

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**Diseño de sistema de grabación automático para la detección,
seguimiento y conteo de peatones en intersecciones semaforizadas**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECATRÓNICO**

AUTOR

Martín Giancarlo Leiva Ottone

ASESOR

Pedro Moisés Crisóstomo Romero

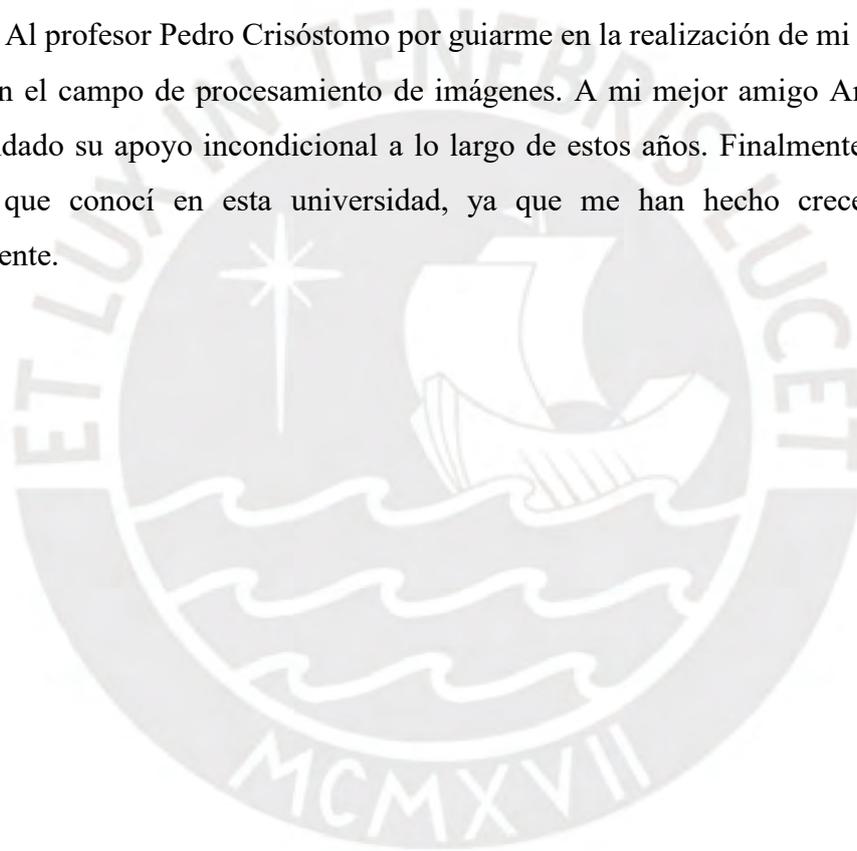
Lima, Junio, 2021

RESUMEN

La falta de información del flujo peatonal es una barrera para agencias de transporte, ya que hace más difícil el planeamiento de infraestructura y mejora de seguridad para peatones. Los métodos de visión por computadora han estado evolucionando rápidamente y se plantean como solución a la falta de información del flujo peatonal, ofreciendo un conteo automatizado de peatones. En este documento académico se propone el diseño de un sistema automático de grabación y conteo de peatones, el cual tendrá como función grabar el flujo peatonal en dos intersecciones semaforizadas perpendiculares entre sí. La cámara utilizada se encontrará montada en una plataforma móvil la cual apuntará automáticamente a un cruce peatonal, dependiendo de la luz del semáforo. Las grabaciones de ambas intersecciones serán enviadas al operario para su procesamiento en un entorno externo. Esta tesis abarca el diseño de la estructura necesaria para una grabación automatizada, así como para la protección y alimentación de los componentes internos. También incluye el desarrollo de los algoritmos de control del sistema y la implementación de los programas necesarios para el conteo de peatones utilizando visión por computadora. Los algoritmos utilizados comprenden: YOLO v3 para la detección de los peatones, filtro de Kalman para el seguimiento y conteo; entre otros. Luego, se muestran los resultados de los algoritmos implementados y las simulaciones estáticas y dinámicas del sistema, a manera de validación. Finalmente, se concluye que se pudo desarrollar el diseño planteado y se dan recomendaciones para futuros trabajos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por haberme acompañado y apoyado a lo largo de esta etapa universitaria. Al profesor Pedro Crisóstomo por guiarme en la realización de mi tesis y por sus enseñanzas en el campo de procesamiento de imágenes. A mi mejor amigo André Lazo por haberme brindado su apoyo incondicional a lo largo de estos años. Finalmente, agradezco a mis amigos que conocí en esta universidad, ya que me han hecho crecer personal y profesionalmente.



ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
INTRODUCCIÓN	1
I. MARCO PROBLEMÁTICO.....	3
1.1 Problemática	3
1.1.1 Importancia del conteo peatonal.....	3
1.1.2 Razones de la falta de información peatonal.....	4
1.1.3 Problemática principal por tratar	5
1.2 Propuesta de solución	5
1.2.1 Alcance	6
1.2.2 Objetivos.....	6
II. DISEÑO DEL SISTEMA	8
2.1 Diseño integrado del SAGCP	8
2.1.1 Descripción física del sistema.....	10
2.1.2 Operación del sistema.....	11
2.1.3 Descripción de los subsistemas	12
2.1.4 Arquitectura de hardware del sistema.....	14
2.1.5 Selección de materiales de fabricación	15
2.2 Subsistema de orientación de cámara	16
2.2.1 Selección de la cámara.....	17
2.2.2 Selección del servomotor 1	18
2.2.3 Selección del servomotor 2	21
2.3 Subsistema de control y procesamiento.....	23
2.3.1 Selección de controlador.....	23
2.3.2 Selección de la antena Wifi.....	25
2.3.3 Diagrama de flujo	26
2.3.4 Control de la plataforma pan-tilt	28
2.3.5 Algoritmos del procesamiento de imágenes.....	32
2.4 Subsistema de protección.....	41
2.4.1 Selección de abrazadera.....	41
2.4.2 Selección de domo transparente	49
2.4.3 Protección de ingreso del sistema.....	50
2.5 Subsistema de Energía.....	54

2.5.1 Cálculo del consumo de energía del sistema.....	55
2.5.2 Selección de la batería	57
2.5.3 Selección del convertor de voltaje	58
2.5.4 Selección de encapsulamiento.....	59
2.5.5 Botón de encendido	59
2.5.6 Prensaestopa.....	60
2.6 Esquemático.....	61
2.7 Planos del sistema	64
2.7.1 Estructura del Plano de Ensamble	64
2.8 Presupuesto	68
III. PRUEBAS Y RESULTADOS	71
3.1 Experimentación de los algoritmos de conteo.....	71
3.1.1 Criterios de Evaluación.....	71
3.1.2 Ejemplificación de aciertos en el conteo.....	72
3.1.3 Errores detectados en el conteo	73
3.2 Simulación estructural	75
3.3 Simulación dinámica del sistema	77
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Esquema del posicionamiento del sistema.	9
Figura 2-2: Perspectivas del sistema con respecto a los cruces peatonales.	10
Figura 2-3: Vista isométrica del sistema y sus compartimientos.	11
Figura 2-4: Diagrama de operaciones.	12
Figura 2-5: Estructura interna del compartimiento principal.	13
Figura 2-6: Vista isométrica del compartimiento secundario.	14
Figura 2-7: Diagrama de bloques del sistema.	14
Figura 2-8: Vista del subsistema de orientación de cámara.	16
Figura 2-9: Configuración del soporte de cámara.	19
Figura 2-10: DCL del servomotor 1.	19
Figura 2-11: Curva de velocidad de un servomotor.	20
Figura 2-12: Configuración del segundo servomotor.	22
Figura 2-13: Diagrama de flujo del programa principal.	27
Figura 2-14: Diagrama de bloques de control de la plataforma pan-tilt.	28
Figura 2-15: Respuesta del eje horizontal en lazo cerrado.	30
Figura 2-16: Respuesta del eje vertical en lazo cerrado.	30
Figura 2-17: Diagrama de flujo para el control de desplazamiento de la cámara.	32
Figura 2-18: Diagrama de flujo de la detección de peatones.	33
Figura 2-19: Prueba del algoritmo de detección de peatones.	34
Figura 2-20: Diagrama de flujo del proceso de seguimiento.	36
Figura 2-21: Prueba 1 del algoritmo de seguimiento.	37
Figura 2-22: Prueba 2 del algoritmo de seguimiento.	37
Figura 2-23: Prueba del algoritmo de detección del semáforo.	38
Figura 2-24: Prueba del algoritmo de reconocimiento de colores.	39
Figura 2-25: Diagrama de flujo del algoritmo de reconocimiento de colores y su subprograma.	40
Figura 2-26: Subsistema de protección.	41
Figura 2-27: Especificaciones de la abrazadera.	42
Figura 2-28: Diagrama de cuerpo libre de la abrazadera.	43
Figura 2-29: DCL Abrazadera en el eje axial del poste.	43
Figura 2-30: Tornillos sometidos a corte en la abrazadera.	48
Figura 2-31: DCL del tornillo sometido a corte.	48
Figura 2-32: Domo acrílico transparente.	49
Figura 2-33: Unión entre Domo de acrílico y estructura de policarbonato.	51
Figura 2-34: Unión entre soporte Estructura-Abrazadera y estructura de policarbonato.	51
Figura 2-35: Unión entre subsistema de control y estructura de policarbonato.	51
Figura 2-36: Subsistema de energía.	54
Figura 2-37: Esquemático del compartimiento secundario.	62
Figura 2-38: Vista superior de la tarjeta electrónica del compartimiento secundario.	62
Figura 2-39: Vista inferior de la tarjeta electrónica del compartimiento secundario.	62
Figura 2-40: Ubicación de componentes de la tarjeta del compartimiento secundario.	63
Figura 2-41: Esquemático del compartimiento principal.	63
Figura 2-42: Vista superior de la tarjeta electrónica del compartimiento principal.	64
Figura 2-43: Vista inferior de la tarjeta electrónica del compartimiento principal.	64
Figura 2-44: Ubicación de componentes de la tarjeta del compartimiento principal.	64
Figura 2-45: Vistas principales del compartimiento principal.	65

Figura 2-46: Corte A-A.....	66
Figura 2-47: Detalle de las uniones.....	66
Figura 3-1: Ejemplo de un conteo exitoso.....	73
Figura 3-2: Secuencia 1 de cambio de identidad.....	74
Figura 3-3: Secuencia 2 de cambio de identidad.	74
Figura 3-4: Errores en la detección peatonal debido a ocultaciones.	75
Figura 3-5: Simulación de los esfuerzos del sistema y factor de seguridad.	76
Figura 3-6: Simulación del desplazamiento por deformación.	77
Figura 3-7: Animación de la plataforma pan-tilt.	77
Figura 3-8: Momento ejercido por los servomotores.	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Comparativa entre materiales de fabricación para estructura externa.	15
Tabla 2-2: Comparación de módulos de cámara.....	17
Tabla 2-3: Componentes accionados por el servomotor 1.	18
Tabla 2-4: Características del servo SG90.	21
Tabla 2-5: Componentes accionados por el servomotor 2.	22
Tabla 2-6: Pines necesarios en el controlador.	23
Tabla 2-7: Comparativa de controladores con GPU	24
Tabla 2-8: Comparativa de antenas Wifi.....	25
Tabla 2-9: Características de la respuesta en el tiempo de la plataforma pan-tilt.....	31
Tabla 2-10: Variables utilizadas en el desplazamiento de la cámara.	31
Tabla 2-11: Especificaciones abrazadera.	42
Tabla 2-12: Componentes del subsistema de protección.	44
Tabla 2-13: Dimensiones del tornillo.....	45
Tabla 2-14: Características de domo acrílico.	50
Tabla 2-15: Tabla comparativa de conectores USB.....	52
Tabla 2-16: Tabla comparativa de tampones de ventilación.	53
Tabla 2-17: Consumo de voltaje y corriente de los componentes.	55
Tabla 2-18: Consumo de corriente de la operación.	56
Tabla 2-19: Tabla comparativa de baterías.....	57
Tabla 2-20: Comparativa de elevadores de voltaje.....	58
Tabla 2-21: Comparativa de encapsulados.....	59
Tabla 2-22: Comparativa de botones de encendido.	60
Tabla 2-23: Comparativa de prensaestopas.	61
Tabla 2-24: Lista de Planos.	67
Tabla 2-25: Enumeración de los planos de despiece.....	67
Tabla 2-26: Presupuesto del subsistema de orientación de cámara.	68
Tabla 2-27: Presupuesto del subsistema de protección.	68
Tabla 2-28: Presupuesto del subsistema de control.	69
Tabla 2-29: Presupuesto del subsistema de energía.....	69
Tabla 2-30: Presupuesto total. Elaboración propia.	70
Tabla 3-1: Evaluación de los algoritmos de detección, seguimiento y conteo.	72

INTRODUCCIÓN

Información acerca del flujo peatonal puede ser una valiosa métrica para el análisis de tráfico y planeamiento de infraestructura urbana. Lamentablemente, las agencias de gobierno no tienen los recursos para recolectar cuentas de peatones por largos periodos en todos los lugares relevantes. Es por lo que se obtiene la información mediante encuestas o conteos manuales utilizando voluntarios (Griswold, Medury, Schneider, & Grembek, 2018). Este método tiene distintas desventajas como su alto costo, corta duración y error al estimar promedios anuales. Debido a estos factores se hace difícil la obtención de información sobre el flujo peatonal (NCHRP, 2014). Por lo tanto, el presente proyecto plantea diseñar un sistema de grabación automático para la detección, seguimiento y conteo de peatones utilizando tecnología de visión por computadora, con la finalidad de obtener información de la cantidad de peatones que transitan por intersecciones semaforizadas. La ventaja radica en que este sistema reduciría los costos por pago de operarios, y permitiría un conteo peatonal por mayores periodos de tiempo. Este diseño estará basado en un trabajo de investigación anterior, el cual ofrece un concepto de solución para la problemática tratada en esta tesis (Leiva M. , 2020).

El diseño del Sistema Automático de Grabación y Conteo Pevalonal (SAGCP) contempla la utilización de una cámara colocada en una plataforma Pan-Tilt la cual cambiará de posición automáticamente al momento de cambiar el color del semáforo, de esta manera grabando dos crueros peatonales semaforizados por separado. Se contempla que el SAGCP se encuentre montado en un poste mediante el uso de abrazaderas, por lo cual los materiales elegidos deben ser ligeros (Policarbonato, Acrílico y ABS), y la estructura externa debe proveer un grado de protección IP54, la cual protege al sistema de polvo y lluvia, protección suficiente para su utilización en la ciudad de Lima. En cuanto a la alimentación del sistema, el SAGCP utiliza baterías, dándole al sistema una autonomía mínima de 6 horas.

La operación típica del SAGCP comienza con el operario introduciendo los parámetros de entrada del sistema mediante una interfaz remota a la cual se puede acceder utilizando una computadora, esta se conecta al SAGCP mediante Wifi. Los datos de entrada son: La señal de inicio, duración del conteo, la ubicación aproximada de los crueros peatonales, entre otros. Después de ingresar dichos datos, el SAGCP empezará a grabar de manera

automática los peatones que crucen por ambas intersecciones semaforizadas al mismo tiempo que envía mediante Wifi las grabaciones al operario. Una vez terminado el tiempo establecido previamente, el sistema se apagará y se realizará el procesamiento de imágenes de manera externa. Este documento académico también implementó el algoritmo necesario para la detección, seguimiento y conteo de peatones presentes en grabaciones. La detección de peatones se realizó basándose en YOLO v3, mientras que el seguimiento y conteo de peatones se consiguió implementando un filtro de Kalman.

En el documento se detalla la información acerca del proyecto, organizándola en capítulos. En el primer capítulo, se aborda la problemática relacionada con la falta de automatización para el conteo peatonal. Luego, explicará la propuesta de solución, especificando el objetivo principal, los objetivos específicos y el alcance. Se concluirá con el primer capítulo analizando el estado del arte de la tecnología relacionada, con la finalidad de brindar un panorama acerca del SAGCP y los algoritmos utilizados. En el capítulo 2 se trata el diseño del sistema propuesto, exponiendo su funcionamiento y dividiéndolo en subsistemas, los cuales son examinados individualmente. También se comentará acerca de los algoritmos utilizados en el procesamiento de imágenes, se presentarán los planos del sistema y el presupuesto general. En el capítulo 3 se mostrarán los resultados de los algoritmos y las simulaciones de la estructura del sistema. Finalmente, se detallarán las conclusiones y recomendaciones en base al diseño realizado, con la finalidad de servir como consideraciones para futuros trabajos. En los apartados de Anexos se muestran los planos, hojas de datos, programación utilizada, entre otros.

CÁPITULO 1

MARCO PROBLEMÁTICO

El objetivo principal de este capítulo es exponer la problemática relacionada a este documento académico, la cual es la falta de automatización para la toma de datos de flujo peatonal. Con el fin de contextualizar dicha problemática, se abarca la importancia del conteo peatonal, explicando su estado actual y las razones de la falta de información de flujo peatonal. Finalmente, se expone la propuesta de solución, detallando su objetivo general, objetivos específicos y su alcance.

1.1 Problemática

La mayoría de las instituciones estatales en diversos países tienen las capacidades mínimas para cuantificar la magnitud total de los viajes peatonales (Ohlms, Dougald, & Hannah, 2019). En el caso de Lima, existe una encuesta anual llamada “Lima Cómo Vamos” realizada por el Instituto de Opinión Pública de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Esta encuesta tiene como objetivo recoger la percepción de la ciudadanía sobre su entorno, incluyendo información referencial acerca de la manera en la que se desplazan los limeños en su capítulo de movilidad y transporte. Entre la información más relevante de dicho capítulo se encontró que el 46.6% de los limeños considera que el transporte público es el problema más importante de la ciudad y la caminata está presente en un 69.3% de los viajes, siendo este el método más utilizado, ya sea como medio principal o como complemento a otro método. No obstante, se afirma que estos datos no deben sustituir un estudio de viajes (Lima Cómo Vamos, 2019).

1.1.1 Importancia del conteo peatonal

Con el propósito de mejorar el transporte público, es necesario obtener información acerca del flujo peatonal. El conteo peatonal juega un rol importante en la gestión, planeamiento y control del tráfico urbano, teniendo el potencial de optimizar el diseño de

la infraestructura de tráfico (Hu, Gao, & Sun, 2017). Lamentablemente, las agencias de gobierno no tienen los recursos para recolectar cuentas de peatones por largos periodos en todos los lugares relevantes debido a las limitaciones técnicas (Griswold, Medury, Schneider, & Grembek, 2018).

1.1.2 Razones de la falta de información peatonal

Para entender por qué la falta de documentación de flujo peatonal se ha convertido en uno de los retos para las agencias de transporte, es necesario conocer el estado del conteo peatonal. Entre los aspectos más relevantes se encuentran: El conteo manual como principal método, la corta duración de las cuentas, la diferencia con el conteo de vehículos y el uso de conteo automático (Leiva M. , 2020).

Es importante resaltar que, en la mayoría de los casos la recolección de información sobre el flujo peatonal se obtiene mediante el conteo manual, típicamente mediante voluntarios (Johnstone, Krista, & Kothuri, 2018). Este tipo de conteo es el más utilizado debido a su facilidad de implementación y movilidad, pero tiene diferentes desventajas. En primer lugar, tiene un costo elevado debido a que se necesita entrenar y remunerar al personal, lo cual hace al método viable solo para conteos de corto plazo. Otra desventaja para considerar es que la efectividad de este método está sujeta a diferentes factores humanos como la familiaridad con la zona a contabilizar, la fatiga o falta de atención (NCHRP, 2014).

Además, es necesario considerar que usualmente las cuentas de peatones son cortas, en gran parte porque el método más común solo es viable a corto plazo y también debido a que el conteo automático de peatones es percibido como difícil (Leiva M. , 2020). La utilización de conteos cortos tiene como consecuencia un error entre el 30% a 50% en la estimación del promedio anual de tráfico no motorizado debido a que es necesario el uso de factores de ajuste para aproximar un promedio anual partiendo de algunas horas (Johnstone, Krista, & Kothuri, 2018).

Otro aspecto para considerar es la diferencia entre el conteo vehicular y peatonal. En diferentes países ya se ha estandarizado el conteo vehicular y tienen información disponible acerca tendencias del flujo de vehículos motorizados. Aun así, el conteo

peatonal sigue siendo un área en desarrollo debido a que el flujo peatonal es mucho más sensible a condiciones ambientales, tiene una alta variabilidad y el comportamiento peatonal es mucho más aleatorio que el vehicular (NCHRP, 2014).

Finalmente, cabe resaltar que el conteo automatizado de peatones utilizando tecnologías basadas en visión puede alcanzar una alta precisión de conteo con un bajo costo computacional, siendo su limitación que solo se cubren pequeñas regiones (Quiroga, Romero, García, & Parra, 2011). Siendo la causa principal de esta limitación el uso de cámaras fijas. Una solución podría ser automatizar cámaras móviles. Desafortunadamente, en la actualidad estas son mayormente operadas de manera manual (Leiva M. , 2020).

En resumen, las razones por las cuales falta información peatonal son debido al alto costo del conteo manual, el significativo error causado por conteos cortos y la dificultad de conteo en comparación al conteo vehicular. Diferentes estudios sugieren que el conteo automático sería más ventajoso que el manual (Ohlms, Dougald, & Hannah, 2019), pero la tecnología todavía se encuentra en desarrollo.

1.1.3 Problemática principal por tratar

Considerando los factores detallados con anterioridad, se decidió que el presente documento académico trate la problemática de: ***Falta de automatización para la toma de datos de flujo peatonal.*** Esto debido a que esta problemática engloba las principales razones de la dificultad del conteo peatonal.

1.2 Propuesta de solución

Se plantea basarse en el estado del arte y concepto solución propuesto por el trabajo de investigación previo a esta tesis (Leiva M. , 2020) para el diseño de un sistema de grabación automático para la detección, seguimiento y conteo de peatones en intersecciones semaforizadas de calles el cual ayudará a recolectar la información cuantitativa acerca del flujo peatonal, la cual será útil en la toma de decisiones con

respecto al planeamiento, diseño, operación y verificación de políticas relacionadas al transporte.

1.2.1 Alcance

- Se diseñará un sistema de grabación automático que cuente con la capacidad de direccionarse automáticamente.
- Este sistema monitoreará dos cruces peatonales simultáneamente durante el día.
- El sistema se direccionará al cruce peatonal respectivo mediante un sistema de control cuyos datos de entrada estarán relacionados con el video grabado y el estado del semáforo.
- El diseño contempla el desarrollo de los algoritmos para el control del sistema y procesamiento de imágenes destinado a la detección, seguimiento y conteo de peatones.

1.2.2 Objetivos

En esta sección se presentan el objetivo general y los objetivos específicos del presente documento académico.

Objetivo General:

- Diseñar un sistema de grabación automático para la detección, seguimiento y conteo de peatones en intersecciones semaforizadas de calles.

Objetivos Específicos:

- Crear una base de datos de videos de intersecciones.
- Realizar el sistema de control para la rotación del sistema de grabación.
- Diseñar una plataforma que permita el direccionamiento automático de la cámara.
- Desarrollar el procesamiento de imágenes para la detección, conteo y seguimiento de peatones.

- Orientar el desarrollo del proyecto hacia los objetivos del desarrollo sostenible, especialmente el número 11, el cual plantea ciudades y comunidades sostenibles, solucionando problemas como la congestión.



CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA

El objetivo principal de este capítulo es explicar el diseño mecatrónico del Sistema Automático de Grabación y Conteo Peatonal (SAGCP). La estructura de este capítulo es la siguiente: Se comenzará explicando el SAGCP como sistema integrado, comprende la explicación del funcionamiento, el diagrama de operaciones y la arquitectura de hardware del sistema y los materiales de fabricación. A continuación, presentarán los subsistemas. El SAGCP se encuentra subdividido en: subsistema de orientación de cámara, subsistema de protección, subsistema de energía y subsistema de control. Se desarrollan los programas del procesamiento de imágenes y se desarrollará el diagrama de flujo general. Además, se determinan las estrategias de control de los actuadores del sistema. En cada subsistema se abarcarán los cálculos respectivos de los componentes o piezas principales para poder seleccionarlas. Finalmente se presentan las listas de planos y esquemáticos.

2.1 Diseño integrado del SAGCP

El SAGCP tiene como función principal grabar el flujo peatonal que ocurre entre dos cruces peatonales semaforizados perpendiculares entre sí para luego obtener información acerca del número de transeúntes grabados. Se contempla que el sistema esté situado en un punto elevado ubicado en una esquina, de tal manera que se puedan analizar individualmente ambos cruces. Un esquema de la ubicación del SAGCP, los cruces peatonales, y semáforos se puede ver en la *Figura 2-1*.

El objetivo de este posicionamiento es garantizar que solo un cruce peatonal esté siendo utilizado a la vez, de tal manera que al monitorear cualquiera de los dos semáforos se pueda determinar por cual pueden cruzar los peatones. Esto permite al SAGCP grabar solo un cruce peatonal a la vez sin perder información relevante del flujo peatonal. Asimismo, las perspectivas de los cruces peatonales obtenidas con este posicionamiento son similares entre sí, facilitando el procesamiento de imágenes posterior.

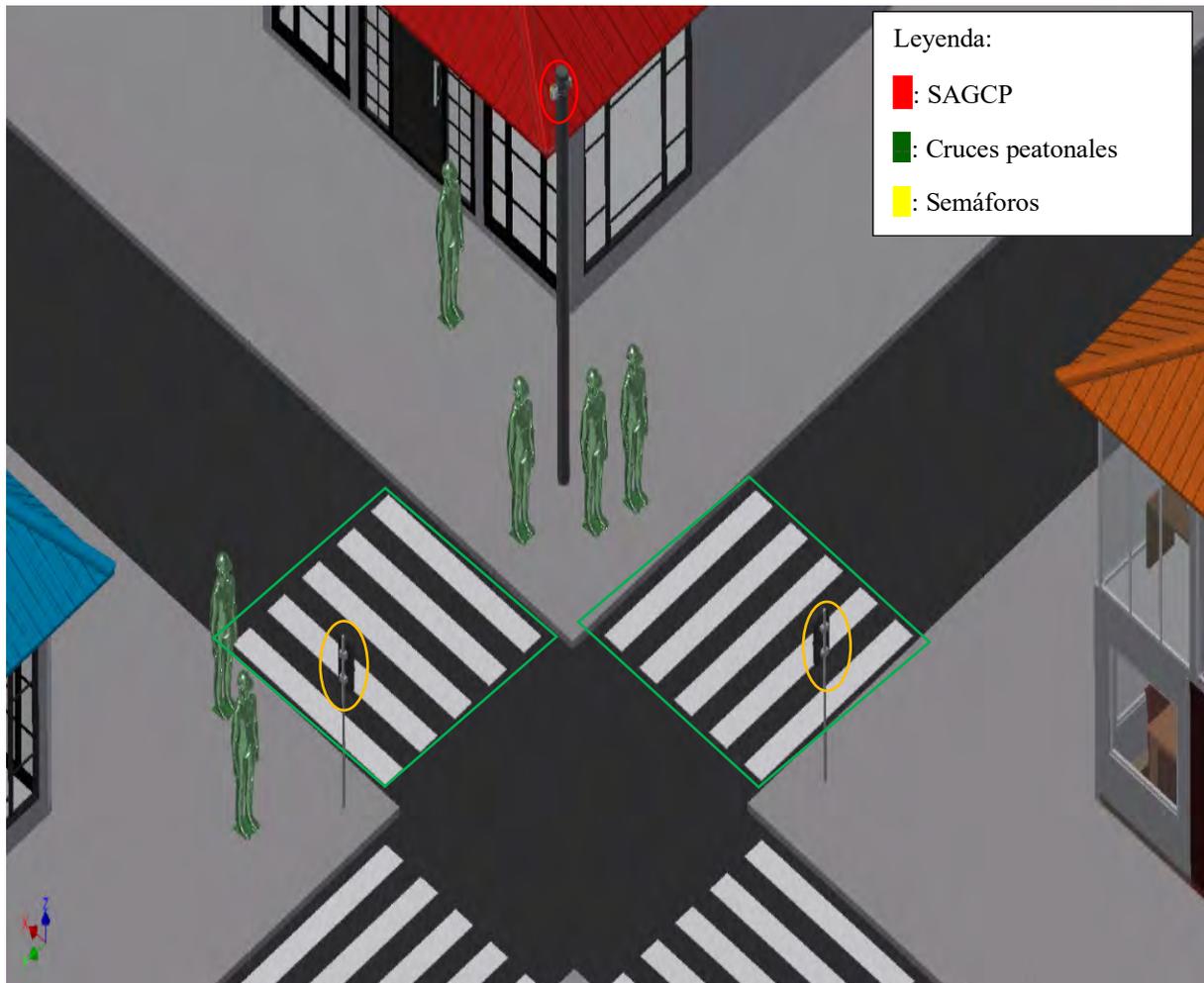


Figura 2-1: Esquema del posicionamiento del sistema. Elaboración propia.

Es necesario mencionar que se eligió la utilización de una vista superior, como se muestra en la *Figura 2-2*, debido a que esta minimiza las ocultaciones y variaciones de forma entre personas, siendo su desventaja que este tipo de ubicación solo cubre pequeñas regiones (Quiroga, Romero, García, & Parra, 2011), desventaja que es mitigada por el uso de una plataforma móvil, de esta manera otorgando a la cámara una perspectiva adicional.

Teniendo en cuenta que solo un cruce peatonal está siendo utilizado a la vez, la grabación se logrará mediante una cámara, la cual se encontrará montada en una plataforma rotativa de 2 grados de libertad que cuenta con capacidad de direccionarse al cruce peatonal respectivo automáticamente teniendo en cuenta el video grabado. Las ventajas de utilizar una sola cámara y una plataforma móvil en vez de 2 cámaras de 1 grado de libertad es la reducción del tamaño del SAGCP y la disminución del costo computacional, al tener que solo procesar una entrada de video.

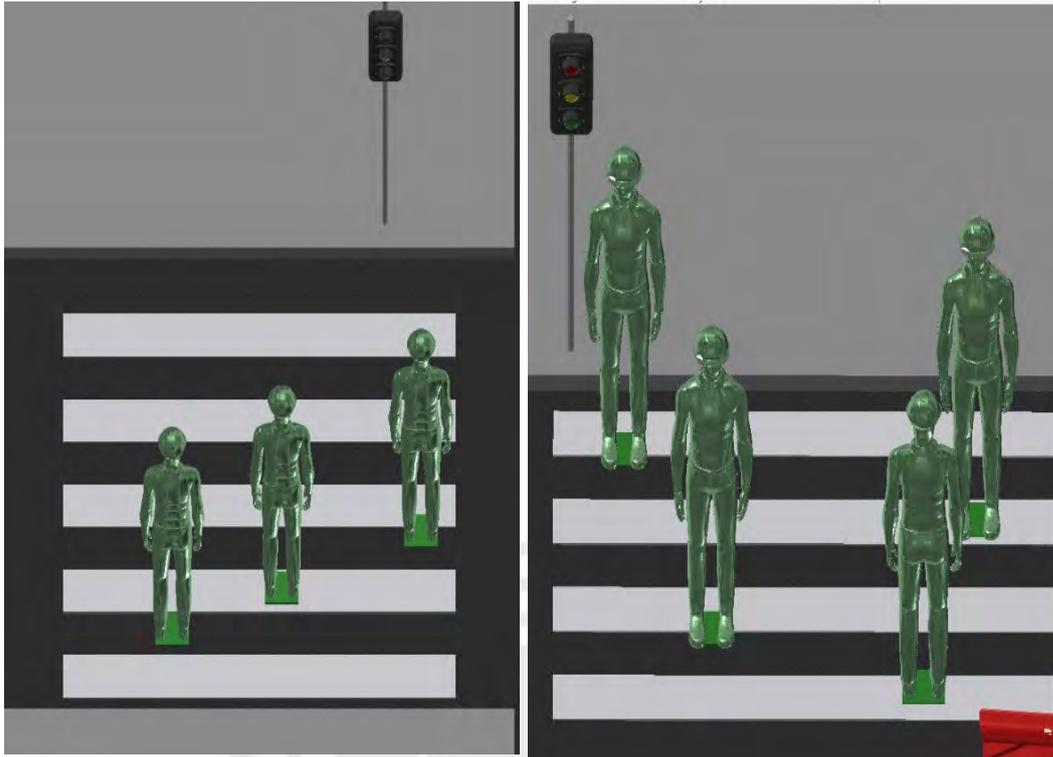


Figura 2-2: Perspectivas del sistema con respecto a los crueros peatonales. Elaboración propia.

2.1.1 Descripción física del sistema

Se contempla una estructura externa resistente a la corrosión que tiene como objetivo proteger los componentes electrónicos y eléctricos, con una protección IP 54 de tal manera que pueda estar protegido de polvo y lluvia moderada, así adaptándose al clima de la ciudad de Lima. La estructura externa del compartimiento principal contará con un domo transparente para no obstruir la visión de la cámara. Además, se fijará al poste con la utilización de abrazaderas atornilladas, de tal manera que la unión no es permanente, lo cual le da la opción al sistema de posteriormente acoplarse a distintos postes. Las dimensiones generales del SAGP son de 362 mm x 244 mm x 281 mm.

Este sistema cuenta con dos compartimientos: un compartimiento principal con la mayoría de los componentes, y otro secundario donde se encuentran las baterías que energizan el sistema. En la *Figura 2-3* se puede ver una vista isométrica del sistema donde se presentan los dos compartimientos.

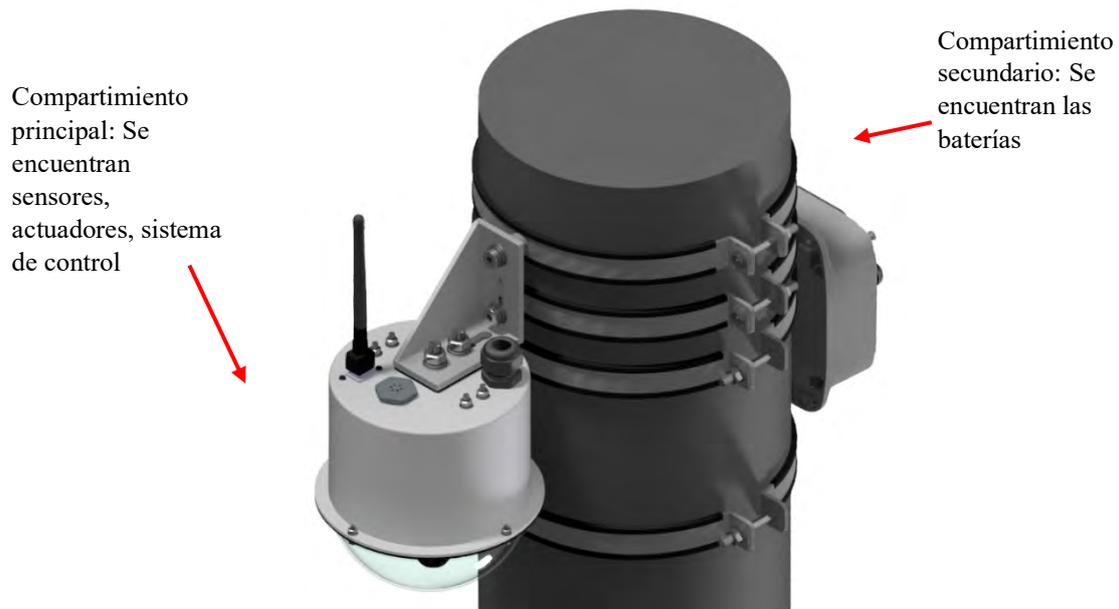


Figura 2-3: Vista isométrica del sistema y sus compartimientos. Elaboración propia.

2.1.2 Operación del sistema

En un ciclo normal de trabajo, se debe empezar por energizar el sistema presionando un botón, para luego ingresar de manera remota (utilizando de una interfaz para computadora) a la configuración inicial del SAGP. Esta configuración se realiza direccionando la cámara manualmente hacia el primer cruceo peatonal, para así guardar la posición de los actuadores que permite grabar a los peatones correctamente. Luego, se indicará aproximadamente la ubicación del primer cruceo peatonal y su respectivo semáforo. De igual manera, se realizará este proceso para el segundo cruceo. Una vez ingresados estos datos, se especificará la duración de la grabación y se iniciará el proceso.

Una vez iniciado el proceso, la plataforma donde está montada la cámara alternará entre las dos posiciones guardadas previamente dependiendo del color del semáforo, el cual se detectará en tiempo real mediante procesamiento de imágenes. Las grabaciones serán enviadas en simultaneo utilizando una red Wifi. Al terminar la grabación, externamente se procesarán los videos para detectar, seguir y contar a los peatones. Al finalizar el conteo, se generará un archivo con los resultados, donde se esperará a que el operario solicite los datos obtenidos usando la interfaz. El procesamiento de imágenes para el conteo se realizará después del proceso de grabación, y de manera externa para minimizar el consumo de energía y así el peso total del sistema.

En la *Figura 2-4* se muestra un diagrama de operaciones indicando los pasos que realiza en operario. En esta figura se indica que operaciones se hacen de manera manual y cuales se realizan mediante la interfaz por computadora.

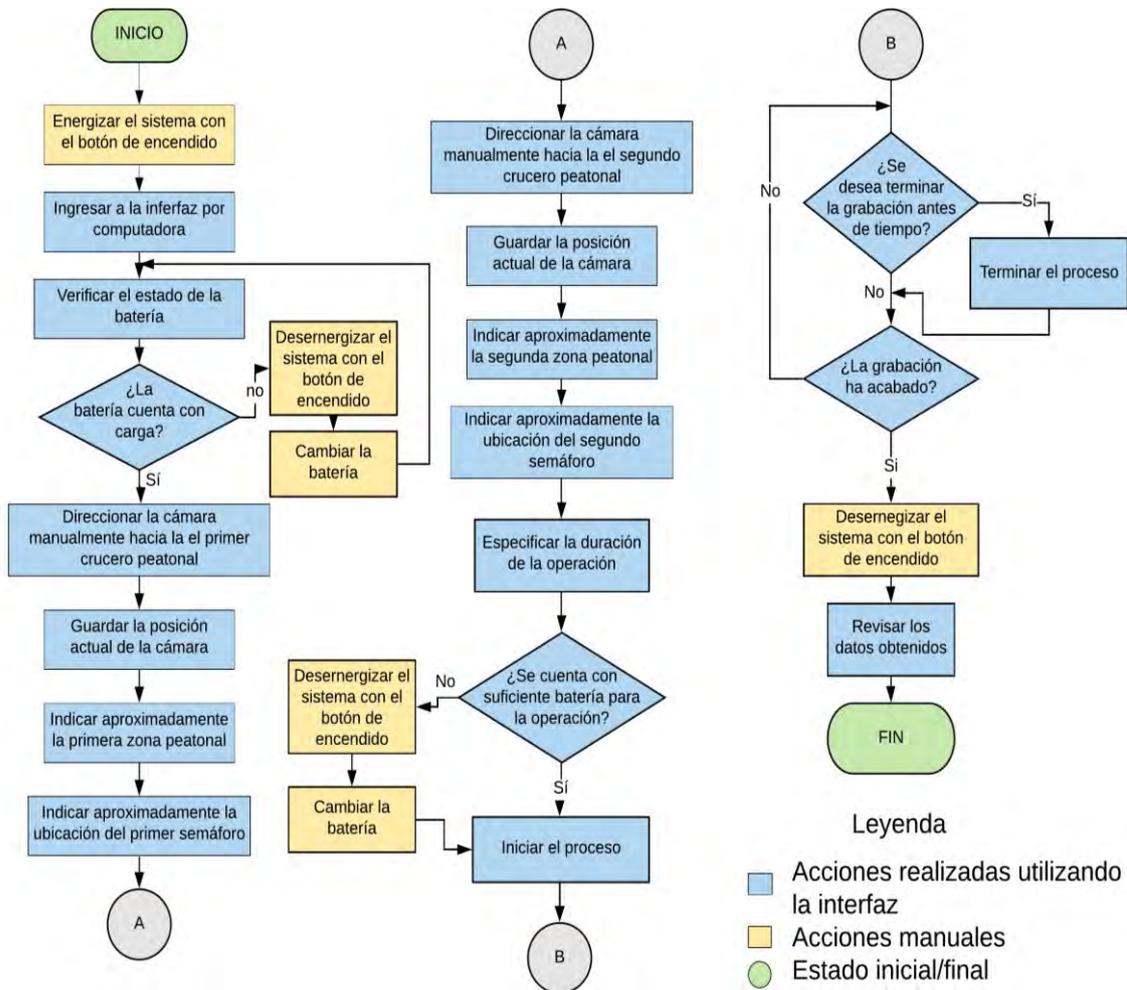


Figura 2-4: Diagrama de operaciones. Elaboración propia.

2.1.3 Descripción de los subsistemas

El SAGP cuenta con 4 subsistemas, subsistema de orientación de cámara, subsistema de protección, subsistema de control y procesamiento, y subsistema de energía. En la *Figura 2-5* se muestra una vista de la estructura interna del compartimiento principal donde se puede observar el subsistema de orientación de cámara, el cual es encargado de direccionar la cámara y realizar las grabaciones. Está compuesto por la plataforma pan-

tilt, los servomotores que accionan dicha plataforma y la cámara embebida. Asimismo, se presenta el subsistema de control y procesamiento, el cual está compuesto por el controlador y la antena Wifi. La función de este subsistema es procesar las imágenes, así como generar las señales de control para los servomotores. El subsistema de protección es el encargado de proteger los componentes internos de sistema y acoplarse al poste. Está compuesto por la estructura externa del compartimiento principal y su abrazadera.

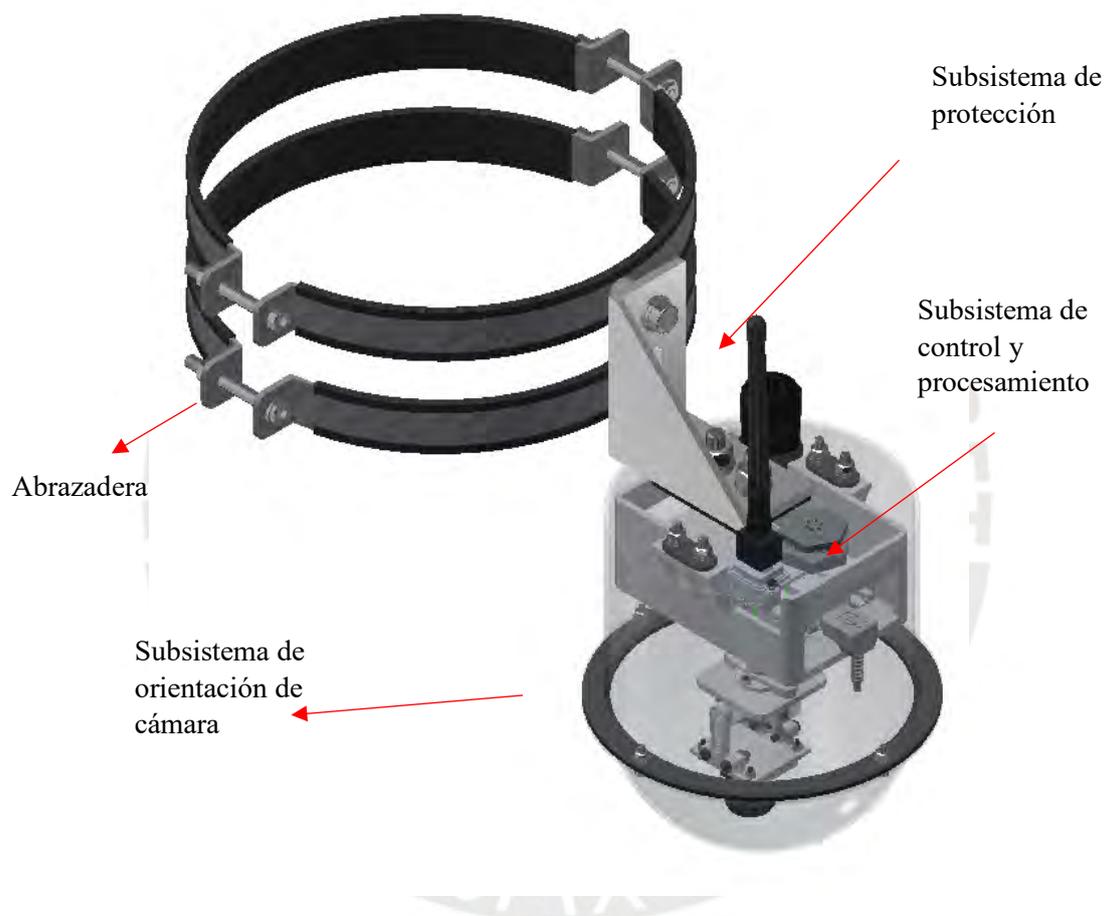


Figura 2-5: Estructura interna del compartimiento principal. Elaboración propia.

