



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y
DETECCIÓN ELECTRÓNICA (UAV) PARA
LOCALIZACIÓN DE VÍCTIMAS DE UN
DESASTRE NATURAL O EMERGENCIAS.**

Autores:

Dania, Daniel.

Ortiz, Paul.

Urb. Yuma II, Calle N. ° 3, Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (Master) - Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y DETECCIÓN ELECTRÓNICA
(UAV) PARA LOCALIZACIÓN DE VÍCTIMAS DE UN DESASTRE
NATURAL O EMERGENCIAS.**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autores:

Dania, Daniel

C.I. 27.518.507

Ortiz, Paul

C.I. 27.289.350

Tutor académico:

MSc. Agustín Larez

C.I. 8.155.922



FI-E -001-2020-2CR (TG)

Valencia, 13 de octubre de 2020

Ciudadanos:

Dania G., Daniel A.

27.518.507

Ortiz G., Paul E.

27.289.350

Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2020 de fecha 28-07-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado ***DISEÑO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y DETECCIÓN ELECTRÓNICA (UAV) PARA LA LOCALIZACIÓN DE VICTIMAS DE UN DESASTRE NATURAL O EMERGENCIAS*** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Ing. Agustín Larez C.I: 8.155.922 como Tutor Académico que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dra. Zaida Osto
Decana (E)

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Ll/a.a.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, MSc. Agustín Larez, portador(a) de la cédula de identidad N.º 8.155.922, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Dania Daniel portador de la cédula de identidad N.º 27.518.507 y el ciudadano Ortiz Paul portador de la cédula de identidad N.º 27.289.350, titulado **“DISEÑO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y DETECCIÓN ELECTRÓNICA (UAV) PARA LOCALIZACIÓN DE VÍCTIMAS DE UN DESASTRE NATURAL O EMERGENCIAS”**, presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero electrónico, acepto la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación, según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes reglamentos.

En San Diego, a los veintiséis días del mes de octubre del año dos mil veinte.

MSc. Agustín Larez
C.I. 8.155.922

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciéndole a mis padres Yelitza Gómez y Paul Ortiz, por siempre ser mis pilares de apoyo sin importar la situación, aun cuando no me lo merecía o quería, ellos siempre estuvieron apoyándome y aconsejándome a toda hora. A mi hermano Miguel por apoyarme tantas veces y por compartir incontables momentos juntos, a ellos le atribuyo la mayor parte de mi éxito.

A mi compañero de trabajo de grado Daniel Dania, a quien considero uno de mis amigos más cercanos, y con quien he compartido gran parte de mi carrera, así como también momentos memorables.

A mis compañeros que conocí a lo largo de la carrera y se convirtieron en apreciados amigos. Entre ellos Eduardo Rodríguez, Eliezer Maduro, Rafael Sánchez, José Pacheco, Hermes Castellano, Sonya Daniel, Laura Piedrahita, María Delgado que hicieron este trayecto inolvidable.

A mis amigos que tuve el placer de conocer durante estos años de Universidad, y que se han convertido en una segunda familia. Entre estos Martin Iaya, Alan Vásquez, Ricardo Izarra, Manuel Ordoñez, Anakarina Alvarado, Daniela Meléndez, Mariemilia Gómez y muchos más que han formado parte de mi vida hasta ahora y con quienes espero seguir compartiendo.

Paul Ortiz

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, agradecer a Dios por permitirme llegar a este momento. El agradecimiento más importante que debo hacer es para mis padres Norma González y Euclides Dania, gracias a ellos por su sacrificio, compromiso, cariño y apoyo he podido llegar a este punto de mi carrera, esperando poder cumplir una nueva meta de ser Ingeniero. Agradezco también a mi abuela Ana, por su cariño, sus consejos llenos de experiencia y por ser para mí un ejemplo de superación. Los amo.

A mi compañero en este trabajo de grado Paul Ortiz, quien además considero uno de mis mejores amigos, gracias por todos los buenos momentos que pasamos en nuestra etapa universitaria, deseándote mucho éxito en el futuro y que nuestra amistad prevalezca a través de los años.

Agradezco también a varios de mis compañeros de clases, que más allá de eso se convirtieron en amigos, haciendo mi experiencia en estos cuatro años muchísimo mejor ustedes, Laura Piedrahita, Maria Laura Delgado, Hermes Castellano, Sonya Daniel, Rafael Sánchez, Eliezer Maduro y Eduardo Rodríguez a quien hago una mención especial a quien, con mucha paciencia, más de una vez me ayudó a comprender y salir de dudas en muchísimos temas relevantes a la carrera.

Por último, agradezco a los amigos que, aunque no son de mi carrera y algunas quizás no de la misma universidad, viví con ustedes momentos inolvidables que definen lo mucho que disfrute toda esta etapa. Martín Laya, Ricardo Izarra, Anakarina Alvarado, Manuel Ordoñez, Daniela Meléndez, Mariemilia Gómez, Oriana Pulgar, Martín Sánchez y Jesús Figueira. Gracias por haber hecho increíbles estos cuatro años.

Daniel Dania.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance.....	6
1.6 Limitaciones.....	6
II MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Bases Teóricas.....	11
2.2.1 Drone o UAV.....	11
2.2.2 Estación de Control Terrestre	12
2.2.3 Clasificación.....	12
2.2.4 Componentes.....	15

2.2.5	Sensores.....	27
2.3	Bases Legales.....	28
2.4	Definición de Términos Básicos	29
III	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1	Tipo de Investigación	31
3.2	Diseño de la Investigación.....	31
3.3	Nivel de la Investigación.....	32
3.4	Población y Muestra.....	32
3.5	Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	33
3.5.1	Técnicas de Recolección de Datos.....	33
3.5.1.1	Revisión Documental.....	33
3.5.1.2	Entrevista.....	34
3.5.2	Instrumentos de Recolección de Datos.....	34
3.5.2.1	Instrumentos de Registros.....	34
3.6	Fases de la Investigación.....	34
IV	RESULTADOS	37
4.1	Fase I:.....	37
4.1.1	Conclusiones de la Entrevista.....	39
4.2	Fase II.....	40
4.2.1	Medición de Gases.....	40
4.2.2	Medición de Temperatura.....	44
4.2.3	Localización.....	45
4.2.4	Detección de Imagen.....	46
4.2.5	Iluminación y Alarma del Sistema.....	47
4.2.6	Alimentación del Sistema.....	48
4.2.7	Procesamiento de la Información y Comunicación.....	48

4.3	Fase III.....	49
4.3.1	Plano de Conexiones Nvidia Jetson Nano.....	50
4.3.2	Esquema de Conexiones del Sistema.....	51
4.3.3	Estructura de Funcionamiento.....	53
4.3.3.1	Estructura General del Sistema de Supervisión y Detección UAV.....	53
4.3.3.2	Estructura de Funcionamiento de Sensores.....	54
4.3.3.3	Estructura de Funcionamiento de Cámaras.....	56
4.3.3.4	Estructura de Funcionamiento GPS.....	57
4.3.4	Simulación.....	59
4.3.5	Diseño de Ensamblado del Sistema.....	60
4.4	Fase IV.....	65
	CONCLUSIONES.....	70
	RECOMENDACIONES.....	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	ANEXOS.....	76
	ANEXO A. Carta de Validación del Instrumento.....	
	ANEXO B. Formato de Validación de Instrumento – Juicio de Expertos.....	
	ANEXO C. Hoja de datos de Sensor de oxígeno Luminos-O2.....	
	ANEXO D. Hoja de datos de Sensor de Metano MQ-2.....	
	ANEXO E. Hoja de datos (parcial) convertidor ADC Adafruit MAX31865.....	
	ANEXO F. Hoja de datos (Parcial) Cámara IMX477.....	
	ANEXO G. Hoja de datos (Parcial) Cámara Termal ZX-	

ANEXO H. Hoja de datos (Parcial) Cámara Termal ZX-IXM26.....

ANEXO I. Hoja de datos (Parcial) Nvidia Jetson Nano.....

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	pp
1	Protocolos de comunicación para aplicaciones de UAV	23
2	Distintos firmwares para configuración del FC.....	26
3	Distintos firmwares para configuración del ESC.....	27
4	Efectos de los niveles de oxígeno en el cuerpo humano.....	41
5	Pines GPIO para funciones específicas.....	53
6	Descripción de precios del sistema.....	66
7	Costo de modelos existentes en el mercado.....	67
8	Comparación de costos.....	68

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	pp
1	Tipos de procesadores para usos de UAV.....	19
2	Cantidad de UARTs según el tipo de procesador.....	20
3	Tipos de Unidad de Medición Inercial.....	21
4	Sensor de Oxígeno LuminOX LOS	42
5	Sensor de la Gama MQ-X para medición de gases.....	44
6	Termocupla tipo K, Fluke 80PK-26.....	45
7	Módulo GPS Adafruit MTK3339.....	46
8	Cámara de Alta Resolución Sony IMX477.....	46
9	Cámara termal ZX-IRA26.....	47
10	Placa de Desarrollo Nvidia Jetson Nano.....	48
11	Plano de Conexiones de la Placa de Desarrollo Nvidia Jetson Nano.....	50
12	Esquema de Conexiones del Sistema.....	51
13	Disposición de Pines GPIO en la placa Nvidia Jetson Nano.....	52
14	Estructura general del sistema de supervisión y detección UAV....	53
15	Estructura de Funcionamiento de Sensores.....	55
16	Estructura de Funcionamiento de Cámaras.....	56
17	Estructura de funcionamiento GPS.....	58
18	Visualización de ambas cámaras en situación de escape de humo debido a incendio.....	59
19	Visualización de ambas cámaras en situación de incendio.....	60
20	Vista frontal del Sistema.....	61
21	Vista lateral derecha del sistema.....	61
22	Vista lateral izquierda del sistema.....	62

23	Vista lateral derecha del sistema, con una inclinación.....	63
24	Vista lateral izquierda del sistema, con una inclinación.....	63
25	Vista lateral izquierda visto desde la parte trasera del sistema.....	64
26	Vista inferior del sistema.....	64
27	Vista superior del sistema.....	65
28	Gráfica de comparación de costos.....	68



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA
DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, MSc. Agustín Larez, portador de la cédula de identidad N° 8.155.922, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Dania Daniel, portador de la cédula de identidad N°27.518.507 y el ciudadano Ortiz Paul portador de la cédula de identidad N°27.289.350, titulado **“DISEÑO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y DETECCIÓN ELECTRÓNICA (UAV) PARA LOCALIZACIÓN DE VÍCTIMAS DE UN DESASTRE NATURAL O EMERGENCIAS”**, presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los veintiséis días del mes de octubre del año dos mil veinte

MSc. Agustín Larez
C.I. 8.155.922



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y DETECCIÓN ELECTRÓNICA
(UAV) PARA LOCALIZACIÓN DE VÍCTIMAS DE UN DESASTRE
NATURAL O EMERGENCIAS**

Autor: Dania Daniel, Ortiz Paul.

Tutor: MSc. Agustín Larez.

Fecha: Octubre 2020.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el diseño de un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión electrónica para un vehículo aéreo no tripulado (UAV), con el fin de ser usado en situaciones de emergencias, como pueden ser los desastres a causa de fenómenos naturales. Su propósito será el de servir como una herramienta útil para distintos cuerpos de rescate, ya que permitirá al usuario que manipule dicha aeronave detectar las víctimas ocasionadas por el desastre. Una ventaja de este sistema es que las víctimas podrán ser encontradas en lugares que representarían un potencial riesgo la entrada de personas, así como también puede ser aplicado en escenarios donde no haya suficiente espacio para la entrada de otro tipo de vehículos, por lo tanto, se diagnosticarán las necesidades en cuerpos de bomberos y protección civil para que estas puedan ser tomadas en cuenta durante la etapa de diseño y así ser satisfechas. Seguidamente, aplicando teoría referidas al comportamiento de sensores y su programación, se podrá conocer valores de variables significativas en una emergencia, como lo son la temperatura, medición de gases como el monóxido de carbono y oxígeno ya que la vida humana puede depender de la cantidad que se concentre de estos en la atmósfera. Asimismo, se procederá a simular en un espacio virtual el funcionamiento y comportamiento del sistema de supervisión y detección en un UAV. En lo que se refiere al apartado metodológico, el presente proyecto es de tipo factible, considerado como investigación de campo y será llevado a un nivel descriptivo.

Descriptores: drone, UAV, simulación, detección, supervisión, servicios de emergencia, rescate, fenómenos naturales.

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de desastre, su origen suele estar en los fenómenos naturales o en las acciones del hombre que como consecuencia afecta negativamente a todos los seres vivos, donde en muchos casos resulta en la muerte de un número considerable de personas y además es la causa de otras pérdidas, siendo estas económicas, materiales y ambientales, alterando entonces destructivamente el funcionamiento de una comunidad o sociedad, para ejemplificar esto, se tiene la situación que atravesó Haití en enero de 2010, donde a causa de un terremoto con varias réplicas, ocasiono el deceso de unas 316.000 personas, donde además significó pérdidas de infraestructura en gran parte del país caribeño. Lo anteriormente mencionado se categoriza como un fenómeno natural de gran magnitud, como también lo pueden ser las inundaciones, huracanes, tormentas, tsunamis.

Por otro lado, los desastres provocados por el hombre pueden ser atribuidos a diversos factores, ya sean accidentales, por negligencia, así como también pueden ser provocados intencionalmente, citando un ejemplo, a la explosión en la planta nuclear de Chernóbil en el año 1986, siendo catalogado como el desastre natural más grave de la historia, cuyo origen fue debido a una avería e incendios en los reactores de la central nuclear, acabando inmediatamente con la vida de más de 30 personas, contaminando hasta el día de hoy las zonas aledañas a la planta, siendo estas parte de Ucrania, Bielorrusia y Rusia. Por lo tanto, el desastre a causa humana puede catalogarse en incendios provocados, explosiones, encuentros bélicos y fallas de tecnología.

Al día de hoy, existen las operaciones de búsqueda y rescate, las cuales dependen estrictamente de elementos capacitados de cuerpo de bomberos y unidades especializadas, ejecutando funciones como: Localización de víctimas, traslado de víctimas del lugar del suceso a una zona de acopio o a un centro médico según sea el caso, prestar primeros auxilios. Pero cada una de estas medidas varían dependiendo del caso. Pero en todas estas situaciones, los profesionales a cargo ponen en riesgo su integridad al ayudar y colaborar en el rescate de dichas víctimas.

Gracias a los avances tecnológicos se desarrollan cada vez más herramientas para este tipo de situaciones de tal forma se faciliten y sean más seguras para el personal capacitado la ejecución de búsqueda y rescate, por lo tanto, el presente trabajo de investigación se basa en el desarrollo y diseño de un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión electrónica para un vehículo aéreo no tripulado con la finalidad de buscar e identificar de forma remota las víctimas en situación de emergencia a causa de un desastre.

El proyecto está dirigido a localidad de San Antonio de Los Altos, municipio Los Salias, Edo. Miranda. Siendo desarrollado en la Universidad José Antonio Páez ubicada en el Edo. Carabobo, además entonces, cumpliendo la normativa para presentación de la Universidad José Antonio Páez, dicho proyecto estará estructurado como se describe a continuación:

Capítulo I: En este se trata el problema que debe ser resuelto, se describe la situación por la cual se está pasando, además de establecer los objetivos, general y específicos que tendrá la investigación, una vez definido los parámetros anteriores, se procederá a la justificación y alcance de dicho trabajo.

Capítulo II: Se refiere al apartado teórico de la investigación, como lo son las investigaciones previas que sirven de base para el presente trabajo, bases teóricas y legales que respaldan la elaboración del mismo, así como también la definición de términos básicos.

Capítulo III: Conformado, por el marco metodológico, se describe el tipo y diseño de la investigación, se detallan las fases para cumplir los objetivos específicos del trabajo, el nivel de investigación, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

Capítulo IV: Se basa en los recursos empleados en el trabajo de investigación así en el proceso de diseño del sistema planteado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

“Los desastres son eventos extraordinarios que originan destrucción considerable de bienes materiales y pueden dar por resultado muerte, lesiones físicas y sufrimiento humano. Estos sucesos pueden ser causados por el hombre o por causas naturales.” (Cohen, Ahearn; 1990).

Un desastre, puede ser cualquier catástrofe causada por un fenómeno natural o también a causa del hombre, de tal forma, tornados, tormentas tropicales, terremotos, sismos, incendios e inundaciones serán considerados como los principales fenómenos naturales que puedan ocasionar desastres. Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, la población puede ser afectada por: damnificaciones, destrucción de infraestructuras y en especial pérdidas de vidas humanas. Para el año 2016, la ONU estimó que alrededor de 1.35 millones de personas han muerto en los últimos 20 años por fenómenos naturales, esto debido a las 7.056 catástrofes sucedidas a nivel mundial en ese lapso de tiempo. Según CRED (Centro de Investigación sobre la Epidemiología de Desastres), los desastres a causa de fenómenos naturales que más mortalidad han causado son terremotos y tsunamis, cuyo impacto se concentra en áreas específicas de pobreza, reflejando las desigualdades del mundo. Radicándose, la mayor cantidad de afectados en los siguientes países:

Haití, con 229.699 muertos, igualmente, Indonesia 180.136 y Birmania 139.515. Por desastres a causa del hombre: China (123.937), India (97.691), Pakistán (85.400), Rusia (58.545), Sri Lanka (36.433), Irán (32.181) y Venezuela (30.319). En estos casos, es importante conocer la cantidad de víctimas desaparecidas o atrapadas al estar en sitios que se volvieron impenetrables debido al desastre. En Venezuela, han sucedido numerosos casos de desastres naturales, con numerosas

víctimas fatales, como son La Tragedia de Vargas en 1999, el Terremoto de Cariaco en 1997, La Tragedia del Limón en 1987, el Terremoto de Caracas en 1967. En el ámbito nacional, es escasa la información actualizada y validada sobre la vulnerabilidad de sus habitantes ante el riesgo de una amenaza natural. Para el año 2014, se constituye un equipo conformado por universidades del país entre ellas la Universidad Central de Venezuela, Universidad Simón Bolívar y Universidad Católica Andrés Bello, cuyo resultado es la realización de la Encuesta Sobre Condiciones de Vida en Venezuela (ENCOVI), con la finalidad de producir información relevante y actual que permita conocer las condiciones de vida de la población venezolana.

