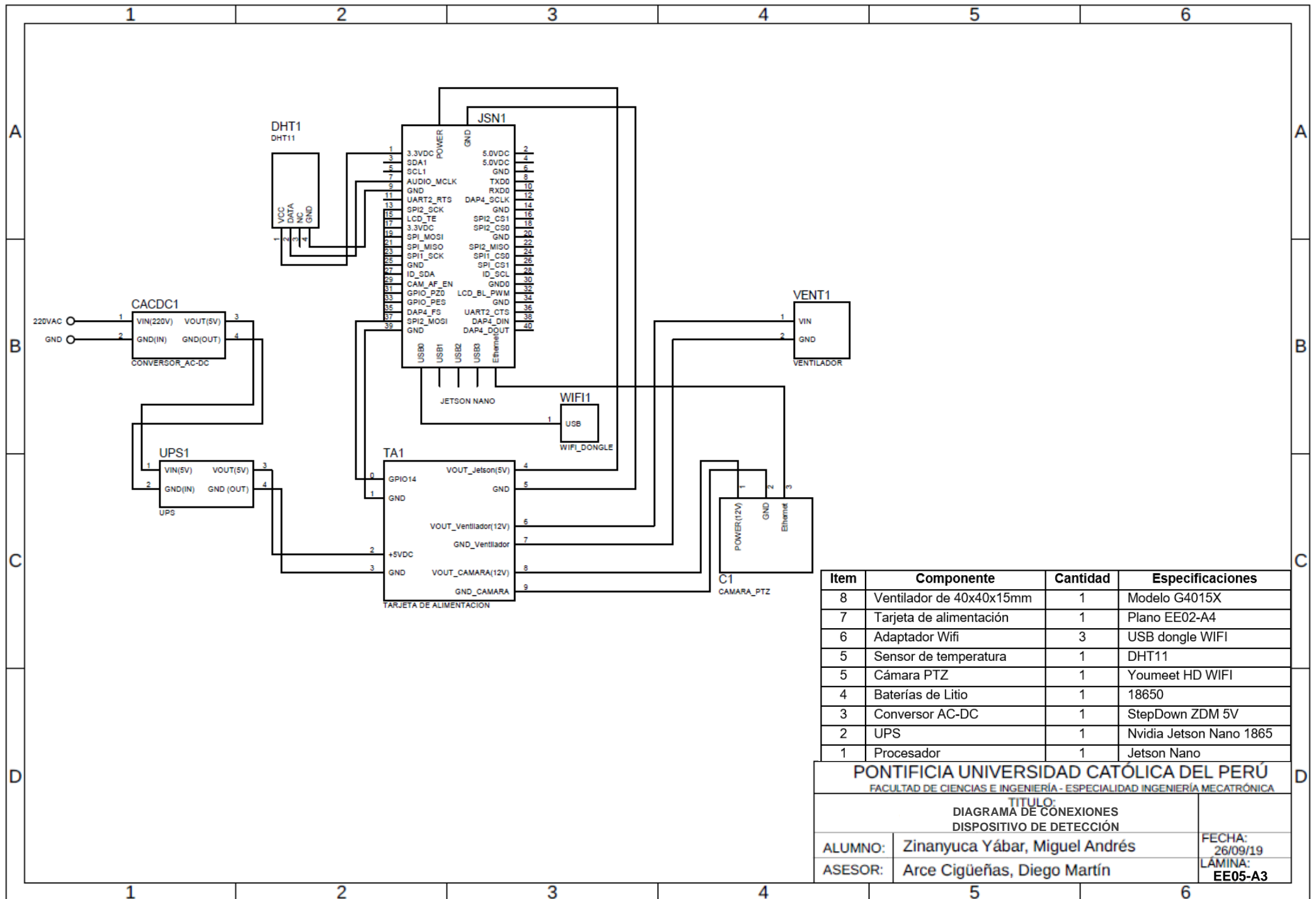


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ			
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - ESPECIALIDAD INGENIERÍA MECATRÓNICA			
TÍTULO:		ESCALA:	
DIAGRAMA DE CONEXIONES		1:1	
ALUMNO:	Zinanyuca Yábar, Miguel Andrés	FECHA:	26/09/19
ASESOR:	Arce Cigüeñas, Diego Martín	LÁMINA:	EE04-A4



Item	Componente	Cantidad	Especificaciones
6	Pulsadores	3	Switch 12mm
5	LEDs	2	Genérico de 5V
4	Batería de Litio	1	18650
3	Conversor AC-DC	1	DX437387
2	UPS	1	TinyUPS
1	Procesador	1	Raspberry Pi V4

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - ESPECIALIDAD INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TÍTULO: DIAGRAMA DE CONEXIONES DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN		
ALUMNO:	Zinanyuca Yábar, Miguel Andrés	FECHA: 26/09/19
ASESOR:	Arce Cigüeñas, Diego Martín	LÁMINA: EE06-A3



Item	Componente	Cantidad	Especificaciones
8	Ventilador de 40x40x15mm	1	Modelo G4015X
7	Tarjeta de alimentación	1	Plano EE02-A4
6	Adaptador Wifi	3	USB dongle WIFI
5	Sensor de temperatura	1	DHT11
5	Cámara PTZ	1	Youmeet HD WIFI
4	Baterías de Litio	1	18650
3	Convertor AC-DC	1	StepDown ZDM 5V
2	UPS	1	Nvidia Jetson Nano 1865
1	Procesador	1	Jetson Nano

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - ESPECIALIDAD INGENIERÍA MECATRÓNICA

TÍTULO:
 DIAGRAMA DE CONEXIONES
 DISPOSITIVO DE DETECCIÓN

ALUMNO:	Zinanyuca Yábar, Miguel Andrés	FECHA:	26/09/19
ASESOR:	Arce Cigüeñas, Diego Martín	LÁMINA:	EE05-A3