En la *Figura 2-6* se muestra una vista isométrica del compartimiento secundario, en este se encuentran las baterías, que junto con los componentes encargados de acondicionar la energía forman el subsistema de energía, el cual se encarga de alimentar todos los componentes del SAGP.



Figura 2-6: Vista isométrica del compartimiento secundario. Elaboración propia.

2.1.4 Arquitectura de hardware del sistema

En la *Figura 2-7* se muestra la arquitectura de hardware del SAGP, en este se especifica las distintas entradas de energía, así como bloques asociados a los sensores, actuadores y controlador del sistema. Al mismo tiempo se adiciona una leyenda indicando el significado de cada línea.

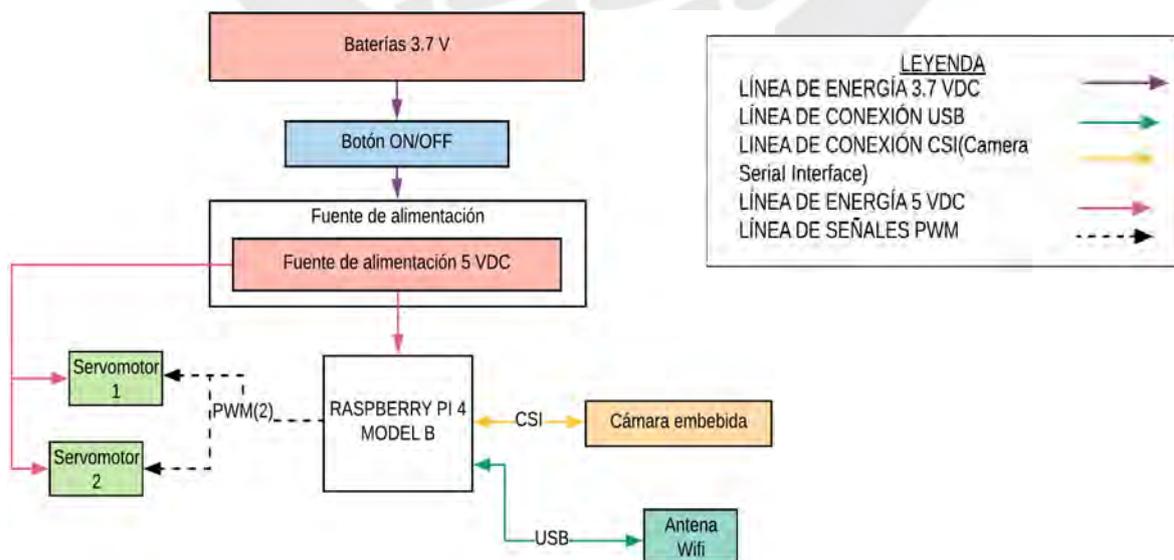


Figura 2-7: Diagrama de bloques del sistema. Elaboración propia.

2.1.5 Selección de materiales de fabricación

2.1.5.1 Estructura externa

Para la fabricación de la estructura externa se consideran materiales utilizados en cámaras de vigilancia y en cajas electrónicas, ya que estos componentes se encuentran en condiciones ambientales similares al SAGCP. El material elegido debe ser durable y ligero, ya que debe ser fácilmente montable en un poste mediante abrazaderas. En cuanto a la resistencia mecánica, el SAGP cuenta con componentes de bajo peso y no está expuesto a cargas diferentes a su propio peso, por lo tanto, este no es un criterio de gran importancia.

Debido a que varios de los materiales que cumplen los criterios previamente mencionados son plásticos, se decide utilizar impresión 3D como método de fabricación; ya que, comparado con los procesos tradicionales, el costo de producir pequeñas cantidades de piezas personalizadas es considerablemente menor (Pirjan & Petroșanu, 2013). Por lo tanto, un criterio adicional en la selección es que el material este debe ser apto para ser utilizado en impresión 3D. El material elegido es el policarbonato, ya que tiene la mayor resistencia al calor y mayor resistencia mecánica. En la Tabla 2-1 se puede apreciar una comparativa entre los materiales considerados para la fabricación de la estructura externa.

Tabla 2-1: Comparativa entre materiales de fabricación para estructura externa. Elaboración propia.

Características	Materiales de fabricación		
	ASA	Policarbonato	PC - ABS
Temperatura máxima de operación (°C)	95	113	109
Resistencia a la tracción (MPa)	40	63	40
Densidad (g/cm ³)	1.1	1.2	1.1
Precio (PEN/kg)	129	124	129

2.1.5.2 Estructura Interna

En cuanto al material de fabricación de la estructura interna, se tiene que tomar en consideración que las piezas a manufacturar son soportes para componentes de bajo peso y no están sometidas a carga, además se busca reducir el peso de esta estructura por las mismas razones que en la estructura externa. Hay que hacer notar que la geometría de los soportes para los componentes presentes en la estructura interna puede ser difícil de conseguir con métodos de fabricación tradicionales. Es por esto por lo que se ha elegido el plástico ABS para elaborar los soportes de cámara, servo y controlador debido a que es un material común en la impresión 3D, ideal para la fabricación de partes mecánicas al tener mayor durabilidad y resistencia al calor que otros materiales comúnmente usados (Kamran & Saxena, 2016), además de estar presente en el mercado local.

2.2 Subsistema de orientación de cámara

El subsistema de orientación de cámara (*Figura 2-8*) está diseñado para poder direccionar automáticamente la cámara embebida para que esta pueda grabar el cruceo peatonal deseado. Integra la plataforma pan-tilt, los dos servomotores usados como actuadores y la cámara embebida. El servomotor 1 le da al subsistema la posibilidad de rotar en el eje horizontal, mientras que el servomotor 2 le permite al subsistema girar en el eje vertical. Este subsistema es soportado por el subsistema de protección mediante una unión atornillada.

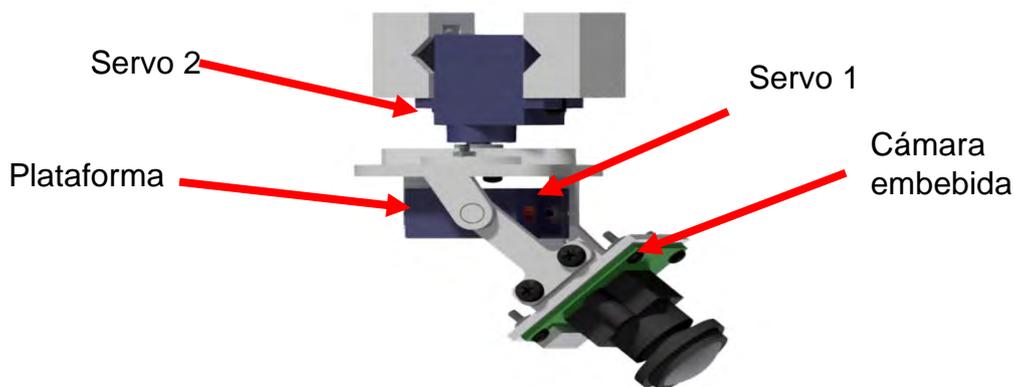


Figura 2-8: Vista del subsistema de orientación de cámara. Elaboración propia.

2.2.1 Selección de la cámara

En la *Tabla 2-2* se puede ver la comparativa entre los módulos de cámara compatible con controladores tipo SBC (Single Board Computer) y que cuenten con conexión CSI. Se elige el módulo que cuenta con un sensor Sony IMX219 (Camera Module v2) debido a que cuenta con una mayor resolución y precio similar. La cámara elegida se encuentra sombreada en verde.

Tabla 2-2: Comparación de módulos de cámara (Raspberry Pi, 2020).

Características	Módulos de cámara	
	Módulo de cámara v1	Módulo de cámara v2
		
Basado en:	OmniVision OV5647	Sony IMX219
Tamaño (mm)	25 x 24 x 9	25 x 24 x 9
Precio (S/.)	75	145
Resolución (Megapíxeles)	5	8
Interfaz de comunicación	CSI	CSI
Modos de video	1080p30, 720p60	1080p30, 720p60
Tamaño del lente	¼"	¼"
Campo de visión vertical	41.4°	48.8°
Campo de visión horizontal	53.5°	62.2°
Peso	10g	10g

2.2.2 Selección del servomotor 1

En la *Figura 2-9* se muestra la configuración del soporte de la cámara. Este soporte está unido por forma al servomotor. Para el cálculo se busca hallar el torque necesario para mover el soporte de la cámara y compararlo con el torque máximo que ofrece el servomotor. Se considera que el soporte está hecho de ABS con una densidad de 1.07 g/cm^3 . En la *Tabla 2-3* se puede observar los componentes considerados en este cálculo.

Tabla 2-3: Componentes accionados por el servomotor 1. Elaboración propia.

Pieza	Material	Dimensiones principales (mm)	Peso aproximado (g)	Cantidad
 Módulo de cámara v2	Variado	26 x 32 x 32	10	1
 Brazo de servo 1	ABS	5 x 19 x 27	0.93	1
 Brazo de servo 2	ABS	5 x 19 x 27	0.98	1
 Soporte de cámara	ABS	9 x 35 x 35	3.82	1

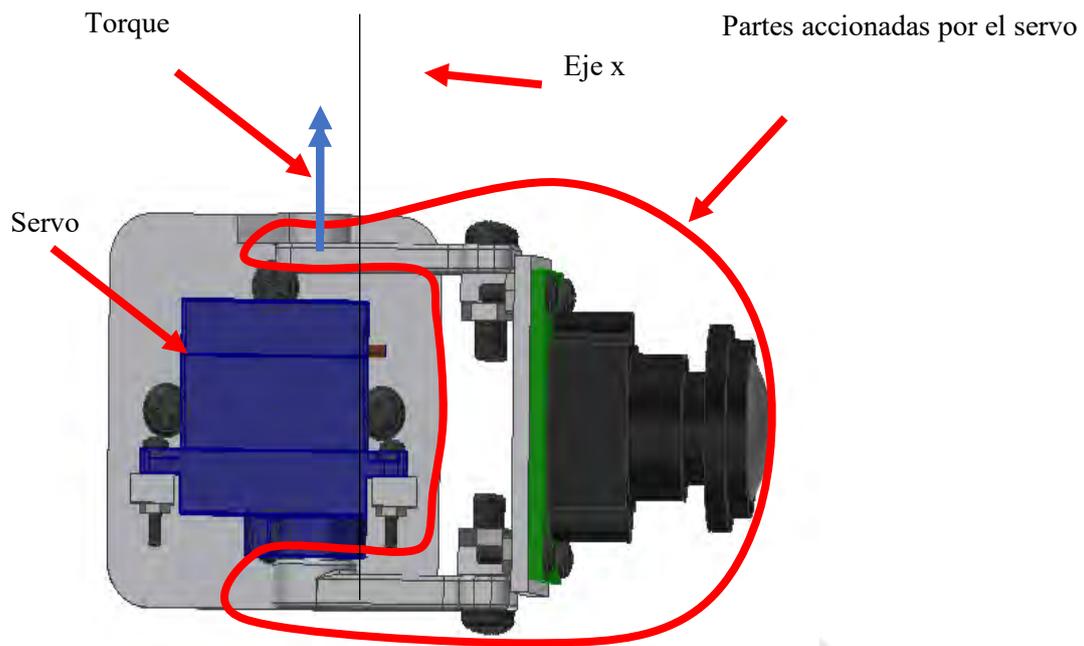


Figura 2-9: Configuración del soporte de cámara. Elaboración propia.

El torque necesario para hacer rotar los componentes se puede obtener de la ecuación 2.1. En la Figura 2-10 se tiene muestra una simplificación del DCL teniendo en cuenta la Figura 2-9.

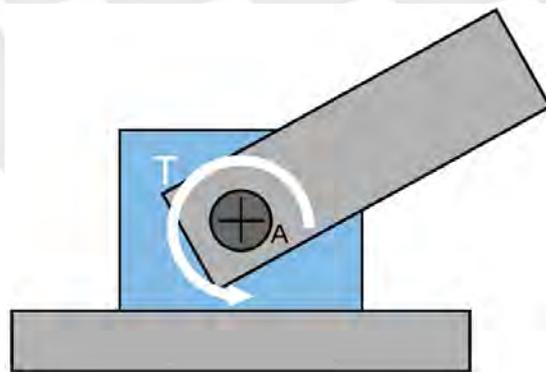


Figura 2-10: DCL del servomotor 1. Elaboración propia

$$\text{Torque} = \text{Inercia respecto al eje } x * \text{Aceleración angular} \quad (2.1)$$

En cuanto al momento de inercia respecto al eje x, este se halla utilizando el programa Inventor 2020, el cual permite calcular esta magnitud si se tiene como dato de entrada la geometría de la pieza y el material. La inercia resultante es de 20.22 kg.mm².

Con el propósito de obtener la aceleración angular se va a considerar el servomotor a utilizar. Debido a que es peso total de esta configuración es baja, se comenzará el cálculo con un servo con el menor torque disponible en el mercado local, este es SG90. Las especificaciones de este servo son un torque máximo de 15.7 N.cm y una velocidad angular media de 60°/0.12s (8.72 rad/s). Conociendo la velocidad angular media, se arma la curva de velocidades para así hallar la aceleración angular.

De acuerdo con el documento académico “Selection methodology of mechanical drive system servomotor and transmission through transient power analysis”, se considera una curva de velocidades triangular como se puede ver en la *Figura 2-11* (Yugat, 2010).

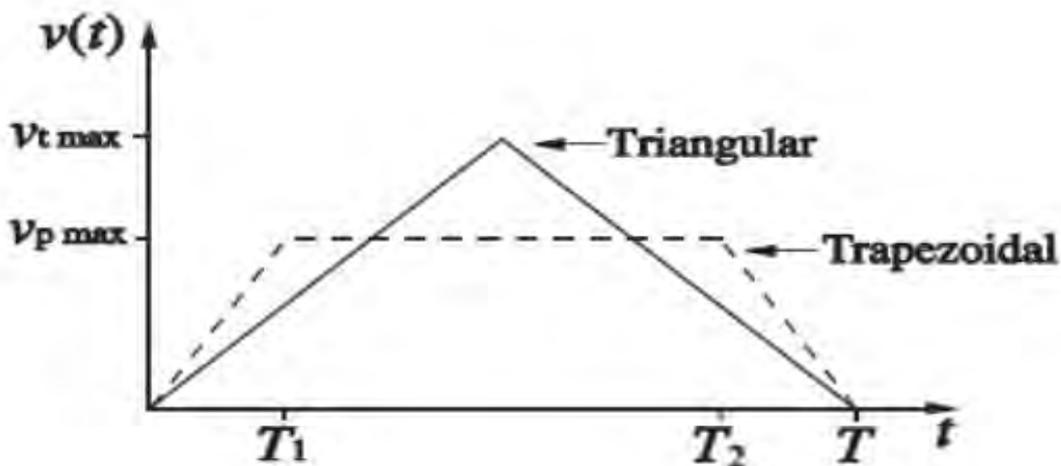


Figura 2-11: Curva de velocidad de un servomotor (Yugat, 2010).

Adaptando la *Figura 2-11* a las especificaciones del servo, el valor T es igual a 0.12s mientras que el área debajo de la curva debe ser igual a 60° (1.047 rad). Debido a que la gráfica es triangular, la velocidad máxima se describe con la ecuación 2.2.

$$T * \frac{V_{max}}{2} = \text{Área} \quad (2.2)$$

Reemplazando se obtiene una velocidad máxima de 17.45 rad/s. De la curva de velocidades se sabe que esta velocidad se alcanza en 0.6s (T/2). Por lo tanto, la aceleración angular es igual a 290.88 rad/s². Resolviendo la ecuación 1 se obtiene que el torque necesario es de 0.59 N.cm, lo cual es 26.7 veces menor al torque máximo ofrecido, por lo que *se concluye que el servo SG90 es apropiado para este uso*. Las características de este servo se pueden ver en la *Tabla 2-4*.

Tabla 2-4: Características del servo SG90. Elaboración propia.

Características	<p style="text-align: center;">Micro Servo SG90</p> 
Fabricante	ElectroniLAB
Alimentación (VDC)	3-7
Torque (N.cm)	15.7
Temperatura máxima	55 °C
Velocidad (5V)	8.72 rad/s
Precio (S/)	11

2.2.3 Selección del servomotor 2

La selección del servo 2 se realiza con la misma metodología utilizada para seleccionar el servo 1. La configuración considerada se presenta en la *Figura 2-12*. Este servo es el encargado de hacer rotar toda la plataforma pan-tilt en el eje vertical.

Teniendo las mismas consideraciones que el caso anterior se obtiene que la inercia respecto al eje de giro es de 39 kg.mm² y que el torque necesario es de 1.13 N.cm, lo cual es 13.75 veces menor que el torque ofrecido por el servo SG90, por lo cual se elige. Los componentes considerados para el cálculo se son todos los presentes en la *Tabla 2-3* y la *Tabla 2-5*.

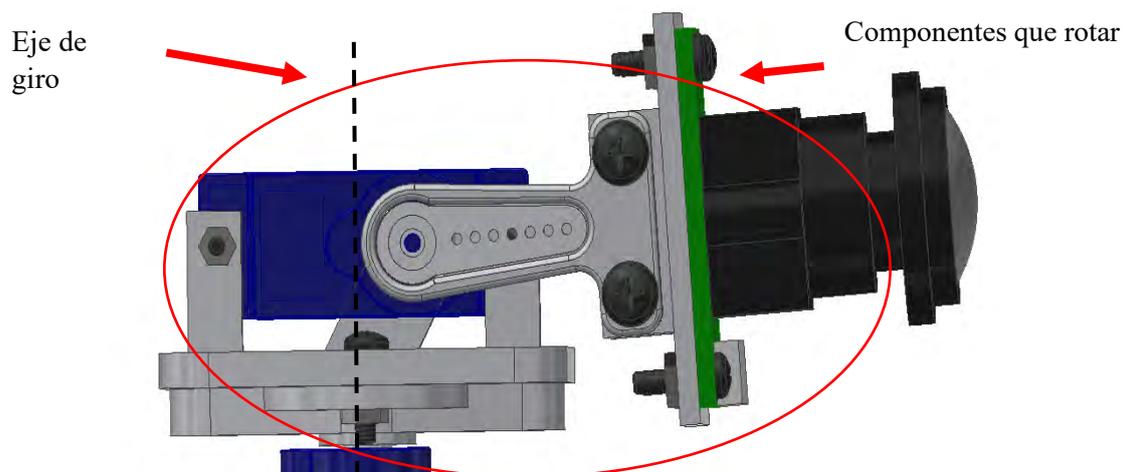
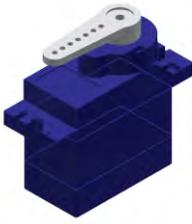
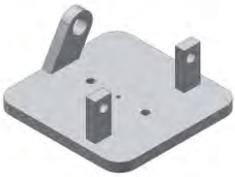


Figura 2-12: Configuración del segundo servomotor. Elaboración propia.

Tabla 2-5: Componentes accionados por el servomotor 2. Elaboración propia.

Pieza	Material	Dimensiones principales (mm)	Peso aproximado (g)	Cantidad
 Servo SG90	Variado	30 x 32 x 12	9	1
 Soporte de servo 1	ABS	40 x 41 x 16	7	1
 Unión de servos	ABS	5 x 38 x 22	1.5	1

2.3 Subsistema de control y procesamiento

La presente sección tiene como propósito seleccionar el controlador partiendo de los requerimientos del funcionamiento del sistema y la arquitectura de hardware del SAGP. Luego, se detalla el diagrama de flujo del algoritmo principal del sistema y elegirá la estrategia de control para la plataforma pan-tilt. Finalmente, se explican los algoritmos utilizados para el procesamiento de imágenes.

2.3.1 Selección de controlador

A propósito de la selección del controlador es necesario elegir tener en cuenta los requerimientos del funcionamiento del sistema, así como los presente en la arquitectura de hardware (ver *Figura 2-7*). Debido a que el SAGCP requiere procesar grabaciones para su funcionamiento, su controlador debe contar con una GPU (Unidad de procesamiento de gráficos) integrada para que pueda procesar imágenes. Asimismo, se debe contar con pines que generen señales PWM para poder controlar los servomotores. Con respecto a los pines necesarios del controlador para satisfacer la arquitectura de hardware, estos se muestran en la *Tabla 2-6*, junto con su función.

Tabla 2-6: Pines necesarios en el controlador. Elaboración propia.

Tipo de pin	Cantidad	Entrada/Salida	Funcionalidad
PWM	2	Salida	Enviar señales de control a los servomotores
CSI	1	Entrada: Datos Salida: Alimentación	Conectar la cámara
USB	1	Entrada: Datos Salida: Datos, Alimentación	Conectar la antena Wifi

Teniendo en cuenta la comparación de características generales presente en la *Tabla 2-7*, se elige en la Raspberry Pi 4 model B, debido a que cuenta con los pines necesarios, mientras que la Jetson Nano cuenta con más pines que la Raspberry, los cuales no serán utilizados. Otra ventaja de la Raspberry frente a la Jetson Nano es el precio, ya que el precio de la primera representa aproximadamente el 65% del precio de la segunda. Además, las especificaciones de la Raspberry Pi model 4 B le permiten realizar el control de la plataforma pan-tilt y procesamiento de imágenes. El componente seleccionado se encuentra relleno de color verde.

Tabla 2-7: Comparativa de controladores con GPU. Elaboración propia.

	Controladores	
	Raspberry pi 4 model b	Jetson Nano
Características		
Fabricante	Raspberry Pi 4 model b	NVIDIA
Alimentación (V)	5	5
CPU	ARM Cortex A72@ 1.5 GHz	Quad-core ARM A57 @ 1.43 GHz
RAM (GB)	4	4
Pines GPIO	40	260
Tamaño (mm)	88 x 58	69 x 45
GPU	VideoCore VI	128-core Maxwell
Puertos CSI	1	1
Puertos USB	2	4
Pines PWM	4	5
Precio (S/.)	320	490

2.3.2 Selección de la antena Wifi

Una antena Wifi es utilizada en este sistema para poder recibir la configuración inicial del SAGCP y enviar las grabaciones al operario. En la *Tabla 2-8* se muestra la selección de la antena, la cual debe tener conexión tipo USB para que pueda ser utilizada por el controlador. Se selecciona el modelo Archer T2u Plus debido a que tiene la mayor velocidad inalámbrica. El componente seleccionado se encuentra relleno de color verde.

Tabla 2-8: Comparativa de antenas Wifi. Elaboración propia.

	Antenas Wifi		
	Archer T2u Plus	Wireless 802.11 N	N150
Características			
Fabricante	TP-Link	Buytra	Encore
Velocidad inalámbrica (Mbps)	1300	600	150
Ganancia (dBi)	5	5	5
Precio (S/.)	90	50	45

2.3.3 Diagrama de flujo

En la *Figura 2-13* se presenta el diagrama de flujo del programa principal, el cual cuenta con los siguientes pasos:

1. Inicializar las variables y los actuadores.
2. Iniciar la configuración inicial del sistema obteniendo de esta el tiempo de grabación, las posiciones a las cuales se moverá la plataforma además de los lugares aproximados del semáforo y cruceo peatonal.
3. Grabar por el tiempo establecido previamente. En este proceso de grabación, el sistema procesará la imagen y recortará la ubicación del semáforo de la imagen principal para poder detectar el color de este. Considerando un semáforo peatonal, si el color detectado es diferente a verde, el SAGP procederá a direccionar la cámara hacia el otro cruceo peatonal. Durante este proceso, el video será enviado en tiempo real al operario mediante una conexión Wifi.
4. Abrir el video enviado y se ejecuta el procesamiento de imágenes para poder hallar el número de peatones que han pasado por los cruces peatonales.
5. Se elabora un archivo con los resultados.

En la *Figura 2-13*, se sombrea en color celeste las operaciones que se hacen en tiempo real, mientras que se sombrea en color verde claro, el procesamiento externo que se realiza después de las grabaciones.

En los posteriores acápites se explican detalladamente las subfunciones presentes en el diagrama de flujo general, las cuales incluyen los subprogramas de control de posición de la cámara, detección del color del semáforo, detección peatonal, seguimiento y conteo de peatones.

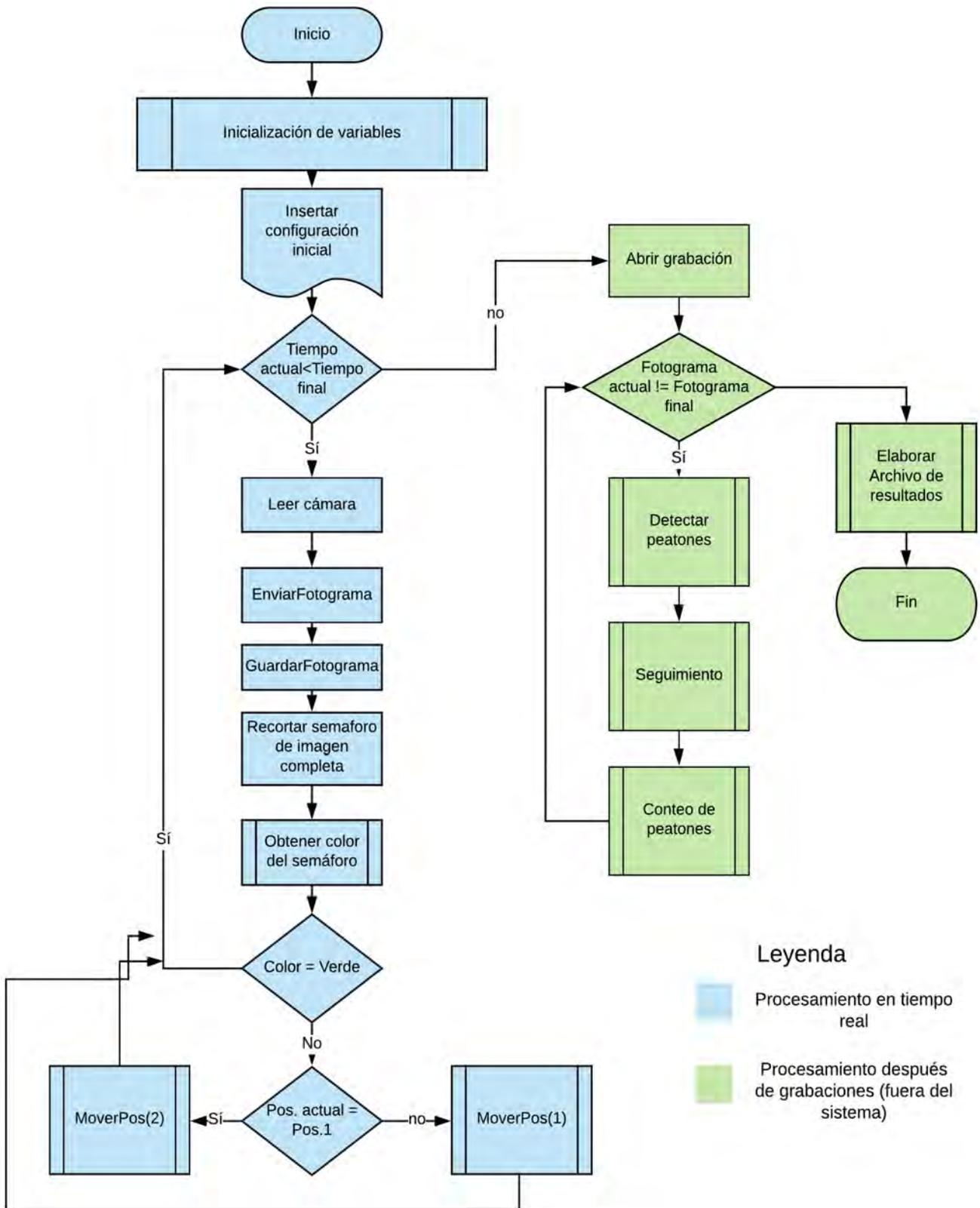


Figura 2-13: Diagrama de flujo del programa principal. Elaboración propia.

2.3.4 Control de la plataforma pan-tilt

Con respecto a de controlar la plataforma pan-tilt, es necesario controlar la posición de los dos servomotores que la componen. Este control se realizará en dos pasos, uno en lazo abierto y otro en lazo cerrado. Al momento que el SAGCP necesite analizar una intersección semaforizada, los servomotores girarán para posicionarse en los ángulos correspondientes, indicados en la configuración inicial. Luego, se realiza una verificación de la posición utilizando un lazo de control cerrado. De acuerdo con en el documento académico en el cual se basa este diseño, el controlador elegido será un compensador clásico (Ver *Figura 2-14*). La entrada del sistema o referencia va a ser la posición del semáforo del cruceo peatonal al cual se quiere llegar y se usará como sensor a la cámara embebida del sistema. Por otro lado, la referencia serán las coordenadas del semáforo según las condiciones iniciales.

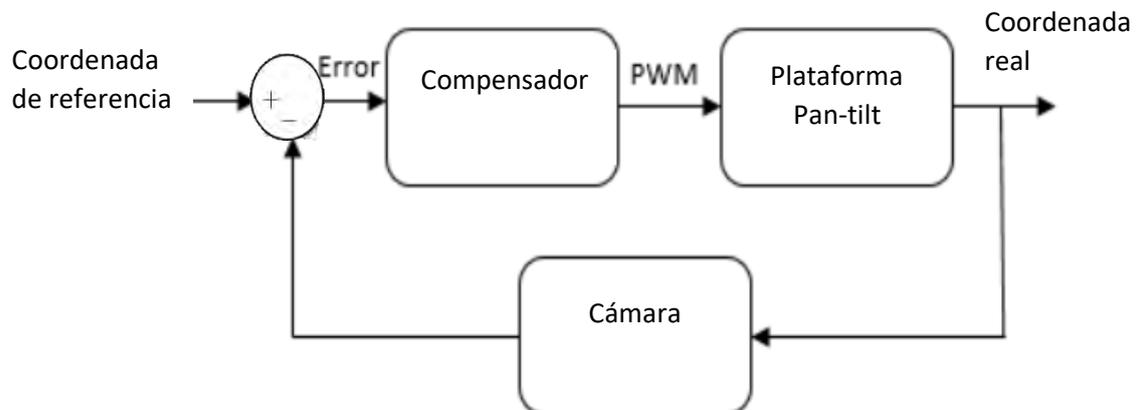


Figura 2-14: Diagrama de bloques de control de la plataforma pan-tilt. Elaboración propia.

El modelamiento de la plataforma pan-tilt, de acuerdo con Yosafat, se obtiene de manera experimental utilizando el método de “*Toolbox de Identificación de Sistemas*” de MATLAB. De esta manera se estiman dos funciones de transferencia, una para cada eje de la plataforma pan-tilt. El porcentaje de convergencia de estas estimaciones es del 91.78 % para el eje horizontal, y 93.43% para el eje vertical (Yosafat, Machbub, & Hidayat, 2017). La función transferencia del eje horizontal se muestra en la ecuación 2.3, mientras que la correspondiente al eje vertical se puede observar en la ecuación 2.4.

$$G1(s) = \frac{6783s + 10030}{s^2 + 1.027s + 11.13} \quad (2.3)$$

$$G2(s) = \frac{13990s + 8394}{s^2 + 0.348s + 9.093} \quad (2.4)$$

Los compensadores que serán utilizados como controladores serán calculados utilizando la herramienta “Control System Designer” de MATLAB. Tomando en consideración los requerimientos de la respuesta en el tiempo de la investigación de Yosafat y el uso de grabaciones con 30 fotogramas por segundo (Yosafat, Machbub, & Hidayat, 2017), se elegirá un tiempo de establecimiento de 2 segundos, un sobre impulso máximo del 10% y un periodo de muestreo de 33ms.

Las funciones de transferencia de los compensadores para el eje horizontal y vertical se muestran en la ecuación 2.5 y 2.6 respectivamente.

$$C1(z) = \frac{0.0033404z^2 - 0.004564z + 0.001498}{z^2 - 1.184z + 0.184} \quad (2.5)$$

$$C2(z) = \frac{0.002227z^2 - 0.003065z + 0.0009706}{z^2 - 1.379z + 0.3794} \quad (2.6)$$

Con el propósito de implementar estas funciones de transferencia en un controlador, es necesario expresar estas fórmulas en ecuaciones de diferencias, las cuales tendrán como parámetros el error (E), y la señal de control (U). La ecuación del eje horizontal es la 2.7, mientras que la referente al eje vertical es la 2.8.

$$U(n) = 0.003 \cdot E(n) - 0.003E(n - 1) + 0.0008E(n - 2) + 1.38U(n - 1) - 0.375U(n - 2) \quad (2.7)$$

$$U(n) = 0.002 \cdot E(n) - 0.003E(n - 1) + 0.001E(n - 2) + 1.38U(n - 1) - 0.379U(n - 2) \quad (2.8)$$

La respuesta en el tiempo del eje horizontal y vertical se muestran en las *Figuras 2-15* y *2-16* respectivamente. La *Tabla 2-9* muestra las características de dichas respuestas.

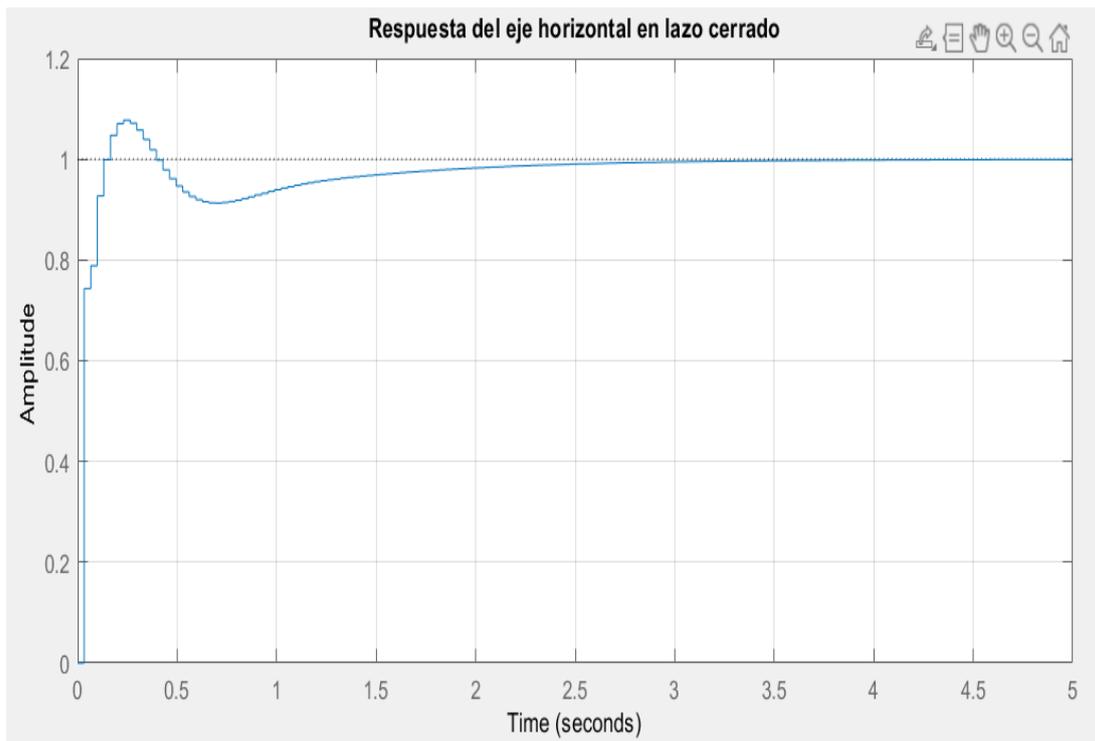


Figura 2-15: Respuesta del eje horizontal en lazo cerrado. Elaboración propia.

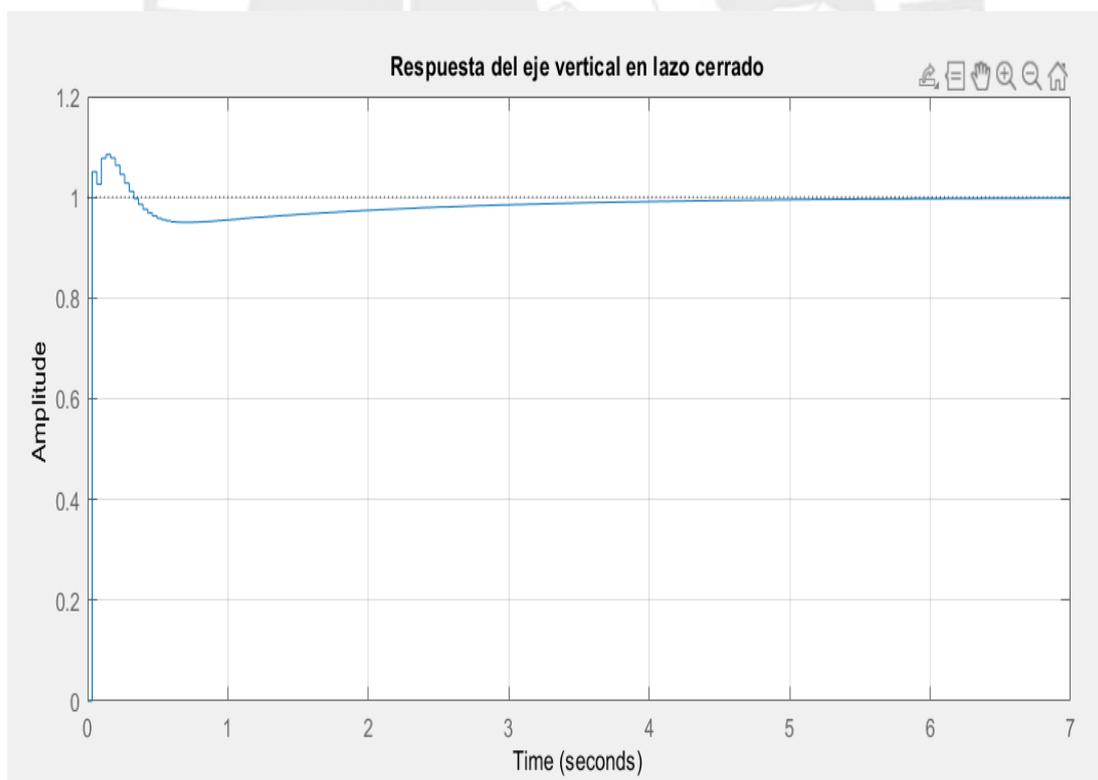


Figura 2-16: Respuesta del eje vertical en lazo cerrado. Elaboración propia.

Tabla 2-9: Características de la respuesta en el tiempo de la plataforma pan-tilt. Elaboración propia.

Eje	Tiempo de establecimiento (s)	Sobre impulso máximo (%)	Error en estado estable (%)
Horizontal	1.54	7.75	0
Vertical	1.73	8.48	0

En la *Figura 2-15* se obtiene la respuesta en el tiempo del eje horizontal, la cual tiene un ligero sobreimpulso del 7.75%, así como un tiempo de establecimiento de 2 segundos, luego de este periodo este eje se estabilizará y no contará con error en estado estacionario; es decir, llegará a la posición deseada. La respuesta en el tiempo del eje vertical mostrado en la *Figura 2-16* cuenta con una respuesta similar a la del eje horizontal, pero con un tiempo de establecimiento y sobreimpulso ligeramente mayor. Considerando la *Tabla 2-9*, concluimos que se cumplieron con los requerimientos de la respuesta en el tiempo de ambos ejes de la plataforma pan-tilt.

El diagrama de flujo del movimiento de la plataforma pan-tilt se muestra en la *Figura 2-17*, mientras que las variables utilizadas en dicho diagrama se detallan en la *Tabla 2-10*. Esta función tiene como entrada el cruce peatonal al cual se desea grabar. Dependiendo de esto, se cargan las condiciones iniciales, y se moviliza hacia el ángulo el cual se tiene guardado en la configuración inicial. Luego se ejecuta un control en lazo cerrado, aplicando las ecuaciones 2.7 y 2.8 para comprobar que la cámara se encuentra en la posición requerida.

Tabla 2-10: Variables utilizadas en el desplazamiento de la cámara. Elaboración propia

Variable	Descripción	Variable	Descripción
Ángulo 1	Ángulo deseado del servomotor 1	PosY	Posición del centroide del semáforo en el eje y
Ángulo 2	Ángulo deseado del servomotor 2	Ex	Diferencia entre Ref X y Pos X
Ref X	Posición deseada del centroide del semáforo en el eje x	Ey	Diferencia entre Ref Y y Pos Y
Ref Y	Posición deseada del centroide del semáforo en el eje y	D0s1	Ángulo del servomotor 1
PosX	Posición del centroide del semáforo en el eje x	D0s2	Ángulo del servomotor 2

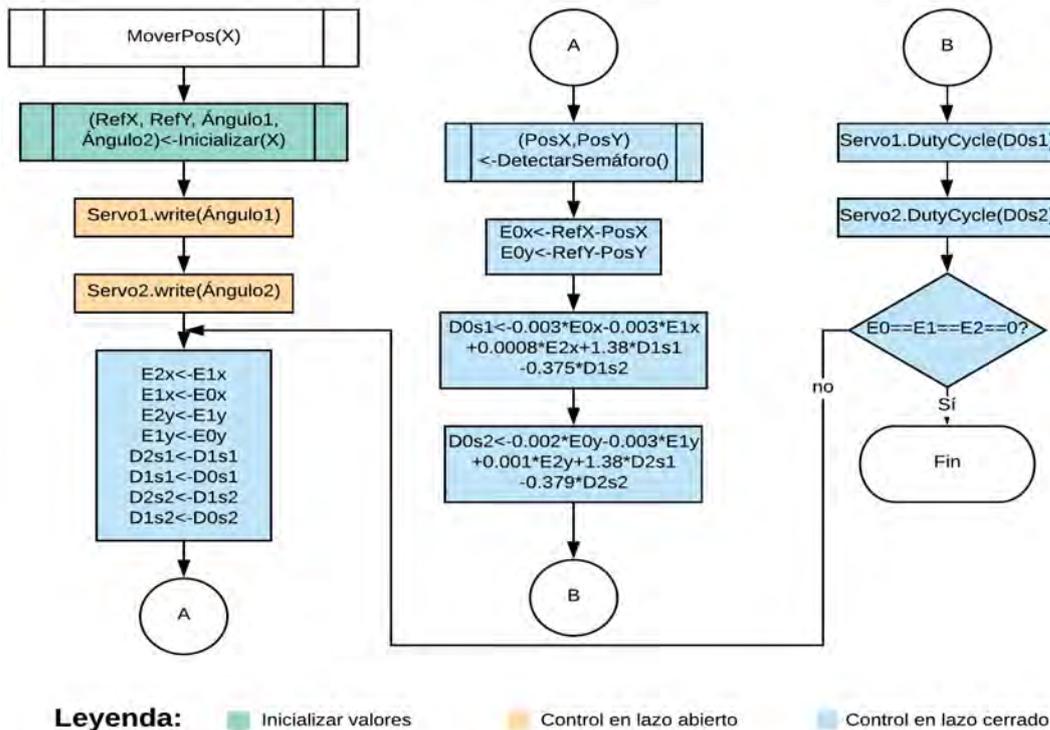


Figura 2-17: Diagrama de flujo para el control de desplazamiento de la cámara. Elaboración propia.

2.3.5 Algoritmos del procesamiento de imágenes

En esta sección se eligen los algoritmos a desarrollar para la detección, seguimiento y conteo de peatones. Asimismo, se especifican los algoritmos encargados de la detección del semáforo y el reconocimiento de su color para el control de la plataforma pan-tilt.