Según la ENCOVI, Venezuela, por sus características climáticas y por su ubicación, se encuentra expuesta al riesgo de inundaciones, tsunamis, incendios, deslizamientos y tormentas. Por su parte, la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) establece que el 80% de la población vive en zonas de alta amenaza sísmica, lo cual aumenta a medida que se eleva la cantidad de habitantes y las inversiones en infraestructura en estas localidades. En Venezuela, grupos como Protección Civil o Bomberos, no cuentan con el personal suficiente para monitorear o atender ante este tipo de situaciones. Por estas razones, es necesario, la implementación de herramientas, que permitan disminuir la cantidad de afectados en caso de estos eventos fatídicos. El uso de UAVs o Drones, permiten ser empleados para solucionar problemas de seguridad ciudadana ya que con estos se puede realizar video vigilancia programada, localización de objetos y personas, así como coordinación logística en tiempo real.

1.2 Formulación del Problema

Basado en lo expuesto en el planteamiento del problema; ¿Cómo se puede disminuir o reducir el impacto en la población cuando ocurren desastres o emergencias a través de la supervisión?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer el diseño de un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión electrónica (UAV), para la localización de víctimas de un desastre o emergencia causados por fenómenos naturales.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la operatividad de las unidades de atención, búsqueda y rescate de víctimas de un desastre o emergencias en San Antonio de Los Altos, municipio Los Salias, Edo. Miranda.
- Identificar los parámetros operativos para un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión electrónica (UAV) permita la localización de víctimas de un desastre o emergencias por fenómenos naturales.
- Diseñar un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión (UAV) para la localización de víctimas de un desastre o emergencias por fenómenos naturales.
- Realizar un estudio de factibilidad técnica, operativa, económica, social y ambiental para la implementación del proyecto UAV.

1.4 Justificación

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) tienen diferentes funciones que son fundamentales dentro de la sociedad, desde propuestas comerciales hasta el rescate de personas, siendo esta última, el propósito de la presente investigación, ya que la posibilidad de volar a cierta altura junto con una cámara de alta calidad que transmite en tiempo real junto a la interacción con otros sensores, permite optimizar el tiempo en el reconocimiento de personas perdidas en bosques, montañas o la locación donde haya ocurrido algún desastre o accidente en los cuales el espacio sea muy reducido o de alto riesgo para la entrada de personal humano o vehículos. Por lo cual, para el uso correcto de este vehículo, se debe conocer las necesidades de los cuerpos de rescate siendo estos quienes lo manipulen.

Además de estas ventajas, el UAV provee una seguridad para los operadores debido al hecho, de que gracias a sensores que tiene a bordo este puede analizar los niveles de gases y temperaturas, para que así los rescatistas puedan tomar medidas a adecuadas y no estar en riesgo, en caso de que no sea posible garantizar la seguridad de los rescatistas el dron de igual manera provee una ayuda significativa, debido al hecho de que al localizar las personas en situaciones críticas (ya sea después de un terremoto o durante un incendio) esto le permite al rescatista trazar la ruta más óptima para llegar hacia él, exponiéndose al peligro la menor cantidad de tiempo posible.

1.5 Alcance

La presente investigación se basa en la proposición de un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión electrónica (UAV), cuya principal finalidad será la localización de víctimas de una situación de emergencia o desastre, contribuyendo en actividades de búsqueda y rescate. Por consiguiente, será necesario diagnosticar la situación actual referente a la operatividad de las unidades pertinentes en dicho municipio, siendo estas unidades grupos de Protección Civil o Bomberos, al mismo tiempo, se requerirá la identificación de los parámetros necesarios para este tipo de situaciones, con la intención de diseñar en un entorno virtual dicho UAV, concluyendo con una simulación a través de software para comprobar el funcionamiento del dispositivo.

1.6 Limitaciones

Existen diversas limitaciones en términos de información en cuanto al tema en el ámbito nacional ya que es muy escaso el material disponible. Por razones económicas, no será posible el desarrollo físico de la aeronave junto a todos sus componentes requeridos, por lo tanto, esta investigación se centrará de forma digital al desarrollo de su sistema de supervisión y detección electrónica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Arias (2016, pg.106). “El marco teórico o marco referencial, es el producto de la revisión documental-bibliográfica y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación a realizar.” Este capítulo consistirá en la teoría relacionada con el problema de estudio.

2.1 Antecedentes

Fidias Arias (2016), explica el propósito de los antecedentes de la investigación siendo entonces: “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones.” Por lo tanto, Arias se refiere a los antecedentes como trabajos de investigación previos que traten temas afines que servirán de referencia para el presente trabajo. De acuerdo a esto, las investigaciones que manejan variables y objetivos similares son las siguientes:

Ruiz, M; Ndoma, A. (2018). Desarrollaron una investigación titulada “**Los usos de los Vehículos Aéreos No Tripulado, en la logística social: Respuesta en desastres naturales y ayuda humanitaria**” para la Universidad de Malaya en Malasia, para participar en el ICTE (Congreso Internacional de Elementos Transponibles) del año 2018, en el área de Transporte y Logística. Dicha investigación consistió en cómo se puede transportar insumos para ayudar a los sobrevivientes de estos desastres, tomando en cuenta problemas como la alta probabilidad de que existan fallas en los sistemas de comunicaciones y servicios básicos. Además, los autores proponen un sistema inteligente de UAV llamado Smart-Platforms (SP) y este pueda

ser usado en los distintos tipos que existen de UAVs, preferiblemente en los Quadcopter (un tipo de aeronave parecida a un helicóptero, pero con múltiples rotores). Para esta investigación tomaron en cuenta aspectos relevantes al tipo de vuelo de las distintas aeronaves, como lo es su tipo de despeje y aterrizaje, su forma y peso, y el tipo de energía que funcione pudiendo ser un motor eléctrico o a combustión. Es importante resaltar que los autores además proponen dos tipos de SP, uno diseñado para bomberos y otro para envío de provisiones con el fin de suplir las necesidades de las víctimas. Además, se exponen ciertos factores técnicos con los que el UAV debe contar para que el proceso sea óptimo:

- Debe tomarse en cuenta el tamaño y peso del diseño, de tal forma que se pueda ahorrar más batería y tener un mejor desempeño en el motor.
- El voltaje de las baterías son un factor crucial en el tiempo de vuelo de un UAV, en especial si la dirección del vuelo es hacia distancias lejanas.
- Se debe considerar el tamaño y potencia del motor eléctrico, pues de este dependerá la velocidad y la capacidad de carga que pueda transportar la aeronave.
- Es importante considerar la cobertura de la antena, así como su sistema de posicionamiento, los cuales deben mantener una larga recepción para obtener una mejor localización del dispositivo.
- El piloto debe contar con experiencia, para que el vuelo sea estable y tenga una precisión alta al momento de entregar carga en el área afectada.
- El sistema debe contar con un control de velocidad electrónico, de tal forma se puede tener una conexión entre baterías y motores eléctricos, pero en especial en el sistema de propulsión.
- El rol de las hélices dependerá de su diseño y el material con que se construya para generar una buena propulsión y estabilidad en el aire.
- Por último, el sistema de cámara debe ofrecer una buena calidad para fotos y videos con una buena resolución.

De igual forma, Homainejad, N. (2017) presentó un trabajo de investigación para optar a una Maestría en Investigación Por la Universidad de New South Wales en Australia. Dicho trabajo se titula: “**Aplicación de múltiples sistemas de aeronaves para la mitigación de incendios forestales**”.

En su investigación, explica que Australia es uno de los países más propensos a incendios en el mundo, por lo cual propone el uso de UAVs equipados apropiadamente con sensores que capten imágenes e información de dichos incendios forestales, gracias a que estos pueden volar a distintas altitudes y en condiciones riesgosas. La autora, evalúa diversas condiciones que puede tener el incendio, como la forma y posición del fuego, su tasa de propagación, la altura máxima de las llamas. Se integra en una base de datos del sistema de información geográfica (GIS), donde puede proporcionar poderosas ventajas analíticas para los servicios de emergencia, pudiendo así predecir la evaluación del incendio, determinar las zonas seguras, evacuación de civiles y determinar los protocolos a seguir en la extinción del fuego.

Para esta investigación, se hizo un énfasis en detallar cada tipo de incendio, la forma en que se desarrolla cada uno de estos y su comportamiento. Esta tesis es afín al presente trabajo, por lo cual servirá de referencia en el desarrollo de este.

Cabe citar el estudio de Marimon, J; López, A. (2013). Quienes, para su obtención de título de Ingeniero, desarrollaron una tesis titulada “**Detección de personas desde aviones no tripulados UAV**”. Dicho trabajo tiene como objetivo general, el desarrollo de una aplicación para pilotear un dron y obtener imágenes en tiempo real para así poder implementar su software de identificación de personas. Y sus objetivos específicos se enfocan en el diseño de una aplicación capaz de comunicarse con el dron. Además de adaptar la misma aplicación para obtener información de los diferentes sensores que se encuentran en el dron. Clasificar la gran cantidad de datos que se reciben para que cumpla los requisitos del algoritmo de detección de personas, por último, evaluar los resultados del algoritmo de detección de personas.

Los autores, categorizan las diferentes partes que deben ser estudiadas de los UAV para así desarrollar la aplicación con éxito:

- Fusión de Sensores: Combinar información desde diversos dispositivos, para ser utilizados en la aplicación.
- Comunicaciones: Realizar la coordinación entre múltiples agentes.
- Desplazamiento: Para conseguir los distintos movimientos del dron (avanzar, retroceder), se deben modificar la velocidad de los rotores individuales.
- Generación de Trayectorias: Determinar la maniobra óptima para llegar o seguir a un objetivo determinado.

Además, se encargaron del desarrollo de una aplicación para el control del dron, considerando conceptos aerodinámicos importantes, como lo son: Geometría y configuración del ala, fuerzas que actúan sobre un avión, centro de gravedad, centro de presión, centro aerodinámico, diedros, ejes de translación y rotación de la aeronave, principales superficies de control de un avión y softwares para el diseño.

Por último, se considera la investigación realizada por Castellano, H. (2020). Titulado: **“Diseño de Robot Modular-Cooperativo para Operaciones de Búsqueda y Rescate. Caso: Universidad Simón Bolívar, Edo. Miranda, Venezuela.”**. Siendo un Trabajo de Grado que le permitió al autor optar al título de Ingeniero Electrónico, el mismo consta en una propuesta de diseño de un robot modular y cooperativo que pueda ser usado en diversas aplicaciones de búsqueda y rescate o situaciones de emergencia. Para llevar a cabo esta investigación, Castellano clasificó el trabajo en diversas fases, con el fin de cumplir cada objetivo específico, que en resumen se basaron en: Diagnóstico de la situación actual referente a los equipos de rescate de la zona a estudiar, llevar a cabo el diseño del robot-modular cooperativo y por último realizó una evaluación para determinar la factibilidad del proyecto.

En este trabajo, Castellano hizo uso de diversas herramientas computacionales y de programación, como lo son los simuladores ROS y V-REP, los cuales le permitieron

al autor tener una representación de su diseño en un entorno virtual, de tal forma poder desarrollar y evaluar el comportamiento de su proyecto. Siendo esta investigación afín y compartiendo puntos de vista sobre lo que se quiere lograr con el presente trabajando, por lo cual será tomado como referencia.

Todo lo anteriormente dicho, será considerado para la realización del presente trabajo, en especial la metodología usada para comunicación e interconexión de sensores que permitan supervisar y detectar variables en el prototipo, ya que el diseño del sistema de supervisión es el objetivo general de esta tesis.

2.2 Bases Teóricas

Arias (2012, pg.107) afirma que: “Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado”. De tal forma, a continuación, se detallará cada concepto primordial para el desarrollo del presente trabajo investigativo.

2.2.1 Drone o UAV

Rodríguez (2017) define estos dispositivos como: “Cualquier tipo de “aeronave no tripulada” donde se ha sustituido la tripulación a bordo, por un procesador de información y una conexión mediante radio.”

Kreps, S. En su libro titulado: “Drones: Lo que todos necesitan saber”. Explica que el término “drone” hace referencia a “Unmanned Aerial Vehicle” (UAV), en español: “Vehículo Aéreo No Tripulado”. Este dispositivo también obtiene otras denominaciones según sea la organización que lo utilice, sucediendo esto mayormente en el ámbito militar, como puede ser: La Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos, se refiere a estos como “Unmanned Aerial System” (UAS, en español, Sistema Aéreo No Tripulado). La Fuerza Aérea de los Estados Unidos, conoce dichas aeronaves como “Remotely Piloted Aircraft” (RPA, en español, Aeronave Pilotada A Distancia). Dicho esto, un drone será cualquier nave aérea que vuele sin tripulación, la cual ejerce su función de manera remota, dicho vehículo debe ser reutilizable, capaz de

mantener de manera autónoma un nivel de vuelo controlado y sostenido, siendo propulsado mediante un motor (en este caso, eléctrico).

Anteriormente, se mencionó que el dron o UAV debe ser capaz ejecutarse de manera autónoma, esto quiere decir que no sólo podrá ser pilotado por un operador humano, sino que podrá volar autónomamente gracias a un algoritmo en el cual se ejecutará el plan de vuelo ordenado a través de un software y siguiendo sistemas de posicionamiento por coordenadas como el GPS o GLONASS. Al contar con estos sistemas de posicionamiento, así también con giroscopios, permiten que al detectar algún problema de funcionamiento o perder señal con el operador, el dron puede regresar automáticamente a la base. Siendo esto una característica importante que debe cumplir cualquier UAV.

2.2.2 Estación de control terrestre

Este término se refiere al centro de control terrestre o marítimo donde se ubican las instalaciones para el control humano del UAV. También se entiende por este término, al software implementado para establecer una comunicación inalámbrica a distancia con la aeronave en tiempo real, como puede ser la transmisión de información a través de video. En esta estación de control serán establecidas las misiones, configuraciones y demás parámetros que serán ordenados al dron.

2.2.3 Clasificación de los UAVs o Drones

Hay muchas variedades de drones que se pueden encontrar fácilmente, y todas ellas están sirviendo en diferentes aplicaciones, por lo que no podemos definir ningún conjunto de criterios para su clasificación. Dependiendo de la necesidad o de las aplicaciones, pueden tener un tamaño y diseño variable. Una de las aplicaciones más comunes de la tecnología de drones es en el ejército, ya que ayuda a controlar los temas relacionados con la vigilancia. Los lugares donde los humanos no pueden entrar directamente pueden ser fácilmente monitoreados por una unidad de vuelo aéreo y también puede capturar fotografías de lugares críticos. Gonzáles, M. (2018).

Haciendo énfasis en este concepto en el cual no existe criterio formal para dividir las distintas aeronaves no tripuladas, se procederá a clasificarlas según características diferenciales y sus tipos.

- **Por sus alas:**

Ala rotatoria: También conocidos como multirrotores, son el tipo de drone más comercializado y utilizado tanto por profesionales como aficionados, un multirrotor se distingue por la cantidad de hélices que posee, siendo estas las responsables de la sustentación a través de las fuerzas que generan sus rotores. Estos dispositivos cuentan con una gran versatilidad para la adaptación de cámaras u otros accesorios, cuentan con un despegue y aterrizaje de forma vertical esto permite que puedan despegar y aterrizar en cualquier lugar, además de poder ejecutar vuelos estacionarios, ideales para trabajos de inspección. Se pueden sub-clasificar según su número de hélices o rotores.

- **Tricopter:** Cuentan con 3 motores que impulsarán a su vez 3 hélices, tres controladores, cuatro giroscopios y un solo servo.
- **Quadcopter:** Funciona con 4 motores, de los cuales 2 rotores girarán en sentido horario, mientras que los otros 2 en sentido anti horario, de tal forma facilitará el despegue y el aterrizaje.
- **Hexacopter:** Su funcionamiento es bastante similar al explicado en el quadcopter, posee 6 motores, de los cuales 3 trabajarán girando sus rotores en sentido horario y los otros 3 girarán en sentido anti-horario. Estos 6 rotores, girando al mismo tiempo, permitirán obtener una mayor potencia, lo que se traduce en una mayor elevación en el vuelo.
- **Octacopter:** Es el tipo de dron de ala giratoria más potente, como su nombre lo indica, tendrá 8 motores enviando potencia a 8 hélices, siendo el mismo funcionamiento anteriormente visto en el quadcopter y hexacopter. Ofrece una gran estabilidad, lo que le permite tener aplicación en el campo de la fotografía profesional.