2.3.5.1 Algoritmos para la detección de peatones

La detección de peatones tiene como objetivo reconocer en cada fotograma de una grabación los peatones presentes y encerrarlos dentro de un recuadro llamado bounding box. De dicho recuadro se guardarán su dimensiones, ubicación y fotograma al que corresponde, para su posterior uso. Este proceso se realiza utilizando un detector basado en el modelo YOLOv3, el cual es uno de los métodos más eficaces y rápidos para la detección peatonal (Ahmad, Ning, & Tahir, 2019).

YOLOv3 es la versión mejorada de YOLO y YOLOv2. Este modelo utiliza una red convolucional profunda (DNN) de 26 capas, la cual tiene como entrada una imagen. Esta

imagen es dividida en una cuadrícula de $N \times N$, cada celda de la cuadrícula es responsable de predecir B recuadros donde podrían existir objetos. La información asociada al cada recuadro tiene 5 valores (posición en x , posición en y , ancho, largo y porcentaje de confiabilidad de la detección). Para la clasificación de las detecciones, se calcula la probabilidad de cada celda de contener peatones. Finalmente, la probabilidad es multiplicada con la confiabilidad para obtener un puntaje, si este es mayor a un umbral, entonces se considera que es un peatón. (Lan, Dan, Wang, & Wang, 2018).

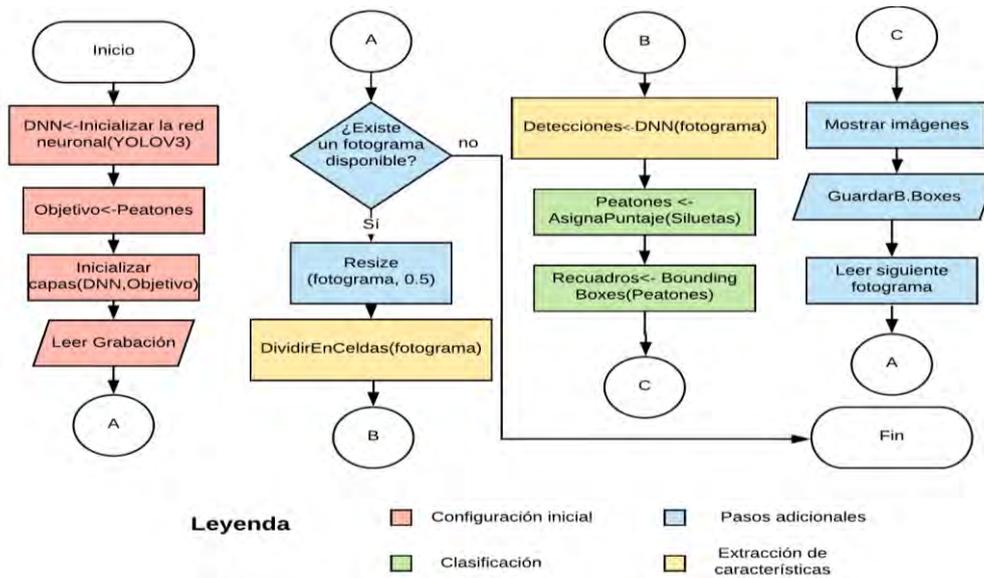


Figura 2-18: Diagrama de flujo de la detección de peatones. Elaboración propia.

En la *Figura 2-18* se muestra un diagrama de flujo del algoritmo de detección de peatones, en este se observan los pasos descritos previamente, así como los pasos complementarios. En la implementación inicial de este algoritmo se consideró reducir el tamaño de los fotogramas a la mitad para reducir el tiempo de procesamiento, y el uso del modelo YOLOv3 pre-entrenado por defecto.

En la *Figura 2-19* se pueden ver los resultados del algoritmo de detección de peatones. Para la implementación inicial se recopilaron grabaciones de intersecciones semaforizadas, tomadas en el distrito de San Miguel – Lima. En las imágenes se pueden observar fotogramas de distintas grabaciones; en estos los peatones son detectados y encerrados en recuadros azules. Es necesario resaltar que el fondo de esta imagen; es decir, las franjas peatonales no presentaron problema en el proceso de detección.



Figura 2-19: Prueba del algoritmo de detección de peatones. Elaboración propia.

2.3.5.2 Algoritmos para el seguimiento y conteo de peatones

En cuanto a los algoritmos de detección y seguimiento, estos se basan en una adaptación del código explicado por los investigadores Bewley, Wojke y Paulus (Bewley, Wojke, & Paulus, 2017). En este se desarrolla un algoritmo que es capaz de ejecutar los procesos de seguimiento de peatones previamente detectados, siendo la entrada de este programa el video, los recuadros donde se encuentran estos peatones, así como el fotograma al que pertenecen. El objetivo de este programa es identificar a cada peatón a lo largo del tiempo con un número y un color, reconociendo si un peatón detectado en un fotograma es nuevo, o caso contrario, determinar qué peatón es. Para el seguimiento de peatones se utilizará un filtro de Kalman recursivo y asociación de las detecciones de cada fotograma.

El filtro de Kalman es utilizado para predecir la ubicación de un recuadro en el siguiente fotograma, donde esta predicción es utilizada para relacionar dos recuadros de distintos instantes de tiempo. Para esta implementación se considera un filtro basado en un modelo lineal y con movimiento de velocidad constante. (Bewley, Ge, Ott, Ramos, & Upcroft, 2016). Cabe resaltar que, considerando los objetivos y alcance del presente documento académico, se puede considerar la velocidad como constante, ya que información exacta de esta no es requerida para el seguimiento ni el conteo peatonal. En implementaciones posteriores se puede considerar un modelo que incluya la medición de desplazamiento de los peatones, información que puede ser útil en estudios de modelamiento del comportamiento de las personas.

La manera utilizada para asociar las predicciones de Kalman con las detecciones presentes en los nuevos fotogramas es mediante la resolución de un problema de asignación usando el algoritmo húngaro, considerando la información de movimiento y apariencia (Bewley, Wojke, & Paulus, 2017).

El proceso para el seguimiento de peatones es el siguiente. En cada fotograma se realiza predicciones igual al número de recuadros, estas predicciones pueden ser de peatones tentativos (hipótesis) o confirmados, donde los peatones tentativos son las detecciones que no se le ha asignado previamente una identificación, estas hipótesis se mantienen por los siguientes α fotogramas, si se le relaciona con alguna detección, serán considerados como peatón confirmado y se le dará una identificación y color respectivo, de lo contrario estas hipótesis serán descartadas. En el caso de los peatones confirmados, en cada fotograma se intentará relacionar la predicción obtenida por el filtro de Kalman con una detección, en caso estos peatones no puedan relacionarse con ninguna detección por una cantidad β de fotogramas, se considerará que han abandonado la escena (α y β son establecidos por el usuario). Finalmente, se considerará que el número de peatones en una grabación es igual al número de peatones confirmados. El diagrama de flujo de este procedimiento se puede observar en la *Figura 2-20*.

Se implementó una versión inicial de este algoritmo utilizando las mismas grabaciones y detecciones que la usadas en el documento previamente mencionado, la cuales provienen de 2D MOT 2016 benchmark dataset (Bewley, Ge, Ott, Ramos, & Uproft, 2016); los resultados de las pruebas se muestran en las *Figuras 2-21* y *2-22*. Estas figuras son una secuencia enumerada de imágenes provenientes de una grabación, en las cuales se están enumerando y señalando mediante recuadros de diferentes colores los peatones identificados a lo largo del tiempo. En el caso de la *Figura 2-21*, se comprueba el funcionamiento del algoritmo siguiendo a la persona 201, la cual se encuentra enmarcada en un rectángulo de color verde. Esta persona mantiene su número de identificación a lo largo de las 4 imágenes donde recorre una avenida. Al mismo tiempo, se enumeran y encierran en rectángulos de diferentes colores a los otros peatones que fueron reconocidos, como es el caso de los peatones 292, 296, 309, 309, 320, etc. En la secuencia perteneciente a la *Figura 2-22*, se ejecuta el mismo procedimiento con una diferente grabación.

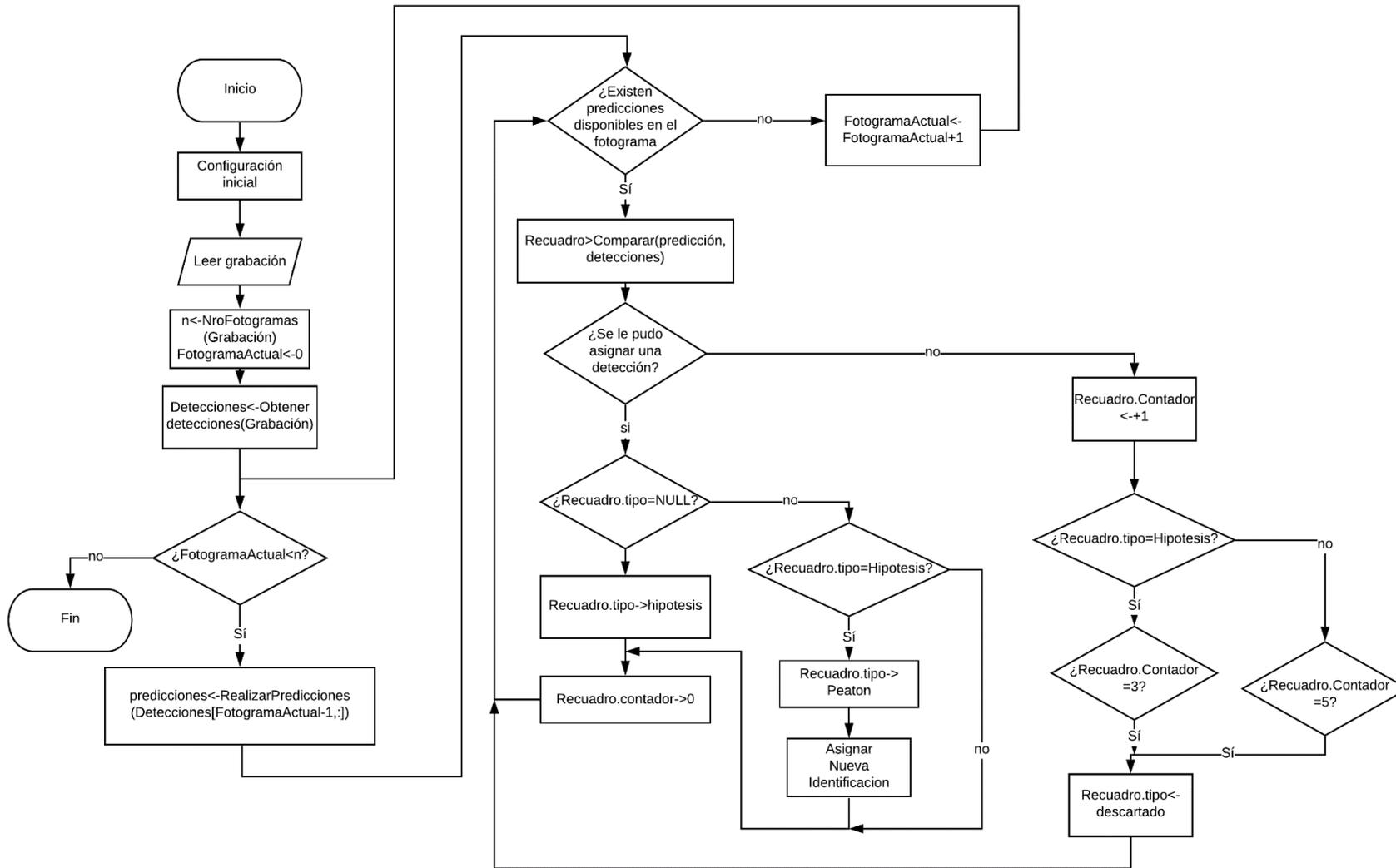


Figura 2-20: Diagrama de flujo del proceso de seguimiento. Elaboración propia.

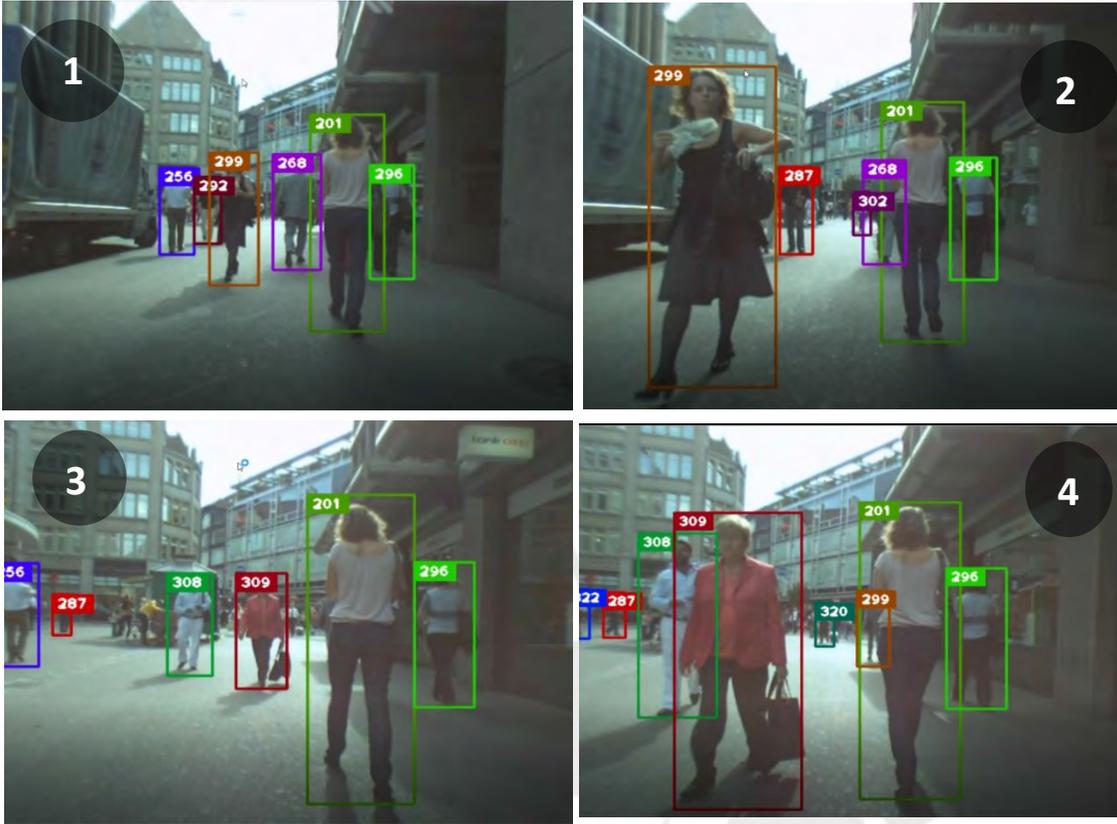


Figura 2-21: Prueba 1 del algoritmo de seguimiento. Elaboración Propia.

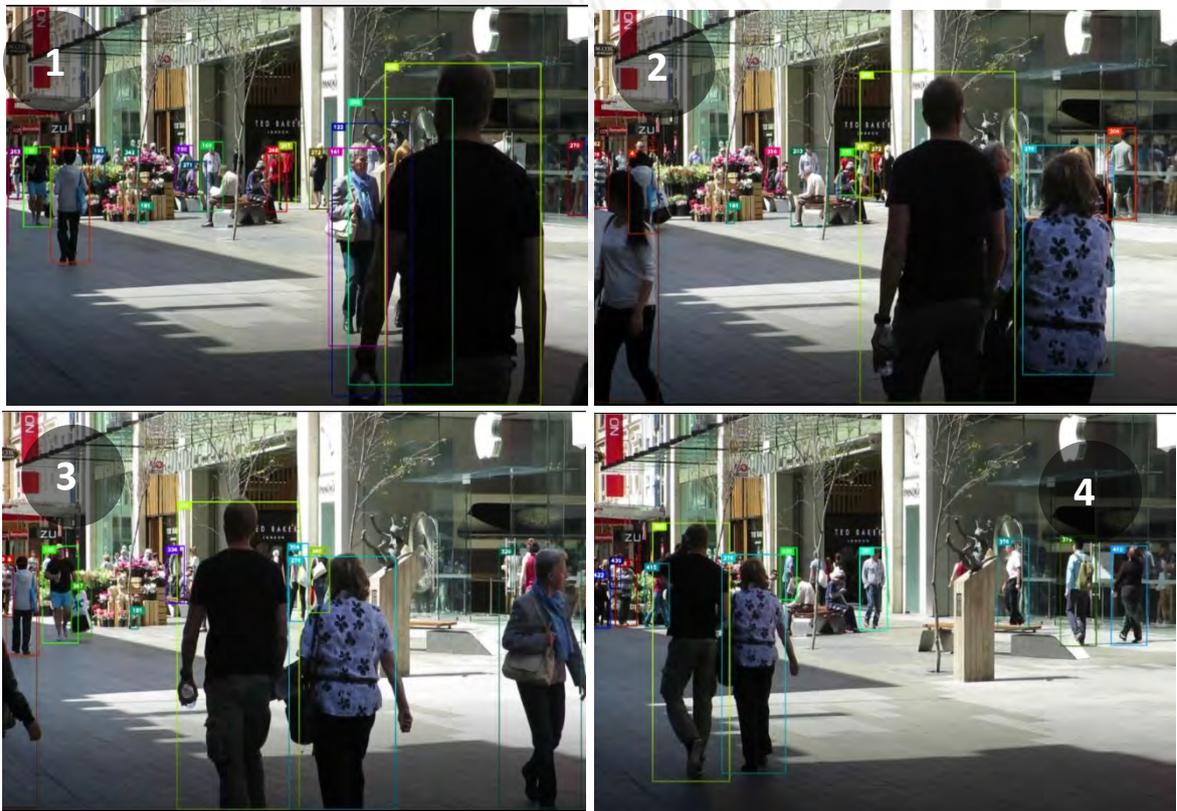


Figura 2-22: Prueba 2 del algoritmo de seguimiento. Elaboración Propia.

2.3.5.3 Algoritmos de detección del semáforo

Otro punto para tratar es la detección del semáforo, utilizada en el control de la plataforma pan-tilt (explicado en la sección 2.3.4). Este algoritmo permite utilizar a la cámara como sensor de posición, debido a que el programa tiene como entrada las grabaciones en tiempo real, y como salida, las coordenadas del semáforo. El método utilizado para detectar el semáforo es el mismo que el utilizado para detectar peatones (ver sección 2.3.5.1); es decir, utilizando un algoritmo basado en YOLOv3. La única diferencia entre ambos algoritmos es que se buscan objetos que tengan características de semáforos y no de peatones. Los resultados de la detección se muestran en la *Figura 2-23*. En esta figura se muestran fotogramas de una grabación correspondiente a una intersección semaforizada. En cada fotograma se encierra el semáforo en un recuadro de color azul.



Figura 2-23: Prueba del algoritmo de detección del semáforo. Elaboración propia.

2.3.5.4 Algoritmos de reconocimiento del color del semáforo

El reconocimiento del color de los semáforos se ejecuta utilizando las grabaciones en tiempo real y recortando el área donde se encuentra aproximadamente el semáforo, teniendo en cuenta las coordenadas ingresadas en la configuración inicial. Los fotogramas recortados son procesados de la siguiente manera. En primer lugar, se obtiene la capa roja y verde de la imagen, estas capas son consideradas imágenes en escala de grises. Cada capa es umbralizada para obtener una imagen que tenga como únicos colores blanco y negro. Luego se descartan los grupos de píxeles blancos más pequeños para evitar el ruido. Finalmente se cuentan los píxeles blancos de cada capa y se comparan. Si la cantidad de píxeles en una capa es mucho mayor a la otra, entonces se considerará que el color del semáforo es igual al de dicha capa. Sin embargo, de no existir una gran diferencia entre el número de píxeles de cada capa se reconocerá que el color es indeterminado. Se puede observar en la *Figura 2-24* los resultados de este algoritmo. En este se pueden ver imágenes de semáforos y el color que se ha detectado. En la *Figura 2-25* se muestra el diagrama de flujo de este programa, así como el de su subprograma.



Figura 2-24: Prueba del algoritmo de reconocimiento de colores. Elaboración propia.

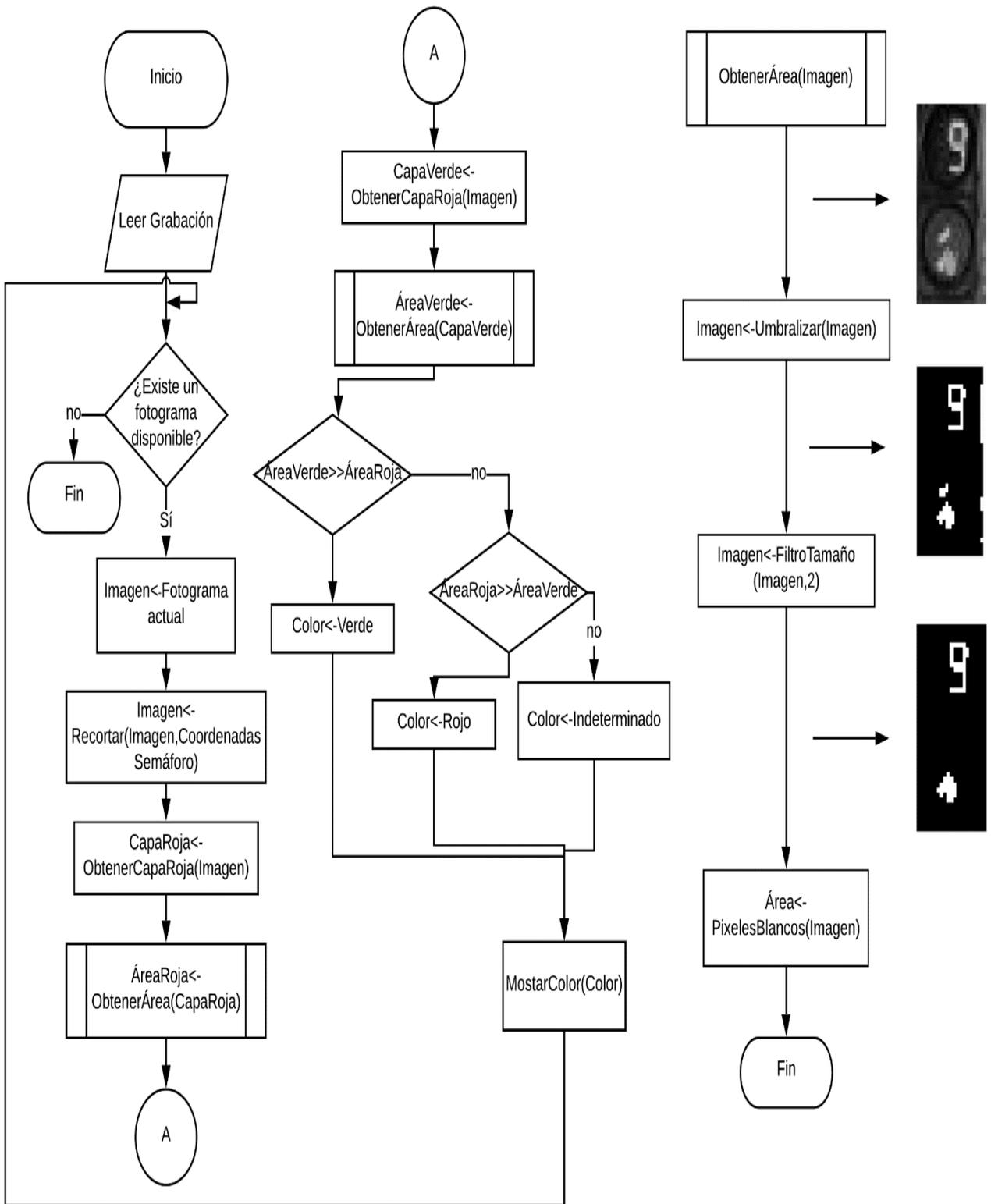


Figura 2-25: Diagrama de flujo del algoritmo de reconocimiento de colores y su subprograma.

Elaboración propia.

2.4 Subsistema de protección

El subsistema de protección (*Figura 2-26*) está diseñado para poder albergar y proteger a los componentes electrónicos del ambiente, y de ser capaz de sujetarse al poste. Integra la estructura externa de policarbonato, el domo transparente, las abrazaderas y los componentes que unen estas piezas. Las abrazaderas se fijarán al poste mediante una unión atornillada.

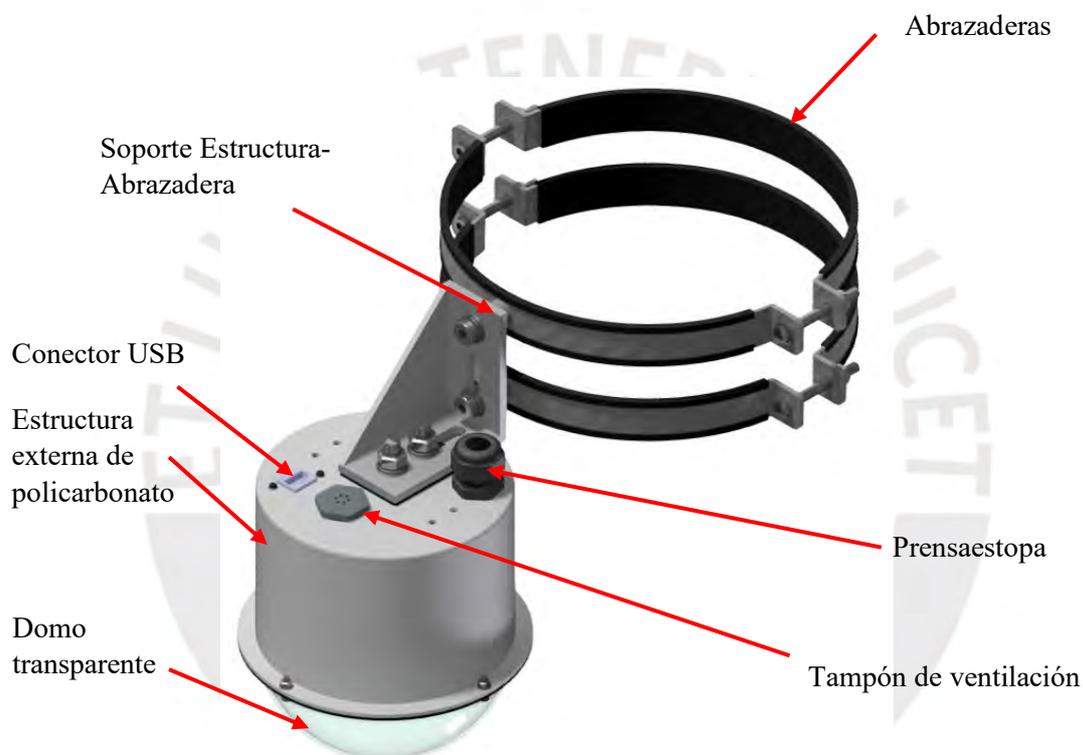


Figura 2-26: Subsistema de protección. Elaboración propia.

2.4.1 Selección de abrazadera

Para poder seleccionar la abrazadera es necesario definir el diámetro de los postes. Según las especificaciones técnicas de postes de concreto, este diámetro debe ser cercano a 20 cm (EPM, 2015).

En el mercado local se pueden encontrar abrazaderas con los parámetros especificados en la *Tabla 2-11* y graficados en la *Figura 2-27*. Se ha elegido una abrazadera de acero

galvanizado revestida con caucho, debido a que el coeficiente de fricción estático entre caucho y concreto es de 1 (Serway & Jewett, 2014), lo que hace la fijación de la abrazadera al poste más fácil.

Tabla 2-11: Especificaciones abrazadera. (HOtaste, 2020).

Diámetro (mm)	Espesor	Ancho	Rosca	Tornillo
198-203	2	20	M8	M6 x 45



Figura 2-27: Especificaciones de la abrazadera (HOtaste, 2020).

2.4.1.1 Verificación de la unión atornillada entre abrazaderas

Para verificar la unión atornillada es necesario elaborar el DCL de la abrazadera. Este se muestra en la Figura 2-28. Del gráfico se puede observar una fuerza normal poste, siendo esta la responsable de la fricción que mantiene al sistema fijo al poste.

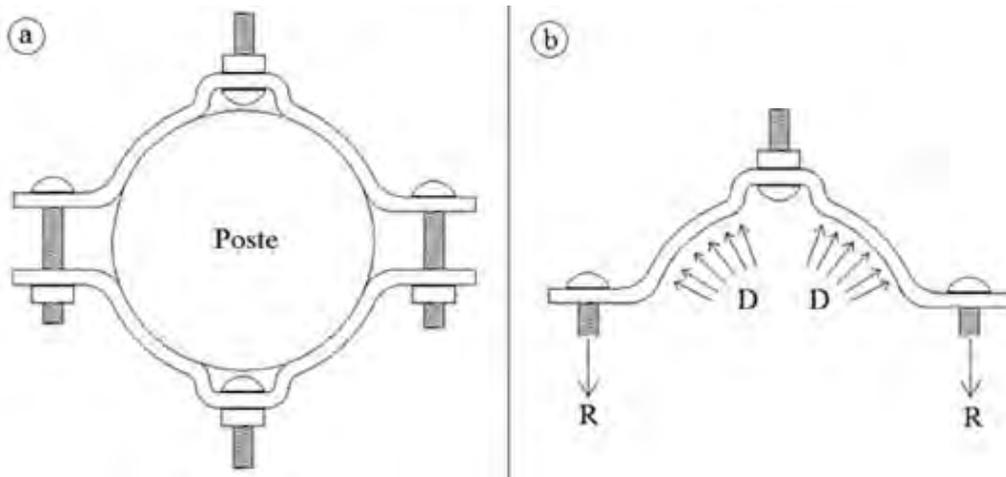


Figura 2-28: Diagrama de cuerpo libre de la abrazadera (Fernandez, 2018).

Teniendo en cuenta que se consideran dos abrazaderas, se elabora un diagrama de las fuerzas paralelas al poste en las abrazaderas. Ver Figura 2-29.

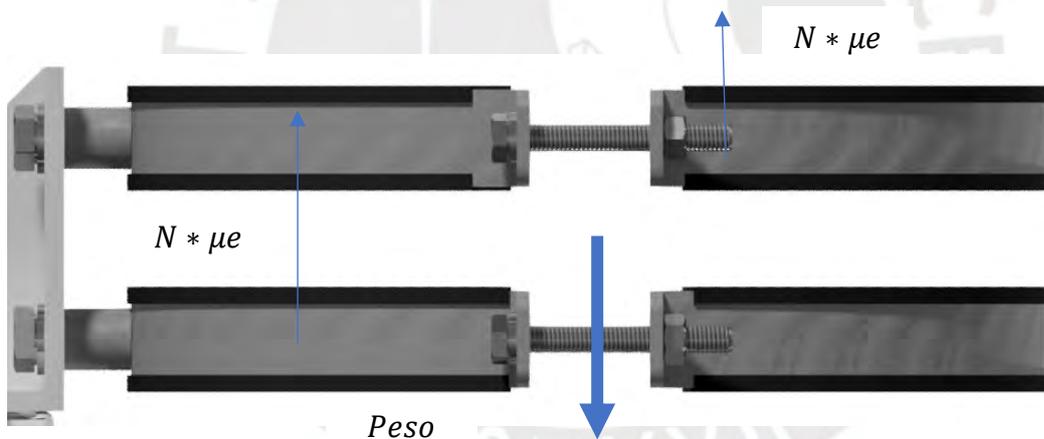


Figura 2-29: DCL Abrazadera en el eje axial del poste. Elaboración propia.

Aplicando sumatoria de fuerzas en el eje axial del poste se obtiene la ecuación 2.9.

$$Peso = 2 * N * \mu e \quad (2.9)$$

El peso se obtiene de la geometría del modelo y de los materiales de fabricación escogidos. El peso del compartimiento principal es aproximadamente 1.25 kg. El peso de cada componente se ver en las *Tablas 2-3,2-5 y 2-12*.

Tabla 2-12: Componentes del subsistema de protección. Elaboración propia.

Pieza	Material	Dimensiones principales (mm)	Peso aproximado (g)	Cantidad
 <p>Estructura Externa</p>	Policarbonato	147 x 147 x 90	125	1
 <p>Soporte Estructura-Abrazadera</p>	Aluminio 6061	78 x 78 x 40	92	1
 <p>Abrazadera</p>	Acero galvanizado + caucho	208 x 208 x 52	300	2
 <p>Domo transparente 5''</p>	Policarbonato	147 x 147 x 130	63.8	1
 <p>Caucho para aislamiento</p>	Caucho	147 x 147 x 2	9.23	1
 <p>Unión Servo-Raspberry</p>	ABS	14 x 14 x 21	7	2
 <p>Soporte Raspberry</p>	ABS	95 x 105 x 45	74.84	1

Reemplazando los valores, la fuerza normal es igual a 0.63 kgf, mientras que la reacción de cada tornillo, de acuerdo con la *Figura 2-16*, es 0.32 kgf (3.14 N).

De la norma DIN 13T1, ISO 273 e ISO 4014 se obtienen las siguientes dimensiones mostradas en la *Tabla 2-13*.

Tabla 2-13: Dimensiones del tornillo. Elaboración propia

d	s	b	dh	ls/r	lr	As	A3	ds	d2
M6	10	18	6.6	27	3	20.1	17.89	4.71	5.35

Donde:

s: Diámetro de la superficie de apoyo (mm) de la cabeza del tornillo.

b: Longitud roscada del tornillo (mm).

dh: Diámetro del agujero (mm).

$\frac{ls}{r}$: Longitud del tornillo sin roscar (mm).

lr: Longitud roscada en la placa (mm).

As: Área resistente (mm²).

ds: Diámetro resistente (mm).

A3: Sección de la raíz (mm²).

d2: Diámetro del flanco (mm).

De los datos anteriores se obtiene la rigidez de la placa (*cp*) y del tornillo (*ct*).

$$cp = 23.65 \times 10^5 \text{ MPa}$$

$$ct = 12.5 \times 10^4 \text{ MPa}$$

Teniendo estos datos, se calcula el factor de distribución de carga (ϕ) mediante la ecuación 2.10.

$$\phi = \frac{ct}{ct + cp} = 0.05 \quad (2.10)$$

Utilizando la norma VDI 2230 se estima el asentamiento considerando una rugosidad de 16 μm debido a que se trata de acero galvanizado. Este asentamiento es igual a 9 μm . También se utiliza esta norma para determinar el factor de ajuste (αA), el cual sería igual a 1.7 teniendo en cuenta un ajuste con atornillador. Se calcula la fuerza de asentamiento (F_{as}) mediante la ecuación 2.11.

$$F_{as} = cp * \frac{ct}{ct + cp} * \text{Asentamiento} = 1068.52 \text{ N} \quad (2.11)$$

Se calcula la fuerza de montaje máxima (F_M) utilizando la ecuación 2.12.

$$F_M = \alpha A * (F_{as} + F_{externa} * (1 - \phi)) \quad (2.12)$$

$$F_M = 1821.55 \text{ N}$$

Verificaciones

Según la norma VDI 2230, se realizan las siguientes verificaciones:

Se considera que el tornillo es de material 4.6; es decir, tiene un esfuerzo último (σ_B) de 400 N, y un esfuerzo de fluencia (σ_f) de 240 N.

Cálculo de la seguridad estática: La fuerza máxima admisible de los tornillos no es excedida si se cumple la ecuación 2.13.

$$F_{ext}/t = \phi * F_{ext} < 0.1 * \sigma_f * A_s \quad (2.13)$$

$$F_{ext}/t = 0.157 \text{ N} < 482.4 \text{ N}$$

$$FS = 3072.61$$

Por lo tanto, se afirma con un factor de seguridad de 3072.61, que la unión no falla por carga estática.

Esfuerzos en el tornillo durante el montaje: Se calcula utilizando la ecuación 2.14.

$$\sigma_{eq} = ((FM/As)^2 + 3 * \left(\frac{FM * d2 * tg(14^\circ)}{2 * \pi * \frac{ds^3}{16}} \right)^2)^{0.5} < \sigma_{adm} \quad (2.14)$$

$$\sigma_{eq} = 136.79 \text{ MPa}$$

Dónde:

$$\sigma_{adm} = 0.9 \sigma_f = 216 \text{ MPa (Rosca normal)}$$

Se calcula el factor de seguridad (FS). Ver ecuación 2.15.

$$FS = \sigma_{adm} / \sigma_{eq} = 1.54 \quad (2.15)$$

Con un factor de seguridad de 1.54, se concluye que el tornillo no fallará durante el montaje.

Conclusión:

La unión con abrazaderas no falla con 4 Tornillos M6x45.

2.4.1.2 Verificación de los tornillos sometidos a corte

En la presente sección se verifica la resistencia de los tornillos M8 sometidos a corte, los cuales se pueden observar en la *Figura 2-30*. El DCL de dichos tornillos se encuentra en la *Figura 2-31*.



Figura 2-30: Tornillos sometidos a corte en la abrazadera. Elaboración propia.

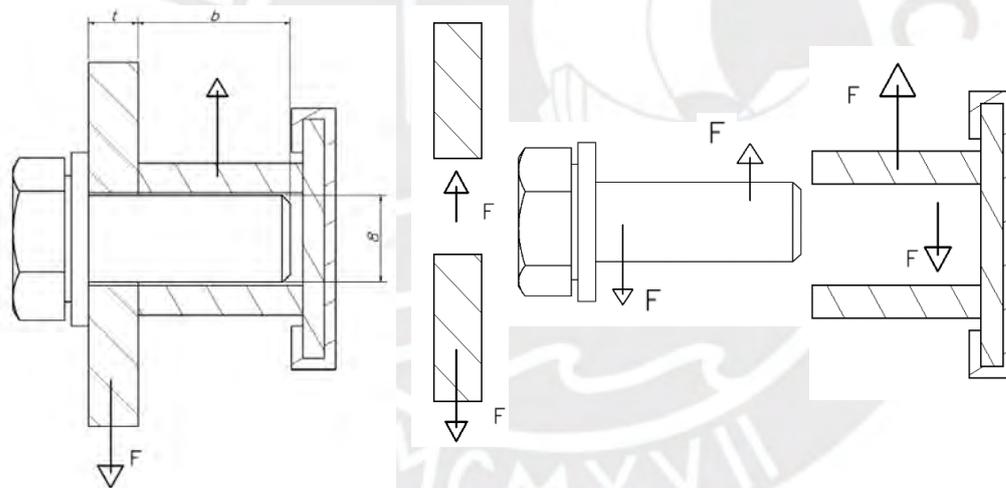


Figura 2-31: DCL del tornillo sometido a corte. Elaboración propia.

Se considera que cada tornillo soporta la mitad del peso del compartimento principal (sin contar las abrazaderas), por lo cual el valor de F en esta figura es de aproximadamente 0.325 kgf. A manera de obtener el esfuerzo cortante se utilizará la ecuación 2.16.

$$\tau_c = \frac{4 F c}{\pi d^2} \quad (2.16)$$

$$\tau_c = 0.063 \text{ MPa}$$

Se calcula el factor de seguridad teniendo en cuenta un tornillo de resistencia 4.6 y esfuerzo de corte máximo($\tau_{c_{adm}}$) de 192 MPa. Ver fórmula 2.17.

$$FS = \frac{\tau_{c_{adm}}}{\tau_c} \quad (2.17)$$

$$FS = 3027 \quad (2.17)$$

Con un factor de seguridad de 3027 se concluye que los tornillos de la abrazadera sometidos a corte no fallan por resistencia.

2.4.2 Selección de domo transparente

Con respecto al domo transparente (ver *Figura 2-32*) este tiene como función proteger a los componentes internos del ambiente, así como permitir la visibilidad de la cámara, por lo tanto, el material de esta estructura debe ser transparente y resistente a la corrosión. El material escogido es acrílico, debido a que es el de mayor uso en el mercado local en cuando a fabricación de domos transparentes. Asimismo, el acrílico es un polímero resistente con transparencia excelente, comparable con el vidrio (Groover, 2007), por lo que cumple con los requerimientos establecidos.



Figura 2-32: Domo acrílico transparente. Elaboración propia.

Las características necesarias para el domo, derivadas de la geometría del resto del compartimiento principal, se muestran en la *Tabla 2-14*.

Tabla 2-14: Características de domo acrílico. Elaboración propia.

Característica	Valor
Diámetro	5in
Espesor	1.8mm

2.4.3 Protección de ingreso del sistema

Uno de los objetivos del presente subsistema es lograr que el SAGCP de tenga una protección de ingreso (IP) mayor igual a IP 54, lo cual es mencionado en el trabajo de investigación que precede a este documento (Leiva M. , 2020). Este nivel de protección implica que no entrarán partículas de polvo ni de salpicaduras de agua (The British Standards Institution, 2013), permitiendo el correcto funcionamiento del SAGCP en el clima de Lima.

Teniendo en cuenta que este subsistema es la estructura externa del compartimiento principal, albergando tanto al subsistema de control como el de toma de imágenes, la manera en que se sella este compartimiento es cubriendo todas las conexiones que cuenta el subsistema de protección (Yu, Xiong, Li, & Pecht, 2019). Las conexiones que se presentan son las uniones de la estructura de policarbonato con el subsistema de control y los diferentes elementos del subsistema de protección mostrados en la Figura 2-26.

2.4.3.1 Protección entre uniones atornilladas

Las conexiones de la estructura de policarbonato con el subsistema de control, domo de acrílico y soporte Estructura-Abrazadera tienen como similitud que son uniones atornilladas entre placas, las cuales se mantendrán fijas durante el funcionamiento del SAGCP. En estos casos muchos dispositivos electrónicos deciden colocar empaquetaduras entre las placas para evitar el ingreso de agua y polvo (Yu, Xiong, Li, & Pecht, 2019). El fin de las empaquetaduras es comprimirse por la carga generada por los tornillos al presionar las placas, de esta manera impidiendo el paso de polvo o agua (Song, Huang, Hui, & Hu, 2020). El material utilizado en las empaquetaduras será caucho EPDM ya que es uno de los más utilizados en este tipo de aplicaciones por su excelente

elasticidad, flexibilidad y resistencia al calor (Li, Ding, Yang, Yuan, & Ye, 2020). En las Figuras 2-33, 2-34 y 2-35 se puede ver su aplicación en las uniones mencionadas.

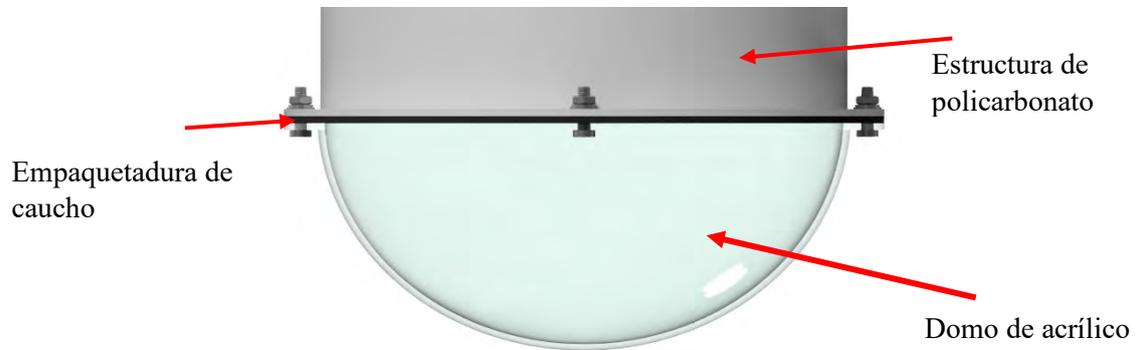


Figura 2-33: Unión entre Domo de acrílico y estructura de policarbonato. Elaboración propia.



Figura 2-34: Unión entre soporte Estructura-Abrazadera y estructura de policarbonato. Elaboración propia.

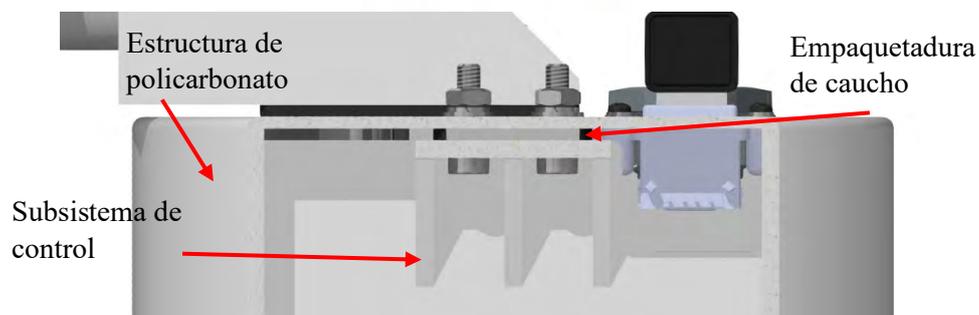


Figura 2-35: Unión entre subsistema de control y estructura de policarbonato. Elaboración propia.

2.4.3.2 Selección de componentes con protección IP

Luego de sellar las conexiones atornilladas, es necesario que los demás componentes pertenecientes al presente subsistema sean seleccionados teniendo en cuenta una protección IP mayor o igual a 54. Los componentes para seleccionar son: Conector USB, tapón de ventilación y prensaestopas.

En el caso del conector USB, utilizado como entrada de la antena Wifi, se decide seleccionar un conector con protección IP mayor igual a 54 con el menor peso y dimensión posible, de tal manera que se pueda instalar en el SAGCP. En la *Tabla 2-15* se puede ver la comparativa entre conectores USB. Se elige el conector “MUSBR-A111-30” debido a que cumple en mayor medida con las características mencionadas previamente. La elección se encuentra con relleno azul.

Tabla 2-15: Tabla comparativa de conectores USB. Elaboración propia.

Características	Conectores USB		
	MUSBR-A111-30	NAUSB-W-B	DCC-USBAT-150
Fabricante	Ámprenlo	Neutrik	Conxall
Clasificación IP	IP 67	IP 65	IP67
Peso (g)	25	30	53
Dimensiones (mm)	18 x 30 x 18	26 x 40 x 26	35 x 52 x 35
Material	Nickel	Latón	Nickel
Estándar	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0
Precio (S./)	35	25	36

Con el fin de proteger los componentes electrónicos de posibles cambios de presión generado por cambios de temperatura debido a la exposición al ambiente, es necesario incluir en el subsistema de protección un tampón de ventilación que deje pasar un pequeño flujo de aire con el fin de evitar el cambio de presión. Este tampón de ventilación debe tener una protección IP mayor o igual a IP 54 y debe ser de dimensiones y peso reducidos. En la *Tabla 2-16* se puede ver la comparativa entre tampones de ventilación, entre las 3 alternativas se escoge el tampón de ventilación “UA-006” debido a su menor peso y dimensiones. La elección se encuentra con relleno azul.

Tabla 2-16: Tabla comparativa de tampones de ventilación. Elaboración propia.

Características	Tampones de ventilación		
	UA-006	DA 284	BX-MOAM40 * 1,5
Fabricante	Polycase	Natural	Baoxin
Clasificación IP	IP 68	IP66	IP 68
Peso (g)	5	45	-
Dimensiones (mm)	27 x 27 x 15	60 x 60 x 37	50 x 50 x 33
Material	Nylon	Plástico	Aluminio
Diámetro del ducto de ventilación (mm)	20	40	40
Precio (S./)	35	25	40

En el subsistema de protección se utiliza una prensaestopa como entrada del cable de alimentación proveniente del subsistema de energía al compartimiento principal. Debido a que se necesita conocer el diámetro del cable de alimentación para seleccionar la prensaestopa, esta se escogerá en la Sección 2.5, la perteneciente al subsistema de energía.

2.5 Subsistema de Energía

El subsistema de energía, el cual es mostrado en la *Figura 2-36* comprende los elementos presentes en el compartimiento secundario. Está compuesto por baterías, los convertidores de voltaje, el botón de encendido, el encapsulamiento y pasamuros para cables necesarios para tener una protección IP54. La función de este subsistema es brindar alimentación al resto del SAGP, conectándose a este mediante cable. Se conectará al poste mediante el uso de abrazaderas.

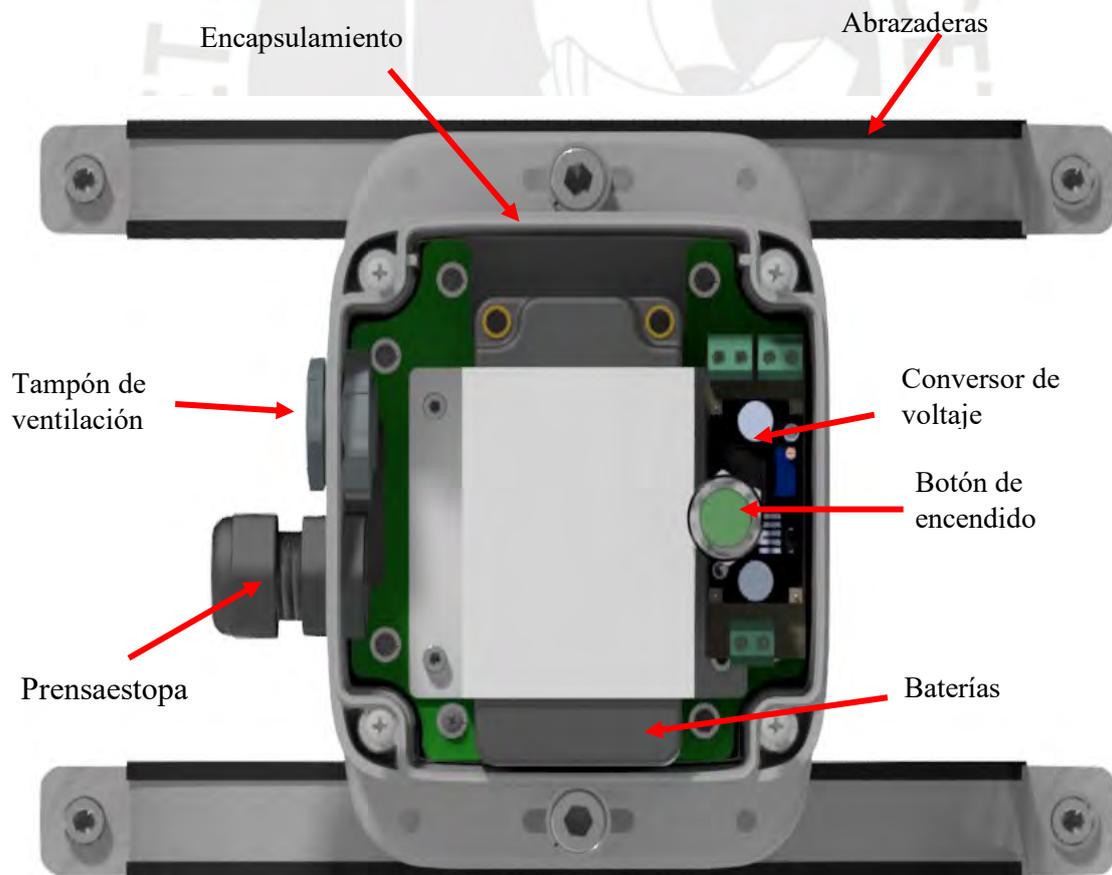


Figura 2-366: Subsistema de energía. Elaboración propia.

2.5.1 Cálculo del consumo de energía del sistema

Como primer paso para conocer los requerimientos eléctricos del sistema, es necesario determinar el consumo de energía de los componentes determinados en la arquitectura de hardware presentes en la *Figura 2-7*. En la *Tabla 2-17* se considera la corriente y el voltaje que consumen estos dispositivos. Se tomará en cuenta la corriente consumida cuando el componente esté en estado activo como en inactivo.

Tabla 2-17: Consumo de voltaje y corriente de los componentes. Elaboración propia.

Componente	Cantidad	Corriente unitaria- Estado activo	Corriente unitaria- Estado inactivo	Voltaje de alimentación	Corriente total- Estado activo	Corriente total- Estado inactivo
Servo SG90	2	250 mA	10 mA	5 VDC	500 mA	20 mA
Raspberry Pi Camera module V2	1	160 mA	0.11 mA	2.8 VDC	160 mA	0.11 mA
Raspberry Pi 4 Model B	1	0.78 A (reproduce video) 1.2 (máximo)	0.6 A	5 VDC	0.78 A (reproduce video) 1.2 (máximo)	0.6 A
Antena wifi	1	200 mA	25mA	5 VDC	200 mA	25mA

Luego de conocer el consumo de corriente en Amperios, es necesario calcular el consumo total de la operación en mAh. En la *Tabla 2-18* se presentan las actividades que realizará el SAGP basadas en el diagrama de flujo general, presente en *Figura 2-13*, el tiempo en el cual las realiza, el estado de los componentes y el consumo total de corriente.

Se tienen las siguientes consideraciones:

- Tiempo de configuración inicial.
- Tiempo de operación: 6 horas.

- Duración del ciclo semafórico: 1 min.
- Giro del servo cada ciclo semafórico: 180° (valor máximo).
- Velocidad del servo: 0.12 s / 60°.
- Tiempo de giro del servo: 0.36 s.

Tabla 2-18: Consumo de corriente de la operación. Elaboración propia.

Operación	Tiempo total	Componente	Estado	Corriente (mA)	Consumo total (mAh)
Configuración inicial	5 min	Servo SG90	Activo	500.0	41.7
		Cámara	Activo	160.0	13.3
		Raspberry Pi 4 Model B	Activo	780.0	65.0
		Antena wifi	Activo	200.0	16.7
		Subtotal		1640.0	136.7
Giro de cámara	2.16 min	Servo SG90	Activo	500.0	18.0
		Cámara	Activo	160.0	5.8
		Raspberry Pi 4 Model B	Activo	780.0	28.1
		Antena wifi	Activo	200.0	7.2
		Subtotal		1640.0	59.1
Grabación	357.84 min	Servo SG90	Inactivo	20.0	119.3
		Cámara	Activo	160.0	954.2
		Raspberry Pi 4 Model B	Activo	780.0	4651.9
		Antena wifi	Activo	200.0	1192.8
		Subtotal		1160.0	6918.2
				Corriente consumida (mAh)	7114.0
				Corriente máxima (mA)	1640.0

2.5.2 Selección de la batería

De la sección 2.5.1, considerando un factor de seguridad de 1.5 se obtuvo que el sistema necesita un arreglo de baterías que puedan brindar una cantidad mayor a 11000 mAh y tengan una capacidad de descarga mayor a la corriente máxima requerida (1.16 A). Para esta selección también se considerará un bajo peso de las baterías, así como sus dimensiones, debido a que estarán montadas en un poste. Considerando estas características, se elige utilizar 2 baterías *Turnigy nano-tech Ultimate 6400mah 1S2P 90C*. En la *Tabla 2-19* se muestra una comparativa entre baterías y la elección se encuentra con relleno azul.

Tabla 2-19: Tabla comparativa de baterías. Elaboración propia.

Características	Baterías		
	Nano-tech Ultimate 6400mah 	ZIPPY 5900mah 	Rhino 6000mAh 
Fabricante	Turnigy	Zippy	Rhino
Tipo	LiPo	LiPo	LiPo
Capacidad (mAh)	6400	5900	6000
Baterías requeridas	2	2	2
Capacidad total (mAh)	12800	11800	12000
Descarga máxima (A)	576	354	300
Voltaje (V)	3.7	7.4	14.8
Peso unitario (g)	170	320	680
Peso total (g)	340	640	1360
Dimensiones (mm)	93 x 47 x 18	138 x 46 x 25	156 x 49 x 46
Precio total (S/.)	210	240	550

2.5.3 Selección del convertor de voltaje

En la sección anterior, se seleccionaron las baterías que utilizaría el sistema, las cuales tienen un voltaje de 3.7 V, mientras que los demás componentes que serán alimentados directamente por la batería requieren de 5V. Es por esto por lo que se necesita un convertidor DC-DC de tipo elevador (Boost/Step up Converter) que pueda acondicionar los componentes a la batería, y que cuenta con capacidad de brindar una corriente mayor a la calculada en la sección 2.5.1.

En la *Tabla 2-20* se muestra una comparativa de convertidores tipo elevador. Se elige el convertidor “XL6009” debido a que cumple con las características de voltaje de entrada, voltaje de salida y corriente suministrada, y tiene un menor costo a las otras opciones. La elección se encuentra con relleno azul.

Tabla 2-20: Comparativa de elevadores de voltaje. Elaboración propia.

Características	Convertidores Boost		
	XL6009 	Módulo Step up 0324CA 	MT3608 
Fabricante	XLSEMI	Ailavi	AEROSEMI
Voltaje de entrada (V)	3-32	3-6	2-24
Voltaje de salida (V)	5-35	5-32	5-28
Corriente de salida (A)	3	3	2
Eficiencia (%)	94	85	93
Rizado de voltaje (%)	1	1	2
Precio (S/.)	10	21	15

2.5.4 Selección de encapsulamiento

Teniendo en cuenta las dimensiones de los componentes seleccionados para el subsistema, se seleccionará un encapsulamiento que provea una protección igual a mayor a IP54. Se considerarán las dimensiones del encapsulamiento, peso, precio y protección ofrecida. Se elige la caja de modelo ML-44 debido a que cuenta con un menor peso, dimensiones similares a las baterías seleccionadas en la sección 2.5.2 y cumple con los requerimientos de protección IP. La elección se encuentra con relleno azul en la *Tabla 2-21*.

Tabla 2-21: Comparativa de encapsulados. Elaboración propia.

Características	Encapsulados		
	ML-44F	1590Z119	75-227902
Fabricante	Polycase	Hammond	Vero Technologies
Dimensiones (mm)	114 x 114 x 62	122 x 120 x 60	150 x 80 x 60
Peso (g)	230	880	200
Material	Resina de policarbonato	Aluminio	ABS
Protección IP	66	68	64
Precio (S/.)	70	126	52

2.5.5 Botón de encendido

Con el motivo de energizar el SAGCP se utilizará un pulsador de encendido, el cual mientras no haya sido presionado, impedirá que las baterías suministren energía al

sistema. El sistema está energizado mientras este botón se mantenga presionado. En la selección de este componente, se considera las dimensiones del botón, el voltaje en inversa, la corriente y el grado de protección. Las especificaciones de voltaje y corriente son las mismas que las de la batería. En la *Tabla 2-22* se muestra una comparativa entre distintos botones de encendido, se elige el modelo IPR1SAD2 debido a sus dimensiones. La elección se encuentra con relleno azul.

Tabla 2-22: Comparativa de botones de encendido. Elaboración propia.

Características	Botones de encendido		
	IPR1SAD2 	A22R-FR-01M 	YB26WSKW01-FB 
Fabricante	APEM Inc.	Omron	NKK Switches
Dimensiones (mm)	23 x 18 x 18	48 x 30 x 30	33 x 18 x 18
Peso (g)	5	6	5
Voltaje en reversa (V)	12	24	30
Corriente máxima (A)	4	10	3
Grado de protección	IP 67	IP65	IP65
Precio (S/.)	75	50	55

2.5.6 Prensaestopa

Se utilizará una prensaestopa con el fin de permitir la salida del cable de alimentación proveniente del convertor de voltaje y al mismo tiempo mantener una protección contra polvo o agua. El cable utilizado tiene dos hilos debido a que el convertor de voltaje posee

dos salidas: 5V+ y GND. Este cable será del tipo apantallado debido a que evita la entrada de ruido electromagnético (Easton, Bryant, & Radasky, 2020) y según la norma VDE 0812 este debe de ser de 6mm de diámetro considerando la corriente calculada en la sección 2.5.1 (German Institute for Standardisation, 1988). En la selección del componente se considera que la prensaestopa pueda admitir un cable de 6mm de diámetro, tenga una protección mayor o igual a IP 54 y tenga las menores dimensiones posibles, de tal manera que no interfiera con los demás componentes del subsistema. En la *Tabla 2-23* se muestra una comparativa entre distintos prensaestopas, se elige el modelo IPG 222135 debido a sus dimensiones y precio. La elección se encuentra con relleno azul.

Tabla 2-23: Comparativa de prensaestopas. Elaboración propia.

Características	Prensaestopa		
	IPG-222135 	50.013 PA/SW 	CG3 
Fabricante	Bud Industries	Jacob GmbH	Polycase
Dimensiones (mm)	24 x 24 x 36	24 x 24 x 39	25 x 25 x 38
Peso (g)	9	9	9
Diámetro del cable (mm)	6	6	6
Material	Nylon	Nylon	Nylon
Grado de protección	IP66	IP68	IP68
Precio (S/.)	4	5	8

2.6 Esquemático

El SAGCP cuenta con una tarjeta electrónica en cada compartimiento con el fin de facilitar las conexiones entre componentes. El primer esquemático, presente en la *Figura 2-37*, pertenece al compartimiento secundario, en el cual se muestra que la alimentación de la batería de 5V entra a la tarjeta a través de un conector, dicho voltaje es convertido

a 3.7 V utilizando un módulo step-up, el cual tiene su salida conectada a una bornera. Cabe resaltar que la alimentación suministrada por la batería puede ser interrumpida por el botón seleccionado en la sección 2.55, el cual se conectado a través de una bornera. En la *Figura 2-38* y *2-39* se muestran respectivamente la vista superior e inferior de la tarjeta correspondiente al compartimiento secundario, mientras que en la *Figura 2.40* se muestra la distribución de componentes.

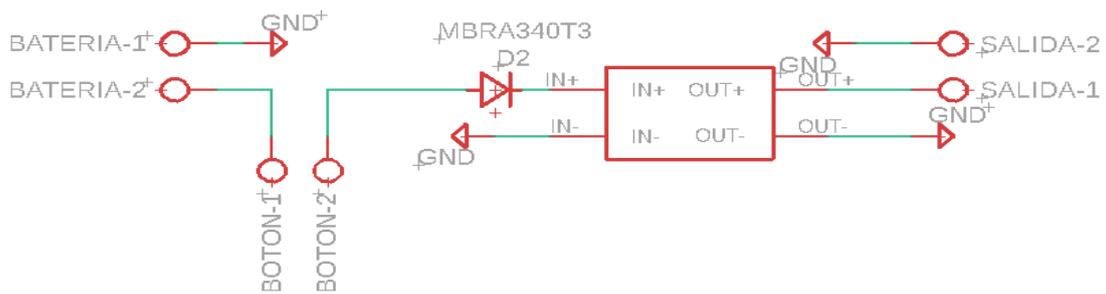


Figura 2-37: Esquemático del compartimiento secundario. Elaboración propia

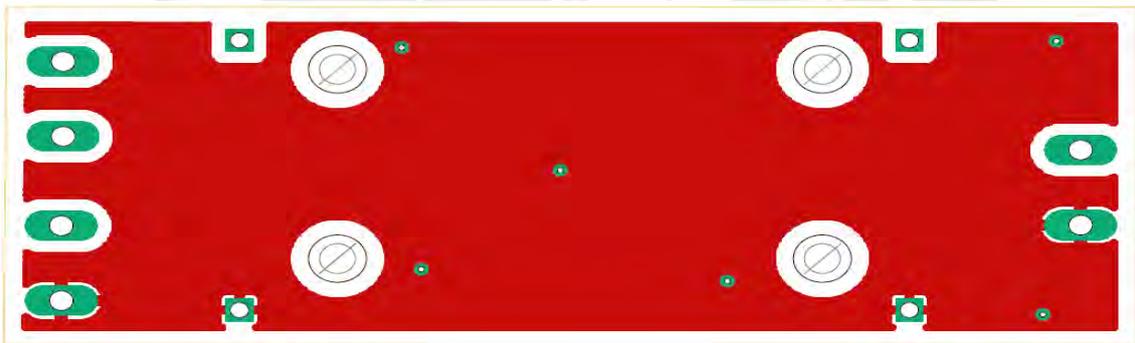


Figura 2-38: Vista superior de la tarjeta electrónica del compartimiento secundario. Elaboración propia.

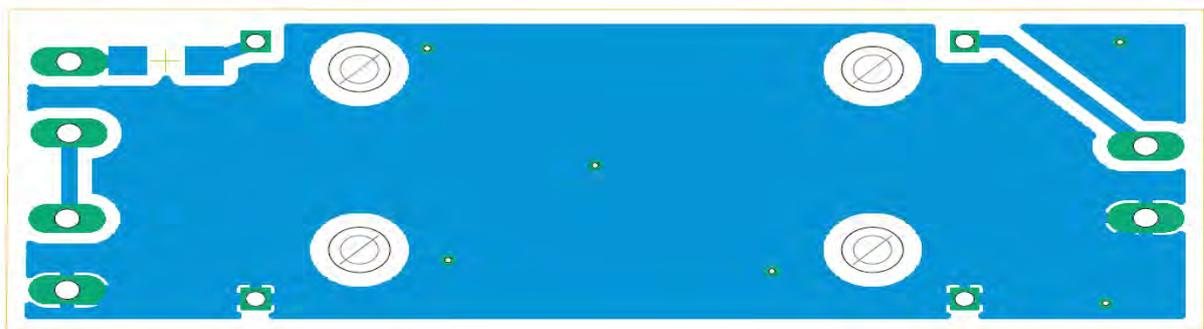


Figura 2-39: Vista inferior de la tarjeta electrónica del compartimiento secundario. Elaboración propia.

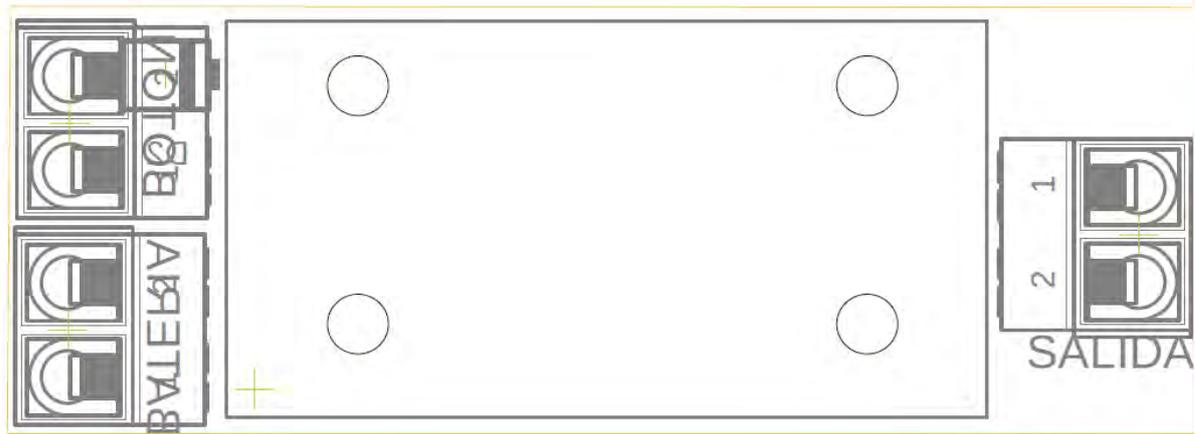


Figura 2-40: Ubicación de componentes de la tarjeta electrónica del compartimiento secundario.

Elaboración propia.

El esquemático perteneciente al compartimiento principal se ve en la *Figura 2-41*. Se puede apreciar que la alimentación proveniente del compartimiento secundario energiza directamente tanto los servomotores como el controlador. Por otro lado, cada pin PWM de los servomotores es conectado a un pin PWM de la Raspberry Pi 4 model B+. En la *Figura 2-42* y *2-43* se muestran respectivamente la vista superior e inferior de la tarjeta correspondiente al compartimiento principal, mientras que en la *Figura 2.44* se muestra la distribución de componentes.

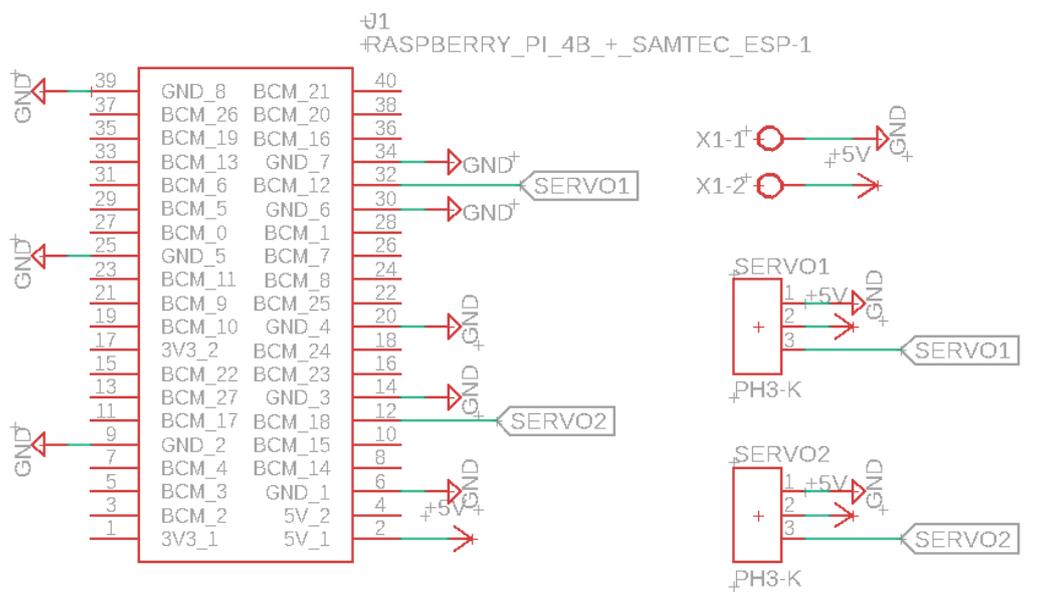


Figura 2-41: Esquemático del compartimiento principal. Elaboración propia

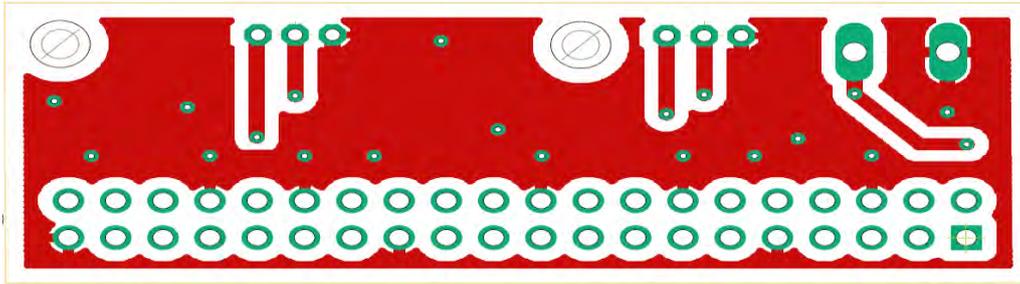


Figura 2-42: Vista superior de la tarjeta electrónica del compartimiento principal. Elaboración propia.

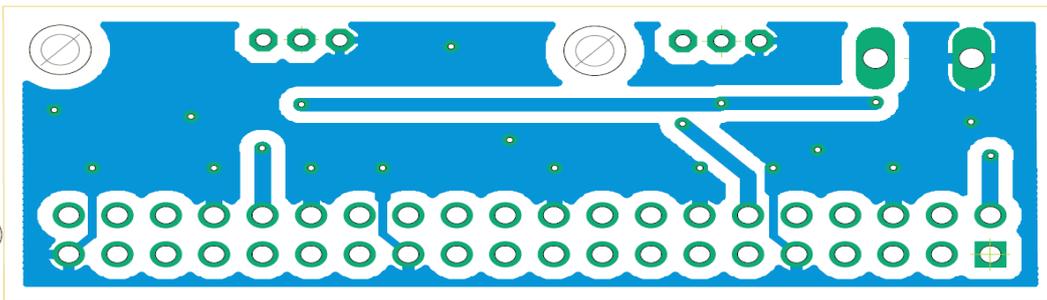


Figura 2-433: Vista inferior de la tarjeta electrónica del compartimiento principal. Elaboración propia.

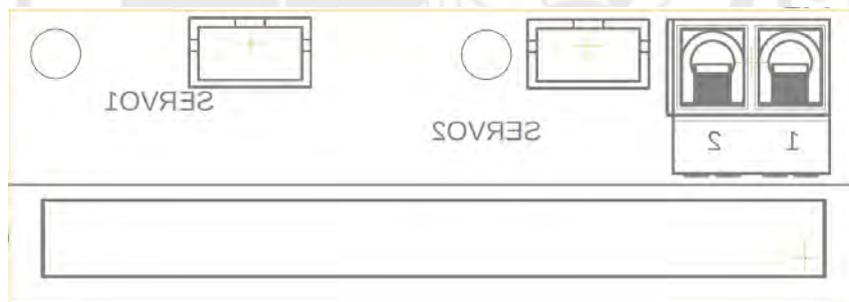


Figura 2-44: Ubicación de componentes de la tarjeta electrónica del compartimiento principal. Elaboración propia.

2.7 Planos del sistema

2.7.1 Estructura del Plano de Ensamble

En esta sección se detalla la estructura del plano de ensamble del SAGCP y los subsistemas necesarios de cada compartimiento. Asimismo, se explicarán las vistas y uniones del compartimiento principal.

2.7.1.1 Plano del compartimiento principal

En el plano se consideraron 2 vistas principales, la frontal y la superior, pues con ambas se logra visualizar de mejor manera las dimensiones generales. Ver *Figura 2-45*.

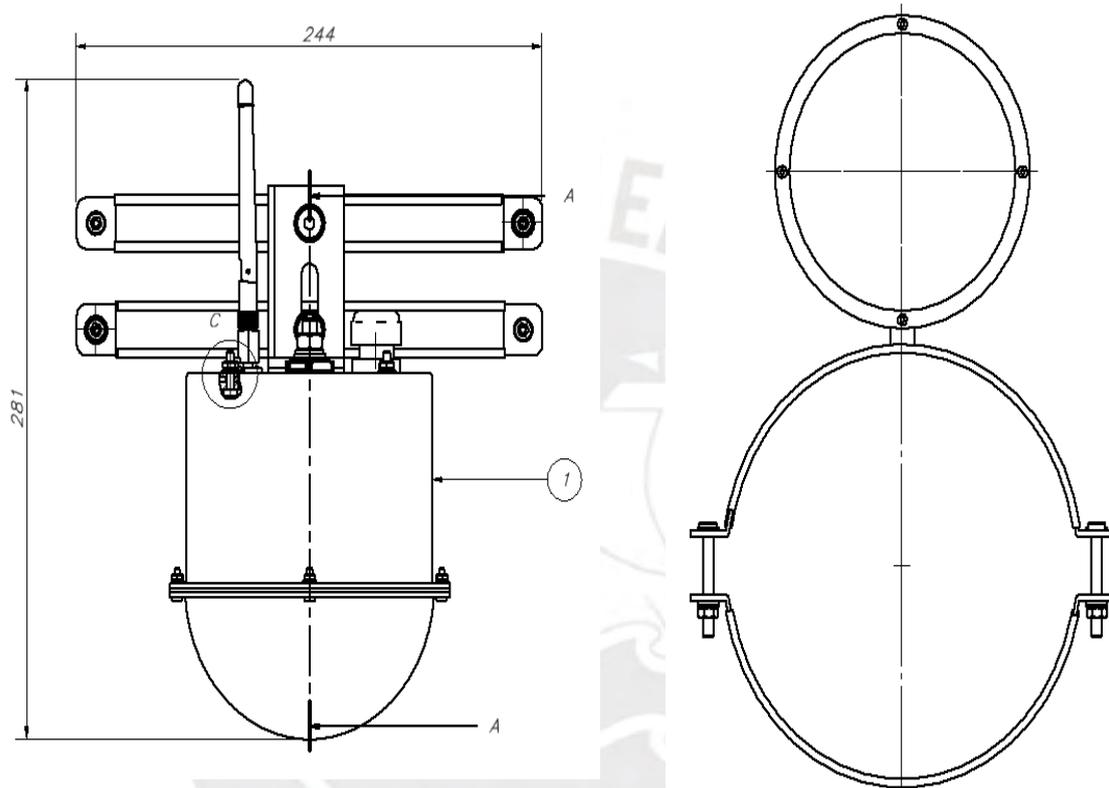


Figura 2-45: Vistas principales del compartimiento principal. Elaboración propia.

2.7.1.2 Secciones

Se realizó una sección (corte A-A) en la vista frontal para mostrar los detalles de los componentes internos del SAGP que no se pueden ver externamente, de esta manera permitiéndonos enumerar la mayoría de los componentes. Asimismo, esta sección de mostrar la mayor parte de las uniones atornilladas, tanto de piezas estructurales, como de sensores y actuadores. Esta sección es mostrada en la *Figura 2-46*.

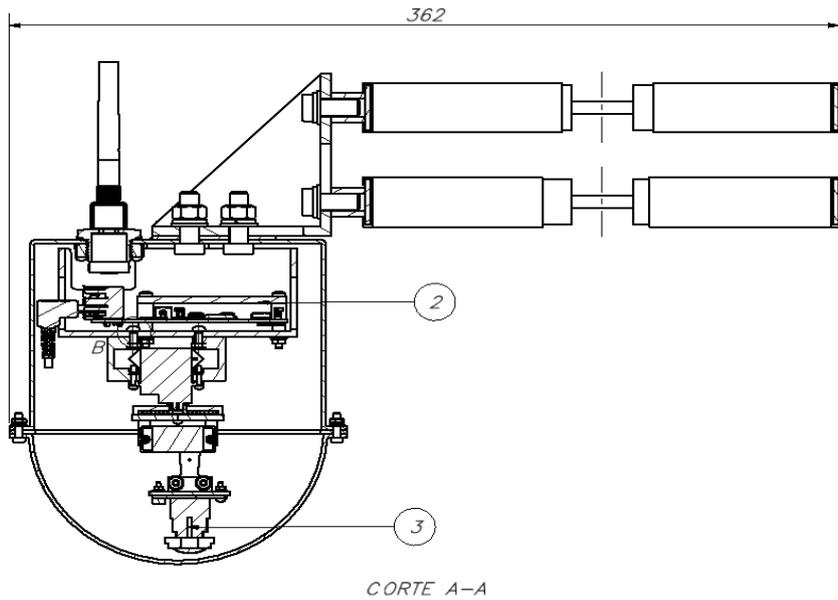


Figura 2-46: Corte A-A. Elaboración propia.

2.7.1.3 Detalles de Uniones

Tanto la sección A como las vistas principales muestran uniones atornilladas necesarias mediante unas mordeduras, pero al ser elementos pequeños, los componentes de unión no son fácilmente visibles, por tanto, se realizaron detalles en escala 2:1 y 5:1 para compensar el tamaño. Ver *Figura 2-47*.

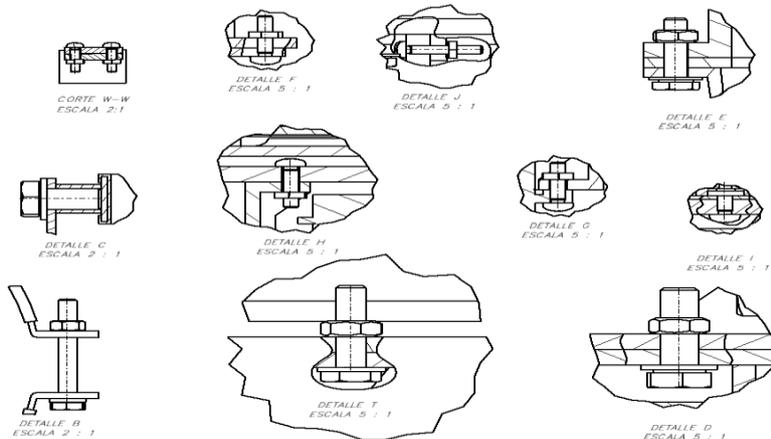


Figura 2-47:Detalle de las uniones. Elaboración propia

2.7.1.4 Lista de planos de ensamble

A continuación, en la *Tabla 2-24* se presentan la lista de planos de ensamblaje del sistema y de cada subsistema. Se especifica número de lámina y tamaño de hoja.

Tabla 2-24: Lista de Planos. Elaboración propia.

Nro. de Lámina	Nombre de plano	Tamaño
L1	Compartimiento principal	A2
L2	Subsistema de orientación de cámara	A2
L3	Subsistema de control	A4
L4	Subsistema de protección	A2
L5	Compartimiento secundario	A2

2.7.2 Planos de despiece

Se realizó un plano de despiece general donde se encuentran todas las piezas a fabricar. Estas piezas se encuentran ordenadas según la enumeración presente en la *Tabla 2-25*. El plano de despiece se encuentra en el anexo respectivo.

Tabla 2-25: Enumeración de los planos de despiece. Elaboración propia.

Posición	Pieza	Posición	Pieza
P1	Soporte de cámara	P9	Aislamiento
P2	Brazo de servo 1	P10	Unión estructura - abrazadera
P3	Brazo de servo 2	P11	Domo transparente 5"
P4	Soporte de servo 1	P12	Soporte de Baterías
P5	Unión de servos	P13	Separador de Tarjeta Electrónica 1
P6	Unión servo-controlador	P14	Separador de Tarjeta Electrónica 2
P7	Soporte de controlador	P15	Soporte de Tarjeta Electrónica
P8	Estructura externa		

2.8 Presupuesto

En las *Tablas 2-26 a 2-30*, organizadas por subsistemas, se muestra las diferentes cantidades de artículos y los respectivos precios unitarios. El tipo de cambio considerado es de 3.5 PEN/USD (Julio 2020).

Tabla 2-26: Presupuesto del subsistema de orientación de cámara. Elaboración propia.

Modelo	Componente	Precio unitario (S/)	Cantidad	Precio total (S/)
Raspberry Pi Camera Module v2	Cámara embebida	145.0	1	145.0
KF301-2P	Bornera-2 pines	0.6	3	1.8
SG90	Servomotor	11.0	2	22.0
-	Piezas en ABS (Impresión 3D)	170/kg	-	6.5
M3x12, M2x8, M1.6x10	Pernería	-	-	5.0
Total (Sin IGV)				180.3

Tabla 2-27: Presupuesto del subsistema de protección. Elaboración propia.

Modelo	Componente	Precio unitario (S/)	Cantidad	Precio total (S/)
4080 78x78	Bracket de esquina	18.0	0	18
-	Plancha de caucho	27.0	1	27.0
5 pulgadas	Domo transparente	40.0	1	40.0
-	Abrazadera	104.0	2	208.0
-	Estructura externa de policarbonato	248/kg	1	31.0
IPG-222135	Prensaestopa	3.9	1	3.9
UA-006	Tampón de ventilación	12.5	1	12.5
MUSBR-A111-30	Conector USB	44.3	1	44.3
M4x16, M3x12, M6x50, M8x25	Pernería	-	-	25.4
Total (Sin IGV)				410.1

Tabla 2-28: Presupuesto del subsistema de control. Elaboración propia.

Modelo	Componente	Precio unitario (S/)	Cantidad	Precio total (S/)
Raspberry Pi 4 Model B 4GB RAM	SBC	299.0	1	299.0
ARCHER T2U PLUS	Antena Wifi	65	1	65
-	Placa electrónica	25.0	1	25.0
-	Soporte Raspberry (Impresión 3D)	170/kg	1	12.8
Total (Sin IGV)				401.8

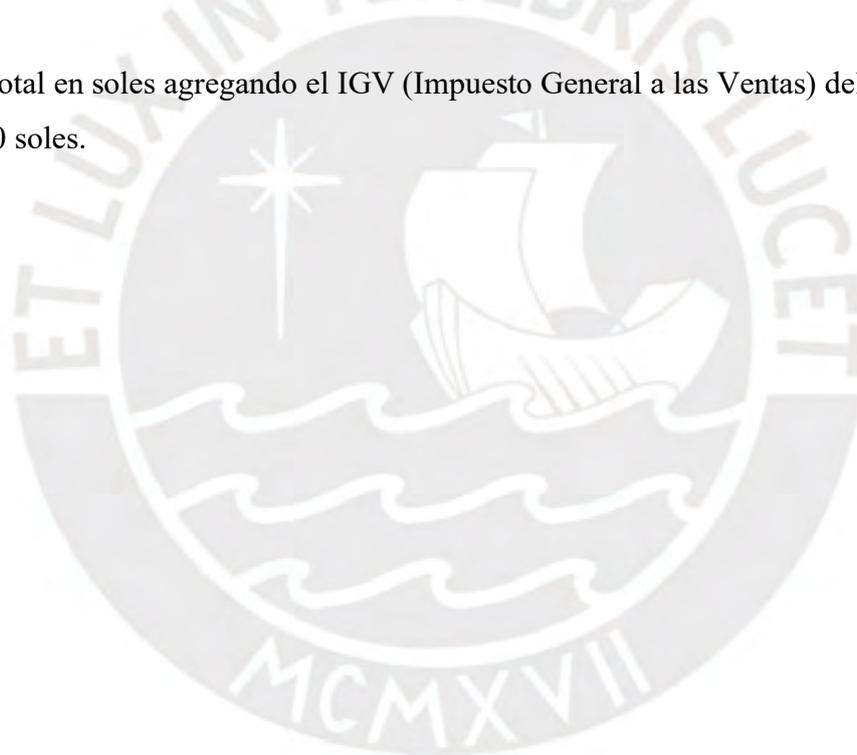
Tabla 2-29: Presupuesto del subsistema de energía. Elaboración propia.

Modelo	Componente	Precio unitario (S/)	Cantidad	Precio total (S/)
ML-44F	Encapsulado	70.8	1	70.8
Nano-tech Ultimate 6400mah	Batería	109	2	218
-	Abrazadera	104	2	208
XL6009	Convertidor Buck	10.0	1	10.0
IPR1SAD2	Botón de encendido	43.6	1	43.6
IPG-222135	Prensaestopa	3.9	1	3.9
UA-006	Tampón de ventilación	12.5	1	12.5
-	Placa electrónica	25.0	1	25.0
KF301-2P	Bornera 2 pines	0.6	3	1.8
Cable apantallado 2 hilos	Cableado	2/m	5m	10.0
Total (Sin IGV)				603.6

Tabla 2-30: Presupuesto total. Elaboración propia.

Subsistema	Precio (S/)
Orientación de cámara	180.3
Protección	410.1
Control	401.8
Energía	603.6
Total (sin IGV)	1595.8
Total (con IGV)	1883.04

El precio total en soles agregando el IGV (Impuesto General a las Ventas) del 18%, será de 1884.00 soles.



CAPÍTULO 3

PRUEBAS Y RESULTADOS

El propósito del presente capítulo es comprobar el funcionamiento del diseño realizado en el capítulo 2. Con este propósito, se realizarán pruebas de los algoritmos de conteo peatonal para comprobar su efectividad. Asimismo, se ejemplificarán los aciertos de los algoritmos y se explicarán los errores detectados. Además, se efectuarán simulaciones estáticas y dinámicas del sistema para determinar su funcionalidad.

3.1 Experimentación de los algoritmos de conteo

Para evaluar el desempeño de los algoritmos de detección, seguimiento y conteo, se han utilizado cinco diferentes grabaciones tomadas en intersecciones semaforizadas emulando la implementación del SAGCP. Tanto el código como las grabaciones y los resultados están disponibles en línea (Leiva, 2020).

3.1.1 Criterios de Evaluación

Los criterios de evaluación utilizados fueron elegidos considerando la investigación de Bewley, en la cual evalúan el rendimiento del programa en el que se basa este algoritmo (Bewley, Wojke, & Paulus, 2017). Los criterios por considerar son los siguientes:

- Eficacia de detección (ED): Resumen de eficacia de la detección en términos de falsos positivos y falsos negativos.
- Eficacia de conteo (EC): Resumen de eficacia del conteo en términos de falsos positivos, falsos negativos y cambios de identidad.
- Cambios de identidad (CI): Número de veces que la identidad de una detección cambia.
- Fragmentación (F): Número de veces que el proceso de seguimiento es interrumpido por una detección faltante.
- Tiempo de detección (TD): Tiempo de procesamiento para la detección de peatones.

- Tiempo de seguimiento y conteo (TSC): Tiempo de procesamiento para el seguimiento y conteo de peatones.
- Peatones contados (PC): Número de peatones contabilizados.

Los resultados de la evaluación se muestran en la *Tabla 3-1*. Para la implementación de este algoritmo se utilizó un ordenador con procesador Intel Core i7-7700K CPU@4.20 GHz, 32 GB de RAM y una tarjeta de video NVIDIA GeForce GTX 1080.

Tabla 3-1: Evaluación de los algoritmos de detección, seguimiento y conteo. Elaboración propia.