Ala fija: Este tipo de aeronave, muestra similitudes con los aviones tradicionales, tienen la capacidad de aprovechar el aire y generar fuerzas que les permite mantenerse en el aire aprovechando su aerodinámica. Su aplicación está en el mapeo de grandes superficies como lo es la agricultura y la fotogrametría, ya que posee una gran autonomía debido a que el aprovechamiento de la aerodinámica y lo liviano de su diseño permitirá que estos drones puedan mantenerse flotando en el aire, con una sola batería prolongadamente. Una desventaja respecto a los UAVs de ala giratoria es que estos no pueden mantener el vuelo en un punto fijo ni realizar el despegue de forma autónoma.

- **Por sus motores:**

- Motores con escobillas: Es el tipo de motor comúnmente presente en gran cantidad de drones de ocio. Estos tipos de motor, son más económicos, pero requieren un mayor mantenimiento que motores sin escobillas.

Este tipo de motor no se conecta directamente a la hélice, suele usarse un mecanismo de ruedas llamado “reductora” el cual consiste en una pequeña rueda dentada en contacto con el motor, la cual provocará el giro de una rueda dentada más grande y esta moverá el motor, lo cual permite reducir la velocidad y potencia del motor, permitiendo así un mejor manejo del dron y alargar la vida útil del dron puesto que no se lleva el motor a su límite.

- Motores sin escobillas: O también conocidos como brushless, a diferencia del caso anterior y como su nombre lo indica no cuenta con escobillas haciendo contacto con el rotor, por lo cual se reduce en gran parte el mantenimiento haciéndolo mínimo. La potencia de estos motores es mucho mayor a los de escobillas, ofreciendo velocidades de 150/200 km/h, mientras que los que poseen escobilla tienen un máximo de 50-70 km/h.

- **Por su método de control:**

- Drone autónomo: No depende de un piloto controlando remotamente el dispositivo. Poseen sistemas que permiten programar su ruta de vuelo, contando con sistemas de localización como GPS o GLONASS de tal forma poderse comunicar con la aeronave en tiempo real.
- - Drone controlado remotamente: Es el método más común, se refiere a que la aeronave será pilotada mediante un radio control por el usuario.
- Drone monitorizado: Se basa en las dos sub-clasificaciones anteriores, es decir, el usuario puede decidir entre pilotarlo remotamente o programar una ruta y que el dron vuele de manera autónoma, pero siempre debe estar bajo la supervisión del piloto.
- **Por su rango de vuelo:**
 - Rango muy cercano: Capaces de volar hasta 5Km con una autonomía que se encuentra entre 20 a 45 minutos de vuelo cuando cuentan con potentes baterías.
 - Rango cercano: Aumenta la capacidad de vuelo, permitiendo viajar en un rango de 50 Km con una batería que puede durar 1 a 6 horas en descargarse. Son usados en labores de vigilancia.
 - Rango corto: Superior a los mencionados anteriormente, estos UAVs pueden desplazarse en un radio de 150 Km, con un tiempo de vuelo de 8 a 12 horas. Aplicaciones: Reconocimiento y espionaje.
 - Rango medio: Cubre un área de un máximo de 650 Km. Usados para vigilancia y recolección de datos meteorológicos.
 - Resistencia: Es superior a todos los demás dentro de esta clasificación, pues es exclusivo de uso militar, posee un tiempo de vuelo de 36 horas.

2.2.4 Componentes

Al igual que todo dispositivo electrónico, factores como: Su diseño, desempeño, autonomía dependerá de los componentes o partes que lo conformen. Se definirá

entonces componente electrónico, como todo elemento que forme parte del circuito electrónico. Siendo entonces componentes del dron:

- **Chasis o Marco:** Es la estructura central de la aeronave, en el chasis es donde se implantarán el resto de componentes, en él se determinará su tamaño y otras características, como puede ser el tipo de UAV que se diseñará. El material de dicha estructura, variará según factores como uso y precio, los hay de fibra de carbono, siendo un material pesado y resistente. Asimismo, está la fibra de vidrio, los cuales ofrecen una menor resistencia, haciendo que el dron sea más débil; de plástico, siendo generalmente usado en drones de iniciación debido a que es el más económico. Los UAVs de uso profesional o militar, utilizan materiales como aluminio, magnesio y titanio.

Consideraciones respecto a la estructura:

- La capacidad interna para el resto de elementos que posee el dron.
 - La rigidez estructural de la forma.
 - Características aerodinámicas que reduzcan lo máximo posible la resistencia que el aire genera sobre el dispositivo.
- **Grupo motopropulsor:** Sin una fuente que genere una fuerza de impulso el UAV nunca podría desprenderse del suelo. El grupo motopropulsor será el conjunto de motores y hélices capaces de despegar, aterrizar y mantener en el aire dicha aeronave. Siendo entonces:
 - Motores: Es la máquina eléctrica más conocida, el principio de funcionamiento de un motor es convertir energía eléctrica en energía mecánica, dicha conversión de energía creará un movimiento circular que pasa a transmitirse a las hélices del dron, causando un empuje que permitirá que este despegue. El motor será el encargado de mantener el dron en el aire, como se explicó en anteriormente en el apartado de clasificación, los motores pueden variar dependiendo si tiene o no tiene escobillas, en este trabajo se considerará el modelo brushless (sin

escobillas), ya que este tipo de motor brinda una mayor potencia y precisión, además de una mayor duración en la batería, mayor rango de velocidades, vida útil y menor interferencia electromagnética.

La carcasa de los motores se puede elegir para minimizar el peso, materiales como los termoplásticos y aleaciones de aluminio son usados generalmente por su buena relación resistencia/peso. Sin embargo, los motores pueden generar un calor significativo, por lo tanto, se usan materiales con alta conductividad térmica, como el aluminio para refrigeración del motor.

- Hélices: Mantero, E (2018), describe así el funcionamiento de las hélices: Permite elevar al dron en el aire, son guiadas por la potencia que le transmiten los motores. Estas hélices suelen contar dos o tres aspas, las primeras son más usadas debido a que las de tres aspas, aunque ofrezcan una mayor estabilidad, consumen más energía. En cuanto mayor sea la longitud de la hélice mayor será su empuje y a su vez mayor consumo de corriente.

Las hélices giran a altas velocidades, por lo que tienden a absorber la mayor cantidad de desgaste cuando el dron vuela. Al igual que los materiales del chasis, se debe escoger un material óptimo para las hélices, maximizando la resistencia del material y minimizando el peso. Algunas hélices son hechas de compuestos reforzados con fibra de carbono. En un UAV, las hélices cumplen distintos usos pudiéndose diferenciar de la siguiente manera:

Hélice standard: Se ubica en la posición frontal del dispositivo, siendo estas responsables de la movimiento y dirección del mismo.

Hélice de empuje: Como su nombre lo indica, son las encargadas del empuje del dron hacia adelante y hacia atrás durante el vuelo, se ubican normalmente en la posición trasera de la aeronave. Su funcionamiento consiste en cancelar los torques del motor durante el vuelo estacionario.

- **Baterías:** Son la fuente de energía de todo el sistema, proporcionan el voltaje necesario para que funcionen los demás componentes y por lo tanto pueda funcionar el dron. El tipo de batería usada para vuelo de UAVs son las de polímeros de litio (LiPo), ya que tienen una alta densidad de energía, alta velocidad de descarga y peso ligero.

Las baterías LiPo, usadas en RC están compuestas de celdas individuales conectadas en serie. Donde cada celda tiene un voltaje nominal de 3.7V, por lo tanto, el voltaje se definirá simplemente con su número S, siendo S = 1 celda. Entonces, baterías que van desde 1S hasta 6S (22.2V). El voltaje es proporcional a la velocidad en los motores, mientras más voltaje proporciona la batería mayor será la velocidad del dron.

Otro punto a considerar respecto a la batería es su capacidad, en una LiPo esta variable se mide en mAh (miliamperios / hora), es decir la cantidad de corriente que se podrá extraer con respecto al tiempo (una hora) hasta que se vacíe. Por ejemplo, teniendo una batería LiPo de 1300 mAh, se descargaría completamente en una hora si se consumen 1.3 Amperios. Hay un compromiso entre la capacidad y el peso para definir el tamaño óptimo de la batería que usará el dron, debido a que a mayor tamaño mayor tiempo de vuelo, pero asimismo el tamaño aumentará el peso, lo que disminuye el tiempo de vuelo.

El C Rating es un factor que se refiere a la rapidez con que una batería puede ser descargada de forma segura. Cuanto más rápido los iones fluyen del ánodo al cátodo indicará la tasa de descarga.

Pudiéndose calcular la máxima descarga con la siguiente ecuación:

$$\text{Máxima Descarga} = C \text{ Rating} \times \text{Capacidad}$$

- **Controlador de vuelo:** Liang, (2014) en referencia al componente:
El controlador de vuelo (FC), es el cerebro de la aeronave. Es una placa de circuito que posee una gama de sensores que detectan el movimiento del dron, así como los comandos del usuario. Con estos datos, podrá controlar

la velocidad de los motores para hacer lo que la nave se mueva según las instrucciones.

En acuerdo a lo expresado por Liang dicha placa, está basada en circuitos integrados, concretamente se trata de un microcontrolador, en su circuito también estarán los sensores que mejorarán la experiencia del UAV, como pueden ser sensores que detectan cambios de orientación, además el principal propósito de dicho ordenador será recibir comandos del usuario, ejemplo de esto, un comando que permita controlar los motores para mantener el drone en el aire o vuelo estacionario. Así mismo, el usuario o desarrollador, podrá programar dicho controlador de vuelo para hacer maniobras agresivas, para despegar o aterrizar en superficies inclinadas, mejorar la comunicación.

Para la programación de dicho controlador, existen diversos tipos de Firmware, los cuales pueden variar según la aplicación que se desee hacer con el UAV, estos también ofrecerán una IGU o Interfaz Gráfica de Usuario, siendo este el enlace con el programador para configurar a través de computadora o Smartphone.

Se sabe que un microcontrolador es un circuito integrado cuyo propósito será ejecutar ordenes grabadas en su memoria, por lo tanto, su composición es básicamente la misma que la de una computadora. Por lo tanto, un elemento importante a la hora de programar el FC es considerar su procesador, ya que en estos se ejecutarán las ordenes impuestas por el programador. En las aplicaciones de drones hay 5 tipos: F1, F3, F4, F7 y H7. En estos sus principales diferencias radican en la velocidad de cómputo y tamaño de memoria. (Ver Fig.1).

	F1	F3	F4	F7	H7
Velocidad	72 MHz	72 MHz	168 MHz	216 MHz	480 MHz
Memoria	128 kB	256 kB	1 MB	1 MB	128 KB

Figura 1. Tipos de procesadores para usos de UAV.

Fuente: Liang (2020).

Diversos autores, recomiendan los procesadores F4 o F7, debido a que los F1 y F3 fueron descontinuados y por tanto retirados de versiones recientes de Firmware de programación de controlador de vuelo.

Estas placas además cuentan con una característica importante en su microcontrolador llamada UART acrónimo de Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, en español, Transmisor-Receptor Asíncrono Universal, es el dispositivo que permite controlar los puertos y dispositivos serie. Liang, los define como: “Un hardware con una interfaz serial que permitirá conectar dispositivos externos al controlador de vuelo como un receptor digital, telemetría, transponedor de carrera, entre otros”.

Cada UART cuenta con dos pines, uno TX para transmitir información y otro RX para recibir. La cantidad de UARTs dependerá del procesador con que cuente el controlador de vuelo. A continuación, en la Fig. 2 se detallarán el número de UARTs que cada procesador poseerá.

	F1	F3	F4	F7
Número de UARTs	2	3-5	3-6	6-7

Figura 2. Cantidad de UARTs según el tipo de procesador.

Fuente: Liang (2020).

También forma parte del controlador de vuelo, la Unidad de Medición Inercial, más conocida como IMU (Inertial Measurement Unit), es un dispositivo electrónico cuya función será medir e informar sobre la velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales con las que interactúe la aeronave en cuestión, está compuesto por combinaciones de acelerómetros y giroscopios. Gracias a la IMU se puede conocer las aceleraciones, desplazamientos y posiciones del drone. Trabaja con sistemas de posicionamiento como GNSS o GPS para asegurar mayor precisión de las medidas.

Para escoger una IMU, se deben tener en cuenta factores como tamaño peso y potencia, debido ya que, en algunas aplicaciones, puede causar efectos adversos como vibraciones y cambios bruscos en la temperatura. Tipos de IMU son:

IMU	Protocolo de Comunicación	Frecuencia Efectiva Máxima de Muestreo Giroscópico
MPU6000	SPI, i2c	8KHZ
MPU6050	i2c	4KHZ
MPU6500	SPI, i2c	32KHZ
MPU9150	i2c	4KHZ
MPU9250	SPI, i2c	32KHZ
ICM20602	SPI, i2c	32KHZ
ICM20608	SPI, i2c	32KHZ
ICM20689	SPI, i2c	32KHZ

Figura 3. Tipos de Unidad de Medición Inercial.

Fuente: Liang (2020).

La IMU más usada es la MPU6000, soportando una velocidad de muestreo de 8KHZ, debido a su buen comportamiento ante el ruido. Algunos autores, desarrolladores y usuarios han decidido evitar modelos como MPU6500 y MPU9250 al ser sensibles al ruido, a pesar de tener una mayor velocidad de muestreo.

- **Controlador electrónico de velocidad:** También conocido como ESC, acrónimo de Electronic Speed Controller. Es un circuito electrónico responsable de monitorear y variar la velocidad del drone durante el vuelo. También es responsable de la dirección de vuelo y variaciones en el frenado. Convierte la potencia DC a una potencia trifásica AC para alimentar motores sin escobillas. Liang, describe así la acción del ESC: “Recibe señales del controlador de vuelo y acciona el motor de vuelo a la velocidad deseada. El uso de un ESC de buena calidad significará tener una experiencia de vuelo confiable y sin problemas, aunque, por supuesto, hay otros factores a considerar”.

Al momento de escoger un ESC se debe considerar el rango de corriente. Los motores al girar, consumen corriente, si se consume más corriente de la que el ESC puede controlar, se sobrecalentará y habrá fallos eventuales, existiendo incluso la posibilidad de inflamar el ESC. Tres factores incrementan el consumo de corriente y por lo tanto forzarán el ESC:

- Motores con voltajes más elevados.
- Motores con medidas y dimensiones más grandes.
- Hélices con medidas y dimensiones más grandes.

De esta forma, hay dos rangos de corriente para un ESC: Continua y ráfaga. El primero se refiere, a la corriente máxima que puede soportar y trabajar de forma continua con esa corriente (se recomienda trabajar con valores por debajo del máximo). Y ráfaga quiere decir que el controlador electrónico de velocidad podrá con valores de corrientes por encima del máximo soportado, en períodos muy breves.

Al igual que los controladores de vuelo, los ESC también pueden ser programados mediante Firmwares como SimonK y BLHeli siendo estos el estándar. Estos controladores de velocidad, también poseen procesadores para ejecutar las ordenes, los más usados son Atmel, Silabs o ARM Cortex, según el modelo variará la versión de firmware.

Para comunicar el valor de las aceleraciones, el controlador de vuelo y es ESC deben ser capaces de entender entre sí. Por lo tanto, existen diversos protocolos de comunicación, siendo el más común PWM (Modulación por Ancho de Pulsos) este método se utiliza para generar una señal analógica utilizando una fuente digital su concepto radica en una señal cuadrada que varía el tiempo que se encuentra en estado alto sin variar su frecuencia, una manera más sencilla de explicar es que esta modulación funciona generando pulsos a alta frecuencia y al variar el tiempo de cada pulso se puede controlar el voltaje promedio en la salida.

En base a la evolución y desarrollo de estas aeronaves, se crearon nuevos protocolos basados en PWM, pero con tiempos de respuesta más rápido ya que se espera que las ordenes o comandos dados al UAV. (Ver. Cuadro 1).

Cuadro 1. Protocolos de comunicación para aplicaciones de UAV.

Protocolos	Tiempo de Respuesta
PWM (Standard)	(1000)

generalmente soportan voltajes hasta 6S, y este se conectará mediante 3 cables al motor brushless (trifásico). Un ESC, está compuesto por un microcontrolador y arreglos de transistores de tipo FET que funcionan como interruptores que secuencian la salida de voltaje.

- **Transmisor:** El transmisor o radiotransmisor (TX) es un dispositivo que permite al piloto controlar remotamente al UAV por medio de ondas de radio. El transmisor, es lo que se conoce como un control remoto. En el transmisor, existen canales, los cuales se encargan de enviar ordenes según el movimiento que se desee reproducir, un drone puede ejecutar 4 movimientos básicos, siendo estos:
 - Roll: Permite mover la aeronave, de izquierda a derecha en el aire.
 - Pitch: Inclinará el drone hacia adelante o hacia atrás.
 - Yaw: Rota el UAV en sentido horario o antihorario, permitiendo entonces realizar movimientos circulares en el aire.
 - Throttle: Controla la cantidad de potencia enviada al drone, lo cual hace que acelere o desacelere su velocidad.