Grabación	Duración (s)	Nº peatones	TD (s)	TSC (s)	ED (%)	EC (%)	CI (%)	F	PC
1	30	11	397	1.92	100.0	100.0	0.0	2	11
2	40	17	523	1.98	88.2	93.3	6.7	2	16
3	44	14	591	1.92	100.0	92.8	7.1	0	15
4	91	14	1131	2.05	100.0	100.0	0.0	1	14
5	13	11	168	1.40	100.0	100.0	0.0	2	11
Total	218	66	2810	9.28	98.5	98.3	3.1	5	68

De los resultados mostrados en la *Tabla 3.1* se puede concluir que el algoritmo de conteo y el de seguimiento y conteo tienen un error máximo de aproximadamente 11.8%. La detección tiene un error promedio del 1.5%, mientras que el error promedio del seguimiento y conteo es del 1.7%. La principal fuente de error es el cambio de identidad, los cuales son ocasionados en la mayoría de los casos por movimientos bruscos de la cámara o por una oclusión total del peatón por periodos prolongados. También se identifica que, aunque puedan existir fragmentaciones en el proceso de seguimiento, estas no afectan en el conteo peatonal, debido a que el algoritmo de seguimiento es capaz de identificar detecciones que no han estado presentes en anteriores fotogramas.

3.1.2 Ejemplificación de aciertos en el conteo

En la *Tabla 3.1*, se muestra que el porcentaje de aciertos en el conteo peatonal es del 98.3%, lo cual es ejemplificado en la *Figura 3-1*. Esta figura es conformada por una

secuencia de imágenes donde el proceso es exitoso. Comienza con una detección exitosa, encerrando a todos los peatones en recuadros azules. Luego, el algoritmo de seguimiento y conteo le da una identificación y color único a cada peatón, los cuales mantiene a lo largo del tiempo. Finalmente, el número de identificación mayor es considerado como la cuenta total de peatones.



Figura 3-48: Ejemplo de un conteo exitoso. Elaboración propia.

3.1.3 Errores detectados en el conteo

Analizando la *Tabla 3.1*, se puede notar que la causa más común de los errores en el conteo es el cambio de identidad; es decir, cuando a un peatón se le da una identificación distinta a la que tenía previamente. Las causas de este error mayormente han sido causadas por movimientos bruscos de la cámara al momento de las grabaciones o debido a que el peatón en cuestión fue cubierto total o parcialmente por un periodo de tiempo moderado o prolongado. En la *Figura 3-2* y *3-3* se pueden observar ejemplos de cambios de identidad. La *Figura 3-1* es una secuencia de imágenes, en la primera se muestra al

peatón número 4, el cual es cubierto por los ciclistas 6 y 5 en la segunda imagen, por lo cual no es detectado. En la última imagen de la secuencia se vuelve a detectar al peatón 4, pero esta vez se le reconoce como peatón 7, de esta manera, ocurre un cambio de identidad.

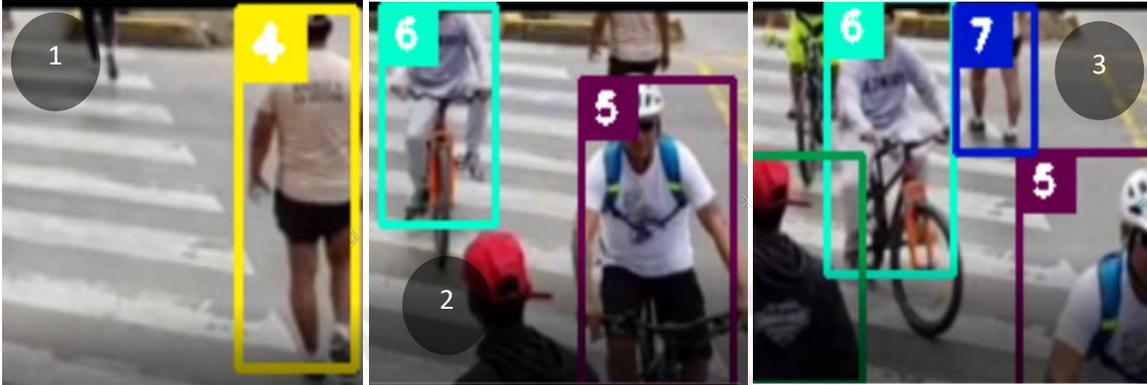


Figura 3-2: Secuencia 1 de cambio de identidad. Elaboración propia

En cuanto a la *Figura 3-3*, esta es una secuencia que muestra el cambio de identidad debido a un movimiento brusco de la cámara. En la primera imagen se muestra a peatón 6, el cual después de un cambio repentino de posición, se vuelve el peatón 7 en la imagen siguiente. Cabe resaltar que este error se vuelve menos común si es que la cámara se mantiene fija durante el periodo de grabación, condición que el SAGCP cumple.

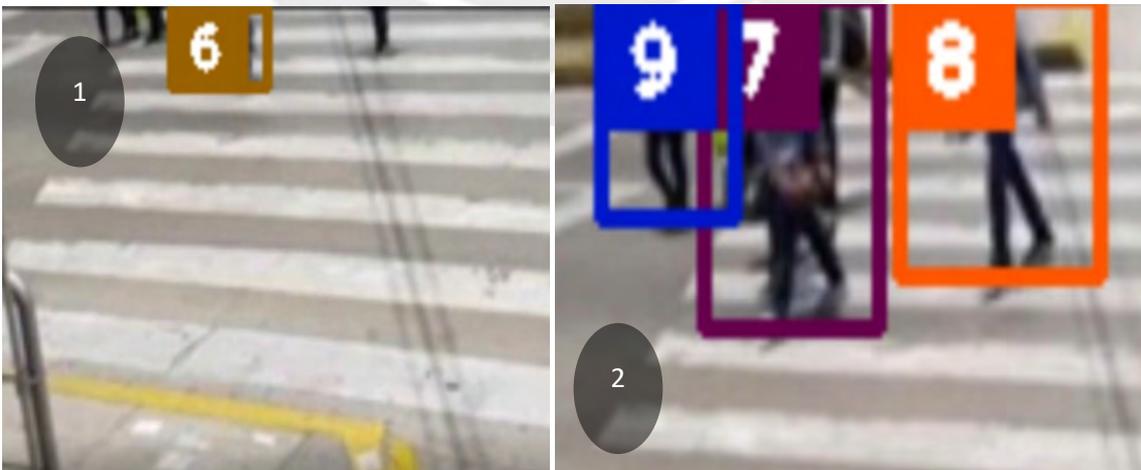


Figura 3-3: Secuencia 2 de cambio de identidad. Elaboración propia.

Con respecto a la detección de peatones, esta puede fallar si uno de estos es cubierto casi en su totalidad. El propósito de la perspectiva vertical que se utiliza en las grabaciones es disminuir las ocultaciones que podrían perjudicar el conteo peatonal. En la *Figura 3-4* se muestra un ejemplo de error en la detección, debido a las ocultaciones, se puede observar que en este caso los peatones no están caminando en la misma dirección que el cruceo peatonal. Los peatones detectados se encuentran encerrados en azul, mientras que el no detectado, en rojo. Dicho peatón se encuentra cubierto por otros casi en su totalidad.

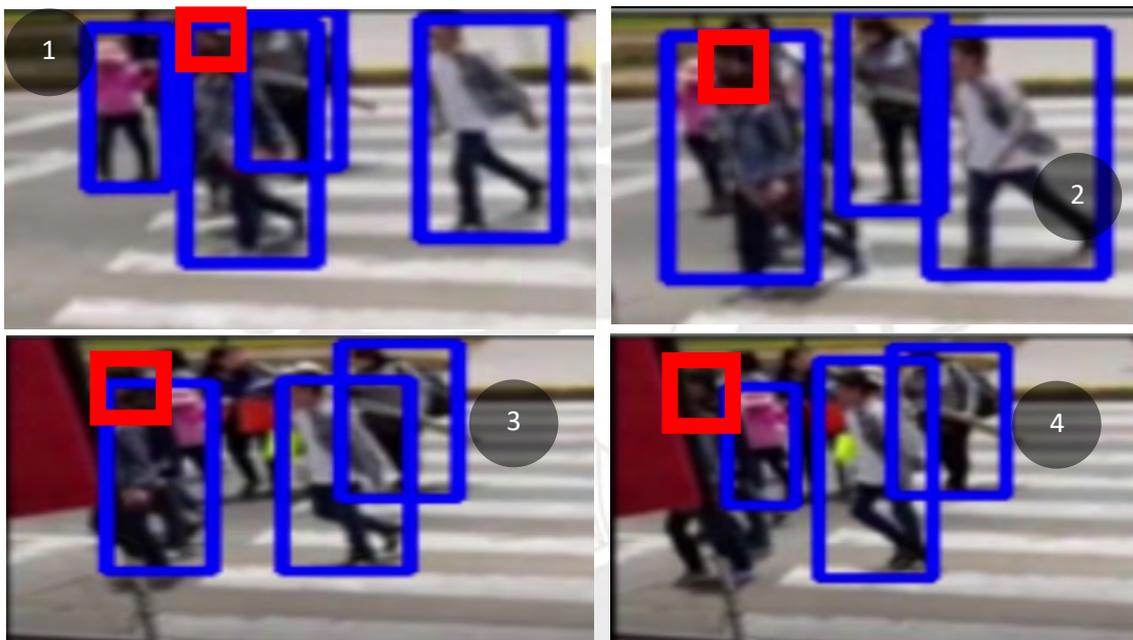


Figura 3-4: Errores en la detección peatonal debido a ocultaciones. Elaboración propia.

3.2 Simulación estructural

Se verifica la integridad estructural del SAGCP utilizando la herramienta “*Stress Analysis*” brindada por Autodesk Inventor 2020. Los resultados de la simulación comprenden los esfuerzos a los cuales está sometido la estructura, así como el desplazamiento por deformación y el factor de seguridad. Se consideró en la simulación que el sistema solo está soportando su propio peso, debido a que este no interactúa con algún otro objeto.

En la *Figura 3-5* se puede observar la simulación de esfuerzos según Von Mises y el factor de seguridad respectivo. La simulación muestra los esfuerzos y factor de seguridad a través de una escala de colores. En esta escala, el color azul significa que el elemento

no está sometido a esfuerzos significativos, mientras que el color rojo significa que el elemento está sometido a grandes esfuerzos.

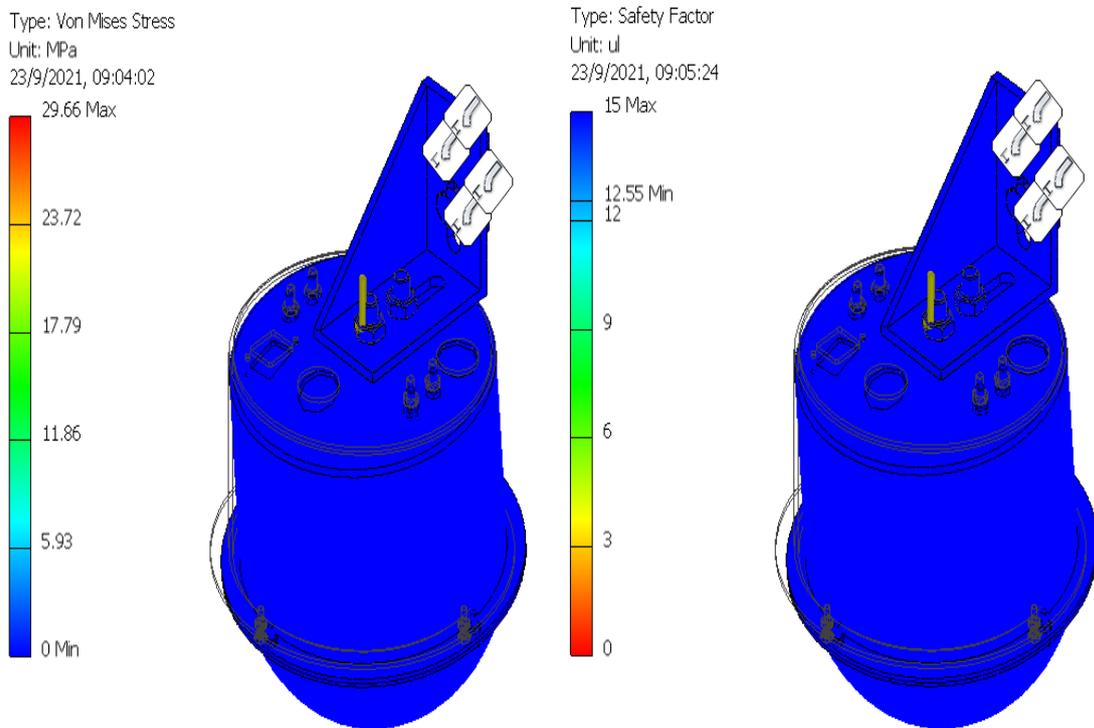


Figura 3-5: Simulación de los esfuerzos del sistema y factor de seguridad. Elaboración propia.

Con respecto a la *Figura 3-5*, se puede concluir que el sistema no falla por resistencia debido a que este tiene un factor de seguridad de 15. Los resultados de la simulación señalan que el cuerpo no está sometido a esfuerzos significativos, demostrado en el color predominantemente azul de la gráfica.

En relación con el desplazamiento por deformación, este se puede ver en la *Figura 3-6*. La escala de colores en esta gráfica va desde el azul, que significa que el elemento no se ha desplazado; a rojo, que denota el máximo desplazamiento. En el caso de esta simulación, el desplazamiento máximo que ocurre es de 0.1 mm, lo cual puede ser considerado como despreciable. El desplazamiento máximo se da en la cima de cúpula transparente, esto es debido a que es el punto más alejado del punto de apoyo.

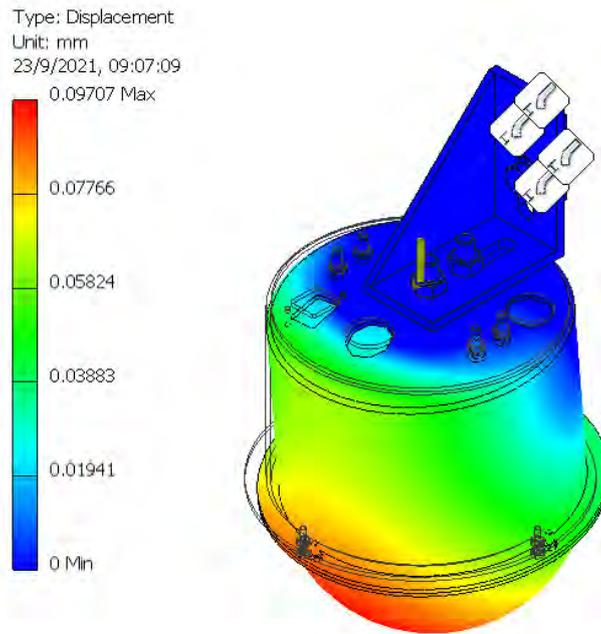


Figura 3-6: Simulación del desplazamiento por deformación. Elaboración propia

3.3 Simulación dinámica del sistema

Utilizando la herramienta “Dynamic Simulation” brindada por Autodesk Inventor 2020, se simuló el comportamiento dinámico de la plataforma pan-tilt del SAGCP, siendo este el único elemento móvil del sistema. En esta simulación se consideró que los servomotores tendrían la velocidad establecida en su respectiva hoja de datos. En la *Figura 3-7* se muestran imágenes de la animación resultante de la simulación.



Figura 3-7: Animación de la plataforma pan-tilt. Elaboración propia.

Como parte de los resultados de la simulación, se presenta en la *Figura 3-8* la gráfica del momento ejercido por los servomotores.

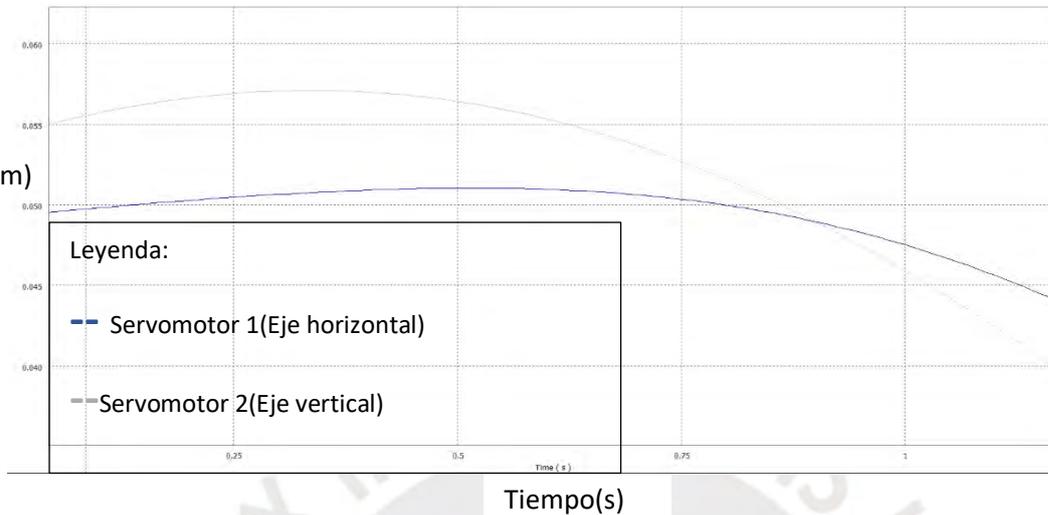


Figura 3-8: Momento ejercido por los servomotores. Elaboración propia.

Analizando la gráfica de la *Figura 3-8*, se puede afirmar que el momento máximo ejercido por ambos servomotores durante la trayectoria del sistema es menor a 0.06 N.mm, mientras que el momento máximo que estos servomotores pueden ejercer es de 15.7 N.cm. Se concluye que los servomotores seleccionados son capaces de accionar la plataforma pan-tilt del SAGCP.

Se concluye este capítulo afirmando que se pudo comprobar el funcionamiento del sistema, teniendo en cuenta tanto los algoritmos relacionados con el conteo peatonal, así como la integridad de la estructura.

CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de grabación automática para la detección, seguimiento y conteo de peatones en intersecciones semaforizadas. Este diseño integra aspectos mecánicos, eléctricos, electrónicos, de control y de procesamiento de imágenes.
- Se logró implementar los algoritmos relacionados al procesamiento de imágenes, obteniendo un resultado satisfactorio mostrado en la sección 3.1, al tener un error máximo de aproximadamente 11.8%. Las grabaciones utilizadas fueron tomadas en localizaciones que cumplían con las características planteadas en el diseño.
- Las simulaciones estáticas y dinámicas de la plataforma para el direccionamiento automático de la cámara validaron la integridad estructural del sistema. El modelo tridimensional fue realizado con software CAD especializado, contemplando cálculos y consideraciones mecánicas. Debido al bajo peso de la estructura se hallaron factores de seguridad mayores a 10 aun cuando se seleccionaron uniones atornilladas y componentes de pequeñas dimensiones.
- La selección de componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos, así como de materiales, cumplió con los parámetros técnicos y económicos. Se tuvo en consideración que el sistema debía tener un peso ligero debido a que iba a ser montado en un poste, por lo cual el peso total de cada compartimiento es menor a 1.5 kg. Considerando este proceso de selección, se halló un costo total de S/1884.00. Este precio resulta ligeramente elevado en comparación con los ofrecidos por sistemas comerciales si se consideran los accesorios que necesitan las cámaras comerciales para montarse en un poste, además de las baterías requeridas para su operación.
- Se encontró que el sistema cumple con las especificaciones de respuesta en el tiempo planteadas previamente, las cuales son tener un tiempo de establecimiento menor a 2 segundos y un sobre impulso máximo del 10%. El algoritmo de control del sistema fue elaborado y comprobado en software especializado, utilizando *el Control System Toolbox* de MATLAB.
- El SAGCP es energizado por 2 baterías de LiPo, dándole una autonomía de 6 horas, con la capacidad de ser recargadas para su uso posterior. Debido a que no necesita una toma de corriente fija, el SAGCP tiene la capacidad de ser reposicionado, haciéndolo un sistema móvil.

RECOMENDACIONES

- El procesamiento de imágenes para el conteo peatonal no requiere una resolución elevada. Se recomienda que los peatones tengan una altura mínima de 80 píxeles para que puedan ser detectados correctamente.
- Los parámetros α y β utilizados en el seguimiento y conteo de peatones (ver sección 2.3.5.3) pueden ser sintonizados por pruebas experimentales. Se debe tener en cuenta que el parámetro α es utilizado para disminuir el efecto de la oclusión, así que debe aumentarse en caso de que se analicen grandes multitudes, aunque si esta toma un valor elevado puede causar que dos peatones diferentes sean contados como el mismo ($\alpha > 100$). El parámetro β debe ser bajo ($\beta < 10$) ya que de lo contrario peatones que aparecen por pequeñas fracciones del video no serán considerados.
- Para mejorar el rendimiento de la detección de peatones se puede considerar seguir entrenando el clasificador basado en YOLO v3 con imágenes de peatones cruzando intersecciones semaforizadas. Este procedimiento también se puede aplicar para la mejora de la detección de semáforos.
- En caso se decida ubicar permanentemente el sistema en un poste de luz, se debería reemplazar el subsistema de energía, y cambiarlo por uno que pueda acondicionar 220 VAC a 5V.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, F., Ning, L., & Tahir, M. (2019). An Improved D-CNN Based on YOLOv3 for Pedestrian Detection. *2019 IEEE 4th International Conference on Signal and Image Processing* (págs. 405-409). Wuxi, China: IEEE.
- Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., & Upcroft, B. (2016). SIMPLE ONLINE AND REALTIME TRACKING. *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (págs. 3464-3468). Phoenix: IEEE.
- Bewley, A., Wojke, N., & Paulus, D. (2017). Simple online and realtime tracking with a deep association metric . *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (págs. 3645-3649). Beijing: IEEE.
- Easton, E., Bryant, K., & Radasky, W. (2020). Testing of a Module for Electrical Substations to Demonstrate HEMP and IEMI Protection and GIC Detection. *Electromagnetic Compatibility & Signal/Power Integrity (EMCSI) 2020 IEEE International Symposium*, 442-447.
- EPM. (2015). *Especificación técnica postes de concreto*. Medellín: Grupo EPM.
- Fernandez, R. (2018). Desempeño mecánico de montajes de líneas de distribución. *Ingeniería-Revista de la Universidad de Costa Rica*, 81-98.
- German Institute for Standardisation. (1988). *DIN VDE 0812*. Berlin.
- Griswold, J., Medury, A., Schneider, R., & Grembek, O. (2018). Comparison of Pedestrian Count Expansion Methods: Land Use Groups versus Empirical Clusters. *Transportation Research Record, Vol 2672*, 87-97.
- Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. Mexico, D.F.: MacGraw-Hill.
- H0taste. (27 de Abril de 2020). *Abrazadera redonda de manguera acolchada de goma de hierro galvanizado*. Obtenido de AliExpress: https://es.aliexpress.com/item/32962536797.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.67c039f1hLK3yV&algo_pvid=c4c888ca-3710-4e76-9e1f-ae86e633e2f5&algo_expid=c4c888ca-3710-4e76-9e1f-ae86e633e2f5-18&btsid=0ab50a5715873363775877840e91d1&ws_ab_test=searchweb0_0,searchw
- Hu, H., Gao, Z., & Sun, Y. (2017). Pedestrian count estimation using texture feature with spatial distribution. *Advances in Mechanical Engineering*, 1-8.
- Johnstone, D., Krista, N., & Kothuri, S. (2018). Annual Average Nonmotorized Traffic Estimates from Manual Counts: Quantifying Error. *Transportation Research Record. Vol 2672*, 134-144.
- Kamran, M., & Saxena, A. (2016). A Comprehensive Study on 3D Printing Technology. *MIT International Journal of Mechanical Engineering, Vol. 6, No. 2.*, 63-68.

- Lan, W., Dan, J., Wang, Y., & Wang, S. (2018). Pedestrian Detection Based on YOLO Network Model . *International Conference on Mechatronics and Automation* (págs. 1547-1551). Changchun, China: IEEE.
- Leiva, M. (10 de Julio de 2020). *SAGCP-Resultados*. Obtenido de https://drive.google.com/drive/folders/1n_JjBxLl9G6ELnktgVyV130zu_i7IZky?usp=sharing
- Leiva, M. (2020). *Trabajo de investigación acerca de sistemas de grabación automática para la detección, seguimiento y conteo de peatones en intersecciones semaforizadas*. Lima: PUCP.
- Li, C., Ding, Y., Yang, Z., Yuan, Z., & Ye, L. (2020). Compressive stress-thermo oxidative ageing behaviour and mechanism of EPDM rubber gaskets for sealing resilience assessment. *Polymer Testing*, 1-12.
- Lima Cómo Vamos. (2019). *Lima y Callao según sus ciudadanos*. Lima: Lima Cómo Vamos.
- NCHRP. (2014). *Guidebook on Pedestrian and Bicycle Volume Data Collection*. Washington, D.C.: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD.
- Ohlms, P., Dougald, L., & Hannah, M. (2019). Bicycle and Pedestrian Count Programs: Scan of Current U.S. Practice. *Transportation Research Record*, 2673 (págs. 74-85). Washington DC: Journal of the Transportation Research Board.
- Peña, C. (26 de Julio de 2019). Miraflores inaugura primer cruce peatonal múltiple. (L. Vargas, Entrevistador) Obtenido de <https://panamericana.pe/buenosdiasperu/locales/270803-miraflores-inauguran-primer-cruce-peatonal-multiple>
- Pirjan, A., & Petroşanu, D. (2013). The impact of 3D printing technology on the society and economy. *JOURNAL OF INFORMATION SYSTEMS & OPERATIONS MANAGEMENT* (págs. 360-370). Bucarest: Editura Universitara.
- Quiroga, J., Romero, N., García, C., & Parra, C. (2011). Adquisición de variables de tráfico peatonal utilizando visión por computador. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 51-61.
- Raspberry Pi. (27 de Abril de 2020). *Raspberry Pi*. Obtenido de Camera Module: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera/>
- Serway, R., & Jewett, J. (2014). *Physics for Scientists and Engineers 9th Edition*. Brooks/Cole.
- Song, X., Huang, S., Hui, H., & Hu, X. (2020). Analysis of sealing performance of a kind of profiled rubber gasket used in the radial contact seal structure. *Journal of Process Mechanical Engineering*, 1-6.
- Tettamanti, T., Csikòs, A., Kis, K., Viharos, Z., & Varga, I. (4 de Septiembre de 2017). *Academic Search Complete*. Obtenido de PATTERN RECOGNITION BASED SPEED FORECASTING METHODOLOGY FOR URBAN TRAFFIC NETWORK.:

<http://web.b.ebscohost.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/ehost/detail/detail?vid=3&sid=6f416896-4bc5-4c17-883e-f22dc4073862%40pdv-essmgr03&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=133490388>

The British Standards Institution. (2013). *BS EB 60529:1992+A2:2013*. Londres: BSI Standards Limited.

Yosafat, R., Machbub, C., & Hidayat, E. (2017). Design and Implementation of Pan-Tilt. *2017 7th IEEE International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)* (págs. 217-222). Shah Alam: IEEE.

Yu, Q., Xiong, R., Li, C., & Pecht, M. (2019). Water-Resistant Smartphone Technologies. *IEEE Access (Volume: 7)*, 42757-42773.

Yugat, J. (2010). Selection methodology of mechanical drive system servomotor and transmission through transient power analysis. *Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia*, 21-28.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



ANEXOS

**Diseño de sistema de grabación automático para la detección, seguimiento y conteo
de peatones en intersecciones semaforizadas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECATRÓNICO**

AUTOR

Martín Giancarlo Leiva Ottone

ASESOR

Pedro Crisóstomo Romero

Lima, Junio, 2021

Índice de contenido

1. Código utilizado	2
1.1 Detección de Peatones.....	2
1.2 Seguimiento y conteo de peatones.....	4
1.3 Detección del semáforo.....	15
1.4 Reconocimiento de color del semáforo.....	16
2.-Componentes	18
2.1 Raspberry Pi Camera Module v2.....	18
2.2 KF301-2P.....	19
2.3 SG90.....	21
2.4 Filamento ABS.....	22
2.5 4080 78x78.....	23
2.6 Plancha de caucho.....	24
2.7 Domo transparente 5’’.....	25
2.8 Abrazadera de hierro galvanizado.....	26
2.9 Filamento de policarbonato.....	27
2.10 IPG-222135.....	28
2.11 Raspberry Pi 4 Model B 4GB RAM.....	29
2.12 ML44-F.....	36
2.13 XL6009.....	37
2.14 IPR1SAD2.....	38
2.15 Archer T2u Plus.....	40
2.16 Nano-tech Ultimate 6400mah.....	41
2.17 MUSBR-A111-30.....	42
2.18 UA-006.....	45
2.19 Cable apantallado 2 hilos.....	46

1. Código utilizado

En esta sección se detallará el código implementado basado en los diagramas de flujo presentes en el documento principal.

1.1 Detección de Peatones

Se implementó el algoritmo para la detección de peatones mostrado en el diagrama de flujo de la Figura 2-18.

```
import cv2
import numpy as np
import imutils
import os
# Cargamos Yolo
net = cv2.dnn.readNet("yolov3.weights", "yolov3.cfg")
classes = []
with open("coco.names", "r") as f:
    classes = [line.strip() for line in f.readlines()]
layer_names = net.getLayerNames()
output_layers = [layer_names[i[0] - 1] for i in net.getUnconnectedOutLayers()]
colors = (255,0,120,3)
path='G:/YOLO Detection/Intento1/Imagenes/TestP'
#Directorio donde se encuentre la grabación
cap = cv2.VideoCapture('Test8.mp4')
nroframe=1

while cap.isOpened():

    # Cargamos la imagen
    ret, img = cap.read()
    img = imutils.resize(img, width=min(300, img.shape[1]))
    #img = cv2.resize(img, None, fx=0.4, fy=0.4)
    height, width, channels = img.shape
    orig = img.copy()

    # Detecting objects
    blob = cv2.dnn.blobFromImage(img, 0.00392, (416, 416), (0, 0, 0), True, crop=False)

    net.setInput(blob)
    outs = net.forward(output_layers)

    class_ids = []
    confidences = []
    boxes = []
    for out in outs:
        for detection in out:
            scores = detection[5:]
            class_id = np.argmax(scores)
            confidence = scores[class_id]
            if confidence > 0.5:
                # Object detected
                center_x = int(detection[0] * width)
```

```

center_y = int(detection[1] * height)
w = int(detection[2] * width)
h = int(detection[3] * height)

# Coordinadas del bounding box
x = int(center_x - w / 2)
y = int(center_y - h / 2)

boxes.append([x, y, w, h])
confidences.append(float(confidence))
class_ids.append(class_id)

indexes = cv2.dnn.NMSBoxes(boxes, confidences, 0.5, 0.4)
print(indexes)
font = cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN
for i in range(len(boxes)):
    if i in indexes:
        x, y, w, h = boxes[i]
        label = str(classes[class_ids[i]])
        color = colors[0]
        if label=="person":
            cv2.rectangle(img, (x, y), (x + w, y + h), color, 2)
            mensaje=str(nroframe)+'-1'+str(x)+'+str(y)+'+str(w)+'+str(h)+'-1,-1,-1,-1'
            text_file = open("detP.txt", "a")
            text_file.write("%s\n"%mensaje)
            text_file.close()
            #print("%s\n"%mensaje)
            #cv2.putText(img, label, (x, y + 30), font, 3, color, 3)

cv2.imshow("Image",img)
if (nroframe>0)and(nroframe<=9):
    cv2.imwrite(os.path.join(path,'00000%d.jpg'%nroframe), orig)
elif (nroframe>9)and(nroframe<=99):
    cv2.imwrite(os.path.join(path,'0000%d.jpg'%nroframe), orig)
elif (nroframe>99)and(nroframe<=999):
    cv2.imwrite(os.path.join(path,'000%d.jpg'%nroframe), orig)
elif (nroframe>999)and(nroframe<=9999):
    cv2.imwrite(os.path.join(path,'00%d.jpg'%nroframe), orig)
elif (nroframe>9999)and(nroframe<=99999):
    cv2.imwrite(os.path.join(path,'0%d.jpg'%nroframe), orig)
elif (nroframe>99999)and(nroframe<=999999):
    cv2.imwrite(os.path.join(path,'0%d.jpg'%nroframe), orig)
nroframe=nroframe+1

if cv2.waitKey(1) == 13: # 13 is the Enter Key
    break
cap.release()

cv2.destroyAllWindows()

```

1.2 Seguimiento y conteo de peatones

El código de este programa es una adaptación del presente en la investigación de Bewley, Wojke y Paulus (Bewley, Wojke, & Paulus, 2017), el cual está presente en su repositorio online¹. Se presentarán los archivos que fueron modificados: `deep_sort_app.py`, `visualization.py` y `track.py`.

`deep_sort_app.py`

```
from __future__ import division, print_function, absolute_import
import argparse
import os
import cv2
import numpy as np
from application_util import preprocessing
from application_util import visualization
from deep_sort import nn_matching
from deep_sort.detection import Detection
from deep_sort.tracker import Tracker
```

```
def gather_sequence_info(sequence_dir, detection_file):
```

```
    """Importa información acerca de la secuencia de imágenes, como sus nombres y
    detecciones
```

```
    Entradas
```

```
    -----
```

```
    sequence_dir : str
```

```
        Dirección de la secuencia de imágenes.
```

```
    detection_file : str
```

```
        Dirección del archivo con las detecciones.
```

```
    Salidas
```

```
    -----
```

```
    Dict
```

```
    Un diccionario con la siguiente información:
```

```
    * sequence_name: Nombre de la secuencia
```

```
    * image_filenames: Un diccionario con los índices de las imágenes.
```

```
    * detections: Un arreglo tipo numpy con las detecciones peatonales.
```

```
    * groundtruth: Un arreglo tipo numpy con el groundtruth.
```

```
    * image_size: Tamaño de las imágenes (altura, ancho).
```

```
    * min_frame_idx: Índice del primer fotograma.
```

```
    * max_frame_idx: Índice del último fotograma.
```

```
    """
```

```
    image_dir = os.path.join(sequence_dir, "img1")
```

```
    image_filenames = {
```

```
        int(os.path.splitext(f)[0]): os.path.join(image_dir, f)
```

```
        for f in os.listdir(image_dir)}
```

```
    groundtruth_file = os.path.join(sequence_dir, "gt/gt.txt")
```

¹ https://github.com/nwojke/deep_sort

```

detections = None
if detection_file is not None:
    detections = np.load(detection_file)
groundtruth = None
if os.path.exists(groundtruth_file):
    groundtruth = np.loadtxt(groundtruth_file, delimiter=',')

if len(image_filenames) > 0:
    image = cv2.imread(next(iter(image_filenames.values())),
                       cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
    image_size = image.shape
else:
    image_size = None

if len(image_filenames) > 0:
    min_frame_idx = min(image_filenames.keys())
    max_frame_idx = max(image_filenames.keys())
else:
    min_frame_idx = int(detections[:, 0].min())
    max_frame_idx = int(detections[:, 0].max())

info_filename = os.path.join(sequence_dir, "seqinfo.ini")
if os.path.exists(info_filename):
    with open(info_filename, "r") as f:
        line_splits = [l.split('=') for l in f.read().splitlines()[1:]]
        info_dict = dict(
            s for s in line_splits if isinstance(s, list) and len(s) == 2)

    update_ms = 1000 / int(info_dict["frameRate"])
else:
    update_ms = None

feature_dim = detections.shape[1] - 10 if detections is not None else 0
seq_info = {
    "sequence_name": os.path.basename(sequence_dir),
    "image_filenames": image_filenames,
    "detections": detections,
    "groundtruth": groundtruth,
    "image_size": image_size,
    "min_frame_idx": min_frame_idx,
    "max_frame_idx": max_frame_idx,
    "feature_dim": feature_dim,
    "update_ms": update_ms
}
return seq_info

```

```

def create_detections(detection_mat, frame_idx, min_height=0):
    """ Crea las detecciones para cada fotograma desde una matriz de detecciones

```

Entradas

detection_mat : ndarray

Matriz de detecciones. Las primeras 10 columnas de la matriz están en el estándar MOTChallenge para detecciones. En las columnas restantes se almacenan vectores con las características de cada detección

frame_idx : int

El índice del fotograma.

min_height : Optional[int]

La altura mínima para el recuadro que encierra una detección. Detecciones más pequeñas son ignoradas

Salidas

List[tracker.Detection]

Retorna las respuestas a las detecciones para cada fotograma.

"""

```
frame_indices = detection_mat[:, 0].astype(np.int)
```

```
mask = frame_indices == frame_idx
```

```
detection_list = []
```

```
for row in detection_mat[mask]:
```

```
    bbox, confidence, feature = row[2:6], row[6], row[10:]
```

```
    if bbox[3] < min_height:
```

```
        continue
```

```
    detection_list.append(Detection(bbox, confidence, feature))
```

```
return detection_list
```

```
def run(sequence_dir, detection_file, output_file, min_confidence,  
        nms_max_overlap, min_detection_height, max_cosine_distance,  
        nn_budget, display):
```

```
    """ Ejecuta el proceso de seguimiento y conteo para una grabación.
```

Parámetros

sequence_dir : str

Es el directorio con las imágenes y seqinfo.

detection_file : str

Dirección del archivo con las detecciones

output_file : str

Dirección del archivo donde se colocan los resultados

min_confidence : float

Esta es la confianza mínima admitida de las detecciones, se obtiene del txt generado por el archivo GenerateDetections. Se ignora ya que el algoritmo de detección incorpora la misma función.

nms_max_overlap: float

Maximum detection overlap (non-maxima suppression threshold).

`min_detection_height : int`

Es la mínima altura que puede tener un bounding box, si es menor, entonces no se toma en cuenta.

`max_cosine_distance : float`

Umbral para la distancia de cosenos (object appearance).

`nn_budget : Optional[int]`

Máximo tamaño de la galería de descripción de apariencia. Si no se especifica, no tendrá límite

`display : bool`

Si es verdadero entonces se muestran las imágenes

"""

```
seq_info = gather_sequence_info(sequence_dir, detection_file)
```

```
metric = nn_matching.NearestNeighborDistanceMetric("cosine", max_cosine_distance, nn_budget)
```

```
tracker = Tracker(metric) #Crea el objeto tracker
```

```
#En este constructor podrias modificar el numero de frames de permanencia #y de prueba (max_age y n_init)
```

```
results = []
```

```
def frame_callback(vis, frame_idx):
```

```
    print("Processing frame %05d" % frame_idx)
```

```
    # Carga la imagen y genera las detecciones
```

```
    detections = create_detections(seq_info["detections"], frame_idx, min_detection_height)
```

```
    #Quita las detecciones con baja confiabilidad
```

```
    detections = [d for d in detections if d.confidence >= min_confidence]
```

```
    # Run non-maxima suppression.
```

```
    boxes = np.array([d.tlwh for d in detections])
```

```
    scores = np.array([d.confidence for d in detections])
```

```
    indices = preprocessing.non_max_suppression(boxes, nms_max_overlap, scores)
```

```
    detections = [detections[i] for i in indices]
```

```
    # Actualiza el seguimiento.
```

```
    tracker.predict()
```

```
    tracker.update(detections)
```

```
    # Actualiza la visualización.
```

```
    if display:
```

```
        image = cv2.imread(
```

```
            seq_info["image_filenames"][frame_idx], cv2.IMREAD_COLOR)
```

```
        vis.set_image(image.copy())
```

```
        #vis.draw_detections(detections)
```

```
        vis.draw_trackers(tracker.tracks)
```

```
    if not display:
```

```
        vis.draw_trackers(tracker.tracks)
```



```

    "--min_detection_height", help="Threshold on the detection bounding "
    "box height. Detections with height smaller than this value are "
    "disregarded", default=0, type=int)
parser.add_argument(
    "--nms_max_overlap", help="Non-maxima suppression threshold: Maximum "
    "detection overlap.", default=1.0, type=float)
parser.add_argument(
    "--max_cosine_distance", help="Gating threshold for cosine distance "
    "metric (object appearance).", type=float, default=0.2)
parser.add_argument(
    "--nn_budget", help="Maximum size of the appearance descriptors "
    "gallery. If None, no budget is enforced.", type=int, default=100)
parser.add_argument(
    "--display", help="Show intermediate tracking results",
    default=True, type=bool_string)
return parser.parse_args()

if __name__ == "__main__":
    args = parse_args() #Obtiene los parametros iniciales
    run(
        args.sequence_dir, args.detection_file, args.output_file,
        args.min_confidence, args.nms_max_overlap, args.min_detection_height,
        args.max_cosine_distance, args.nn_budget, args.display) #Ejecuta el programa
principal

```

Track.py

```
# vim: expandtab:ts=4:sw=4
```

```
class TrackState:
```

```
    """
```

Esta clase describe el estado de un peatón. Los peatones recientemente detectados son clasificados como tentativos hasta que suficiente evidencia halla sido recolectada. Luego, el peatón es considerado como confirmado. Peatones que ya no se encuentren activos con considerados como eliminados

```
    """
```

```

    Tentative = 1
    Confirmed = 2
    Deleted = 3

```

```
class Track:
```

```
    """
```

Un solo seguimiento con dimensiones `(x, y, a, h)` y velocidades asociadas, donde `(x, y)` es el centro del bounding box y `a` es la relación de aspecto, mientras que `h` es la altura

Parameters

mean : ndarray

Mean vector of the initial state distribution.

covariance : ndarray

Covariance matrix of the initial state distribution.

track_id : int

Identificador.

n_init : int

Número de detecciones consecutivas hasta que un peatón sea confirmado. Su estado se vuelve 'Deleted' si un fallo ocurre en el los primeros 'n_init' fotogramas 'n_init' frames.

max_age : int

Máximo número de fotogramas en los que un peaton no aparezca para que sea considerado como 'Deleted'

feature : Optional[ndarray]

Atributos

mean : ndarray

covariance : ndarray

track_id : int

hits : int

age : int

time_since_update : int

state : TrackState

El estado del peatón.

features : List[ndarray]

"""

```
def __init__(self, mean, covariance, track_id, n_init, max_age,
             feature=None):
```

```
    self.mean = mean
```

```
    self.covariance = covariance
```

```
    self.track_id = track_id
```

```
    self.isBanned=0
```

```
    self.secondID=0
```

```
    self.hits = 1
```

```
    self.age = 1
```

```
    self.time_since_update = 0
```

```
    self.state = TrackState.Tentative
```

```
    self.features = []
```

```
    if feature is not None:
```

```
        self.features.append(feature)
```

```

self._n_init = n_init
self._max_age = max_age

def to_tlwh(self):
    """Obtiene la posición en formato bounding box `(Superior-izquierdo en x,
Superior izquierdo en y, ancho, alto)`.

Returns
-----
ndarray
    The bounding box.

    """
    ret = self.mean[:4].copy()
    ret[2] *= ret[3]
    ret[:2] -= ret[2:] / 2
    return ret

def to_tlbr(self):
    """Get current position in bounding box format `(min x, miny, max x,
max y)`.

Returns
-----
ndarray
    The bounding box.

    """
    ret = self.to_tlwh()
    ret[2:] = ret[:2] + ret[2:]
    return ret

def predict(self, kf):
    """Utiliza el filtro de Kalma para predecir la posición

Parameters
-----
kf : kalman_filter.KalmanFilter
    The Kalman filter.

    """
    self.mean, self.covariance = kf.predict(self.mean, self.covariance)
    self.age += 1
    self.time_since_update += 1

def update(self, kf, detection):
    """Actualiza la posición

Parameters

```

```

-----
kf : kalman_filter.KalmanFilter
    The Kalman filter.
detection : Detection
    The associated detection.

"""

self.mean, self.covariance = kf.update(
    self.mean, self.covariance, detection.to_xyah())
self.features.append(detection.feature)

self.hits += 1
self.time_since_update = 0
if self.state == TrackState.Tentative and self.hits >= self._n_init:
    self.state = TrackState.Confirmed

def mark_missed(self):
    """Marca el peatón como no encontrado.
    """
    if self.state == TrackState.Tentative:
        self.state = TrackState.Deleted
    elif self.time_since_update > self._max_age:
        self.state = TrackState.Deleted

def is_tentative(self):
    """Retorna verdadero si aun no se confirma la detección.
    """
    return self.state == TrackState.Tentative

def is_confirmed(self):
    """Retorna verdadero si el peatón ha sido confirmado."""
    return self.state == TrackState.Confirmed

def is_deleted(self):
    """Retorna verdadero si el peatón debe ser eliminado."""
    return self.state == TrackState.Deleted

```

Visualization.py

```

import numpy as np
import colorsys
from .image_viewer import ImageViewer
cont =0

def create_unique_color_float(tag, hue_step=0.41):
    """ Crea un color único en RGB y le da una identificación (tag).