Cada uno de los movimientos explicados anteriormente, necesitará un canal independiente, por lo tanto, lo normal es que un UAV conste de mínimo 4 canales diferentes en un modelo básico, existiendo buses seriales que permiten al transmisor tener hasta 10 canales y ejecutar esos movimientos de forma simultánea.

Estos dispositivos operan a una frecuencia standard de 2.4 GHz, para los protocolos de comunicación que efectuará con su contraparte, el receptor. Dichos protocolos son:

- PWM: Modulación por Ancho de Pulso. Protocolo clásico de comunicación, consta de una señal análoga que se transmitirá en un canal específico. Este protocolo suele ser lento en aeronaves que cuenten con más de 5 canales, por lo cual actualmente no es el recomendado.

- PPM: Acrónimo de Modulación de Ancho de Pulso, del inglés Pulse Position Modulation. Es una versión mejorada de PWM, donde todos los canales serán enviados en un mismo cable como una serie de pulsos temporizados, unos detrás de otros.
- PCM: La Modulación de Código de Pulso (Pulse Code Modulation), en un protocolo similar a PPM, pero este a diferencia de este, PCM es digital. Es más confiable y menos susceptible a interferencias, posee cualidades como la detección y corrección de errores.
- SBUS: Es un protocolo de comunicación, que soporta hasta 18 canales usando un solo cable de señal. Este protocolo se basa en comunicación serial de datos.
- **Receptor:** El ya explicado transmisor enviará las señales de radio a un receptor, que como lo indica su nombre recibirá dichos comandos. Se recomienda que el hardware del transmisor y del receptor sean del mismo fabricante, ya que para que puedan operar deben enlazarse, de no hacerse esto, no existiría comunicación transmisora/receptor.

Un receptor (RX) cuenta con características como:

- Telemetría: Información que transmite el RX de vuelta al TX, como el voltaje de la batería, amperaje utilizado, RSSI (indicador de fuerza de la señal de radio).
- Rango de señal: Es la distancia hasta la cual el receptor recibirá señal del transmisor. Generalmente, con una frecuencia de transmisor de 2.4 GHz (standard), el rango de señal puede ir desde los 300mts hasta 1.5 km.
- Función de redundancia: Se trata de dos antenas que posee el receptor, en caso de que una no reciba o tenga problemas en captar una señal, la otra será capaz de recibirla. Se debe considerar al momento de instalación de dichas antenas, ser separadas por un ángulo de 90°, de tal forma en caso de que la señal no llegue a una de las antenas, la otra si pueda recibirla.

Las órdenes recibidas por el receptor, serán luego enviadas al controlador de vuelo, donde se convertirán en acciones específicas de vuelo.

- **Firmware:** “El firmware forma parte del hardware, ya que se encuentra integrado a la electrónica, pero también es considerado parte del software, al estar desarrollado bajo un lenguaje de programación. Se podría decir que funciona como el nexo entre las instrucciones que llegan al dispositivo desde el exterior y sus diversas partes electrónicas”. Muñoz de Frutos, A (2016).

El firmware en un drone, permitirá programar y configurar dispositivos como el controlador de vuelo y el controlador electrónico de velocidad, de tal forma que se controlará el comportamiento de las variables deseadas. El firmware puede ser propio de una empresa, por lo cual solo será usado para sus productos, en este apartado solo se considerará firmware de código abierto. A continuación, se hará mención de firmwares disponibles para configuración según sea el componente (Ver. Cuadro 2,3).

Cuadro 2. Distintos firmwares para configuración del FC.

Firmware para Controlador de Vuelo
ArduPilot
BaseFlight
RaceFlight
KISS
OnePilot
Librepilot

Elaborado por: Dania, Ortiz (2020).

Cuadro 3. Distintos firmwares para configuración del ESC.

Firmware para Controlador Electrónico de Velocidad
BLHeli
BLHeli_S
SimonK
KISS

Elaborado por: Dania, Ortiz (2020).

2.2.5 Sensores

Perez, J; Gardey, A. (2010) Hacen alusión al significado de sensor como: “Un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.”

Estos son de suma importancia debido a que los aparatos electrónicos a la hora de leer y mostrar los datos recibidos, solo sucede en magnitudes eléctricas, existen diferentes tipos de sensores tales como:

- **Sensores semiconductores:** Su función es identificar los diferentes gases en el ambiente y lo logran con una película que es sensible al gas y está compuesta principalmente por cristales de óxido de metal tipo n (normalmente SnO₂, InO₃, WO₃), cuando el gas hace contacto con el sensor este provoca una reacción química que ocasiona que la resistencia eléctrica del sensor se disminuya, dependiendo de su nivel de reducción, se puede identificar el tipo y cantidad de gases en el ambiente.
- **Sensores de temperatura:** Este se encarga de medir los niveles de temperatura en el ambiente, y es ampliamente utilizado en muchas partes del mundo, desde empresas hasta operaciones de rescate, Mathas, C Menciona la importancia y áreas de uso tales como “medir el calor para asegurar que el proceso se

encuentre, o bien dentro de un cierto rango, lo que proporciona seguridad en el uso de la aplicación, o bien en cumplimiento de una condición obligatoria cuando se trata de calor extremo, riesgos, o puntos de medición inaccesibles. ”

- **Sensores infrarrojos:** Son sensores con el uso específico de medir la radiación infrarroja de los cuerpos, esto les permite la utilización para medir temperaturas a distancia y detectar objetos calientes, además de esto nos permite la visión nocturna y la posibilidad de atravesar algunos objetos que son opacos para la luz visible.

2.3 Bases Legales

“Las bases legales no son más que las leyes que sustentan de forman legal el desarrollo del proyecto” Villafranca (2002). Por otro lado, Pérez (2009) define este apartado de una forma más específica: “Es el conjunto de leyes, reglamentos, normas, decretos, etc. Que establecen el basamento jurídico sobre el cual se sustenta la investigación”.

Por lo tanto, en Venezuela para el desarrollo del presente proyecto de forma física, se deben considerar ciertas regulaciones. Mediante Providencia Administrativa N° PRE-CJU-GDA-474-16 de fecha 24 de mayo de 2016, publicado el día 30 de agosto de 2016 en Gaceta Oficial No.40.976, el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC) establece: “Normas Que Rigen el Otorgamiento de Permisos Temporales Para La Realización de Trabajos Aéreos Con El Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) En El Territorio Nacional Por Personas Jurídicas”.

Así mismo, para el año 2017 el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil, emite la Legislación Venezolana en materia de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS), en la cual se expone lo siguiente:

La República Bolivariana de Venezuela, como Estado miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional y signatario del Convenio de Chicago, enmendó una serie de Regulaciones Aeronáuticas Venezolanas, de conformidad con el documento 10019, Manual de sobre sistemas

Pilotadas a Distancia, el cual emana de la Organización de Aviación Civil Internacional. Con la finalidad de establecer un control y orden de las operaciones referentes a las aeronaves pilotadas a distancia (RPA) dentro del territorio nacional. La iniciativa por parte del Estado venezolano para actualizar la normativa en este tema surgió en virtud del amplio potencial que tienen estas aeronaves, así como el desarrollo que puede brindar su tecnología en diversos sectores tales como el agrícola, la asistencia primaria a la salud, las inspecciones industriales y la aerofotografía. En este sentido el Estado venezolano armonizó, en el mes de diciembre de 2016, las siguientes Regulaciones Aeronáuticas Venezolanas (RAV) 5, 21, 39, 45, 47, 60, 67, 91, 130, 141, 273 y 281, a fin de incluir disposiciones normativas que, desde un punto de vista integral y uniforme, regulan las operaciones que se pueden realizar con este tipo de aeronaves, garantizando que se promueva la seguridad operacional desde un punto de vista ordenado y eficiente. Al efecto, se presentan a continuación las modificaciones e incorporaciones efectuadas a las Regulaciones Aeronáuticas Venezolanas (RAV) con la finalidad de normar el uso de las Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA).

Venezuela al ser miembro de la ONU, deberá regirse a los parámetros establecidos mediante su organismo especializado la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y sus regulaciones internas en el uso de UAVs. Además, instituciones como el INAC deberán regirse bajo lo escrito en la Ley de Aeronáutica Civil decretada por la Asamblea Nacional De La República Bolivariana De Venezuela en la Gaceta oficial N°38.226

2.4 Definición de Términos Básicos

Aeronave: Cualquier vehículo capaz de navegar por el aire, con capacidades para despegar, aterrizar y navegar por las zonas bajas y medias de la atmósfera.

GPS / GLONASS: Ambos son sistemas globales de navegación por satélite, estos funcionan al recibir señales provenientes de satélites con la finalidad de obtener posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, sea en tierra, mar o aire. La gran mayoría de dispositivos móviles poseen ambos sistemas. Siendo por un lado GPS, un sistema estadounidense cuyas significan Sistema de Posicionamiento Global, mientras que GLONASS es su homólogo ruso, hace referencia a Sistema de Navegación Global por Satélite.

Interfaz Gráfica de Usuario: Es el programa encargado de funcionar como intermediario entre usuario y máquina. En él se muestra de forma visual todas las acciones posibles de dicho software, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información.

Modulación: Proceso el cual consiste en variar una señal portadora de acuerdo con una señal que transporta información (moduladora).

Programación: Es el proceso que permite crear el código fuente de programas computacionales. Su objetivo es crear software, que luego será ejecutado de manera directa por el hardware.

Señal: Una señal eléctrica es generada por algún fenómeno electromagnético. Estas señales pueden ser analógicas, si varían de forma continua en el tiempo, o digitales si varían de forma discreta, es decir si su comportamiento es binario, apagado y encendido.

Torque: Fuerza que produce un giro o rotación alrededor de un punto.

Transistor: Dispositivo electrónico que permite servir como interruptor en un circuito o amplificar una señal.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Arias (2016). Define el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p.16). En otras palabras, es la descripción de los pasos, técnicas y procedimientos implementados en el desarrollo de la investigación, para lograr los objetivos planteados.

3.1 Tipo de Investigación

Considerando los objetivos del presente proyecto investigativo, este se categoriza como un proyecto factible, debido a que este busca el diseño y futura construcción de un sistema de supervisión y detección para UAV con el fin de ser implementado en operaciones de búsqueda y rescate, de esta manera logrando este ser un método más efectivo para localización de personas durante desastres naturales. Arias, (2016), define el proyecto factible como: “Una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (p. 134). Se categoriza el proyecto de esta manera debido a que su objetivo general, es la propuesta del sistema de supervisión y detección del UAV. En otras palabras, este proyecto se enfocará en el diseño y simulación del mismo, no en su construcción.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación se refiere a la estrategia y métodos que serán implementados para así obtener la información necesaria para realizar el proyecto, generalmente estos se clasifican en tres tipos, siendo estas de campo, experimental o documental. Según Arias (2016), la investigación de campo, consiste en: “La recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables alguna”. (p. 94) En resumen, se establece que esta

investigación será de campo, debido a que se conocen los datos iniciales del estudio necesarios para el diseño del proyecto.

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel de investigación se refiere a que nivel se va a elaborar el proyecto, y con cuantos datos este podrá ser catalogado completo, en otras palabras, es la profundidad a la cual se lleva el estudio, esta puede ser categorizada en un nivel descriptivo, explicativo o exploratorio. Tamayo (2012, p.54) describe la investigación descriptiva de la siguiente manera:

Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El enfoque que se hace sobre conclusiones es dominante, o como una persona, grupo o cosa, conduce a funciones en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre las realidades de los hechos y sus características fundamentales es de presentarnos una interpretación correcta.

Teniendo esta definición, se puede decir que el proyecto de investigación es de nivel descriptivo, debido a que busca examinar las capacidades de los equipos de búsqueda y analizar los resultados de implementar el equipo UAV.

3.4 Población y Muestra

Tamayo y Tamayo, (2012) definen la población como “La totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (p.114). En el siguiente proyecto, la población está formada por los distintos modelos de drones capaces de cumplir las especificaciones requerida en nuestro diseño, siendo estos los que cuenten con la capacidad para levantar más de 2kg, que posea una distancia de transmisión de más de 3km (sin interferencia) y que sea a prueba de agua.

Por otra parte, la muestra es aquel sector de la población que se escoge para realizar la investigación, esperando que los resultados encontradas a través de ella representen la población de estudio. Tamayo y Tamayo, (2012) establece que la muestra constituye, solo una parte del conjunto total de población y es poseedora de

sus propias características. Esta será elegida tomando en cuenta los recursos a disposición. Teniendo esto en consideración el dron DJI Matrice 100, cumple con los requerimientos de la investigación, y por esa razón será considerada la muestra para esta investigación.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Investigación

Arias (2016), define las técnicas de recolección de datos como el procedimiento y forma particular de obtener datos e información. Mientras que el instrumento, definido por Arias (2016) como, " Los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información" (pág.53). En otras palabras, es cualquier recurso, dispositivo o formato que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información. Esta es una parte fundamental de la investigación debido a que otorga la información necesaria para realizar el objetivo, dichos datos serán recolectados de la muestra ya seleccionada de la población, algunos ejemplos de los métodos utilizados para lograr esta meta son la entrevista, la encuesta, la observación directa y la revisión documental.

Teniendo estas definiciones a mano, en la presente sección se describirán las técnicas aplicadas en el cumplimiento de los objetivos específicos con sus respectivos instrumentos.

3.5.1 Técnicas de Recolección de Datos

3.5.1.1 Revisión Documental

Arias (2016), define la investigación documental como: "Una técnica que consiste en la selección y compilación de información a través de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, bibliotecas, bibliotecas de periódicos, centros de documentación e información". En otras palabras, es la obtención de información a través del estudio y lectura de documentos impresos, usualmente siendo esta los resultados obtenidos en dichos documentos. Se utilizarán textos referentes al diseño de sistemas UAV, sistemas de detección a través de sensores, así como los resultados obtenidos en su aplicación de área de rescate. Esto con la meta de evitar cometer errores similares durante su concepción, así como también conocer recomendaciones sobre su utilización.

3.5.1.2 Entrevista

Tamayo y Tamayo (2012), define a la entrevista como la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a los interrogantes planteados sobre el problema propuesta. A través de ella se le puede explicar el propósito del estudio y especificar claramente que información se necesita del entrevistado. Principalmente existen dos tipos de entrevista, dependiendo de cómo sea elaborada, estas son la entrevista estructurada y la no estructurada. La primera se caracteriza por ser estandarizada y rígida, mientras que la segunda es más flexible.

En la presente investigación se empleará la entrevista estructurada a un Departamento de Bomberos. De esta manera se obtendrá información objetiva necesaria para así iniciar la fase del diseño.

3.5.2 Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.2.1 Instrumento de Registro

Estos se refieren a cualquier medio material que se emplee para recopilar y almacenar la información requerida por la investigación. Los instrumentos utilizados en el proyecto actual son principalmente computadoras portátiles y libretas, donde se almacenara la información necesaria para iniciar la fase de diseño del proyecto.

3.6 Fases de la investigación

Fase I: “Diagnosticar la situación actual de la operatividad de las unidades de atención, búsqueda y rescate de víctimas de un desastre o emergencias en San Antonio de Los Altos, municipio Los Salias, Edo Miranda.”

En fase actual se busca determinar la situación actual de los equipos de rescate que se encuentran a disposición de las diferentes unidades encargadas del rescate de víctimas. Para lograr ese objetivo, se recolectará información del cuerpo de bomberos, ubicado en San Antonio de los Altos, Estado Miranda. Referente a su personal, equipos, entrenamientos y técnicas, que emplean en su labor, esto se obtendrá mediante la aplicación de entrevistas estructuradas, para que así el módulo UAV pueda satisfacer las necesidades del departamento.

Fase II: “Identificar los parámetros operativos para un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión electrónica (UAV) permita la localización de víctimas de un desastre o emergencias por fenómenos naturales.”

Una vez conocida la situación actual de las unidades de atención, se requiere los parámetros operativos de un sistema de supervisión y detección que permitan localizar víctimas en situaciones de emergencia, atención, búsqueda y rescate, para así poder obtener los resultados de sus despliegues anteriores. De esta manera, se pueden evitar errores previos y tener un mejor punto de partida para el diseño conceptual del sistema que se desea crear, agilizando así el proceso y otorgando resultados positivos. En esta fase, se realizará una revisión documental de investigaciones previas relacionadas, para el estudio a profundidad de sus previos resultados.

Fase III: “Diseñar un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión (UAV) para la localización de víctimas de un desastre o emergencias por fenómenos naturales.”

Una vez que se haya recolectado la información necesaria, se seleccionara cada pieza que conformara parte del módulo para sistemas de supervisión UAV, además de las características necesarias para que pueda ser utilizado en operaciones de búsqueda y rescate. Para lograr este objetivo se hará uso de usos de software de simulación y consideraciones para la programación específica para el sistema UAV, donde se podrán hacer las configuraciones y pruebas necesarias para cumplir con los parámetros ya establecidos.

Fase IV: “Realizar un estudio de factibilidad técnica, operativa, económica, social y ambiental para la implementación del proyecto UAV.”

Una vez ya diseñado el sistema de localización y detección, se comprobará su funcionamiento y capacidades, mediante una simulación en donde se utilizará el diseño del sistema UAV, en un experimento virtual cuyo ambiente y parámetros experimentales deben demostrar la factibilidad técnica del sistema. Por último, se analizarán los resultados obtenidos en las pruebas para así recomendar un futuro curso de acción para posteriores avances o investigaciones en el área.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I: Diagnóstico de la situación actual de la operatividad de las unidades de atención, búsqueda y rescate de víctimas de un desastre o emergencias en San Antonio de Los Altos, municipio Los Salias, Edo Miranda.