```

El color es generado primero en HSV.

Entradas

tag : int

La identificación del peatón.

hue_step : float

Diferencia entre dos colores en HSV

Salidas

(float, float, float)

Color RGB

"""

h, v = (tag * hue_step) % 1, 1. - (int(tag * hue_step) % 4) / 5.

r, g, b = colorsys.hsv_to_rgb(h, 1., v)

return r, g, b

```
def create_unique_color_uchar(tag, hue_step=0.41):
```

```
    """Create a unique RGB color code for a given track id (tag).
```

```
    r, g, b = create_unique_color_float(tag, hue_step)
```

```
    return int(255*r), int(255*g), int(255*b)
```

```
class NoVisualization(object):
```

```
    """
```

```
    Objeto que actualiza el proceso de seguimiento sin mostrar imágenes
```

```
    """
```

```
    def __init__(self, seq_info):
```

```
        self.frame_idx = seq_info["min_frame_idx"]
```

```
        self.last_idx = seq_info["max_frame_idx"]
```

```
        self.cont=0
```

```
    def set_image(self, image):
```

```
        pass
```

```
    def draw_groundtruth(self, track_ids, boxes):
```

```
        pass
```

```
    def draw_detections(self, detections):
```

```
        pass
```

```
    def draw_trackers(self, tracks):
```

```
        for track in tracks:
```

```
            if not track.is_confirmed() or track.time_since_update > 0:
```

```
                continue
```

```
            if(track.isBanned==0): #Reasignamos IDs
```

```
                track.isBanned=1
```

```

self.cont=self.cont+1

def run(self, frame_callback):
    while self.frame_idx <= self.last_idx:
        frame_callback(self, self.frame_idx)
        self.frame_idx += 1

class Visualization(object):
    """
    Esta clase muestra los resultados del seguimiento.
    """
    def __init__(self, seq_info, update_ms):
        image_shape = seq_info["image_size"][::-1]
        aspect_ratio = float(image_shape[1]) / image_shape[0]
        image_shape = 1024, int(aspect_ratio * 1024)
        self.viewer = ImageViewer(
            update_ms, image_shape, "Figure %s" % seq_info["sequence_name"])
        self.viewer.thickness = 2
        self.frame_idx = seq_info["min_frame_idx"]
        self.last_idx = seq_info["max_frame_idx"]
        self.listaBan= [0] * 100
        self.cont=0

    def run(self, frame_callback):
        self.viewer.run(lambda: self._update_fun(frame_callback))

    def _update_fun(self, frame_callback):
        if self.frame_idx > self.last_idx:
            return False # Terminate
        frame_callback(self, self.frame_idx)
        self.frame_idx += 1
        return True

    def set_image(self, image):
        self.viewer.image = image

    def draw_groundtruth(self, track_ids, boxes):
        self.viewer.thickness = 2
        for track_id, box in zip(track_ids, boxes):
            self.viewer.color = create_unique_color_uchar(track_id)
            self.viewer.rectangle(*box.astype(np.int), label=str(track_id))

    def draw_detections(self, detections):
        self.viewer.thickness = 2
        self.viewer.color = 0, 0, 255
        for i, detection in enumerate(detections):
            self.viewer.rectangle(*detection.tlwh)

```

```

def draw_trackers(self, tracks):
    self.viewer.thickness = 2

    for track in tracks:

        if not track.is_confirmed() or track.time_since_update > 0
            continue
        if(track.isBanned==0): #Reasignamos IDs
            track.isBanned=1
            self.cont=self.cont+1
            print(self.cont)
            track.secondID=self.cont
            self.viewer.color = create_unique_color_uchar(track.track_id)

        self.viewer.rectangle(
            *track.to_tlwh().astype(np.int), label=str(track.secondID))

```

1.3 Detección del semáforo

```

import cv2
import numpy as np
import imutils
import time
# Load Yolo
net = cv2.dnn.readNet("yolov3.weights", "yolov3.cfg") #Creas la red neuronal
classes = []
with open("coco3.names", "r") as f:
    classes = [line.strip() for line in f.readlines()]
layer_names = net.getLayerNames()
output_layers = [layer_names[i[0] - 1] for i in net.getUnconnectedOutLayers()]
colors = (255,0,0)
cap = cv2.VideoCapture('Semaforo.mp4')
nroframe=1
while cap.isOpened():
    # Loading image
    ret, img = cap.read()
    img = imutils.resize(img, width=min(120, img.shape[1]))

    height, width, channels = img.shape
    # Detecting objects
    blob = cv2.dnn.blobFromImage(img, 0.00392, (416, 416), (0, 0, 0), True, crop=False)
    start_time = time.time()
    net.setInput(blob)
    outs = net.forward(output_layers)
    print("--- %s seconds ---" % (time.time() - start_time))
    class_ids = []
    confidences = []
    boxes = []

    for out in outs:
        for detection in out:

```

```

scores = detection[5:]
class_id = np.argmax(scores)
print(class_id)
confidence = scores[class_id]
if confidence > 0.5:
    # Object detected
    center_x = int(detection[0] * width)
    center_y = int(detection[1] * height)
    w = int(detection[2] * width)
    h = int(detection[3] * height)

    # Rectangle coordinates
    x = int(center_x - w / 2)
    y = int(center_y - h / 2)

    boxes.append([x, y, w, h])
    confidences.append(float(confidence))
    class_ids.append(class_id)
indexes = cv2.dnn.NMSBoxes(boxes, confidences, 0.5, 0.4)
font = cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN
for i in range(len(boxes)):
    if i in indexes:
        x, y, w, h = boxes[i]
        label = str(classes[class_ids[i]])
        color = colors[0]
        if label=="traffic light":
            cv2.rectangle(img, (x, y), (x + w, y + h), color, 2)
cv2.imshow("Image",img)
if cv2.waitKey(1) == 13: # 13 is the Enter Key
    break
cap.release()

cv2.destroyAllWindows()

```

1.4 Reconocimiento de color del semáforo

```

clear all
close all
A=imread('img9.JPG');
A=imresize(A,[42,NaN]);
capaRoja=A(:, :,1);
capaVerde=A(:, :,2);
A_verde= capaVerde>140;
figure,imshow(A_verde)
parteVerde=bwareafilt(A_verde,2);
figure,imshow(parteVerde)
infoVerde=regionprops(parteVerde, 'area');

if (size(infoVerde)>0)

    AreaVerde=infoVerde.Area;

else

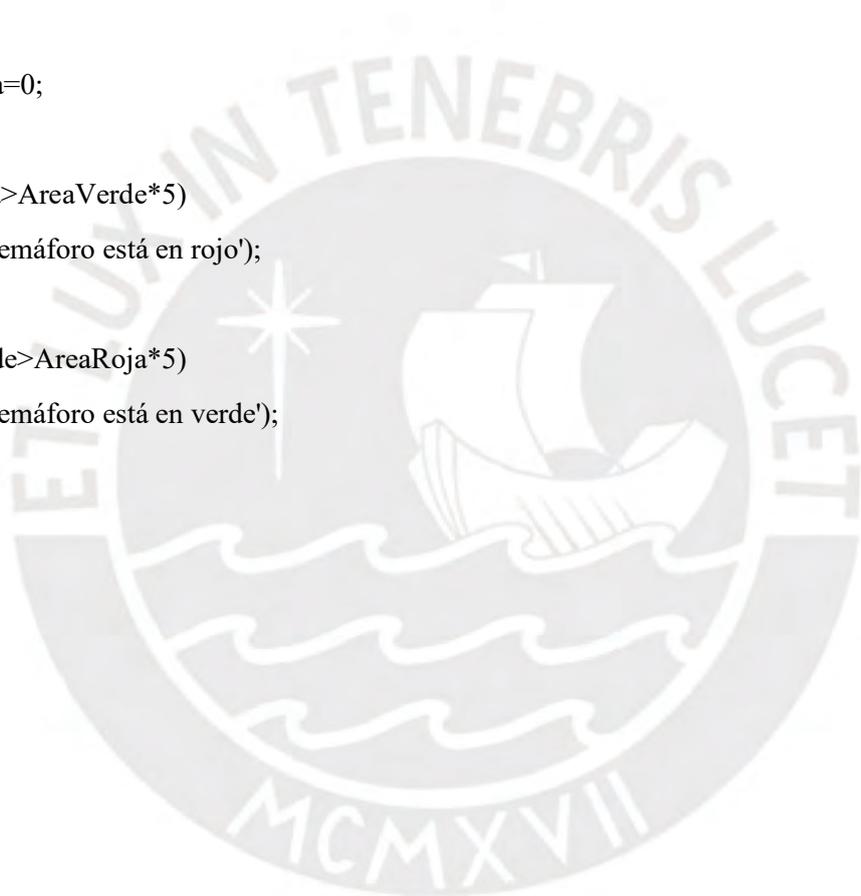
    AreaVerde=0;

```

```

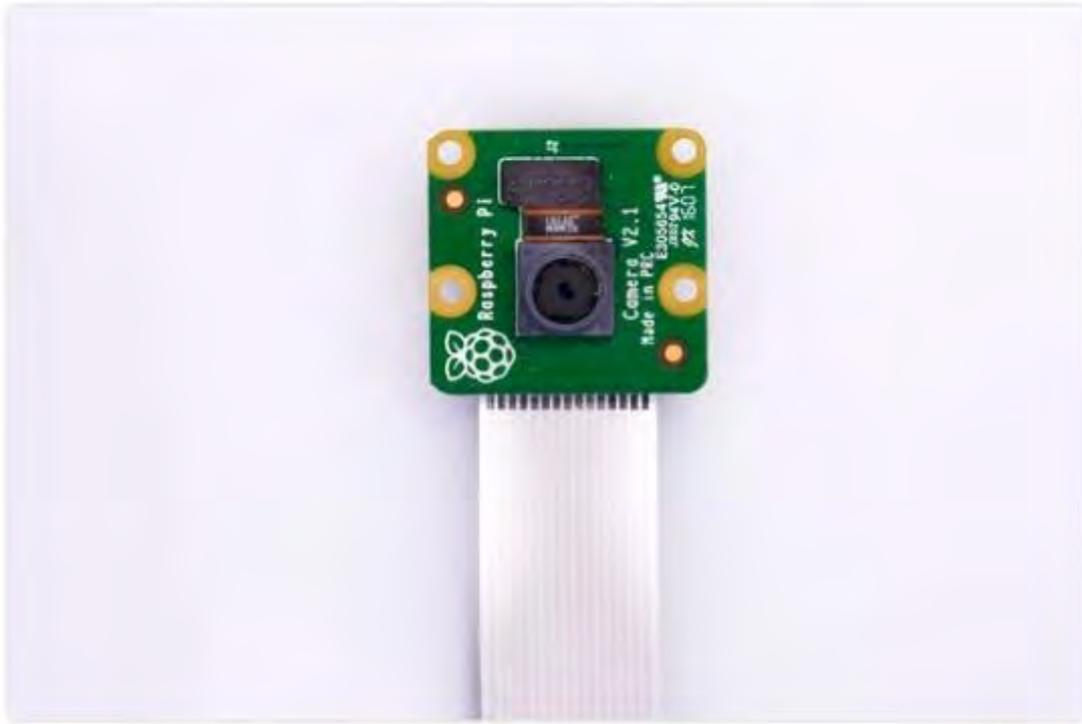
end
A_rojo= capaRoja>165;
figure,imshow(A_rojo)
parteRoja=bwareafilt(A_rojo,2);
figure,imshow(parteRoja)
infoRoja=regionprops(parteRoja, 'area');
figure,imshow(A);
if (size(infoRoja)>0)
    AreaRoja=infoRoja.Area;
else
    AreaRoja=0;
end
if(AreaRoja>AreaVerde*5)
    title('El semáforo está en rojo');
end
if(AreaVerde>AreaRoja*5)
    title('El semáforo está en verde');
end

```



2.-Componentes

2.1 Raspberry Pi Camera Module v2



DESCRIPTION

FEATURES

DOCUMENTS

- Image Sensor: Sony IMX219
- Maximum Photo Resolution: 3280 x 2464 pixel
- Supported Video Resolution: 1080p30, 720p60 and 640x480p90
- Physical Dimensions: 25mm x 23mm x 9mm
- Interface: CSI connector (15cm ribbon cable included)
- Supported OS: Raspbian (latest version recommended)



Search for products

SELECCIONAR CATEGORÍA



LOGIN / REGISTER



\$/0.00

VER CATEGORÍAS

INICIO TIENDA CURSOS CARRITO DESCARGAS BLOG



Inicio / Raspberry / Camaras / Camara Raspberry Oficial V2 NoIR 8Mpx



Camara Raspberry Oficial V2 NoIR 8Mpx

\$/145.00

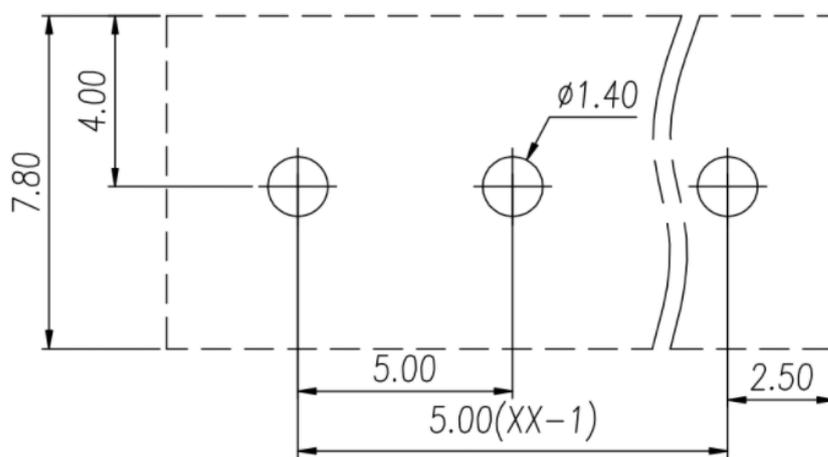
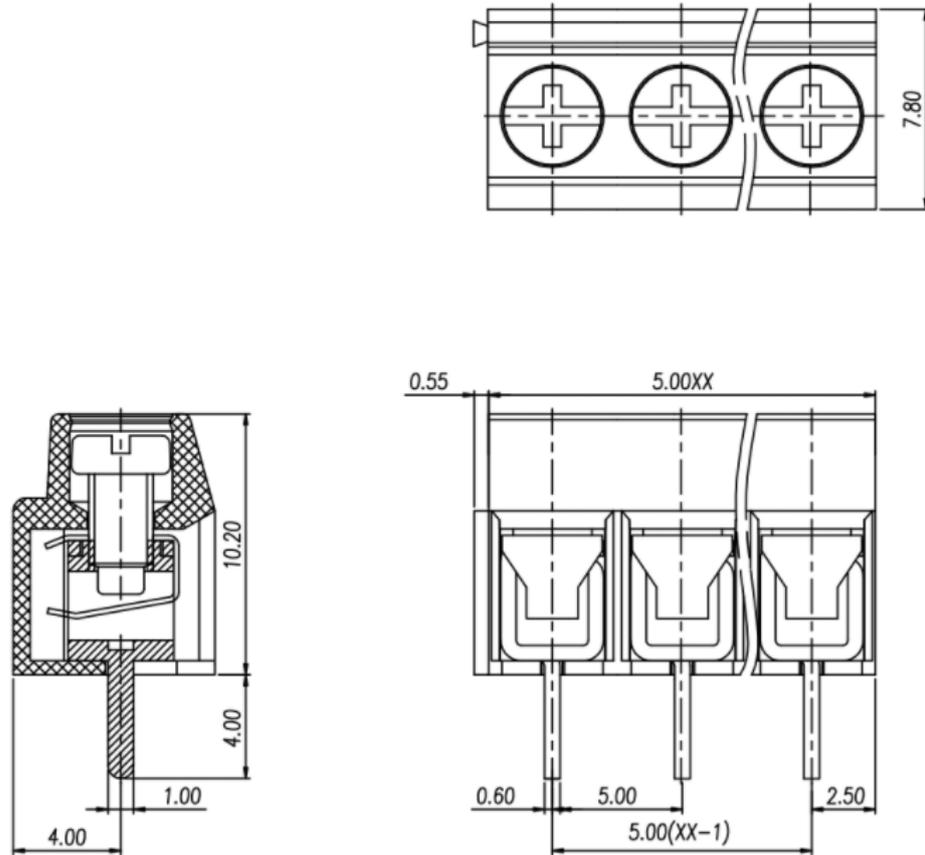
Camara version 2 Oficial de Raspberry



ANADIR AL CARRITO

Compare

2.2 KF301-2P



P.C.B. LAYOUT

Model Number:	FS1-XX-254-00	
Plastic material:	PA66 UL94V-0	
Clamp:	Spring	
Reference standard:	UL	IEC
Rated voltage	150V	
Rated current	4A	
Wire range	26-18AWG	
Withstanding voltage:	AC2000V/1Min	
Temp:	-40°C-105°C	
Max soldering:	250°C~±10°C/5Sec	
Pole:	2-24P	



Productos
/ PCB Terminal Block Connector 2 way KEFA
Blue 5mm



**PCB Terminal Block Connector
2 way KEFA Blue 5mm**

SKU: KF301-2P

S/ 0.60

- 1 +

Agregar al carrito
Buy Now

♥ Add to wishlist

Do you have questions? try our WhatsApp 964104648



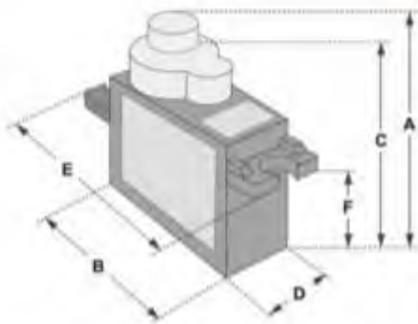
Activar WinR...



2.3 SG90

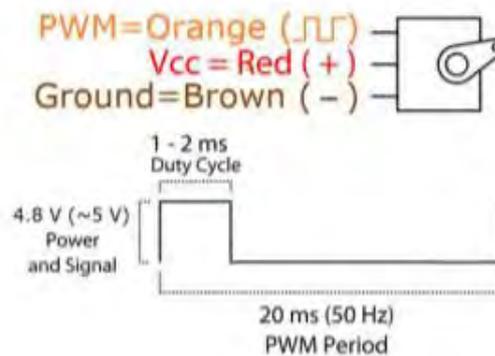


Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.



Dimensions & Specifications	
A (mm) :	32
B (mm) :	23
C (mm) :	28.5
D (mm) :	12
E (mm) :	32
F (mm) :	19.5
Speed (sec) :	0.1
Torque (kg-cm) :	2.5
Weight (g) :	14.7
Voltage :	4.8 - 6

Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "~90" (~1ms pulse) is all the way to the left.





 0 ARTÍCULO(S)

PRODUCTOS ▾
IMPRESIÓN 3D ▾
TUTORIALES
NOTICIAS

Inicio > Actuadores > Servomotores > Micro Servo SG90 1.5Kg



MICRO SERVO SG90 1.5KG

< >

#SKU: 000021

Micro servomotor ideal para aprender a utilizar servos RC, su pequeño tamaño permite utilizarlo en multiples proyectos.

S/ 11,00



Añadir Al Carrito

Código QR ~ Compartir ~

☆ A Lista De Deseos

2.4 Filamento ABS



ABS filament__Grey

Product Description :

Best print temperature: 220~260°C

Base temperature: 90-110°C

[Feedback](#)

[REACH | ROHS](#)

[MSDS](#)

If you need any support please leave your feedback

Instruction Application

Specification :

- 1.75mm

Characteristics :

High strength; Good toughness; heat resistance and Scratch resistance. The surface can be polished by using acetone and easy to be colored.

Packing:

- 1kg /spool,10 Spools/ctn

- 3kg /spool,4 Spools/ctn

oe **ENVÍO EXPRESS** **ENVÍO EXPRESS** Compra y recibe tus productos en casa hoy* (*) De Lun-Sáb de 9am a 1pm →

Home > Tecnología > Computo > Tintas para Impresora



ESUN

SKU: 1000055460

Filamento Impresora 3D eSUN ABS+ Gris
1.75mm x 1kg

Online

S/ 85.00

Solo quedan 10 unidades disponibles

- 1 +

Agregar al carro

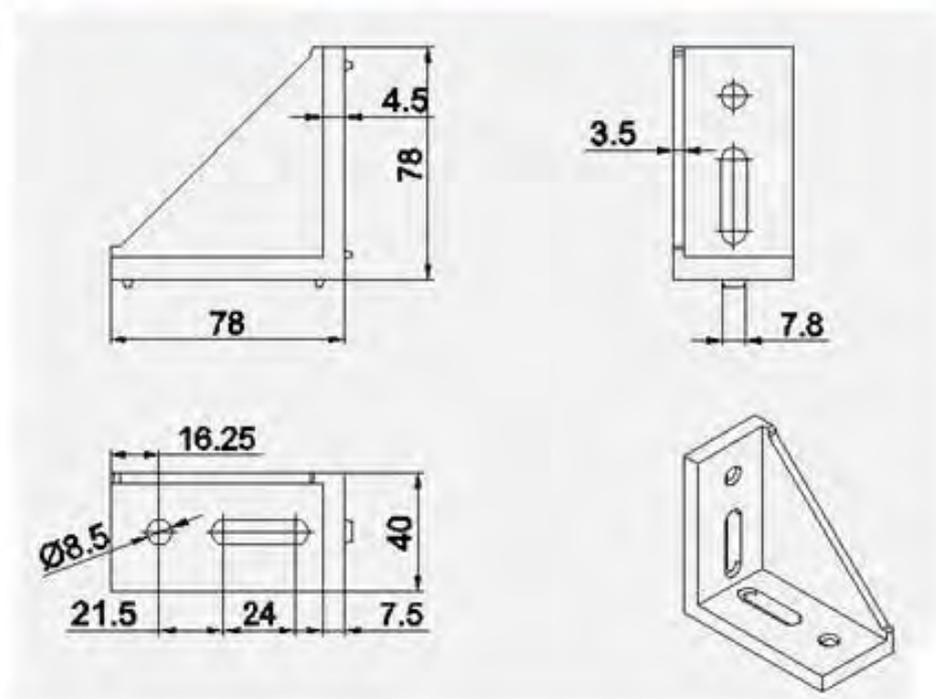
Vendido y despachado por

Crear4D

[Términos y condiciones](#)

¡Pide tu tarjeta oh! y recibe s./80 en tu primera compra online
¡Solicítala aquí!

2.5 4080 78x78



AliExpress

Funsor lu store

97.7% Valoraciones positivas

+ Seguir

1357 Seguidores

Estoy buscando...

En AliExpress En

[Página principal de la tienda](#)

[Productos](#)

[Artículos en oferta](#)

[Más vendidos](#)

[Novedades](#)

[CNC machine &Parts](#)

[Comentarios](#)



Ángulo de ajuste de esquina de aluminio 4080, conector de soporte de sujeción de 78x78 L, uso de partido, perfil de aluminio industrial 4080, 5 uds.

1 vendido

US \$11.84 / lote (5 unidades)

~~US \$12.46~~ -5%

Descuento directo: US \$3.00 dto. por cada US \$66.00

[US \\$2.98 Cupones para ti](#) [US \\$1.00 dto. por cada US \\$18.00](#) [Conseguir cupones](#)

Cantidad:

1 + 92 lots disponibles

Envío: **US \$12.89**

a Peru por Cainiao Standard For Special Goods

Fecha estimada de entrega el 03 DIC

Comprar

Añadir a la cesta

3

2.6 Plancha de caucho



HyN Empaquetaduras e Importaciones SAC.
CAUCHO NATURAL SBR.
Puro, con lona y con lona de nylon

USOS:

1. Protecciones, topes, bandas laterales, etc.
2. Apoyos estructurales.
3. Juntas de Estanqueidad para agua a cargas bajas.
4. Industrias mineras, canteras, procesos de áridos, etc..
5. Rascadores y bandas quitanieve.
6. Juntas de Expansión.

The advertisement includes two images: on the left, a roll of dark grey rubber sheeting; on the right, several black circular gaskets with multiple holes.

• PLANCHAS:

Ancho: 1.00 y 1.20 mt

Longitud: 10.00 mt

Espesor: 1mm - 1/16 - 3/32 - 1/8 - 3/16 - 1/4 - 3/8 - 1/2 - 5/8 - 3/4 - 1" y 2"

GENERALIDADES Propiedades Natural Natural con Lona Natural con lona de Nylon Dureza Shore A65+/-570+/-570+/-570+/-570 Temperatura °C70°C70°C70°C70°C Peso específico 1.6g/cm³ 1.6g/cm³ 1.6g/cm³ Resistencia a la tracción 3.0MPa 3.0MPa 3.0MPa Resistencia al desgarro 14 kg/cm¹⁴ kg/cm¹⁴ kg/cm¹⁴ Elongación 250% 200% 200% APLICACIONES

1. Uso generales en contacto con agua fría y caliente, aire, soluciones salinas, gas a baja presión y temperaturas.
2. Amortiguación contra vibraciones.
3. Junta de bridas
4. Base de motores y pisos.
5. No es aconsejable su uso en contacto con aceites, grasas o hidrocarburos

HyN Empaquetaduras e Importaciones SAC

Jr. Ramón Carcamo 543- 547, Cercado de Lima, Lima, Perú.

Directo - Entel: 970 350 392

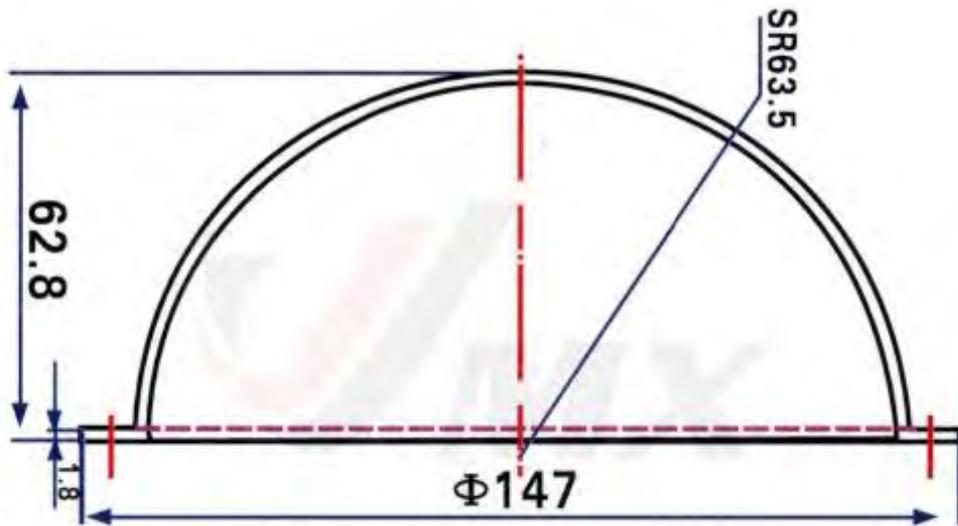
Telf: 01 332 6555 / 01 330 7955,

RPM: *370401 // 988 961 307 (whatsapp)

Entel: 94 641 6015 (whatsapp) -- 99 837 6580 (whatsapp)

Precio: 27.00

2.7 Domo transparente 5''



Material: PC or PMMA
Model number: JMX-05A



Descripción del producto:

transparencia: \approx \$ number

A Prueba de vandalismo, ultravioleta y resistencia al envejecimiento

factor de distorsión: \leq 16%

Material:acrílico/Polycarbonato(Made by ARKEMA y Mitsubishi Chemical)

a través de ISO14000, SGS y certificación de RoHS



Cúpulas Y Domo Acrílicos Para
Publicad Hogar E Industria

5/2

¡Quedan solo 4 unidades!

Comprar

[Hacer otra pregunta](#)

¿Cuanto estaria una cúpula de 12.7 cm de diámetro y 2mm de espesor? - Hace meses.

1. Los medidos para las cúpulas tienen tolerancias ..., una unidad está en 40,-/- Hace meses.

2.8 Abrazadera de hierro galvanizado



Abrazadera de manguera acolchada de goma de hierro galvanizado, redonda y grande, para tubo PPR/PVC/abrazadera de Metal/tubo/instalación de cable, 2 uds.

1 vendido

US \$41.98 / lote (2 unidades)

US \$2.98 Cupones para ti US \$8.00 dto. por cada US \$88.00 [Conseguir cupones](#)

Tamaño: 200mm

- 110-114
- 125mm
- 140mm
- 150mm
- 160mm
- 180mm
- 200mm
- 250mm
- 315mm

Cantidad:

- 2 + 9% dto. (5 lots o más)
996 lots disponibles

Envío: US \$34.15

a Peru por AliExpress Standard Shipping

Fecha estimada de entrega el 19 OCT

	Inner diameter	Nut	Thick	Width	Screw
Φ110	110-114mm	M8+M10	1.8mm	22mm	6*20
Φ125	125mm				
Φ140	140mm				
Φ150	150mm				
Φ160	160mm				
Φ180	180mm				
Φ200	200mm				
Φ250	250mm				
Φ315	315mm				
Φ250	250mm		2.5mm	25mm	
Φ315	315mm				

2.9 Filamento de policarbonato

Gizmo Dorks Filamento de policarbonato para PC, 1 kg/2,2 lb para impresoras 3D, 3mm, Transparente, 1

Visita la tienda de Gizmo Dorks
★★★★☆ 27 calificaciones

Precio: **US\$ 29.95**

Sin depósito de derechos de importación y US\$ 35.41 de envío a Perú Detalles

Color: **Clear**

	US\$ 29.95		US\$ 29.95		US\$ 29.95
--	------------	--	------------	--	------------

Marca Gizmo Dorks
Material Policarbonato (PC)
Color Clear
Peso del artículo 1000 Gramos
Diámetro del artículo 2.85 Milímetros

Sobre este artículo

- Temperatura de impresión: 255 C – 300 C dependiendo de la parte y tipo de impresora
- Velocidad de impresión: 30 mm/s es ideal, puede ir hasta 60 o 80 mm/s
- Hermético Almacenar, en uso y cuando no esté en uso, absorbe la humedad
- Impresión en una cama caliente
- Sólo uso en áreas bien ventilada o en un sistema de ventilación

Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom

Sobre este artículo

- Temperatura de impresión: 255 C – 300 C dependiendo de la parte y tipo de impresora
- Velocidad de impresión: 30 mm/s es ideal, puede ir hasta 60 o 80 mm/s
- Hermético Almacenar, en uso y cuando no esté en uso, absorbe la humedad
- Impresión en una cama caliente
- Sólo uso en áreas bien ventilada o en un sistema de ventilación

Especificaciones de producto

Color	Clear
Código UNSPSC	45100000
Diámetro externo	2.85 millimeters milímetros
Ean	0887503148336
Especificación cumplida	
Material	Policarbonato (PC)
Número de artículos	1
Número de modelo	HY-PC-300-TRA
Número de pieza	HY-PC-300-TRA
Peso del producto	2.20 libras
Sistema de medición	Metric
Tamaño	3mm
UPC	887503148336

2.10 IPG-222135

Todos los productos ▼ *Ingrese una palabra clave o un número de pieza*
Iniciar sesión o REGISTRARSE ▼ 0 producto(s) ▼

Productos ▼ Fabricantes ▼ Recursos ▼

Índice de productos > Cables, alambres - administración > Sujetacables > Bud Industries IPG-222135-G Comparta ↔

IPG-222135-G

N.º de producto de Digi-Key: 377-2199-ND

Fabricante: Bud Industries

Número de pieza del fabricante: IPG-222135-G

Proveedor: [Bud Industries](#)

Descripción: CABLE GLAND 6-12MM PG13.5 NYLON

Plazo estándar del fabricante: 10 Semanas

Descripción detallada: Prensaestopos para cable 0.24" ~ 0.47" (6.0mm ~ 12.0mm) Nilón PG13.5 Gns

Referencia del cliente:

Hoja de datos: [Hoja de datos](#)

393 En stock

Puede enviarse inmediatamente

CANTIDAD

Agregar al carrito

Add to List

Granel

CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO EXT.
1	\$1.10000	\$1.10
10	\$0.82500	\$8.25

Product Attributes

TYPE	DESCRIPTION	SELECT <input type="checkbox"/>
Category	Cables, Wires - Management Cable and Cord Grips	<input checked="" type="radio"/>
Mfr	Bud Industries	<input type="checkbox"/>
Series	IPG	<input type="checkbox"/>
Package	Bulk ?	<input type="checkbox"/>
Part Status	Active	<input type="checkbox"/>
Type	Cable Gland	<input type="checkbox"/>
Cable Diameter	0.24" ~ 0.47" (6.0mm ~ 12.0mm)	<input type="checkbox"/>
Thread Size	PG13.5	<input type="checkbox"/>
Conduit Hub Size	-	<input type="checkbox"/>
Panel Hole Size	0.800" (20.3mm)	<input type="checkbox"/>
Material	Nylon	<input type="checkbox"/>
Includes	Gasket	<input type="checkbox"/>
Color	Black	<input type="checkbox"/>
Ingress Protection	IP66 - Dust Tight, Water Resistant	<input type="checkbox"/>

2.11 Raspberry Pi 4 Model B 4GB RAM



2 Features

2.1 Hardware

- Quad core 64-bit ARM-Cortex A72 running at 1.5GHz
- 1, 2 and 4 Gigabyte LPDDR4 RAM options
- H.265 (HEVC) hardware decode (up to 4Kp60)
- H.264 hardware decode (up to 1080p60)
- VideoCore VI 3D Graphics
- Supports dual HDMI display output up to 4Kp60

2.2 Interfaces

- 802.11 b/g/n/ac Wireless LAN
- Bluetooth 5.0 with BLE
- 1x SD Card
- 2x micro-HDMI ports supporting dual displays up to 4Kp60 resolution
- 2x USB2 ports
- 2x USB3 ports
- 1x Gigabit Ethernet port (supports PoE with add-on PoE HAT)
- 1x Raspberry Pi camera port (2-lane MIPI CSI)
- 1x Raspberry Pi display port (2-lane MIPI DSI)
- 28x user GPIO supporting various interface options:
 - Up to 6x UART
 - Up to 6x I2C
 - Up to 5x SPI
 - 1x SDIO interface
 - 1x DPI (Parallel RGB Display)
 - 1x PCM
 - Up to 2x PWM channels



2.3 Software

- ARMv8 Instruction Set
- Mature Linux software stack
- Actively developed and maintained
 - Recent Linux kernel support
 - Many drivers upstreamed
 - Stable and well supported userland
 - Availability of GPU functions using standard APIs

3 Mechanical Specification

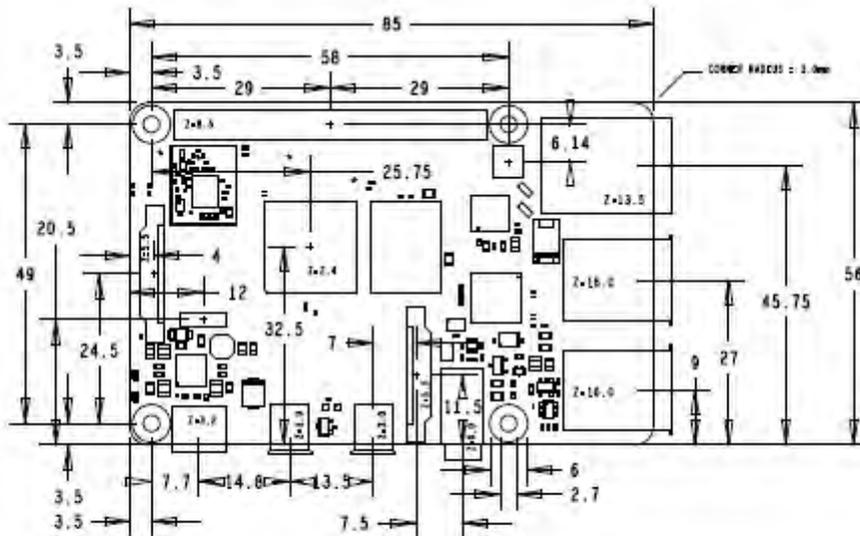


Figure 1: Mechanical Dimensions

4 Electrical Specification

Caution! Stresses above those listed in Table 2 may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device under these or any other conditions above those listed in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.



Symbol	Parameter	Minimum	Maximum	Unit
V _{IN}	5V Input Voltage	-0.5	6.0	V

Table 2: Absolute Maximum Ratings

Please note that VDD_IO is the GPIO bank voltage which is tied to the on-board 3.3V supply rail.

Symbol	Parameter	Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V _{IL}	Input low voltage ^a	VDD_IO = 3.3V	-	-	TBD	V
V _{IH}	Input high voltage ^a	VDD_IO = 3.3V	TBD	-	-	V
I _{IL}	Input leakage current	TA = +85°C	-	-	TBD	μA
C _{IN}	Input capacitance	-	-	TBD	-	pF
V _{OL}	Output low voltage ^b	VDD_IO = 3.3V, IOL = -2mA	-	-	TBD	V
V _{OH}	Output high voltage ^b	VDD_IO = 3.3V, IOH = 2mA	TBD	-	-	V
I _{OL}	Output low current ^c	VDD_IO = 3.3V, VO = 0.4V	TBD	-	-	mA
I _{OH}	Output high current ^c	VDD_IO = 3.3V, VO = 2.3V	TBD	-	-	mA
R _{PU}	Pullup resistor	-	TBD	-	TBD	kΩ
R _{PD}	Pulldown resistor	-	TBD	-	TBD	kΩ

- ^a Hysteresis enabled
- ^b Default drive strength (8mA)
- ^c Maximum drive strength (16mA)

Table 3: DC Characteristics

Pin Name	Symbol	Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Digital outputs	t _{rise}	10-90% rise time ^a	-	TBD	-	ns
Digital outputs	t _{fall}	90-10% fall time ^a	-	TBD	-	ns

^a Default drive strength, CL = 5pF, VDD_IO = 3.3V

Table 4: Digital I/O Pin AC Characteristics

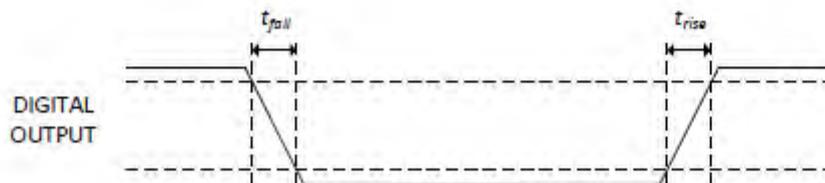


Figure 2: Digital IO Characteristics



4.1 Power Requirements

The Pi4B requires a good quality USB-C power supply capable of delivering 5V at 3A. If attached downstream USB devices consume less than 500mA, a 5V, 2.5A supply may be used.

5 Peripherals

5.1 GPIO Interface

The Pi4B makes 28 BCM2711 GPIOs available via a standard Raspberry Pi 40-pin header. This header is backwards compatible with all previous Raspberry Pi boards with a 40-way header.

5.1.1 GPIO Pin Assignments

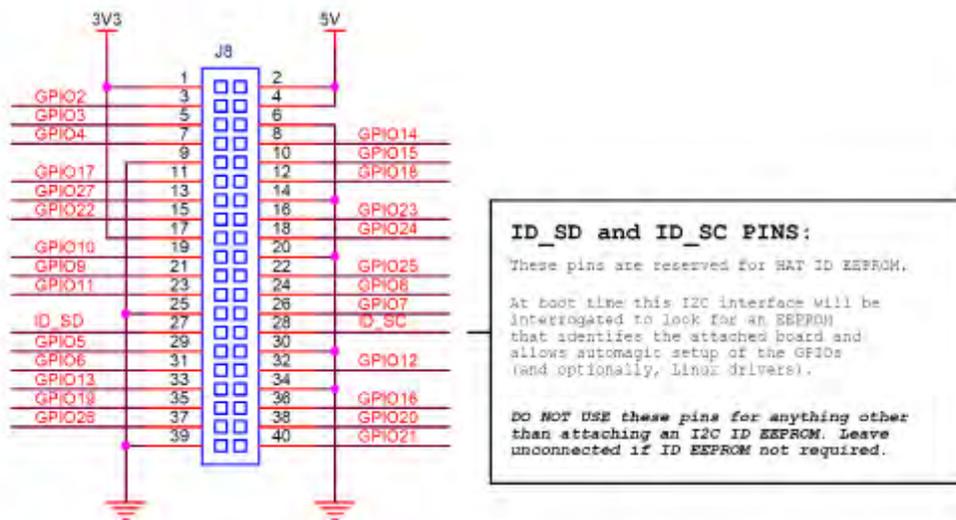


Figure 3: GPIO Connector Pinout

As well as being able to be used as straightforward software controlled input and output (with programmable pulls), GPIO pins can be switched (multiplexed) into various other modes backed by dedicated peripheral blocks such as I2C, UART and SPI.

In addition to the standard peripheral options found on legacy Pis, extra I2C, UART and SPI peripherals have been added to the BCM2711 chip and are available as further mux options on the Pi4. This gives users much more flexibility when attaching add-on hardware as compared to older models.



5.1.2 GPIO Alternate Functions

GPIO	Default						
	Pull	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
0	High	SDA0	SA5	PCLK	SPI3_CE0_N	TXD2	SDA6
1	High	SCL0	SA4	DE	SPI3_MISO	RXD2	SCL6
2	High	SDA1	SA3	LCD_VSYNC	SPI3_MOSI	CTS2	SDA3
3	High	SCL1	SA2	LCD_HSYNC	SPI3_SCLK	RTS2	SCL3
4	High	GPCLK0	SA1	DPI_D0	SPI4_CE0_N	TXD3	SDA3
5	High	GPCLK1	SA0	DPI_D1	SPI4_MISO	RXD3	SCL3
6	High	GPCLK2	SOE_N	DPI_D2	SPI4_MOSI	CTS3	SDA4
7	High	SPI0_CE1_N	SWE_N	DPI_D3	SPI4_SCLK	RTS3	SCL4
8	High	SPI0_CE0_N	SD0	DPI_D4	-	TXD4	SDA4
9	Low	SPI0_MISO	SD1	DPI_D5	-	RXD4	SCL4
10	Low	SPI0_MOSI	SD2	DPI_D6	-	CTS4	SDA5
11	Low	SPI0_SCLK	SD3	DPI_D7	-	RTS4	SCL5
12	Low	PWM0	SD4	DPI_D8	SPI5_CE0_N	TXD5	SDA5
13	Low	PWM1	SD5	DPI_D9	SPI5_MISO	RXD5	SCL5
14	Low	TXD0	SD6	DPI_D10	SPI5_MOSI	CTS5	TXD1
15	Low	RXD0	SD7	DPI_D11	SPI5_SCLK	RTS5	RXD1
16	Low	FL0	SD8	DPI_D12	CTS0	SPI1_CE2_N	CTS1
17	Low	FL1	SD9	DPI_D13	RTS0	SPI1_CE1_N	RTS1
18	Low	PCM_CLK	SD10	DPI_D14	SPI6_CE0_N	SPI1_CE0_N	PWM0
19	Low	PCM_FS	SD11	DPI_D15	SPI6_MISO	SPI1_MISO	PWM1
20	Low	PCM_DIN	SD12	DPI_D16	SPI6_MOSI	SPI1_MOSI	GPCLK0
21	Low	PCM_DOUT	SD13	DPI_D17	SPI6_SCLK	SPI1_SCLK	GPCLK1
22	Low	SD0_CLK	SD14	DPI_D18	SD1_CLK	ARM_TRST	SDA6
23	Low	SD0_CMD	SD15	DPI_D19	SD1_CMD	ARM_RTCK	SCL6
24	Low	SD0_DAT0	SD16	DPI_D20	SD1_DAT0	ARM_TDO	SPI3_CE1_N
25	Low	SD0_DAT1	SD17	DPI_D21	SD1_DAT1	ARM_TCK	SPI4_CE1_N
26	Low	SD0_DAT2	TE0	DPI_D22	SD1_DAT2	ARM_TDI	SPI5_CE1_N
27	Low	SD0_DAT3	TE1	DPI_D23	SD1_DAT3	ARM_TMS	SPI6_CE1_N

Table 5: Raspberry Pi 4 GPIO Alternate Functions

Table 5 details the default pin pull state and available alternate GPIO functions. Most of these alternate peripheral functions are described in detail in the BCM2711 Peripherals Specification document which can be downloaded from the [hardware documentation](#) section of the website.