Para llevar a cabo el cumplimiento de esta fase, se hizo uso de la entrevista como técnica de recolección de datos. Dicha entrevista, fue realizada al Cuerpo de Bomberos de San Antonio de Los Altos, con el fin de conocer su situación actual en términos de equipo, entrenamiento y recomendaciones sobre los requerimientos que dicho sistema de supervisión y detección de víctimas debe contar. El entrevistado fue el Sargento I. Daniel Salcedo, cuyo status dentro del Cuerpo de Bomberos se encuentra activo. Dicha entrevista fue validada metodológicamente, cuya validación será mostrada en los anexos. A continuación, se presenta su formato:

- UAV o mejor conocido como drone, es una aeronave pilotada de manera remota, en este caso el objetivo de esta investigación, es lograr que dicha aeronave permita desenvolverse y facilitar misiones de rescate en casos de emergencia o desastres, como puede ser la identificación de víctimas o permitir explorar el área de la situación. ¿Cuáles son los dispositivos electrónicos actualmente en los Bomberos de San Antonio De Los Altos, existe alguno que realicen una actividad similar mencionada?

“Actualmente debido a la situación país que se está viviendo, no se cuenta con dispositivos que realicen esta función. Sin embargo, en la estación se cuenta con tecnología GPS para la ubicación de los lugares donde sucede la emergencia.”

- ¿Qué tipo de entrenamiento posee el personal de los Bomberos de San Antonio De Los Altos en cuanto al uso/manejo de aeronaves, específicamente en UAVs / drones?

“La estación de bomberos como no cuenta con drones tampoco cuenta con un entrenamiento referido a esa tecnología. Sin embargo, hace años se contaba con un helicóptero por lo cual algunos bomberos si tienen conocimiento respecto al manejo de aeronaves de ese tipo (helicópteros).”

- En situaciones de emergencia o desastres, bien sea deslizamientos, terremotos, incendios, inundaciones, huracanes, tormentas, explosiones ¿Cuál es el protocolo de búsqueda de víctimas, como proceden a localizar y encontrar a las personas afectadas, cambia la metodología según el tipo de desastre?

“Dependiendo del siniestro, se procede a actuar junto con otros organismos. Donde de forma remota, se informa la ubicación y la situación que está pasando.”

- ¿En qué tipo de situación o tareas usted emplearía este drone?

“En situaciones como, desaparición de personas en lugares aislados, como, por ejemplo, alguien perdido en una montaña. Considero, que, en algunas situaciones de desastres, el drone no podría ver o encontrar a las víctimas debido a los escombros o lugares donde no entraría el drone debido a su tamaño.”

- ¿Qué característica debería tener la aeronave para que sea lo más eficiente y útil posible en su trabajo?

“Debería tener: Cámara, Sensores de temperatura, humedad, de gases y otros sensores que informen el estado actual de la situación. Así como luces de colores que permitan a la víctima ver el drone en la emergencia.”

- Explique el tipo de información asociada según siniestro o inspección, que necesitan manejar con precisión los Bomberos de San Antonio de Los Altos en el momento de atender una emergencia.

“Es importante saber la ubicación, la hora en que ocurrió el siniestro. También útil tener información respecto a las condiciones ambientales que se tenga en la situación.”

- ¿Cuál es el estado actual de los equipos de la estación, se encuentran operativos? ¿Cómo describiría usted las condiciones actuales para transportar equipo y personal de los Bomberos en estos casos de emergencia y desastres?

“Como ya se mencionó, la situación en la estación de Bomberos del municipio se encuentra en mal estado. El único camión ha estado sin servicio durante 3 años. Sin embargo, algunos elementos y dispositivos se encuentran operativos.”

- ¿Qué características/elementos considera usted que debe tener la aeronave para facilitar y optimizar un trabajo de este tipo?

“Por ejemplo, que la transmisión del vuelo que da la cámara sea en tiempo real es una característica fundamental para que se pueda tener control e información de toda la situación.”

- Considera usted que utilizar un dron en estas situaciones de emergencia podría conllevar aspectos negativos, como retraso o entorpecimiento en las operaciones, además de otro tipo de riesgo y/o debilidades que puedan presentarse.

“No considero ningún aspecto negativo, sin embargo, debe ser utilizado en situaciones donde se amerite.”

4.1.1 Conclusiones de la Entrevista

Basado en la anterior entrevista, se puede tomar en cuenta lo siguiente:

- El cuerpo de bomberos de la localidad no está familiarizado con el uso de drones.
- Actualmente en misiones de búsqueda y rescate dependen de otros organismos los cuales le suministran cierta información para proceder con este tipo de misiones.

- Debido a las actuales condiciones económicas, el Cuerpo de Bomberos de San Antonio de Los Altos, no cuenta con el total de equipo e instrumentación necesaria para este tipo de situaciones. Incluso, elementos primordiales como su propio camión se encuentra inoperativo desde hace más de 3 años, dependiendo del camión de bomberos de otras localidades del mismo municipio.
- Sensores con relación a la temperatura, gases tóxicos son fundamentales para este sistema. Así también, como lo son las luces necesarias para uso tanto de iluminación como de alerta para las víctimas.
- El sistema de supervisión y detección, debe tener un trabajo compacto, de tal forma, pueda ser usado en drones pequeños y poder desplazarse en lugares reducidos.
- Dicho sistema deberá tener una interfaz que permita visualizar datos e imagen en tiempo real, provenientes de sensores y cámaras.

4.2 Fase II: Identificación de los parámetros operativos para un módulo de adquisición de datos para sistemas supervisión electrónica (UAV) permita la localización de víctimas de un desastre o emergencias por fenómenos naturales.

Perez, J; Gardey, A. (2009). Definen parámetro como “dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.” Por lo tanto, a continuación, se presentarán cada uno de los siguientes parámetros que fueron considerados para llevar a cabo la supervisión que permita la localización de víctimas de un desastre natural o emergencias. En los anexos, se detallarán las hojas de datos de estos dispositivos.

4.2.1 Medición de Gases

El aire está compuesto en su mayoría por nitrógeno (78 %), oxígeno (20%) y la mezcla de otros gases que proveen el 2% restante. Dicho esto, es importante entender que es importante supervisar en este tipo de eventos la cantidad de oxígeno, debido a que, si este nivel baja de su porcentaje regular puede provocar, afecciones a la vida

humana, en casos extremos provocando la muerte, como se describe en el cuadro 4.

Siendo estas:

Nivel de oxígeno en el aire	Efectos en el ser humano
20%	Nivel normal de oxígeno en el aire
Menor a 15%	A partir de este nivel la eficiencia física e intelectual de una persona es significativamente reducida. Produciéndose síntomas de asfixia, problemas de respiración, desmayos, mareos y aumento del ritmo cardiaco.
10 %	Se producen náuseas, vómitos y probabilidades de parálisis.
6%	Se produce colapso del organismo.
Menor a 6%	Se produce la muerte en un tiempo estimado de 5 minutos.

Cuadro 4. Efectos de los niveles de oxígeno en el cuerpo humano.

Realizado por: Dania, Ortíz. (2020).

En situaciones, como los incendios o explosiones, es importante evaluar la magnitud de ciertos gases en la atmósfera. Como lo son, el oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y metano.

Considerando el oxígeno como una variable, se usará para realizar dicha medición el sensor LuminOX LOX-O2 (Ver fig.4, Pag. 41), que permite diagnosticar los niveles de oxígeno en el aire, en un rango comprendido entre 0 a 25%. Proporcionando un tiempo de respuesta lo suficientemente rápido, siendo estos menores a 30 seg. Basándose su principio de funcionamiento en la radiación ultravioleta (UV), principalmente en lo que se conoce como “Quenching” que se define cualquier proceso que produzca una disminución en la intensidad de la fluorescencia emitida por una determinada sustancia, por lo cual, en su estructura interna participan diversos elementos que permiten entonces realizar mediciones de oxígeno a través de UV.



Figura 4. Sensor de Oxígeno LuminOX LOX-O2.

Fuente: <https://gaslab.com/products/oxygen-sensor-luminox-lox-o2?variant=7040558727203>

Por otra parte, el monóxido de carbono (CO) no es un gas natural, sin embargo, está presente en nuestras vidas debido a que se produce en las combustiones de productos como la gasolina, el gas natural, carbón, petróleo, tabaco, entre otros. Esto significa que aparatos como chimeneas, calentadores de agua, calefactores y automóviles generan este gas.

Este gas no es perceptible por el ser humano, debido a que es incoloro, inodoro e insípido. Como síntoma, las víctimas padecerán somnolencia, parálisis en las piernas (cuando dicho gas se concentra en grandes cantidades). La toxicidad de este gas se debe a que el monóxido de carbono se combina con los glóbulos rojos, sustituyendo el oxígeno en la sangre, como consecuencia el oxígeno que deberían tener los pulmones, pasará a ser monóxido de carbono, siendo así absorbido por el organismo.

Una concentración de 0,4% en el aire sería mortal para la vida humana en menos de una hora, esto sumado a sus características genera un alto nivel de peligro.

Cuando se produce un incendio este hace que se generan altos niveles de monóxido de carbono, que son encargados de más del 80% de las muertes en un incendio, un número que demuestra lo letal que es este gas para todas las personas involucradas en un incendio.

El gas metano (CH_4) no es tóxico para el ser humano, sin embargo esto no significa que no sea peligroso para este, debido a que es altamente inflamable y que puede formar una mezcla explosiva con el aire.

El gas metano es altamente comercializado. Un producto derivado del gas metano, es el gas natural, cuya composición aproximadamente contiene entre 83 a 97% de metano, mientras el resto del gas natural, son mezclas de distintos compuestos químicos como el azufre, siendo este el que le da a este gas natural su olor característico, debido a que el metano es inodoro e incoloro.

Debido a su gran presencia en hogares y empresas, hace que sea importante la medición de sus valores en el aire, no sólo identificando fugas del mismo, sino también del gas natural. Permitiendo a los rescatistas, conocer los puntos donde se encuentren fugas que puedan hacer ignición, evitando entonces que dichos incendios puedan ser expandidos.

Se usarán los sensores de detección de gases de la gama MQ-7(Ver fig.5, Pag. 43), que será el encargado de censar el nivel de monóxido de carbono en el aire. Debido a que el principio de medición de gases se basa en señales analógicas, estas deben ser acondicionadas a una señal con la que pueda trabajar la placa programable, por lo cual se hará usos de convertidores analógicos-digitales, en específico el ADS1015, que servirá para transmitir las señales provenientes de los sensores a la placa.

La cantidad de absorción está relacionada con la concentración del gas y se mide mediante un conjunto de detectores ópticos y sistemas electrónicos adecuados. El cambio en la intensidad de la luz absorbida se mide en relación con la intensidad de la luz en una longitud de onda no absorbida. El microprocesador calcula e informa la concentración de gas de la absorción.

Cuando no hay gas presente, las señales del detector de señales de referencia y del detector de señales de medición están equilibradas. Cuando hay gas combustible presente, hay una caída predecible en la salida del detector de señal de medición porque el gas está absorbiendo luz.



Figura 5. Sensor de la Gama MQ-X para medición de gases.

Fuente: <https://tutorials-raspberrypi.com/configure-and-read-out-the-raspberry-pi-gas-sensor-mq-x/>

4.2.2 Medición de Temperatura

Se considera también hacer una medición referente a la temperatura, para tener conocimiento referente tanto a la temperatura ambiente, como a la temperatura que pudiese haber en el lugar donde se presente la situación de emergencia. Por lo tanto, esta variable es un valor sumamente importante y debe ser monitoreado siempre, ya que incluso puede afectar el funcionamiento del dron además de los sensores contenidos en el sistema de supervisión y detección ya que en altos niveles de temperatura pueden comprometer su uso de manera indefinida.

Además, considerando que a temperatura elevada del aire puede lesionar las vías respiratorias y si el aire es húmedo, el daño puede ser mucho mayor, la exposición e inhalación rápida de calor excesivo, con temperaturas sobrepasando los 49° C a 54° C, puede causar una seria hipotensión y falla en el sistema circulatorio. La inhalación de gases calientes puede causar edema pulmonar y muerte por asfixia. El daño causado por inhalación de aire caliente no es inmediatamente reversible al introducir aire fresco y puro a las vías respiratorias.

Por lo tanto, se emplea un RTD PT100 tipo B, la cual tiene un rango de medición de -80 a 816°C, como se sabe, los RTD son dispositivos que poseen una resistencia

variable (aumenta mientras se eleva la temperatura) compuestos usualmente por hilos de platino o cobre, debido a que estos metales poseen un coeficiente de temperatura positivo que les permite cambiar su resistencia. La salida de los RTD, como se mencionó anteriormente es un cambio de resistencia, por lo cual se requerirá de un dispositivo que realice la conversión a una forma digital, una vez que se encuentre energizado el RTD (obteniendo valores de voltaje al aplicarle y viceversa), se utilizará entonces un convertidor ADC Adafruit MAX31865 (ver fig.6).



Figura 6. Convertidor RTD-ADC Adafruit MAX31865.

Fuente: <https://www.adafruit.com/product/3648>

4.2.3 Localización

El módulo GPS fue implementado para que así el operador siempre pueda estar observando la ubicación exacta del drone, de esta manera pudiendo examinar los datos recibidos con la locación de los mismos. Por lo tanto se empleará el módulo GPS Adafruit MTK3339 (ver fig.7, Pag. 45), la comunicación entre el módulo GPS y la placa controladora se hará a través de la comunicación serial a través de TTL a USB.

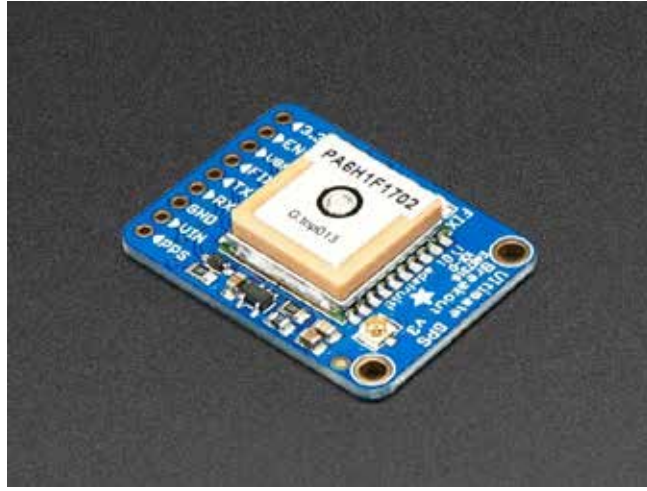


Figura 7. Módulo GPS Adafruit MTK3339.

Fuente: <https://www.adafruit.com/product/746>

4.2.4 Detección de Imagen

Se utilizará una cámara Sony IMX477, la cual servirá para hacer las grabaciones de video en alta calidad de imagen, soportando resoluciones como 4K a 60fps y 1080p@240fps, refiriéndose como fps a fotogramas por segundo, lo cual quiere decir que es una unidad que hace alusión a la cantidad de imágenes consecutivas que se muestran en pantalla por cada segundo de grabación que se realice en la cámara, lo cual permite que se pueda obtener una sensación de movimiento, por lo tanto una mayor cantidad de fps permitirá ver el video de manera más fluida.



Figura 8. Cámara de Alta Resolución Sony IMX477.

Fuente: <https://www.arducam.com/product/b0242-arducam-imx477-hq-camera/>

También se hará uso de una cámara termal modelo ZX-IRA26. El principio de funcionamiento de una cámara termal es captar y crear imágenes de un objeto haciendo uso de la radiación infrarroja, la imagen que se crea entonces representa la temperatura del objeto. Tanto la radiación infrarroja como la luz visible forman parte del espectro electromagnético, pero a diferencia de esta última, la radiación infrarroja no puede ser percibida por el ojo directamente, esto quiere decir que una cámara termal no se ve afectada por la luz percibida, permitiendo entonces, grabación en ambientes oscuros o no visibles, permite también intuir la temperatura de un objeto, lugar o persona.



Figura 9. Cámara termal ZX-IRA26.

Fuente: <http://www.irseen.com/product/hd-hdmi-hdmi-thermal-camera>

4.2.5 Iluminación y alarma del Sistema

Gracias a las entrevistas realizadas, se consideró la implementación de unas “luces de emergencia”, con el propósito de que las personas pudiesen identificar el dron a distancia, y así saber que un grupo de rescate se encuentra en la zona. Dado a esto, se decidió implementar un par de luces led de alta intensidad, siendo este modelo visible en un rango de 360 grados, los colores implementados será uno de luz roja y otro de luz blanca para cumplir esta función. Además de esto se implementará una corneta para que personas que no logren visualizarlo, puedan percatarse de su presencia gracias al sonido que este realiza, dicho esto se decidió usar la alarma de seguridad Piezo de 12VCC.

4.2.6 Alimentación del Sistema

Debido a la necesidad de energizar la iluminación del sistema así también los diferentes módulos como: Sensores, cámaras, GPS, además de la placa que se encargará de procesar la información, se usará una batería Casil CA 1222 de 12V a 2.2Ah, cuya función es indispensable para el correcto funcionamiento del sistema, y que permitirá un funcionamiento continuo de más de 1 hora a los diferentes dispositivos electrónicos conectados.