5.1.3 Display Parallel Interface (DPI)

A standard parallel RGB (DPI) interface is available the GPIOs. This up-to-24-bit parallel interface can support a secondary display.

5.1.4 SD/SDIO Interface

The Pi4B has a dedicated SD card socket which supports 1.8V, DDR50 mode (at a peak bandwidth of 50 Megabytes / sec). In addition, a legacy SDIO interface is available on the GPIO pins.

5.2 Camera and Display Interfaces

The Pi4B has 1x Raspberry Pi 2-lane MIPI CSI Camera and 1x Raspberry Pi 2-lane MIPI DSI Display connector. These connectors are backwards compatible with legacy Raspberry Pi boards, and support all of the available Raspberry Pi camera and display peripherals.

5.3 USB

The Pi4B has 2x USB2 and 2x USB3 type-A sockets. Downstream USB current is limited to approximately 1.1A in aggregate over the four sockets.

5.4 HDMI

The Pi4B has 2x micro-HDMI ports, both of which support CEC and HDMI 2.0 with resolutions up to 4Kp60.

5.5 Audio and Composite (TV Out)

The Pi4B supports near-CD-quality analogue audio output and composite TV-output via a 4-ring TRS 'A/V' jack.

The analog audio output can drive 32 Ohm headphones directly.

5.6 Temperature Range and Thermals

The recommended ambient operating temperature range is 0 to 50 degrees Celcius.

To reduce thermal output when idling or under light load, the Pi4B reduces the CPU clock speed and voltage. During heavier load the speed and voltage (and hence thermal output) are increased. The internal governor will throttle back both the CPU speed and voltage to make sure the CPU temperature never exceeds 85 degrees C.

The Pi4B will operate perfectly well without any extra cooling and is designed for sprint performance - expecting a light use case on average and ramping up the CPU speed when needed (e.g. when loading a webpage). If a user wishes to load the system continually or operate it at a high temperature at full performance, further cooling may be needed.

También puede interesarte: equipo de sonido sony segunda - jbl party box 300 - akg k52 - tv stick - parlante xiaomi - hdmi extender

Volver al listado | Electrónica, Audio y Video > Componentes Electrónicos > Arduino

Compartir | Vender uno igual



Nuevo | 28 vendidos

Raspberry Pi 4 Model B 4gb Ram (local En Wilson)

S/ 299

en 12x S/ 24^{se} sin interés

[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor
San Juan De Miraflores, Lima Metropolitana
[Ver costos de envío](#)

Cantidad: 1 unidad (472 disponibles)

[Comprar ahora](#)

Compra Protegida. recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.



2.12 ML44-F



PRODUCTS

SHOP BY SIZE

SHOP BY SERIES

SERVICES
CNC MACHINING & PRINTING

INSTANT QUOTE

Search

HOME / ML-44F



ML SERIES

ML-44F Outdoor NEMA Enclosure

4.50 x 4.50 x 2.44 in / 114.30 x 114.30 x 61.98 mm. / 0.52 lbs

[VIEW DETAILS](#)

COLOR: GRAY



SCREWS-MBR-100 PCB MOUNTING BOSS SCREWS
\$3.96 per bag of 100

1

QTY	PRICE / UNIT
1 - 9	\$20.24

Details

Ratings

Part Numbers

Accessories

- UL Listed (File E352997) [UL Cert. of Compliance](#)
- NEMA 1, 2, 3, 3R, 3X, 3RX, 3S, 3SX, 4, 4X, 5, 6, 6P, 12, & 13 rated
- IP65, IP66, IP67 & IP68 rated
- Weatherproof and waterproof
- Designed and tested for a wide variety of outdoor applications and adverse conditions
- Continuous silicone rubber gasket to ensure watertight seal
- Durable, impact-resistant polycarbonate
- Corrosion resistant and light weight
- Stainless steel screws thread into brass inserts for cover on/cover off applications
- Plastic PCB mounting bosses in base
- Molded on flanges for surface mounting
- Clear or gray cover option to fit your application
- Assembly includes base, gasketed cover, and 4 enclosure screws

Details

Ratings

Part Numbers

Accessories

RATING	SPECIFICATION
Flame rating	UL94 V-0, UL746C 5VA
NEMA Rating	1, 2, 3, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 4, 4X, 5, 6, 6P, 12, 13
IP Rating	IP65, IP66, IP67, IP68

2.13 XL6009



PRODUCTOS ▾ IMPRESIÓN 3D ▾ TUTORIALES NOTICIAS

Inicio > Fuentes y reguladores > Conversores DC-DC > Convertidor Voltaje DC-DC Step-Up 2.5A XL6009

CONVERTIDOR VOLTAJE DC-DC STEP-UP 2.5A XL6009

#SKU: 000125
Eleva el voltaje con este módulo step-up ajustable de hasta 2.5A.

S/ 10,00

Añadir Al Carrito

Código QR ▾ Compartir ▾

A Lista De Deseos

Pin Description of XL6009 Power module Board

Pin Name	Description
IN+	Positive input (Unregulated or Regulated)
IN-	Negative input (Ground)
OUT+	Positive Output (Regulated)
OUT-	Negative Output (Ground)

Features and specification of XL6009 DC-DC Power module

- Input voltage: 3 - 32V
- Output voltage: 5 - 35V (adjustable)
- Output current: Maximum output current 4A
- **Note:** The higher the voltage, the load current increases.
- Efficiency of this regulator upto <94%
- Load regulation: 0.5%
- Voltage regulation: 0.5%
- Adjustable potentiometer onboard for output voltage adjustment.
- Non - isolated constant voltage module.
- Non - synchronous rectification.
- Short circuit proportion: current limiting since the recovery.
- Dimension: 45*20*14 mm (L*W*H)

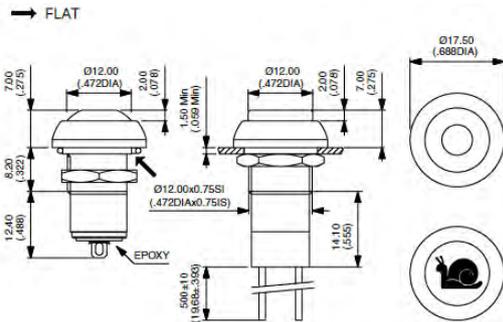
2.14 IPR1SAD2

NON-ILLUMINATED - ROUND MODELS



	CURVED ACTUATOR	
Solder lug terminals	IPR1SAD	OFF - ON
Flying lead terminals	IPR1FAD	OFF - ON
	FLAT ACTUATOR	
Solder lug terminals	IPP1SAD	OFF - ON
Flying lead terminals	IPP1FAD	OFF - ON

For THIN flying leads, replace F with W.
Also available with straight PC: IP*1PAD or quick-connect terminals: IP*1Z1AD



TYPE	DESCRIPTION	SELECT ALL
Categories	Switches	<input type="radio"/>
	Pushbutton Switches	<input checked="" type="radio"/>
Manufacturer	APEM Inc.	<input type="checkbox"/>
Series	IP	<input type="checkbox"/>
Packaging	Bulk (?)	<input type="checkbox"/>
Part Status	Active	<input type="checkbox"/>
Mounting Type	Panel Mount, Front	<input type="checkbox"/>
Type	Standard	<input type="checkbox"/>
Circuit	SPST	<input type="checkbox"/>
Switch Function	Off-On	<input type="checkbox"/>
Current Rating (Amps)	2A (AC), 4A (DC)	<input type="checkbox"/>
Voltage Rating - AC	125V	<input type="checkbox"/>
Voltage Rating - DC	12V	<input type="checkbox"/>
Actuator Type	Round, Button	<input type="checkbox"/>
Color - Actuator/Cap	Black	<input type="checkbox"/>
Illumination Type, Color	-	<input type="checkbox"/>
Illumination Voltage (Nominal)	-	<input type="checkbox"/>
Termination Style	Solder Lug	<input type="checkbox"/>
Ingress Protection	IP67 - Dust Tight, Waterproof	<input type="checkbox"/>
Features	Epoxy Sealed Terminals	<input type="checkbox"/>
Panel Cutout Dimensions	Circular - 13.60mm Dia	<input type="checkbox"/>
Operating Temperature	-40°C ~ 85°C	<input type="checkbox"/>
Mechanical Life	-	<input type="checkbox"/>
Electrical Life	200,000 Cycles	<input type="checkbox"/>

IPR1SAD2

Mouser N.º: 642-IPR1SAD2

Fabricante N.º: IPR1SAD2

Fabricante: Apem

Ref. Cliente:

Descripción: Interruptores con pulsador SEALED PB BLACK

Hoja de datos: [IPR1SAD2 Hoja de datos \(PDF\)](#)

Modelo ECAD: [Crear o solicitar tamaño o símbolo de PCB](#)

Descargue [Library Loader](#) gratis para convertir este archivo para su herramienta ECAD. [Conozca más sobre el modelo ECAD](#)

[Ampliar](#)

Las imágenes son para referencia solamente. Ver especificaciones del producto

En existencias: 1,226

Existencias: 1,226 Se puede enviar inmediatamente

Plazo de entrega de fábrica: 17 Semanas

Mínimo: 1 Múltiples: 1

Introducir cantidad:

Precio (USD)

Cantidad	Precio unitario	Precio ext.
1	\$12.46	\$12.46
10	\$11.53	\$115.30
25	\$11.22	\$260.50
50	\$10.58	\$529.00



2.15 Archer T2u Plus



Nuevo | 1 vendido

Archer T2u Plus Ac600 Usb Inalámbrico De Alta Potencia

S/ 65
en 12x S/ 5⁴² sin interés
[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Lince, Lima Metropolitana
[Ver costos de envío](#)

Cantidad: **1 unidad** (9 disponibles)

[Comprar ahora](#)

Compra Protegida, recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

12 meses de garantía de fábrica.

CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE

Interfaz	USB 2.0
LED	Status
Dimensiones	57.8 × 18 × 173.4 mm
Antenas	5dBi

CARACTERÍSTICAS INALÁMBRICAS

Estándares Inalámbricos	IEEE 802.11b/g/n 2.4 GHz, IEEE 802.11a/n/ac 5 GHz
Velocidad Inalámbrica	600 Mbps (200 Mbps en 2.4 GHz, 433 Mbps en 5 GHz)
Frecuencia	2.4 GHz, 5 GHz
Modos Inalámbricos	Ad-Hoc / Modo Infraestructura
Seguridad Inalámbrica	WEP, WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK
Tecnología de Modulación	DBPSK, DQPSK, CCK, OFDM, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM

OTROS

Certificaciones	FCC, CE, RoHS
Contenido del Paquete	Archer T2U Plus AC600 Adaptador USB Doble Banda WiFi Alta ganancia Guía de instalación rápida CD de recursos
Requisitos del sistema	Windows 10/8.1/8/7/XP, Mac OS X 10.9-10.13(beta for 10.14)
Factores Ambientales	Temperatura de funcionamiento: 0° C ~ 40° C (32° F ~ 104° F) Temperatura de almacenamiento: -40° C ~ 70° C (-40° F ~ 158° F) Humedad de funcionamiento: 10% ~ 90% sin condensación Humedad de almacenamiento: 5% ~ 90% sin condensación

2.16 Nano-tech Ultimate 6400mah

HobbyKing.com BLOG NUEVOS OBJETOS SPA USD

AERONAVE VEHICULOS BATERIAS / CARGADORES RADIO / SERVOs SISTEMAS DE PODER BANCO DE TRABAJO PILOTAJE CON VISIÓN REMOTA (FPV) ESTILO DE VIDA ÁREA DE LIQUIDACIÓN

MOstrar: TODAS LAS CATEGORIAS 1 + CARROS 2392 + CARROS 1942 + BATERIAS 51



Turnigy nano-tech último 6400mAh 1S2P 90C Estuche Pack (ROAR y BRCA Aprobados)

★★★★★ 20 REVISIÓN

PRECIO: **31,24 \$**

CANTIDAD: ENVIADO DESDE: **USA**

[AÑADIR AL CARRITO](#) [AÑADIR A LA LISTA DE DESEOS](#)

ENVÍO GRATIS EN PEDIDOS ELIGIBLES

ESTADO: **EN STOCK** SKU: NC64001S2P9

Quedan menos de 2. Consíguelo ahora antes de que se haya ido por completo.

COMPARTIR: [f](#) [w](#) [in](#) [G](#) [p](#) [...](#)

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	PRODUCT SPECIFICATIONS	VIDEOS	RESEÑAS	COMMUNITY DISCUSSIONS
Capacidad (mAh)	6400.00		De descarga (c)	90.00
Max velocidad de carga (C)	2.00		Longitud -A (mm)	93.00
Altura - B (mm)	18.00		Width-C(mm)	47.00





MUSBR Series Rugged USB Connectors

Type A, Mini B, Mini AB

RUGGED USB CONNECTOR FOR HARSH ENVIRONMENT APPLICATION, GENERATION 2

Amphenol's MUSBR series USB Connectors serve many markets and applications across the globe including Automotive, Communications, Consumer, Data, Industrial and Medical.

MUSBR series is a line of Generation 2 ruggedized USB connectors with die cast housings and IP67 sealing, designed for Harsh Environment applications. MUSBR series provide reliable performance in extreme conditions for the most demanding applications, and mate with standard USB plugs.

- IP67 environmental sealing protects against water and dust
- Die cast metal housings protect against mechanical damage
- Compact design saves panel space
- Operating temperature range from -40°C to $+105^{\circ}\text{C}$ for extreme conditions
- RoHS compliant to meet environmental standards



TARGET MARKETS



FEATURES

- Internal and external seals made with flexible silicone rubber
- Die cast metal housings
- Improved thermal cycling performance
- Multiple options including USB 3.0, Type A, Mini B, Mini AB series
- Low profile shell design available for Type A series
- Similar in size compared to standard equivalents
- Wide variety of mounting and termination options
- RoHS compliant

BENEFITS

- Excellent sealing to IP67 and higher protection over wide temperature range
- Protects equipment from water and dust incursion
- Mechanically rugged and stable to protect against shock, vibration and impact
- Prevents distortion
- Suitable for outdoor application with wide operating temperature range
- Suitable for a wide variety of mating connectors which are readily available
- Compact design saves panel space
- Able to replace existing standard parts with little to no changes
- Replace virtually any existing standard connector using standard footprints and mounting hardware
- Meets environmental, health and safety requirements

▶ MUSBR Series Rugged USB Connectors

TECHNICAL INFORMATION

MATERIAL

- External Shell: Die Cast Zinc, Nickel Plated
- Insulator Housing: High Temperature Resistant Engineering Thermoplastic, Glass Reinforced, UL94V-0
- Panel Gasket: Conductive Silicone Rubber

MECHANICAL PERFORMANCE

- IP67
- UL: File E145615, Level DUXR2

ELECTRICAL PERFORMANCE

- Current Rating: Standard series A & B – 1.5A max. per contact, Mini– 1.0A max. per contact
- Contact Resistance: Standard A – 30mΩ max, Mini– 50mΩ max
- Dielectric Withstanding Voltage: Standard A–500VAC rms, Mini–100 VAC rms

SPECIFICATION

- Amphenol Product Specification: USB 2.0

ENVIRONMENTAL

- Temperature Life w/o Load: Per EIA–364–17, 105°C, 1000 Hours
- Thermal Shock: Per EIA–364–32, –40°C to +125°C, 5 Cycles
- Humidity: Per EIA 364–31, 10 Cycles, 240 Hrs, 25°C to 65°C 90–95%RH, with –10°C Cold Shock
- Mixed Flowing Gas: Per EIA 364–65 Class IIA (Cl₂, NO₂, H₂S & SO₂), 14 Day Exposure
- Salt Spray: Per EIA 364–26, 250 Hours, 5% Salt, 35°C
- Solvent Resistance: Isopropyl Alcohol & 5% Sodium Hydroxide Solution, 24 Hrs Each
- Solderability: Per EIA–364–52, 95% Coverage after Category 2 Steam Aging

APPROVALS AND CERTIFICATIONS

- RoHS

PACKAGING

- Box

TARGET MARKETS/APPLICATIONS



Car Navigation Systems
Display Cluster
Electric Vehicle



AC/DC pluggable power supplies
Base Station
Datacom
Optical Transport
Routers
Switches
Telecom



Home Entertainment Equipment
Refrigerator



Data Center
External Portable Storage
High Density Ethernet switching
Router and Server
Storage System



Chemical Detection System
Industrial Control Equipment
Energy Meter
Gaming Machine
Lighting
Measuring Equipment
Parking Meter
POS Machine
Renewable Energy
Robotics
Smart Meter
Vending Machines



Analyzers
Medical Diagnostics
Ultrasound Equipment

MUSBR Series Rugged USB Connectors

PART NUMBER SELECTOR

MUSBR		X						
--------------	--	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

USB 2.0 Receptacle	
A	Standard A Series
B	Mini B Series
E	Mini AB Series

Termination Style	
1	Right Angle
2	Right Angle on PCB with Right Angle Cable Header
3	Right Angle on PCB with Right Angle Matching USB Type Connector
4	Right Angle on PCB with Terminal Blocks
5	Vertical
8	Right Angle on PCB with Vertical Cable Header
A	Right Angle on PCB with Holes for Wiring (Style 3 PCB)
B	Right Angle on PCB with Vertical Single Row Isolated Header
E	Right Angle on PCB with Vertical Matching USB Type Connector

Unique Special Code	
No Digit	Standard part defined by previous 10 digits
1 to 9	Unique special feature

Dust Cover Options	
0	Standard (no dust cover)
1	With grey color dust cover (supplied bulk packed)
5	With black color dust cover (supplied bulk packed)

Shell & Thread Options	
3	Standard Shell, Unified Thread
4	Low Profile Shell for Type A, Unified Thread
5	Rear Flange Shell for Types B & AB, Unified Thread
M	Standard Shell, Metric Thread
R	Low Profile Shell for Type A, Metric Thread
T	Rear Flange Shell for Types B & AB, Metric Thread

Colour	
1	Black for Types A, B & E

Number of Contacts	
1	Standard 4 Contacts per Port for Types A
5	Standard 5 Contacts per Port for Types B & AB

MUSBR-A111-30




Mouser N.º: 523-MUSBR-A111-30
Fabricante N.º: MUSBR-A111-30
Fabricante: Amphenol Commercial Products
Ref. Cliente:

Descripción: Conectores USB Epoxy Free IP67 USB RA Type A Single
Hoja de datos: [MUSBR-A111-30 Hoja de datos \(PDF\)](#)
Modelo ECAD:  Símbolo, tamaño y modelo 3D de PCB

Descargue Library Loader gratis para convertir este archivo para su herramienta ECAD. [Conozca más sobre el modelo ECAD.](#)

Más información [Conozca más sobre Amphenol Commercial Products MUSBR-A111-30](#)

Comparar producto [Agregar a proyecto](#) | [Añadir notas](#)

En existencias: 89

Existencias: 89 Se puede enviar inmediatamente

Plazo de entrega de fábrica: 8 Semanas 

Mínimo: 1 Múltiples: 1

Introducir cantidad:

Precio (USD)

Cantidad	Precio unitario	Precio ext.
1	\$12.65	\$12.65
10	\$12.12	\$121.20
25	\$10.47	\$261.75
100	\$10.18	\$1,018.00
250	\$9.07	\$2,267.50
500	\$8.53	\$4,265.00
1,000	\$7.87	\$7,870.00

2.18 UA-006



PRODUCTS

SHOP
BY SIZE

SHOP
BY SERIES

SERVICES
CNC MACHINING & PRINTING

INSTANT QUOTE

Search



HOME / Vent Plug



VENTING ACCESSORIES

Vent Plug

0.62 x 1.06 x 1.06 in / 15.75 x 26.92 x 26.92 mm. / 0.01 lbs

VIEW DETAILS

COLOR : GRAY



QTY	PRICE / UNIT
1 - 9	\$3.57
10 - 49	\$3.21
50 - 99	\$2.98
100 - 249	\$2.78
250 - 499	\$2.58

Details

Ratings

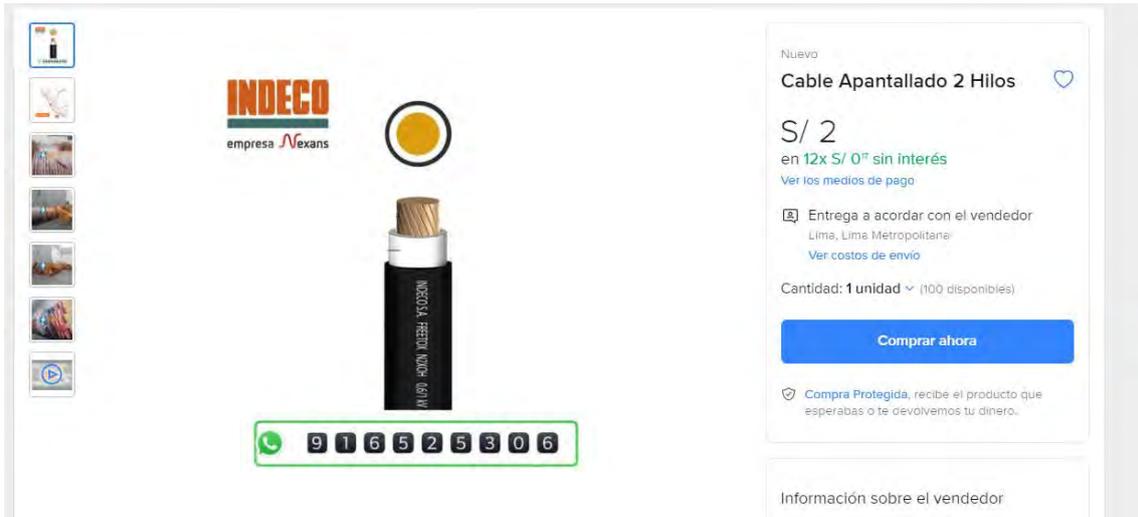
- M20 Threaded vent plug
- Allows the passage of air for ventilation
- Integral sealing ring ensures a liquid tight seal
- Ultrasonically welded filter membrane prevents moisture and contamination
- IP67 & IP68 rated
- UL rated (File# E330194) for Type NEMA 3R, 4 and 4X applications
- Made from gray nylon 6/6; body and lock nut included
- Max airflow: 16.6 LPM/3.7cm²@13.5 psi

Details

Ratings

RATING	SPECIFICATION
NEMA Rating	3R, 4, 4X
IP Rating	IP67, IP68

2.19 Cable apantallado 2 hilos



The image shows a product listing for 'Cable Apantallado 2 Hilos' on an e-commerce platform. The product is shown in a black sleeve with a yellow and black circular logo above it. The seller is 'INDECO empresa Mexans'. The price is 'S/ 2' with a financing option 'en 12x S/ 0'' sin interés'. The delivery location is 'Lima, Lima Metropolitana'. A blue 'Comprar ahora' button is visible. Below the product is a WhatsApp contact number: 916525306. The page also includes a 'Compra Protegida' badge and a section for 'Información sobre el vendedor'.

INDECO
empresa Mexans

Cable Apantallado 2 Hilos

S/ 2
en 12x S/ 0'' sin interés
[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Lima, Lima Metropolitana
[Ver costos de envío](#)

Cantidad: 1 unidad (100 disponibles)

Comprar ahora

Compra Protegida. recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

Información sobre el vendedor

9 1 6 5 2 5 3 0 6



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PLANOS

**Diseño de sistema de grabación automático para la detección, seguimiento y conteo
de peatones en intersecciones semaforizadas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECATRÓNICO**

AUTOR

Martín Giancarlo Leiva Ottone

ASESOR

Pedro Crisóstomo Romero

Lima, Febrero, 2021

ÍNDICE DE PLANOS

L1 – Compartimiento principal – A2

L2 - Subsistema de orientación de cámara – A2

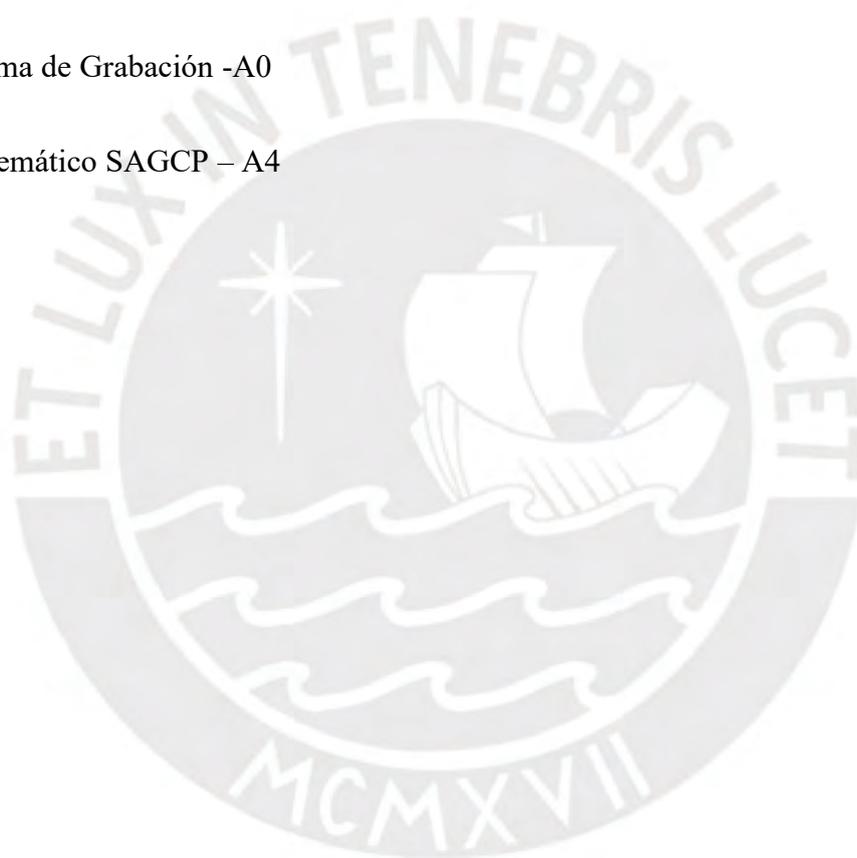
L3 – Subsistema de control – A4

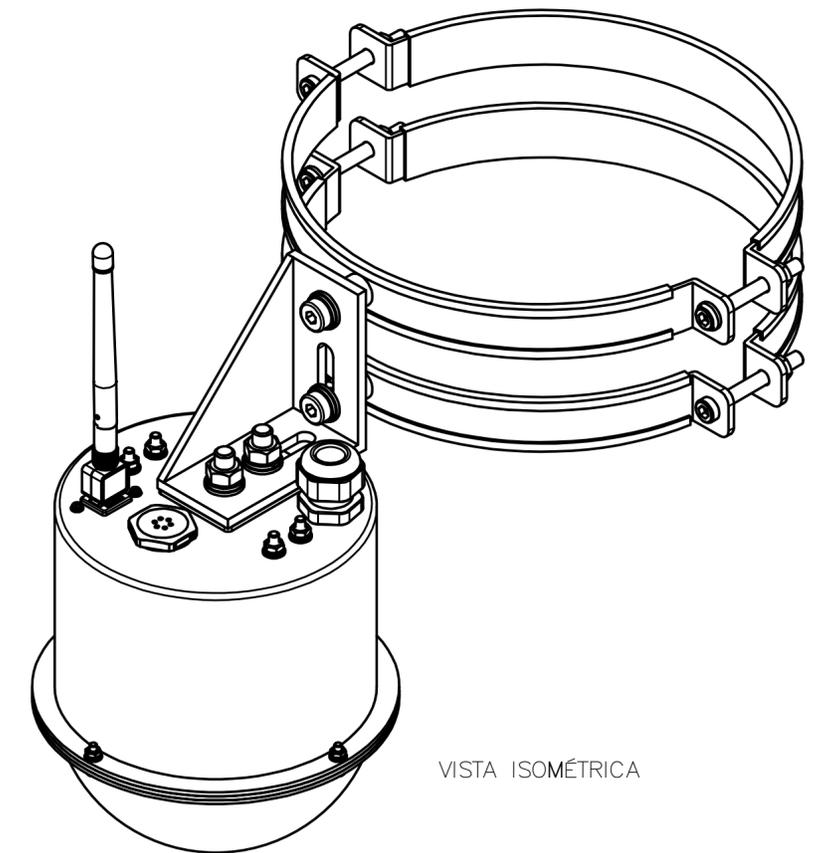
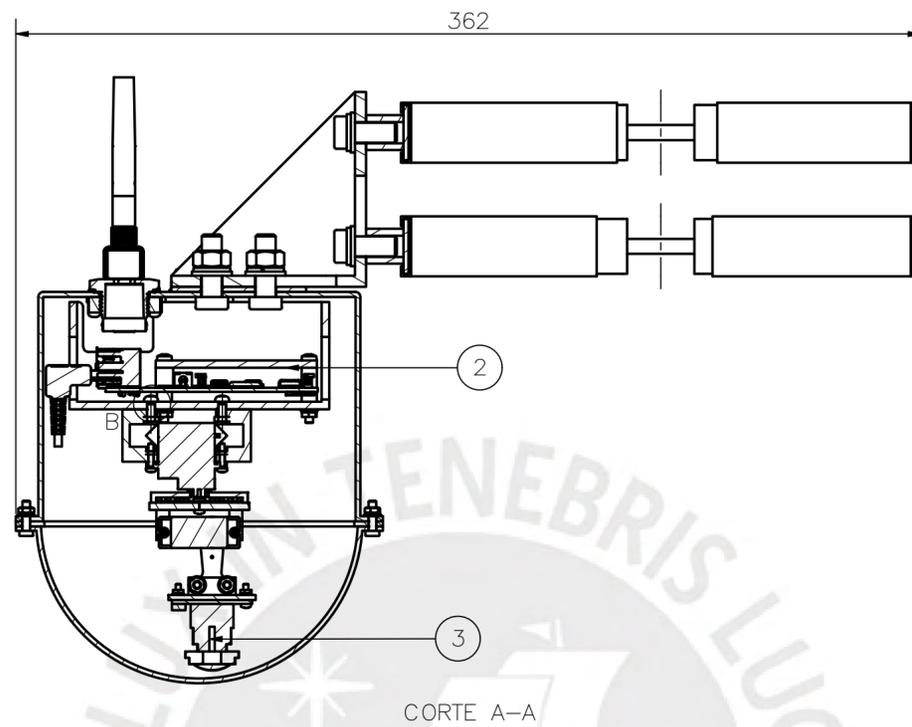
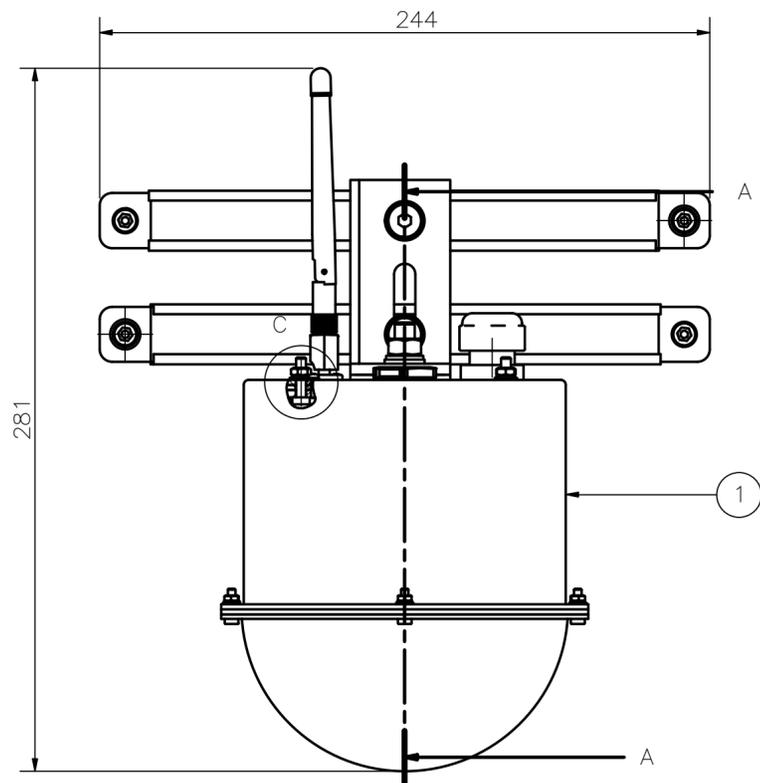
L4 – Subsistema de protección -A2

L5 – Compartimiento secundario – A2

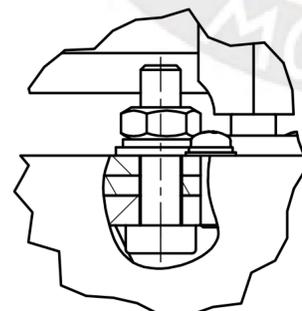
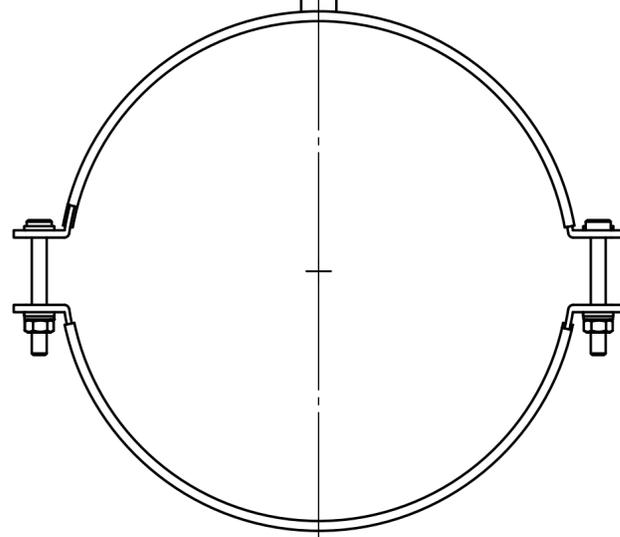
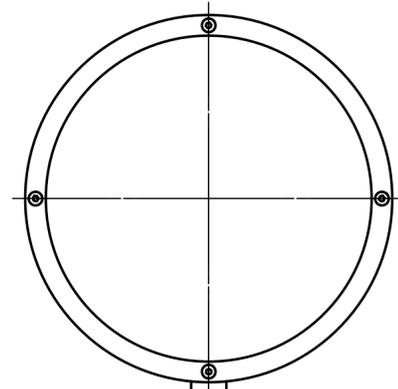
L6 – Sistema de Grabación -A0

L7 – Esquemático SAGCP – A4

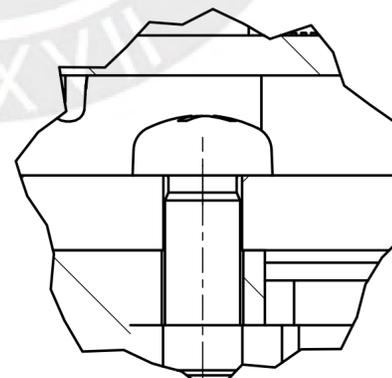




VISTA ISOMÉTRICA



DETALLE C
ESCALA 2 : 1

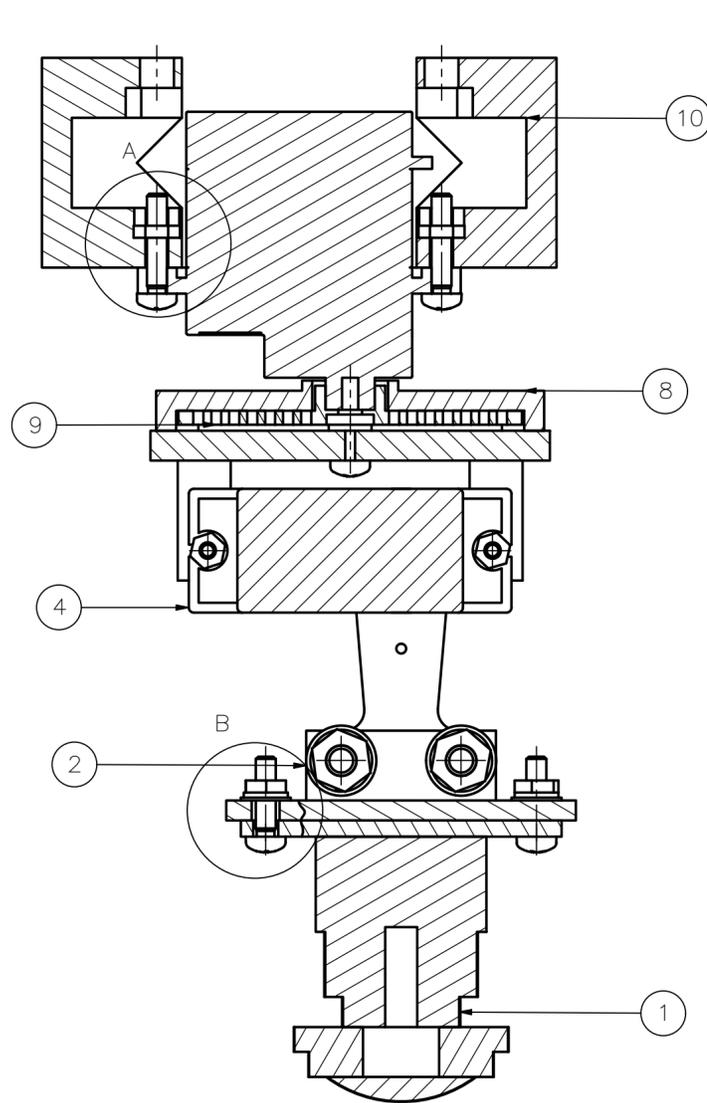


DETALLE B
ESCALA 5 : 1

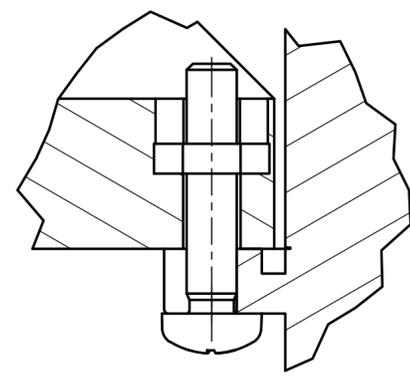
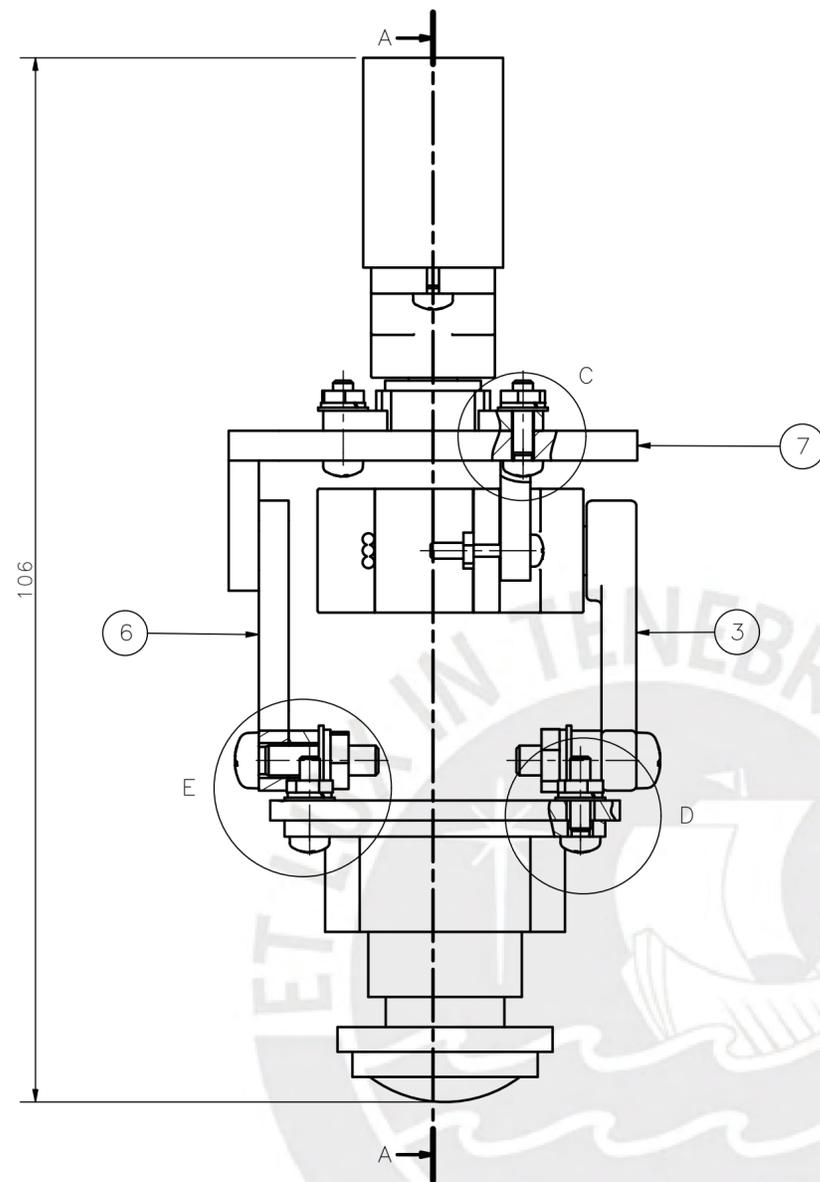
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
10	4	TORNILLO ALLEN - M4 x 16	DIN 7984	St	
9	4	ARANDELA DE PRESIÓN - M4	DIN 128	St	
8	4	ARANDELA - M4	DIN 125-2	St	
7	1	ANTENA WIFI			
6	4	TUERCA HEXAGONAL - M4	ISO 4032	St	
5	2	TORNILLO PHILLIPS- M3 x 8	DIN EN ISO 7045	4.6	
4	2	TUERCA HEXAGONAL - M3	DIN EN 24 036	St	
3	1	SUBSISTEMA DE TOMA DE IMÁGENES			
2	1	SUBSISTEMA DE CONTROL			
1	1	SUBSISTEMA DE PROTECCIÓN			

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

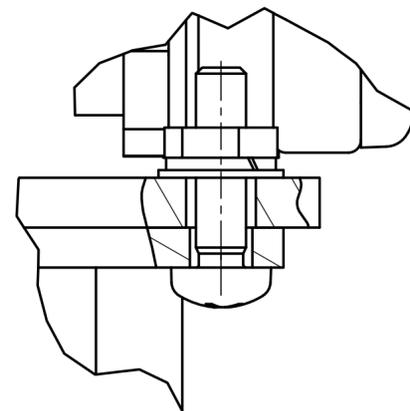
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TFC2	ESCALA
	COMPARTIMENTO PRINCIPAL	1:2
20150760	LEIVA OTTONE, MARTIN GIANCARLO	FECHA: 2020.06.23
		LÁMINA: A2



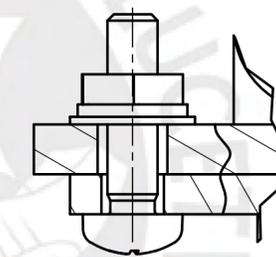
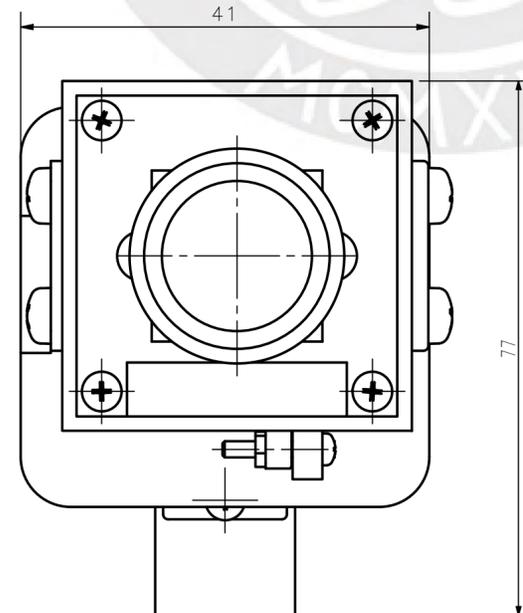
CORTE A-A