4.2.7 Procesamiento de la información y comunicación

Es importante mencionar que la placa que se utilizará para programar y permitir que todos estos sensores y cámaras mencionados anteriormente interactúen en el módulo planteado, es una Nvidia Jetson Nano, la cual se puede considerar como un ordenador de placa simple, dicho ordenador cuenta con la suficiente robustez y potencia tanto gráfica como computacional para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto, ya que está diseñada para trabajos de robótica e inteligencia artificial. Contando también con la suficiente cantidad de puertos, memorias, velocidad de procesamiento necesaria para llevar este proyecto a cabo.



Figura 10. Placa de Desarrollo Nvidia Jetson Nano.

Fuente: <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>

A pesar de que el módulo de supervisión en el cual se basa el presente trabajo busca ser genérico, es decir, aplicable para cualquier tipo de dron con la suficiente potencia para levantar la unión de todos los componentes ya planteados. Se usará como referencia el dron, DJI Matrice 100, un UAV que no solo cuenta con una buena autonomía y que permite levantar cargas mayores a 3 kg. Cabe destacar que el modelo a utilizar, vendrá con 2 baterías, para que de esta manera pueda mantener su funcionamiento, teniendo en cuenta el peso extra. Es un dron diseñado para ser modificado según los criterios que el usuario determine para su aplicación, por lo cual es ideal para adaptar este sistema a él.

Siendo este dron una opción muy popular en áreas profesionales, como lo son: Seguridad y salvamento, topografía e ingeniería, agricultura de precisión, industrial, entre otros.

La información será enviada a la base de operaciones, a través de una conexión wifi, el cual será generado por un adaptador USB, modelo AWUS036NEH, que una vez conectado a la placa, generará una red WI-FI, mientras que el usuario se encontrará una antena parabólica de WI-FI de 24 decibeles, la cual se encargará de detectar y recibir la señal generada por la placa, de esta manera, entablado una conexión entre los dos puntos, el rango de la misma posee una limitación de 6 km de distancia sin interferencia, sin embargo, debido que la mayoría de zonas de despliegue de este dron serán realizadas en zonas urbanas, se llega a la conclusión que la zona máxima de transmisión será de dos kilómetros, al tomar en cuenta los diferentes tipos de interferencia que se podrán encontrar en esa área.

4.3 Fase III: Diseño del módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión (UAV) para la localización de víctimas de un desastre o emergencias por fenómenos naturales.

Raffino, M. (2020). Hace referencia al diseño de la siguiente manera: “El diseño no es más que la imaginación de un objeto, es decir, su concepción atendiendo a aspectos como la forma, el aspecto, la funcionalidad, la operatividad y la vida útil del mismo. En relación a la anterior definición, en el ámbito de la electrónica el diseño se

referirá al desarrollo de una proyección en la cual se integren componentes electrónicos, permitiendo realizar una función para satisfacer una necesidad, en este caso será el diseño de un módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión que permita acoplarse a un dron o UAV permitiendo localizar víctimas de un desastre natural o emergencias.

A continuación, se explicarán los aspectos fundamentales para llevar a cabo el diseño de dicho sistema.

4.3.1 Plano de Conexiones Nvidia Jetson Nano

De acuerdo a lo explicado referente a la identificación de parámetros operativos en la anterior fase, se usará la Nvidia Jetson Nano Developer Kit siendo esta un ordenador de placa reducida, de tal manera este dispositivo recibirá los datos obtenidos a través de los sensores, ubicación actual del GPS, imágenes transmitidas por las cámaras, siendo esta la estructura que permitirá la interacción de todos estos elementos en una misma interfaz. Por lo tanto, es importante conocer los puertos a utilizar, siendo estos ilustrados en el siguiente plano.

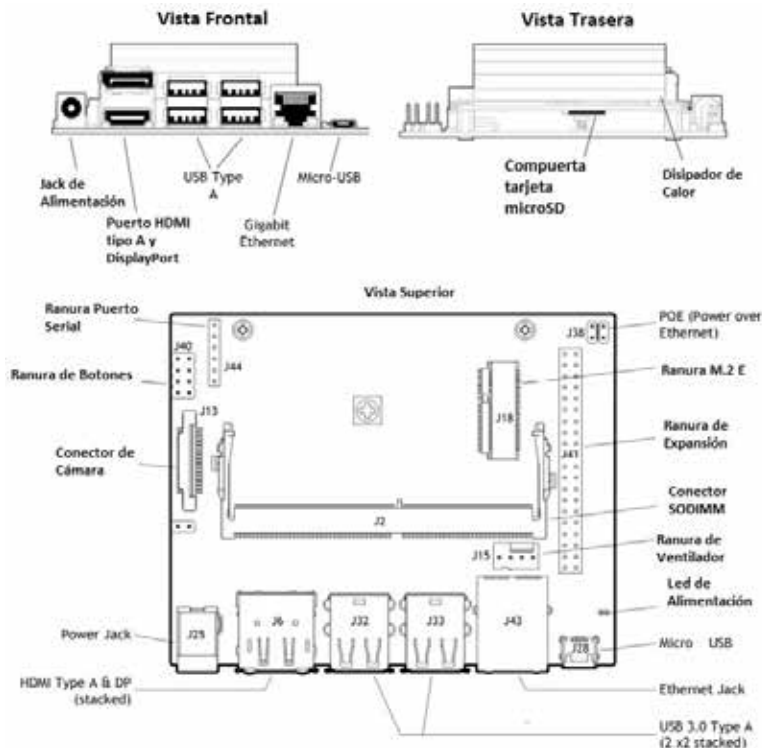


Figura 11. Plano de Conexiones de la Placa de Desarrollo Nvidia Jetson Nano.

Fuente: Jetson Nano Developer Kit User Guide (2020).

Dicho plano servirá como referencia para la conexión de los elementos que contemplan el módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión UAV.

4.3.2 Esquema de Conexiones del Sistema

Una vez conocidas las ranuras y puertos que conforman la placa de desarrollo, es importante establecer cómo serán las conexiones mediante las salidas de los dispositivos que conforman el sistema con respecto a las entradas de dicha placa.

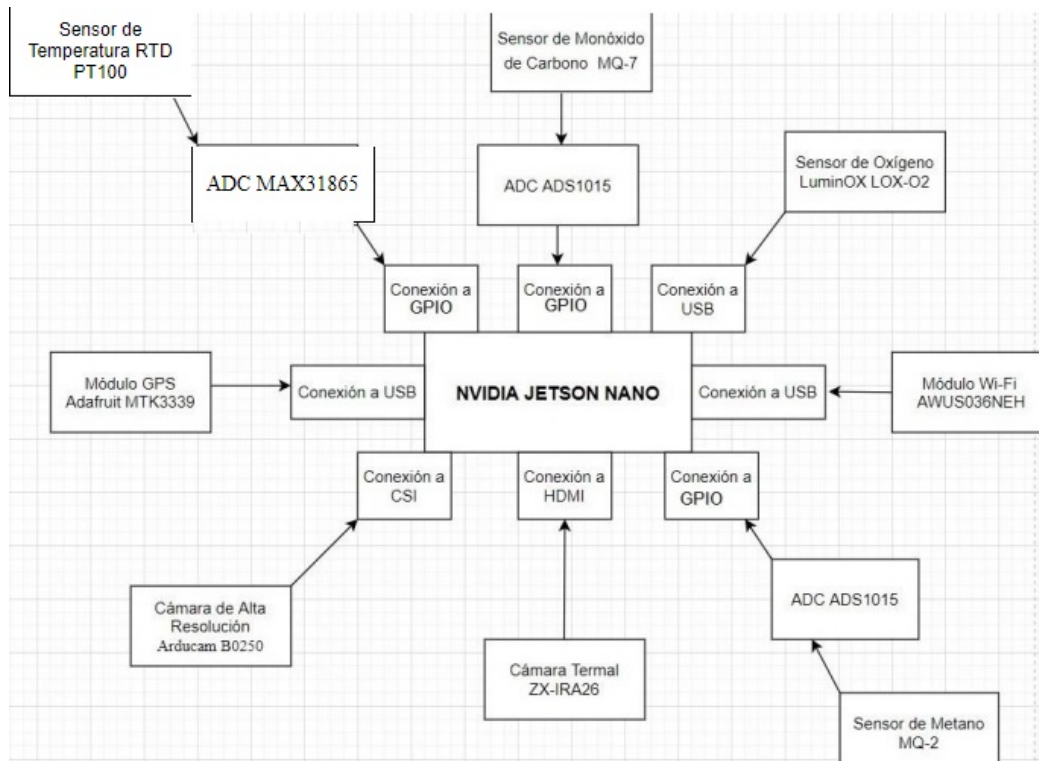


Figura 12. Esquema de Conexiones del Sistema.

Fuente: Dania, Ortiz (2020).

Siendo necesario hacer las siguientes aclaratorias:

- La conexión GPIO, vista en las conexiones de Sensor de Temperatura, Sensor de Monóxido de Carbono y Sensor de Metano, forma parte de los pines de la ranura de expansión.

GPIO es acrónimo de General Purpose Input/Output, cuya traducción es Entradas/Salidas de Propósito General, como su nombre lo indica, dichos pines podrán ser programados para funcionar como entradas o salidas según lo requiera su aplicación. En este caso, funcionarán como entradas a la placa.

Se puede observar en la Fig.13. La disposición de GPIO en la ranura de expansión de la placa de desarrollo Jetson Nano.

Systs	Name	Pin	Pin	Name	Systs
	3.3V DC	1	2	5V DC	
	I2C_2_SDA	3	4	5V DC	
	I2C_2_SCL	5	6	GND	
gpio216	AUDIO_MCLK	7	8	UART_2_TX	
	GND	9	10	UART_2_RX	
gpio50	UART_2_RTS	11	12	I2S_4_CLK	gpio79
gpio14	SPI_2_SCK	13	14	GND	
gpio194	LCD_TE	15	16	SPI_2_CS1	gpio232
	3.3V DC	17	18	SPI_2_CS0	gpio15
gpio16	SPI_1_MOSI	19	20	GND	
gpio17	SPI_1_MISO	21	22	SPI_2_MISO	gpio13
gpio18	SPI_1_SCK	23	24	SPI_2_CS0	gpio19
	GND	25	26	SPI_2_CS1	gpio20
	IC2_1_SDA	27	28	I2C_1_SCL	
gpio149	CAM_AF_EN	29	30	GND	
gpio200	GPIO_PZO	31	32	LCD_BL_PWM	gpio168
gpio38	GPIO_PE6	33	34	GND	
gpio76	I2S_4_LRCK	35	36	UART_2_CTS	gpio51
gpio12	SPI_2_MOSI	37	38	I2S_4_SDIN	gpio77
	GND	39	40	I2S_4_SDOOUT	gpio78

Figura 13. Disposición de Pines GPIO en la placa Nvidia Jetson Nano.

Fuente: <https://maker.pro/nvidia-jetson/tutorial/how-to-use-gpio-pins-on-jetson-nano-developer-kit>

Es importante acotar que el GPIO de la placa de desarrollo Jetson Nano Developer Kit, tendrá pines con funciones específicas, por lo cual no podrán ser usados para conectar los dispositivos mostrados en la conexión como lo son:

Cuadro 5. Pines GPIO para funciones específicas.

Función	Funciones Específicas
3.3VDC	1, 17
5VDC	2, 4
I2C	3, 5, 27, 28
GND	6, 9, 14, 20, 25, 30, 34, 39

UART	8, 10
------	-------

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

- La conexión CSI, mencionada para la conexión de cámara de alta resolución es el equivalente al conector de cámara. CSI es acrónimo para Camera Serial Interface, siendo en español Interfaz Serie para Cámaras.

4.3.3 Estructuras de funcionamiento

Debido a la necesidad de ejemplificar en rasgos generales el orden en el cual operarán los componentes del sistema de supervisión y detección electrónica UAV. Se decidió emplear un diagrama donde se muestren dichas estructuras de funcionamiento, donde se considera como estructura de funcionamiento la secuencia de acciones que se deberá seguir para cumplir un proceso.

4.3.3.1 Estructura general del sistema de supervisión UAV.

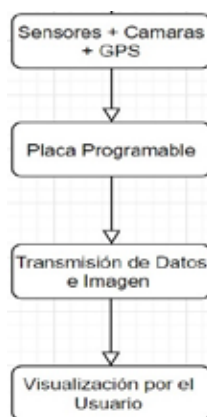


Figura 14. Estructura general del sistema de supervisión UAV.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

Esta estructura, muestra en un orden descendente el conjunto de acciones a realizar, en base al siguiente análisis:

- Sensores + Cámaras + GPS: Estos componentes son los encargados de suministrar la información al sistema. En este caso, es importante que cada medición (en el caso de los sensores), grabación (cámaras) y ubicación (GPS) envíen dicha señal de información a la placa programable.

- **Placa Programable:** En ella debe estar implementado el programa, donde se podrá visualizar la información que recibe proveniente del módulo anterior teniendo código de lectura de cada dispositivo, es importante que dicho programa, cuente con una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permita visualizar dicha información de manera simultánea, controlar con que cámara se desea transmitir imagen, así como también debe tener un código que permita actualizar todos estos datos e imágenes en tiempo real, de tal forma que el usuario no pierda ningún detalle que pudiese ser importante, ya que en este tipo de misiones de búsqueda el tiempo es valioso.
- **Transmisión de Datos e Imagen:** Debe existir un vínculo entre la placa y el equipo donde el usuario podrá visualizar toda esa información, para esto dicha transmisión deberá ser mediante una conexión wi-fi que permita enviar los paquetes donde se contienen las imágenes de grabación y los datos obtenidos.
- **Visualización del usuario:** Por último, el usuario tendrá que recibir toda la información suministrada por dicho sistema, pudiendo ver todos los parámetros que se manejen en dicha situación.

4.3.3.2 Estructura de Funcionamiento de Sensores

El diagrama presentado es referido a la estructura operativa del funcionamiento de los sensores que integran el sistema de supervisión y detección, consta de un orden descendente donde se ejecutarán las siguientes acciones:

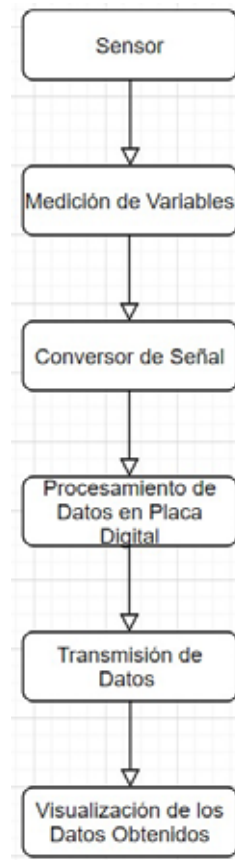


Figura 15. Estructura de Funcionamiento de Sensores.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

- Sensores: Dispositivos que permiten captar información referida al medio físico, por lo cual podrá realizar mediciones de dichas magnitudes físicas y transformarlas en señales eléctricas.
- Medición de Variables: Cada sensor trabajará con distintos parámetros operativos, siendo estos la medición de variables las cuales son oxígeno, monóxido de carbono, metano y temperatura.
- Conversión de señal: Sabiendo que la respuesta de un sensor ante una magnitud física es una señal eléctrica, en el caso de los sensores utilizados producen señal analógica ya que estas varían de forma continua a lo largo del tiempo tomando todos los valores posibles comprendidos en un rango específico. La conversión de señal se refiere a que dichas señales de salida de los sensores, deberán pasar por un

conversor analógico-digital (ADC) con el fin de digitalizar dichas señales y poder ser entregadas a la placa de desarrollo.

- **Procesamiento de Datos en Placa Digital:** Una vez obtenida la señal digital proveniente de cada sensor, la placa de desarrollo podrá interactuar con los sensores recibiendo sus datos, para luego ser mostrados en la interfaz del programa.
- **Transmisión de Datos:** Toda la información del programa ejecutado por la placa será transmitido al equipo utilizado por el usuario, a través de un vínculo de ambas direcciones IP a través de conexión wi-fi.
- **Visualización del usuario:** Por último, el usuario tendrá que recibir toda la información suministrada por dicho sistema, pudiendo ver todos los parámetros que se manejen en dicha situación.

4.3.3.3 Estructura de Funcionamiento de Cámaras



Figura 16. Estructura de Funcionamiento de Cámaras.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

- **Cámaras:** Serán los dispositivos encargados de que el usuario pueda observar lo que está sucediendo en el entorno.

- Selección de Cámara: El usuario podrá escoger con que cámara observar la situación, a través de controles. La cámara de alta resolución mostrará la escena con una buena calidad de video, permitiendo hacer acercamientos. Por otro lado, en escenas de poca luminosidad o donde condiciones atmosféricas pudiese afectar la grabación, el usuario podrá usar la cámara termal ya que el video proporcionado por esta es a través de la radiación infrarroja, pudiendo generar imagen mediante el calor de los elementos que conformen la escena.
- Obtención de imagen: Se refiere a las imágenes generadas por las cámaras, siendo estas enviadas a la placa programable para su procesamiento.
- Procesamiento en placa programable: La interfaz del programa ejecutado por la placa programable deberá procesar las imágenes, para ser mostradas junto con los datos provenientes de los sensores.
- Transmisión de Imagen: Toda la información del programa ejecutado por la placa será transmitido al equipo utilizado por el usuario, a través de un vínculo de ambas direcciones IP a través de conexión wi-fi.
- Visualización del usuario: Por último, el usuario tendrá que recibir toda la información suministrada por dicho sistema, pudiendo ver todos los parámetros que se manejen en dicha situación.
-

4.3.3.4 Estructura de Funcionamiento GPS



Figura 17. Estructura de funcionamiento GPS.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

- GPS: Se utilizará el módulo GPS correspondiente con el fin de establecer la ubicación del dron o UAV en el que se transporte el sistema supervisión o detección electrónica UAV.
- Determinación: El GPS deberá suministrar la posición exacta en tiempo real de la ubicación en que se encuentre.
- Procesamiento de Ubicación en Placa Digital: En el programa desarrollado en la placa deberá mostrar la ubicación actual del sistema supervisión o detección electrónica UAV.
- Transmisión de Imagen: Toda la información del programa ejecutado por la placa será transmitido al equipo utilizado por el usuario, a través de un vínculo de ambas direcciones IP a través de conexión wi-fi.

- Visualización del usuario: Por último, el usuario tendrá que recibir toda la información suministrada por dicho sistema, pudiendo ver todos los parámetros que se manejen en dicha situación.

4.3.4 Simulación

Con el fin de evaluar la funcionabilidad del presente proyecto de investigación, se realizó un modelado físico donde se plantean diversas situaciones pertinentes a la supervisión y detección electrónica UAV para la localización de víctimas de un desastre natural o emergencias. Para lograr esto, se utilizó el software de simulación Coppelia Sim, el cual permite simular un entorno 3D, contando con características importantes que lo hacen útil e hicieron que fuese el software escogido para la realización de este apartado, como lo son: Motor de física, colisiones, simulación de cámaras, permite trabajar con drones, así como también permite crear distintos escenarios que entran en la categoría de desastres y emergencias.

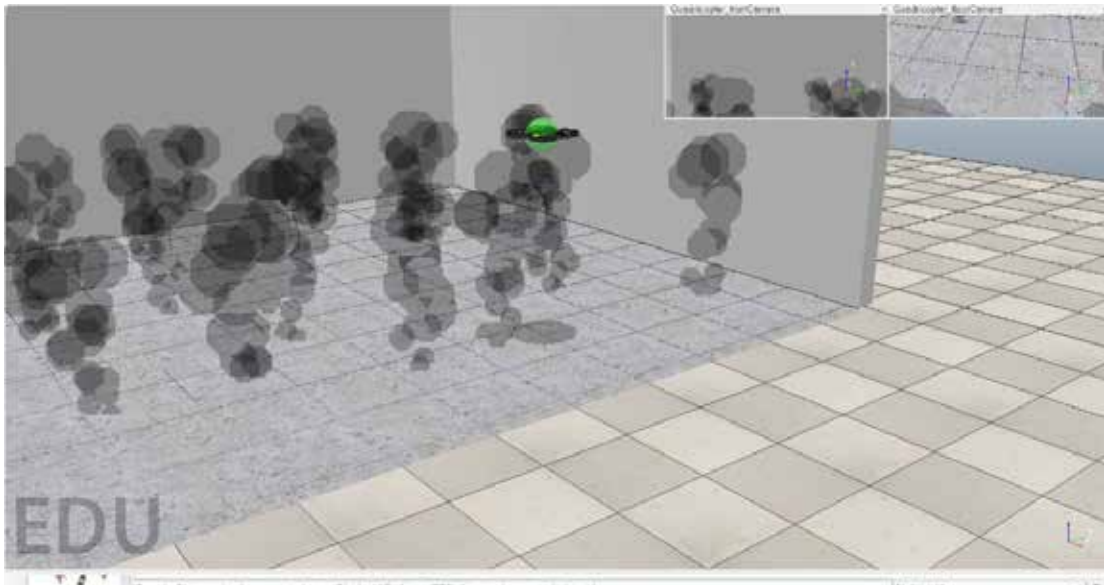


Figura 18. Visualización de ambas cámaras en situación de escape de humo, debido a incendio.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

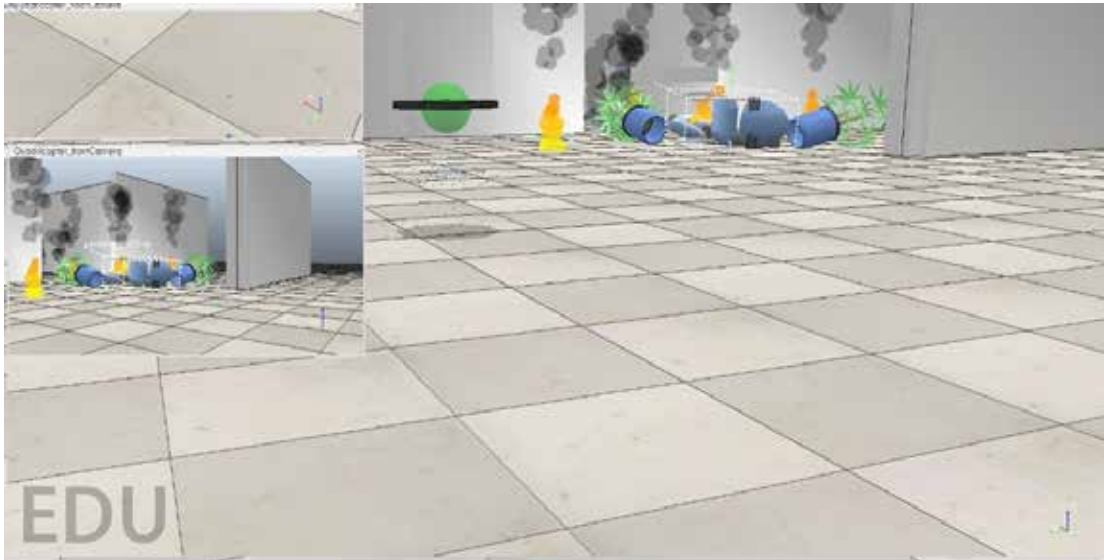


Figura 19. Visualización de ambas cámaras en situación de incendio.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

4.3.5 Diseño del ensamblado del módulo

Con el fin de conceptualizar la estructura física del módulo, se hizo uso del software de diseño asistido por computadora AutoCAD, donde se estructuró la posición donde se encontrarán los diferentes dispositivos que componen el sistema de supervisión y detección. Resultando:

- Parte frontal: Cámaras.
- Laterales: Luces de alarma (visibles desde todos los ángulos).
- Parte inferior: Sensores, GPS, Corneta.
- Parte trasera: Soporte de acople a la aeronave.

Las dimensiones del ensamblado, son 19cm x 9cm x 8cm. Como material de construcción, se recomienda emplear fibra de carbono, dicho polímero posee gran resistencia a impactos, así como a altas temperaturas, además de ser muy ligero en comparación a otros materiales.

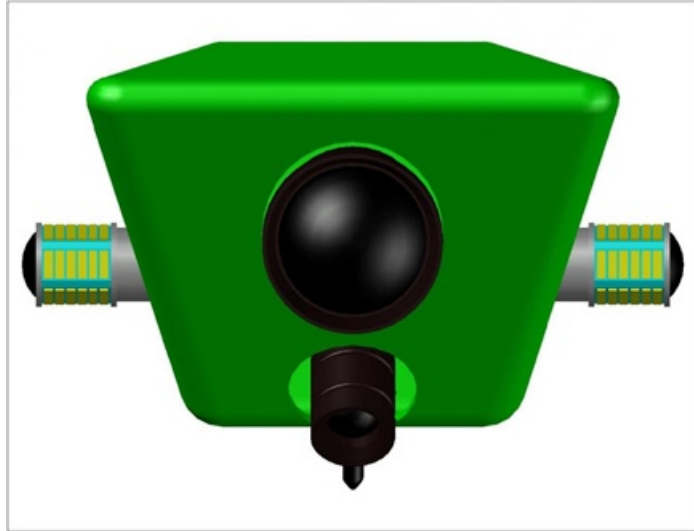


Figura 20: Vista frontal del módulo.

Fuentes: Dania, Ortiz. (2020).

Desde esta perspectiva, se observa:

- Izquierda: Luz LED.
- Frontal: Cámaras.
- Derecha: Luz LED.

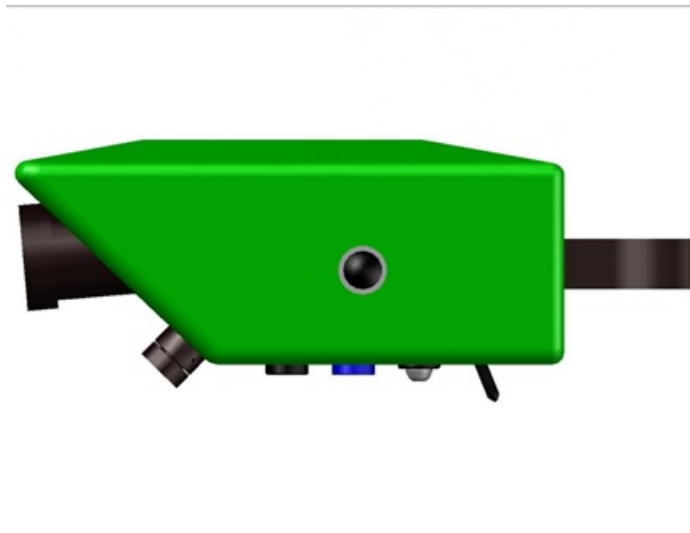


Figura 21. Vista lateral derecha del módulo.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

Desde esta perspectiva se observa:

- Izquierda: Cámaras.
 - Frontal: Luz LED.
 - Inferior: Sensores, GPS, Corneta.
 - Derecha: Soporte de acople al drone o UAV.
-

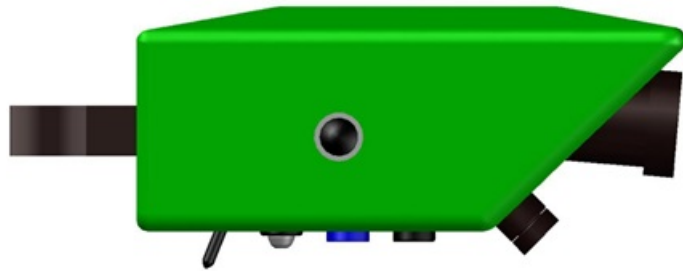


Figura 22. Vista lateral izquierda del módulo.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

Desde esta perspectiva se observa:

- Izquierda: Soporte de acople al drone o UAV
- Frontal: Luz LED.
- Inferior: Sensores, GPS, Corneta.
- Derecha: Cámaras



Figura 23. Vista lateral derecha del módulo, con una inclinación.
Fuente: Dania, Ortiz. (2020).



Figura 24. Vista lateral izquierda del módulo, con una inclinación.
Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

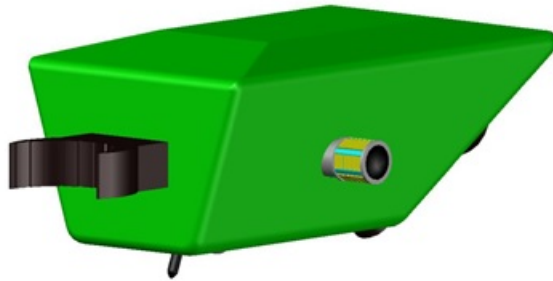


Figura 25. Vista lateral izquierda visto desde la parte trasera del módulo.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).



Figura 26. Vista inferior del módulo.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

Desde esta perspectiva se observa:

- Izquierda: Luz LED.
- Centro: Sensores, GPS, Corneta.
- Superior: Cámaras.

- - Inferior: Soporte de acople al drone o UAV
- Derecha: Luz LED.

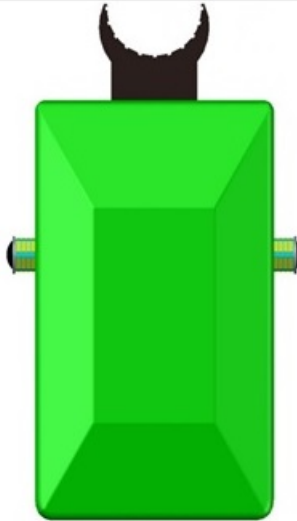


Figura 27. Vista superior del módulo.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

Desde esta perspectiva se observa:

- Izquierda: Luz LED.
- Superior: Soporte de acople al drone o UAV.
- Derecha: Luz LED.

4.4 Fase IV: Realización de estudio de factibilidad técnica, operativa, económica, social y ambiental para la implementación del proyecto UAV.

Desde el punto de vista económico el costo de sistemas UAV en el mercado es bastante variado, debido a que dependiendo de las características requeridas los precios pueden ser desde menos de 1.000 dólares americanos (USD\$) hasta más de 10.000, sin embargo, se debe tomar en cuenta que no todos los cuerpos de rescatistas cuentan con un presupuesto tan elevado, aunado a lo anterior no existen modelos de drones con las diferentes funciones que trae el sistema; aunque algunos fabricantes venden como accesorios por separado sistemas adicionales denominadas “payloads” , que están diseñadas exclusivamente para sus modelos de drones de altas prestaciones y cuyas

funciones varían (desde más cámaras hasta sensores de temperatura) además de variar según su uso, algunos ejemplos resaltantes son el DJI Matrice 200 RTK, que es un dron diseñado para ambientes demandantes y operaciones precisas, viene con un precio es de \$ 6.500 USD, pero si el usuario desea todo el paquete con los accesorios y sensores extra, este aumenta a \$ 10.000 USD. Estos precios fueron consultados a través de la tienda especialista en UAV, Drone Nerds.

Para determinar entonces la factibilidad económica, se realizó un estudio donde fueron investigados precios de diferentes payloads Siendo estos accesorios, referidos a modelos específicos como se mencionó anteriormente, Es importante mencionar, que al ser diseñados para un dron en específico solo podrá llevar una payload, como puede ser el llevar una sola cámara para un determinado uso.

El presente trabajo de investigación constituye en realizar un módulo donde interactúen entre sí distintos sensores, con el fin de aumentar la funcionalidad y utilidad a la hora de realizar la supervisión de víctimas en situaciones de desastres o emergencias causadas por fenómenos naturales.

Citando entonces payloads solamente referentes a cámaras de los principales fabricantes como DJI y FLIR:

- Cámara de vídeo 4K: DJI Zenmuse X5S, se valora en 2.049 USD\$.
- Cámara termal Vue Pro 336, tiene un precio de 2.349 USD\$

Mientras que a continuación, en el siguiente cuadro (Ver cuadro.6) se detallarán cada uno de los precios empleados en todos los materiales junto con el dron a utilizar. Mientras en el cuadro 7, se detallarán los payloads y dron tomado en cuenta en el mercado:

Cuadro 6. Descripción de precios del sistema.

MODULO DE ADQUISICION DE DATOS	
CONCEPTOS	PRECIO (USD)
	PRECIO UNIDAD
DJI Matrice 100	4.000,00
Camara ZX-IRA26	300,00
Jetson Nano Developer Kit	100,00
LuminOX LOX-O2	92,00
Antena parabólica + AWUS036NEH	92,00
Camara Sony IMX477	76,00
Adafruit MTK3339	40,00
Material de Ensamblado (Fibra de Carbono)	40,00
RTD PT100 + Adafruit MAX31865	30,00
Casil CA 1222 12V 2,2Ah	29,00
Luces	17,00
2x ADS1015	20,00
2x MQ-X 17	17,00
Alarma	8,00
TOTAL COMPONENTES DIRECTOS	4.861,00

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

Cuadro 7. Costo de modelos existentes en el mercado.

DRONE EN EL MERCADO	
CONCEPTO	PRECIO (USD)
DJI Matrice 200 RTK	
Costo desde los 6500 hasta los 10000	7.000,00
Camara 4K DJI Zennuse X5S	2.049,00
Camara Termal Vue Pro 336	2.349,00
TOTAL COMPARACIÓN DRONE	11.398,00

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

Si se suman todos estos componentes, materiales y drone a utilizar, se tendría un precio total de 4861 USD\$, precio que podría estar sujeto a cambios debido a costos de envío y costos de “imprevisto” ya que la mayoría de componentes que conforman este sistema son importados, al presentarse alguna falla deberán ser reemplazados por tanto podría aumentar el costo total en un 20%, dando un total de 5788 USD\$. Dicho

monto, si se compara con la suma de ambas cámaras de payloads descritas anteriormente resultando 4398 USD\$, si se considera que serán usadas en el drone ya mencionado DJI Matrice 200 RTK cuyo precio base es de 7000 USD\$, se tendría un total de 11398 USD\$, sin considerar gastos de envío o imprevistos. Siendo esto mostrado en el siguiente cuadro y gráfica.

Cuadro 8. Comparación de costos.

COMPARATIVO	
Equipos	Costo
Modulo de Adquisicion de datos	4.861,00
Dron del Mercado	11.398,00

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).



Figura 28. Gráfica de comparación de costos.

Fuente: Dania, Ortiz. (2020).

Por otra parte, es importante mencionar que el presente sistema fue diseñado con un énfasis para que este fuese “genérico”, en otras palabras, compatible con muchos tipos de drones, siempre y cuando pudiesen levantar 2.5 Kg y mantener su funcionamiento, por lo tanto, el drone empleado no es un factor determinístico respecto al ensamblado del sistema.