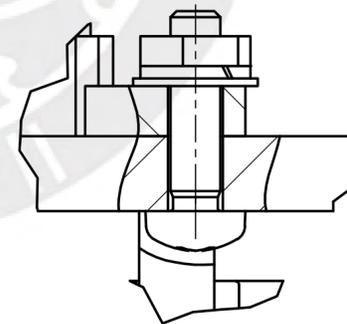
DETALLE A
ESCALA 5 : 1



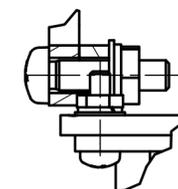
DETALLE D
ESCALA 5 : 1



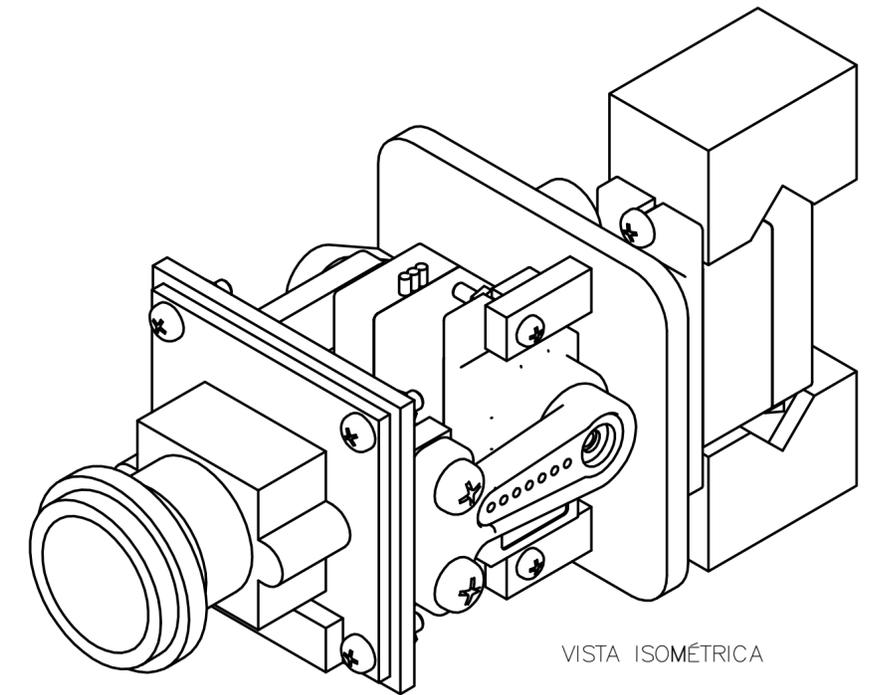
DETALLE B
ESCALA 5 : 1



DETALLE C
ESCALA 5 : 1



DETALLE E
ESCALA 2 : 1

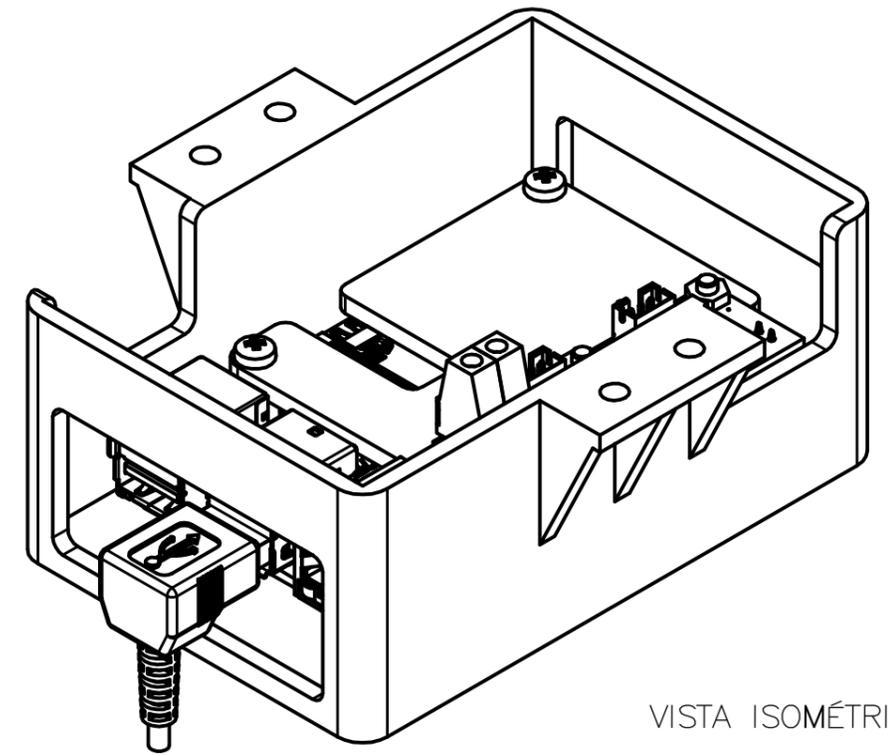
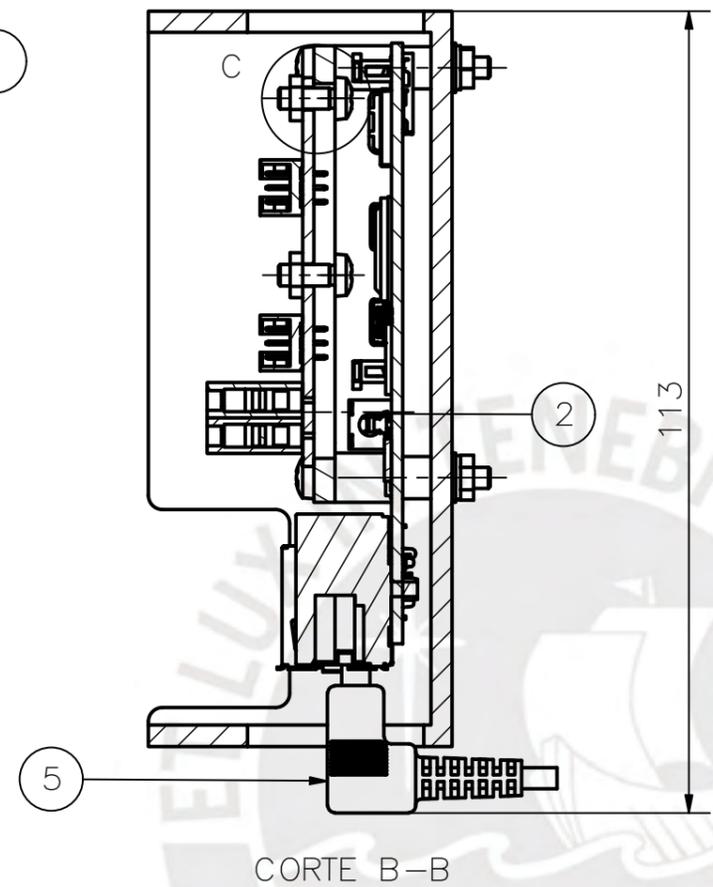
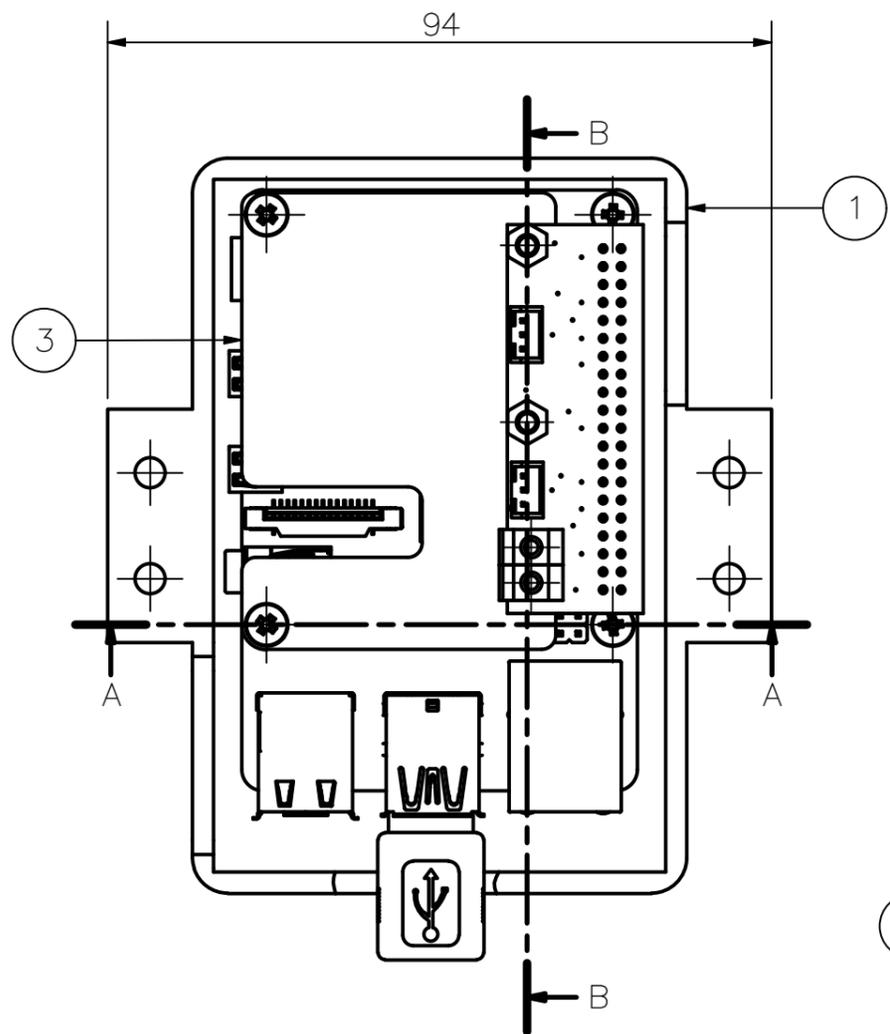


VISTA ISOMÉTRICA

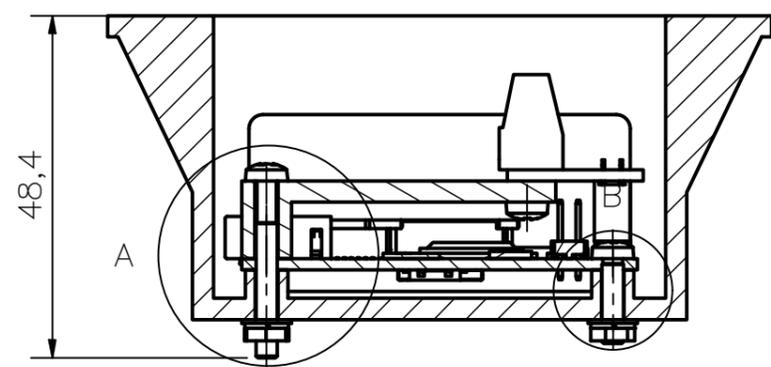
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
21	4	ARANDELA DE PRESIÓN - M3	DIN 128	St	
20	4	ARANDELA - M3	DIN 125-2	St	
19	6	ARANDELA DE PRESIÓN - M2	DIN 128	St	
18	6	ARANDELA - M2	DIN 125-2	St	
17	2	TORNILLO PHILLIPS - M2 x 10	DIN EN ISO 7045	4.8	
16	2	TUERCA HEXAGONAL - M1.6	DIN EN 24 036	St	
15	2	TORNILLO PHILLIPS - M1.6 x 10	DIN EN ISO 7045	4.8	
14	4	TUERCA HEXAGONAL - M3	DIN EN 24 036	St	
13	4	TORNILLO PHILLIPS - M3 x 12	DIN EN ISO 7045	4.8	
12	8	TUERCA HEXAGONAL - M2	DIN EN 24 036	St	
11	6	TORNILLO PHILLIPS - M2 x 8	DIN EN ISO 7045	4.8	
10	2	SOPORTE DE SERVO 2		ABS	
9	1	SG90-ACCESORIO 2		ABS	
8	1	UNIÓN DE SERVO		ABS	
7	1	SOPORTE DE SERVO 1		ABS	
6	1	BRAZO DE SERVO 2		ABS	
5	1	SG90-ACCESORIO		ABS	
4	2	SG90		ABS	
3	1	BRAZO DE SERVO 1		ABS	
2	1	SOPORTE DE CÁMARA		ABS	
1	1	RASPBERRY PI CAMERA MODULE V2		-	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

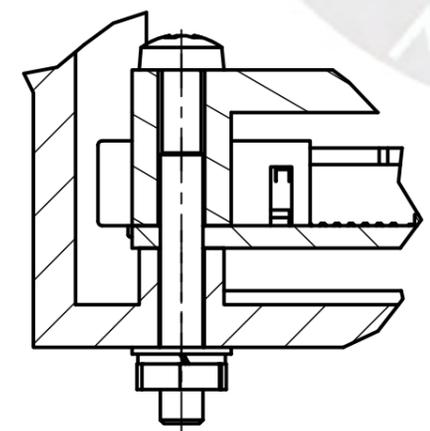
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TFC2	ESCALA
	SUBSISTEMA DE ORIENTACIÓN	2:1
20150760	LEIVA OTTONE, MARTIN GIANCARLO	FECHA: 2020.06.20
		LÁMINA: A2



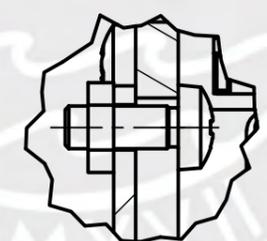
VISTA ISOMÉTRICA



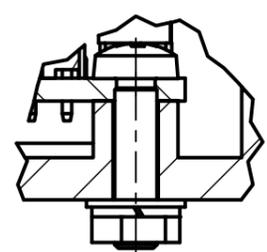
CORTE A-A



DETALLE A
ESCALA 2 : 1



DETALLE C
ESCALA 2 : 1

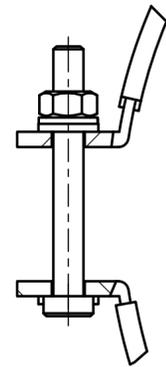
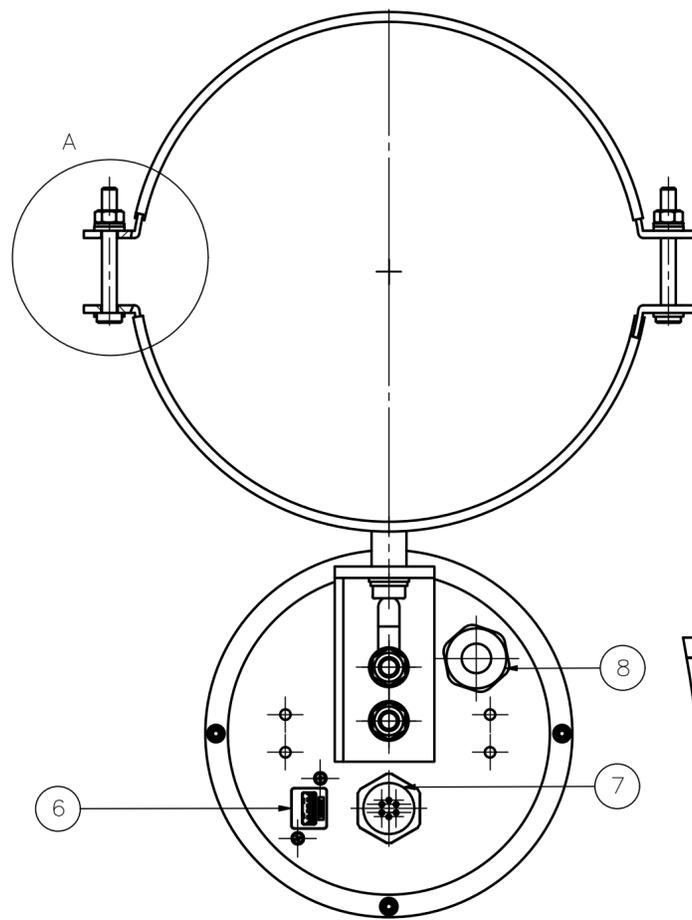


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

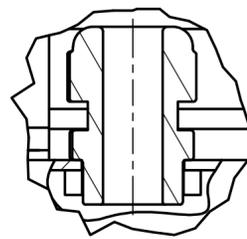
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
11	4	ARANDELA DE PRESIÓN - M3	DIN 128	St	
10	5	ARANDELA - M3	DIN 125-2	St	
9	6	TUERCA HEXAGONAL - M3	DIN EN ISO 4036	St	
8	2	TORNILLO PHILIPPS - M3x8	DIN 7985 (H)	St	
7	2	TORNILLO PHILIPPS - M3x25	DIN 7985 (H)	St	
6	2	TORNILLO PHILIPPS - M3x12	DIN 7985 (H)	St	
5	1	CONECTOR USB			
4	1	PLACA RASPBERRY			
3	1	SOPORTE TARJETA		ABS	
2	1	RASPBERRY PI 4 MODEL B			
1	1	SOPORTE RASPBERRY		ABS	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

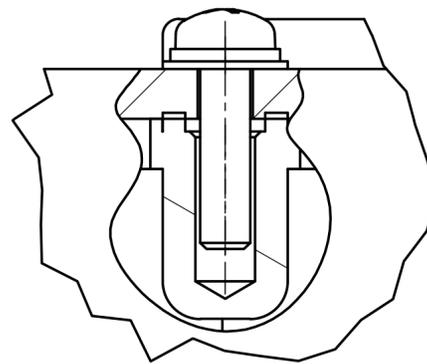
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TFC2	ESCALA
	SUBSISTEMA DE CONTROL	1:1
20150760	LEIVA OTTONE, MARTIN GIANCARLO	FECHA: 2020.06.23
		LÁMINA: A4



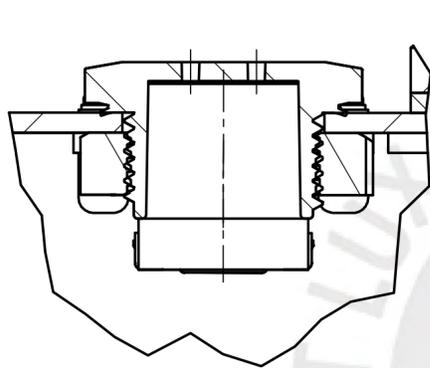
DETALLE A
ESCALA 1 : 1



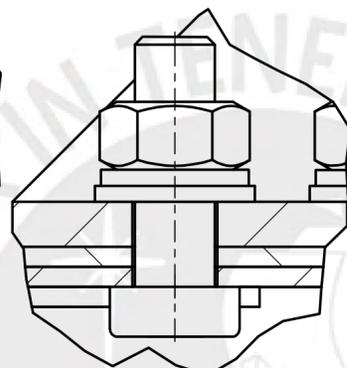
DETALLE B
ESCALA 1 : 1



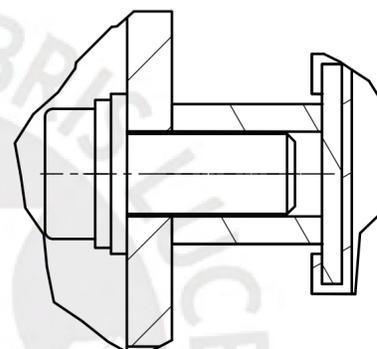
DETALLE C
ESCALA 5 : 1



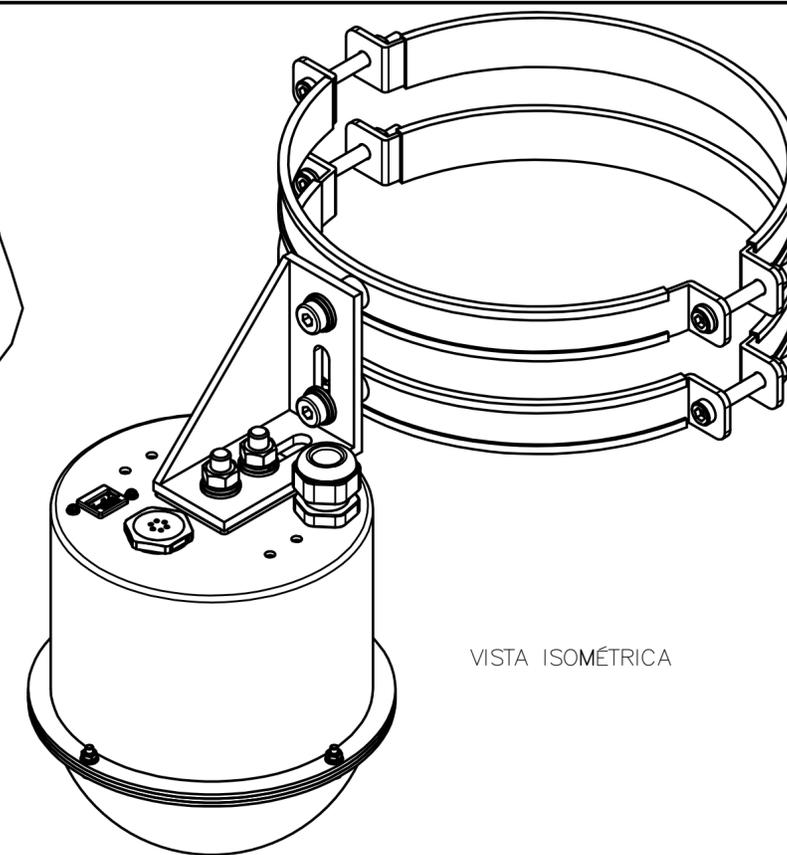
DETALLE D
ESCALA 2 : 1



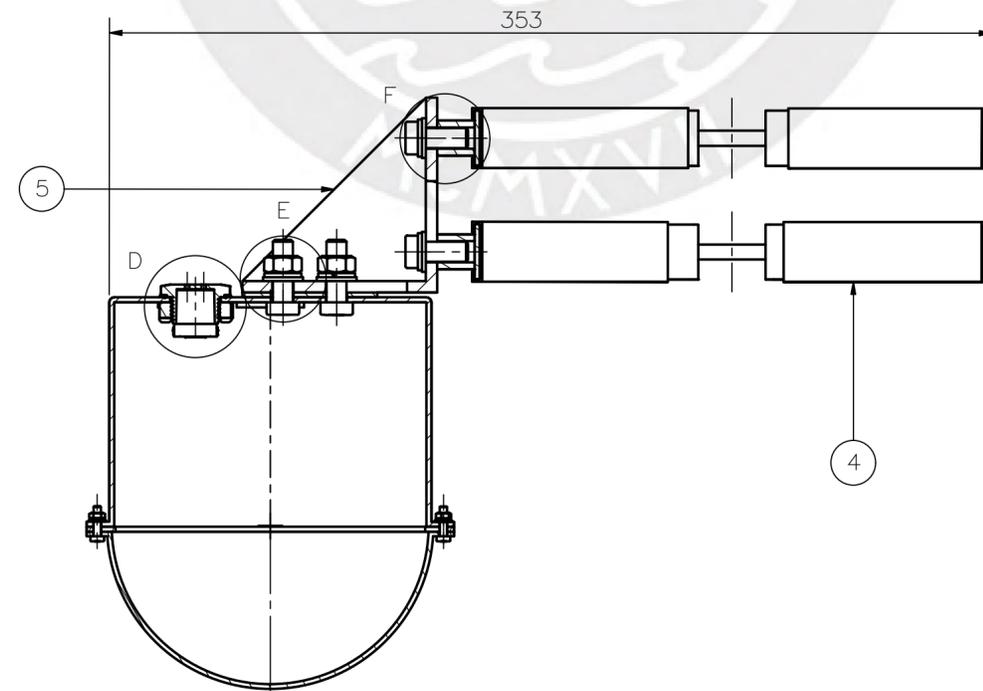
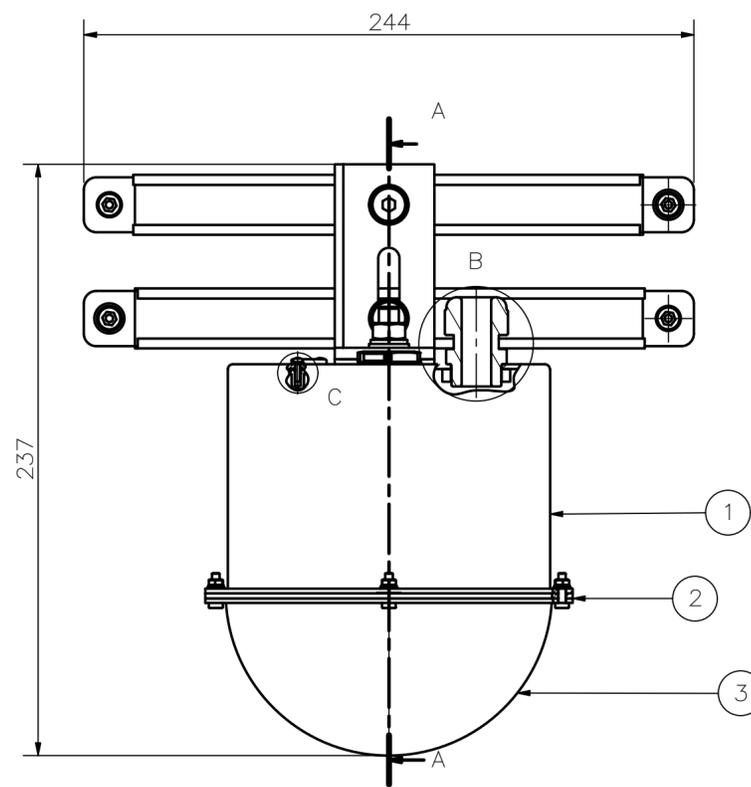
DETALLE E
ESCALA 2 : 1



DETALLE F
ESCALA 2 : 1



VISTA ISOMÉTRICA



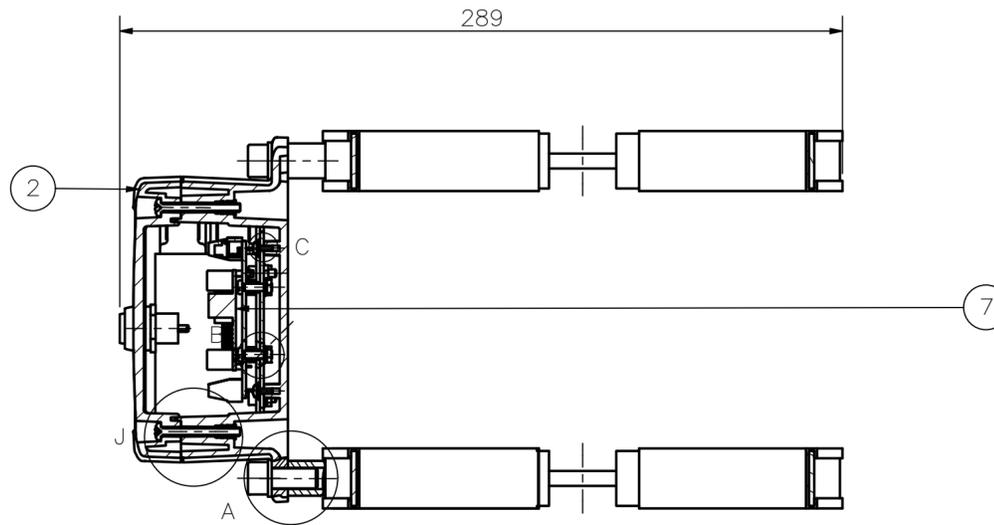
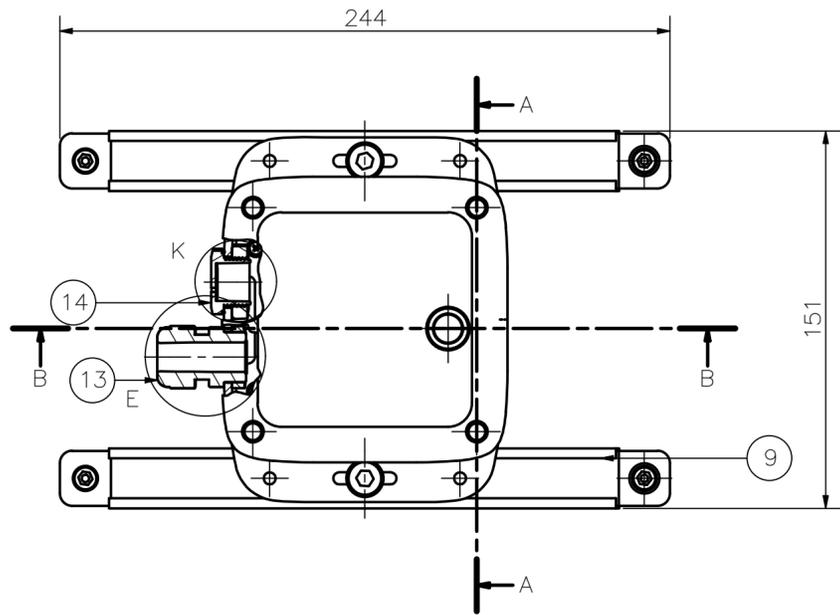
CORTE A-A

PARTS LIST

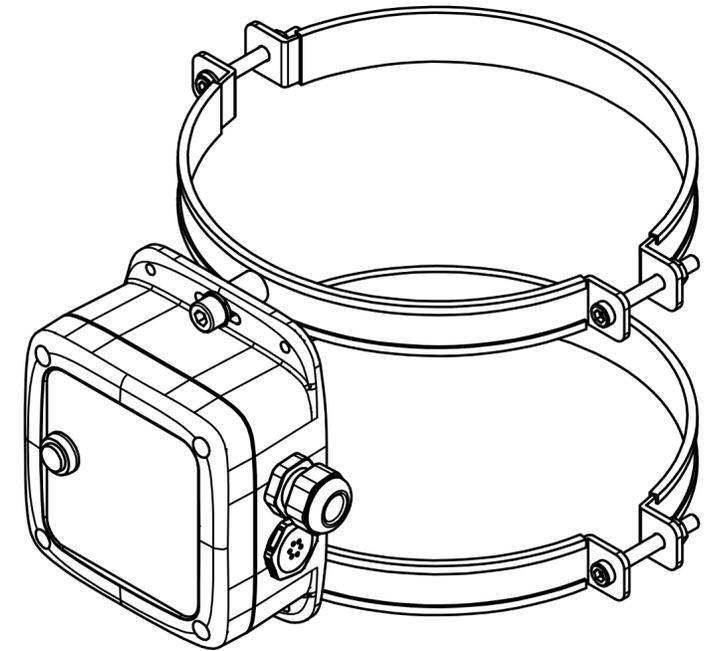
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
22	2	TORNILLO ALLEN - M8 x 20	DIN 7984	St	
21	2	TORNILLO PHILLIPS - M2 x 8 - 4.8 - H	DIN EN ISO 7045	4.6	
20	1	IPG-222135 NUT			
19	1	UA-006_NUT			
18	2	TORNILLO ALLEN - M8 x 25	DIN 7984	4.6	
17	4	TORNILLO ALLEN - M3 x 12	DIN 7984	4.6	
16	4	TUERCA HEXAGONAL - M3	ISO 4032	St	
15	4	ARANDELA DE PRESIÓN - M3	DIN 128	St	
14	4	ARANDELA - M3	DIN 125-2	St	
13	2	ARANDELA DE PRESIÓN - M2	DIN 128	St	
12	2	ARANDELA - M2	DIN 125-2	St	
11	4	ARANDELA - M8	DIN 128	St	
10	4	ARANDELA - M8	DIN 125-2	St	
9	2	TUERCA HEXAGONAL - M8	ISO 4032	St	
8	1	IPG-222135			
7	1	UA-006			
6	1	CONECTOR USB			
5	1	UNIÓN ABRAZADERA		Aluminio 6061	
4	2	ABRAZADERA		-	
3	1	DOMO 5IN		Acrílico	
2	1	CAUCHO AISLANTE		Caucho	
1	1	ESTRUCTURA EXTERNA		Polycarbonato	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

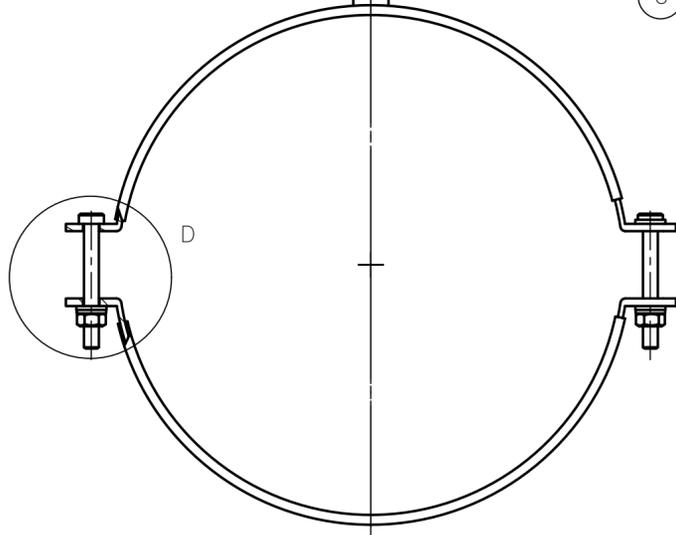
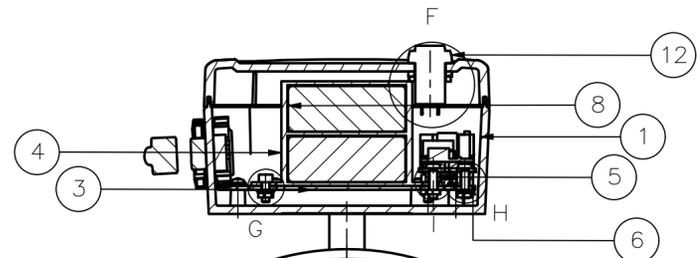
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TFC2	ESCALA
	SUBSISTEMA DE PROTECCIÓN	1:2
20150760	LEIVA OTTONE, MARTIN GIANCARLO	FECHA: 2020.06.23
		LÁMINA: A2



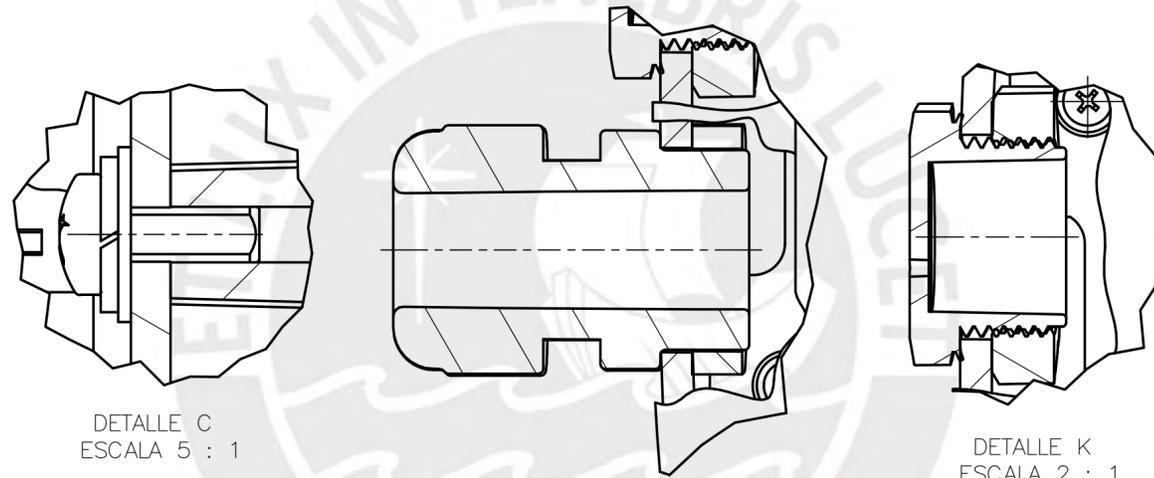
CORTE A-A



VISTA ISOMÉTRICA

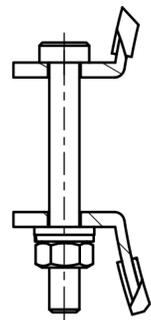


CORTE B-B



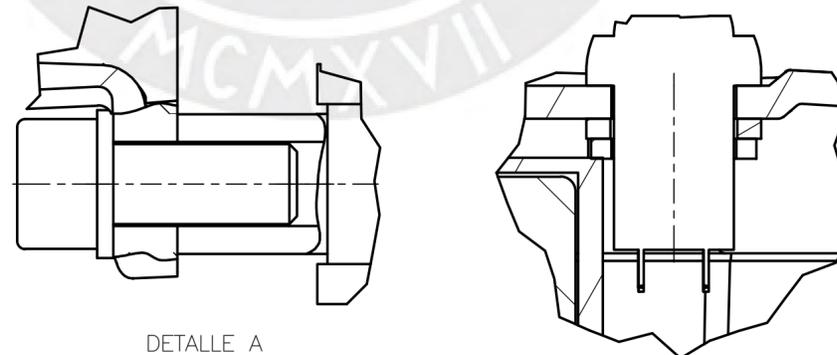
DETALLE C
ESCALA 5 : 1

DETALLE K
ESCALA 2 : 1



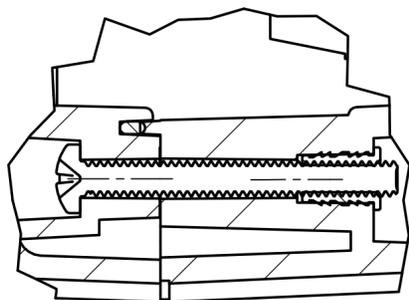
DETALLE D
ESCALA 1 : 1

DETALLE E
ESCALA 2 : 1

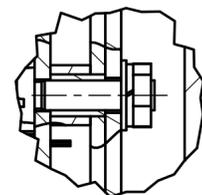


DETALLE A
ESCALA 2 : 1

DETALLE F
ESCALA 2 : 1



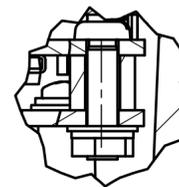
DETALLE J
ESCALA 2 : 1



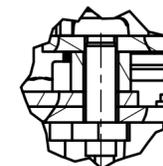
DETALLE B
ESCALA 2 : 1



DETALLE G
ESCALA 2 : 1



DETALLE H
ESCALA 2 : 1

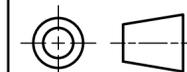


DETALLE I
ESCALA 2 : 1

PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
25	1	IPG-222135 NUT			
24	1	UA-006_NUT			
23	14	ARANDELA DE PRESIÓN - M3	DIN 128	St	
22	14	ARANDELA - M3	DIN 125-2	St	
21	2	ARANDELA DE PRESIÓN - M8	DIN 128	St	
20	2	TORNILLO HEXAGONAL - M8 x 20	ISO 4762	St	
19	4	TORNILLO - SS6 -4		St	
18	4	TORNILLO PHILLIPS - M3 x 12	ISO 1580	4.6	
17	8	TUERCA HEXAGONAL - M3	DIN EN ISO 4036	St	
16	4	TORNILLO ALLEN - M3 x 8	DIN EN ISO 4762	4.6	
15	8	TORNILLO-MBR		St	
14	1	UA-006			
13	1	IPG-222135			
12	1	BOTÓN DE ENCENDIDO			
9	2	ABRAZADERA			
8	2	BATERIA			
7	1	TARJETA DE ALIMENTACIÓN			
6	2	POSTE 2		ABS	
5	2	POSTE 1		ABS	
4	1	SOPORTE DE BATERIAS		ABS	
3	1	ML-44K		Policarbonato	
2	1	ML-44CG			
1	1	ML-44BF			

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



TFC2

COMPARTIMENTO
SECUNDARIO

ESCALA

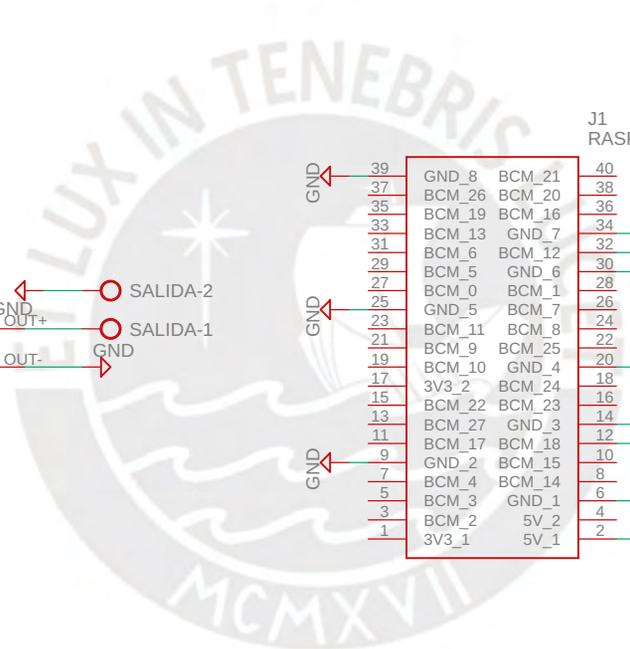
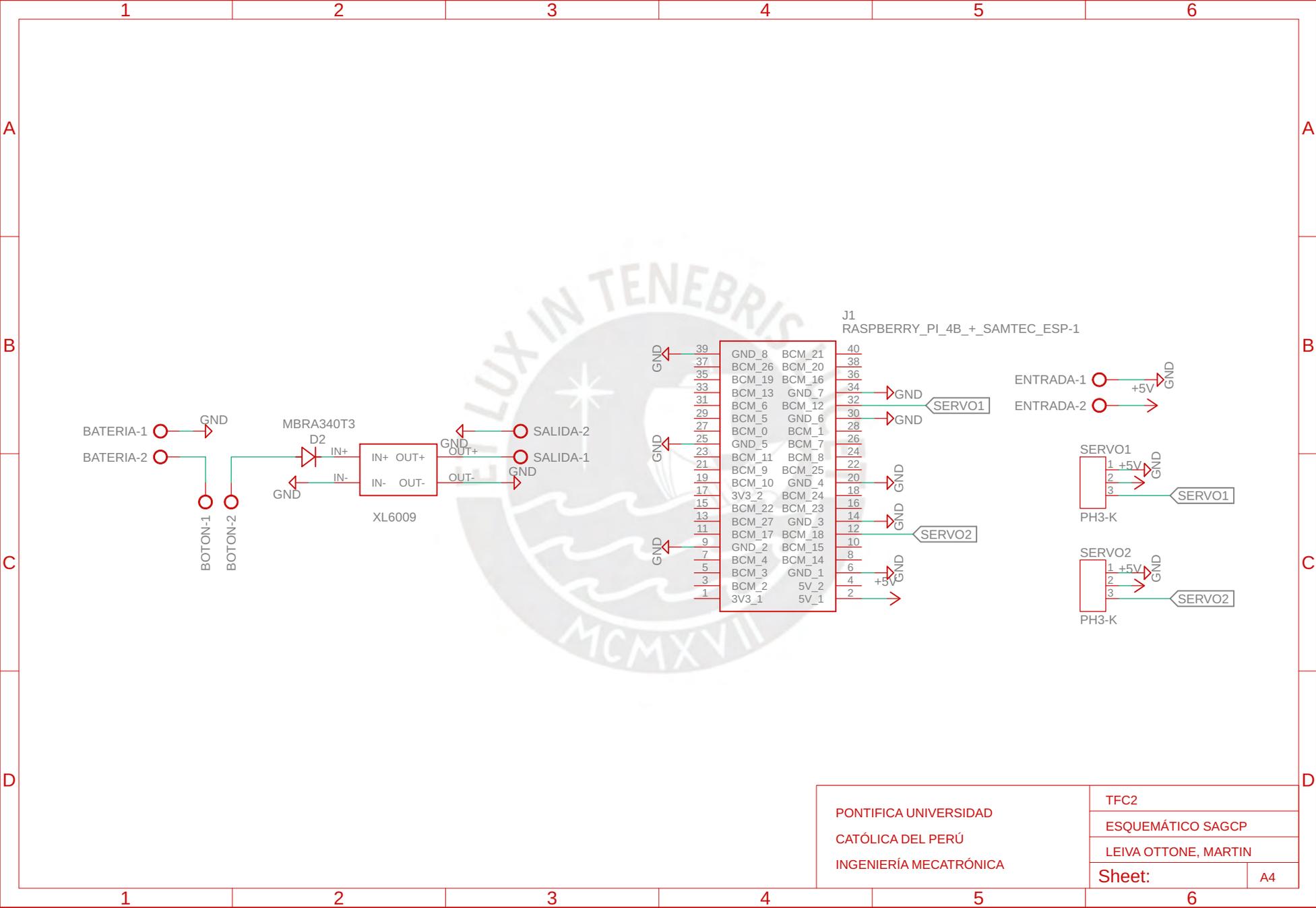
1:2

20150760

LEIVA OTTONE, MARTIN GIANCARLO

FECHA:
2020.06.23

LÁMINA:
A2



PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ INGENIERÍA MECATRÓNICA	TFC2
	ESQUEMÁTICO SAGCP
	LEIVA OTTONE, MARTIN
Sheet:	A4