En considerado a lo explicado anteriormente se considera que este proyecto es económicamente factible.

Referente a la factibilidad técnica, son productos que son de fácil acceso al público, en lo referente a la compra de sus componentes, además de que todos estos gracias a los sistemas de envíos globales, permiten que puedan ser obtenidos de manera remota en poco tiempo.

En cuanto a la factibilidad operativa, dependerá de factores del usuario, como son, las misiones en las que se opere este sistema, el conocimiento y capacitación del usuario con respecto al vuelo de drones o UAV,

Por último, alusivo a la factibilidad social y ambiental, este sistema no tendrá efectos negativos en el ambiente, ya que es puramente eléctrico, lo cual quiere decir que no emitirá gases nocivos al medio ambiente por ende no afectará a ningún tipo de ser vivo. En lo social, este sistema beneficia al ser humano, pues permitirá acelerar los procesos de búsqueda y rescate permitiendo a través de sus cámaras detectar si hay personas en los alrededores donde ocurrió alguna situación de desastre natural o emergencia que ponga en riesgo la vida humana ya que en estas situaciones el tiempo transcurrido es muy valioso, además se reduce la exposición de bomberos en lugares donde estos también podrían verse afectados, además de la respuesta positiva que estos tuvieron del desarrollo de este proyecto. Considerándose positiva la factibilidad social y ambiental

Una vez considerados todos estos aspectos, se concluye que el sistema de supervisión y detección UAV presentados en esta Trabajo de Grado es factible.

CONCLUSIONES

Una vez desarrollado el presente trabajo de investigación, resulta evidente la importancia que puede llegar a tener la implementación de este módulo de adquisición de datos para sistemas de supervisión electrónica en situaciones de desastres o emergencias por fenómenos naturales, con el fin de localizar a las víctimas a causa de los eventos anteriormente mencionados. Este sistema permitiría claras ventajas para los usuarios, como son los bomberos o también personas pertenecientes a cuerpos de protección civil, respecto a ubicar a las víctimas de manera mucho más rápida y segura que la exposición directa a la que normalmente son sometidos estos grupos de rescate. El tiempo es un factor vital en este tipo de situaciones, ya que las variables estudiadas y que pueden representar un peligro para las víctimas podrían establecerse en sus valores críticos en cuestión de segundos.

Respecto al diseño de este módulo, el cual fue el propósito de esta Tesis, se llevó a cabo investigaciones para saber cuáles serían los eventos para los cuales puede ser útil este proyecto, así como los parámetros operativos, siendo estos las variables que se deben estudiar en estos eventos (niveles de temperatura, oxígeno, monóxido de carbono, metano), así como también se hizo búsqueda de información referente para conseguir los sensores adecuados que permitiesen obtener mediciones de dichas variables. Gracias a la entrevista realizada al Sargento I. Daniel Salcedo, se obtuvo diversas consideraciones, como lo son, la necesidad de contar con una cámara con buena calidad de video, considerar el tamaño del sistema como para que pueda ser utilizado en un rango más amplio de estas operaciones pudiendo entrar en espacios de tamaño reducido, además recomendaciones que dio como fueron las luces de alerta para que las personas alrededor del área afectada pudiesen localizar el dron o UAV.

Además, se diseñaron estructuras de funcionamiento explicando las secuencias en la cual funcionaría dicho sistema, así mismo se simuló en el software de robótica CoppeliaSim para virtualizar las condiciones de trabajos en las que se emplearía el sistema.

Por último, se realizó un estudio de factibilidad donde cumple con las condiciones necesarias para ser factibles.

RECOMENDACIONES

Debido a que la presente investigación se refiere al inicio de un proyecto de desarrollo que puede extenderse y abarcar muchos más parámetros. Se hacen recomendaciones que puedan mejorar la finalización de este.

- Realizar el código del programa junto a la interfaz gráfica de usuario a través del lenguaje de programación Python, ya que la placa de desarrollo usada Nvidia Jetson Nano, permite usarlo y cuenta con numerosas librerías que facilitarán el desarrollo del código.
- Considerar el drone o UAV a utilizar y asegurarse de que pueda cumplir con los requerimientos de peso y autonomía para poder trasladar este sistema.
- Programar e implementar el sistema de comunicaciones del sistema.
- Mediante algoritmos de inteligencia artificial y machine learning implementar un programa que junto con las cámaras permita reconocer siluetas humanas para facilitar la detección de persona.
- Implementar la comunicación entre la placa de desarrollo y el dispositivo del usuario donde se desee visualizar la interfaz gráfica de usuario y controlar objetos a distancia como lo es la selección de cámaras.
- Implementar un ensamblado antiexplosivo, junto con un drone que comparta estas características, con el fin de poder emplear un sensor de gas metano, para que tenga capacidad de detectar fugas del mismo, y así prevenir explosiones a causas de este gas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeva, R. (2020). **¿Pensando comprar un dron? Conoce los tipos de drones según el uso, diseño o control.** Consultado el 11 de mayo del 2020. En: <https://www.adslzone.net/reportajes/drones/tipos-drones/>
- Arias, F. (2016) **El Proyecto de Investigación.** (Séptima Edición). Episteme. Caracas, Venezuela.
- Corrigan, F. (2020). **¿Cómo funcionan los drones y qué es la tecnología dron?** Consultado el 02 de abril del 2020. En: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/what-is-drone-technology-or-how-does-drone-technology-work/#:~:text=Drones%20are%20controlled%20by%20remote,and%20navigational%20systems%20are%20present.>
- Corrigan, F (2020). **Estabilización del giróscopo de un dron, IMU, y Controladores de Vuelo Explicados.** Consultado el 13 de mayo del 2020. En: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/three-and-six-axis-gyro-stabilized-drones/>
- Cohen y Ahearn (1990). **Manual de la Atención de la Salud Mental para Víctimas de Desastres.** The Johns Hopking University Press. México DF, México.
- Diario El Mundo. (2016). **Desastres naturales son ahora más intensos y mortales.** Consultado el 02 de abril del 2020. En: <https://www.elmundo.com/portal/pagina.general.impresion.php?idx=282994>
- Escamilla, R (2010). **Diseño, Construcción, Instrumentación y Control de un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV).** Consultado el 11 de mayo de 2020. Tesis en línea en: <https://cutt.ly/syBwj9z>
- García, L. y Mijares, H. (2009) **Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado.** Universidad José Antonio Páez. San Diego-Venezuela.

- González, M. (2018). **Tipos de drones: Los distintos tipos de drones que hay.** Consultado el 11 de mayo del 2020. En: <https://filmora.wondershare.com/es/drones/types-of-drones.html>
- Homainejad, N. (2017). **Aplicación de múltiples sistemas de aeronaves para la mitigación de incendios forestales** Consultado el 11 de mayo del 2020. Tesis en línea en: <http://unsworks.unsw.edu.au/fapi/datastream/unsworks:60438/SOURCE02?view=true>
- Kumas, A. (2020). **How to Use GPIO Pins on Jetson Nano Developer Kit.** Consultado el 18 de octubre de 2020. En: <https://maker.pro/nvidia-jetson/tutorial/how-to-use-gpio-pins-on-jetson-nano-developer-kit>
- Kreps, S. (2016). **Drones: Lo que todos necesitan saber** Oxford University Press Inc. Oxford, Inglaterra.
- Ley de Aeronáutica Civil, Gaceta Oficial N° 38.226.** Caracas Venezuela, 12 de junio de 2005.
- Liang, O (2020). **Fpv Drone Flight Controller Explained.** Consultado el 13 de mayo del 2020. En: <https://oscarliang.com/flight-controller-explained/>
- Martín, J. (2016). **Qué es un UAV y por qué van a ser tan importantes en el futuro** Consultado el 30 de marzo del 2020. En: <https://futuraizable.com/drones/>
- Mantero, E. (2018). **¿Cuáles son las partes de un dron?** Consultado el 10 de mayo del 2020. En: <https://dronprofesional.com/blog/cuales-son-las-partes-de-un-dron/>
- Muñoz de Frutos, A. (2016). **¿Qué es Firmware?** Consultado el 20 de mayo del 2020. En: <https://computerhoy.com/noticias/software/que-es-firmware-53182>
- Mathas, C. (2011). **Conceptos básicos sobre sensores de temperatura.** Consultado el 10 de septiembre del 2020. En: <https://www.digikey.com/es/articles/temperature-sensors-the-basics>
- Normas Que Rigen el Otorgamiento de Permisos Temporales Para La Realización de Trabajos Aéreos Con El Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia**

- (RPAS) En El Territorio Nacional Por Personas Jurídicas. Gaceta Oficial N° 40.976**, Caracas Venezuela, 29 de agosto del 2016.
- Novodrone, J. (2019). **Tipos de Drones**. Consultado el 11 de mayo del 2020. En: <https://novodrone.com/tipos-de-drones/?v=31f50d618f89>
- Pardo, C. (2020). **Controlador PID**. Consultado el 20 de mayo del 2020. En: <https://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html>
- Pérez, G. (2009). **Guía metodológica para anteproyectos de investigación**. (Tercera Edición) FEDUPEL, Caracas, Venezuela.
- Perez, J; Gardey, A. (2010). **Definición de Sensor**. Consultado el 5 de septiembre del 2020. En: <https://definicion.de/sensor/>
- Rodríguez. (2017). **¿Qué son los Drones?** Consultado del 10 de mayo del 2020. En: https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/%C2%BFqu%C3%A9_es_un_dron.pdf
- Ruíz, M y Ndoma, A. (2018). **Los Usos de vehículos aéreos no tripulados UAV, en la logística social: Respuesta en desastres naturales y ayuda humanitaria**. Consultado el 11 de mayo del 2020. Tesis en línea: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919301589>
- Schaffer, S. (2019). **Como automatizar motores con Arduino usando Radio Control PWM**. Consultado el 15 de mayo del 2020. En: <https://maker.pro/arduino/tutorial/how-to-automate-motors-with-arduino-using-radio-control-pwm>
- Tamayo y Tamayo. (2012). **Metodología formal de la Investigación Científica** Limusa. México.
- Villafranca D. (2002). **Metodología de la Investigación**. Mc Graw Hill, México.
- Vitali, D. (2014). **Los 14 usos de drones que seguro no conocías**. Consultado el 30 de marzo del 2020. En: <https://agencia.donweb.com/los-14-usos-de-drones-que-seguro-no-conocias/print/>

ANEXOS

ANEXO A. Carta de validación del instrumento.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

San Diego, Agosto 2020.

CARTA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Profesora: Ing Alicia de Pizzella

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación del instrumento que se aplicará en la entrevista, para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **DISEÑO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y DETECCIÓN ELECTRÓNICA (UAV) PARA LOCALIZACIÓN DE VÍCTIMAS DE UN DESASTRE NATURAL O EMERGENCIAS**. Realizada por los estudiantes Dania, Daniel

C.I. 27.518.507 y Ortiz, Paul C.I. 27.289.350.

La entrevista se hará al Sargento I Daniel Salcedo, de los Bomberos del Estado Miranda

En espera de su validación, o de sus observaciones.

ANEXO B. Formato de Validación de Instrumentos – Juicio de Expertos.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS - JUCIO DE
EXPERTOS**

A continuación, se presenta una serie de aspectos a considerar para la validación de distintas variables que conforman el instrumento de recolección de datos, el cual será aplicado en una entrevista para recabar información para la investigación titulada **DISEÑO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y DETECCIÓN ELECTRÓNICA (UAV) PARA LOCALIZACIÓN DE VÍCTIMAS DE UN DESASTRE NATURAL O EMERGENCIAS** Realizada por los estudiantes Dania, Daniel C.I. 27.518.507 y Ortiz, Paul C.I. 27.289.350.

Instrucciones

Leer cuidadosamente cada recuadro, marque con una (X) la respuesta que considere para validar, de acuerdo a los aspectos a evaluar.

Aspectos						
	si	no	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

Aspectos	si	no	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	
Aspectos	si	no	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO					
APLICABLE	SI	NO APLICABLE		APLICABLE, CONSIDERANDO LAS OBSERVACIONES	

DATOS DEL EXPERTO	
Nombres y Apellidos:	ALICIA DE PIZZELLA
Cédula de Identidad:	4598880
Correo Electrónico:	Alipiz54@gmail.com
Nivel Académico:	Ing. MECÁNICO MAGISTER ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS DOCTORANDO INNOVACIONES EDUCATIVAS

C.I.V C.E.I.D.E.C:	68397
-----------------------	-------


Firma  Fecha 2-9-2020
Ing. ALICIA DE PIZZELLA
C.I. 4598880

ANEXO C. Hoja de Datos del Sensor de Oxígeno LuminOx O2.

DATA SHEET


LuminOx O₂ Sensors






Luminescence-based Optical Series



FEATURES

- Luminescence-based optical technology, NOT electrochemical
- Contains no hazardous materials; RoHS & REACH compliant
- Connects directly to a microcontroller without any additional circuitry
- Factory calibrated
- High accuracy
- Maintenance free^a



Housing  COMPACT	Supply Voltage  4.5 - 5.5 V VOLTAGE	Operating Temp  -30°C to +60°C TEMPERATURE	Output Digital  TTL	Response Time  < 30 secs
--	--	---	--	--

BENEFITS

- Low cost
- Low power, long life due to non-depleting sensing principle
- Compact footprint

OUTPUT VALUES^b


Oxygen range (LOX-02)	0—25% O ₂
Oxygen pressure range	0—300mbar ppO ₂
Response time	T90 < 30s (typical)
Accuracy	
ppO ₂	< 2% FS
Temperature	Indication only
Pressure (LOX-02)	±5mbar
O ₂ (LOX-02)	Determined by ppO ₂ & pressure accuracy
Resolution	
ppO ₂	0.1mbar
Temperature	0.1°C
Pressure (LOX-02)	1mbar
O ₂ (LOX-02)	0.01%
Lifetime	> 5 years

Other sensor options available on request, email: technical@sstsensing.com

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Supply voltage (V _s)	5V _{DC} (4.5V _{DC} min. —5.5V _{DC} max.)
Supply current (I _s)	<7.5mA (streaming one sample per second), <20mA Peak
Output Type	3.3V TTL level UART (5V tolerant)
Temperature	
Operating:	-30°C to +60°C
Storage:	-30°C to +60°C
Humidity	0—99% Rh (non-condensing)
Barometric pressure range	
LOX-01	100—1400mbar
LOX-02	500—1200mbar

Need help? Ask the expert
Tel: + 44 (0)1236 459 020
and ask for "Technical"





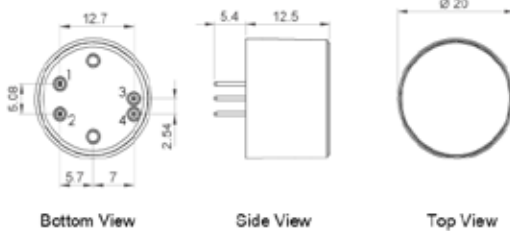
NOTES

a) The sensor housing can be cleaned using a damp cloth. Do NOT immerse the sensor in any cleaning media.

b) At ambient conditions. All performance measurements are at STP unless otherwise stated. Following extreme temperature fluctuations, re-calibration may be required.

OUTLINE DRAWING

All dimensions shown in mm. Tolerances = ±0.5mm.



ELECTRICAL INTERFACE



Pin	Designation
1	Vs (+5V)
2	GND (0V)
3	3.3V UART* Sensor Transmit
4	3.3V UART* Sensor Receive

* 5V tolerant.

Connection: Four gold-plated pins (0.64mm²) on a 2.54mm grid for PCB mounting via sockets or hand soldering using no-clean flux.

Note: If hand soldering, recommended iron temperature is 370°C for < 3s per pin.

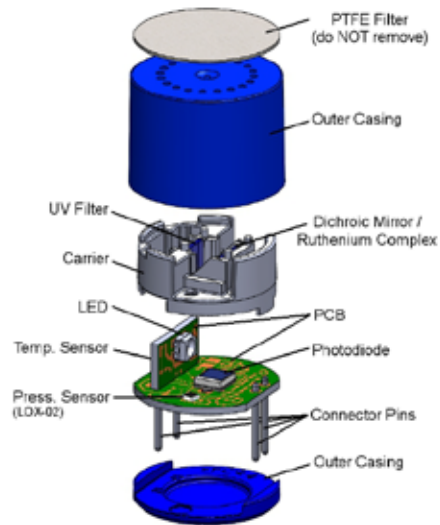
Note: Do NOT put the sensor through a PCB washing process.

Note: Always apply power to sensor pins 1 and 2 before attempting to communicate on pins 3 and 4.



The sensor should be treated as an electronic component and handled using the correct ESD handling precautions.

SENSOR CONSTRUCTION



ORDER INFORMATION

Generate your specific part number using the convention shown below. Use only the numbers that correspond to the sensor option you require — omit those you do not.

L O X - X X

Type
01 Measures 0—300mbar ppO ₂ and temperature (°C)
02 Measures 0—300mbar ppO ₂ , 0—25% O ₂ , temperature (°C) and 500—1200mbar barometric pressure

CAUTION

Do not exceed maximum ratings and ensure sensor(s) are operated in accordance with their requirements. Carefully follow all wiring instructions. Incorrect wiring can cause permanent damage to the device. Do NOT use chemical cleaning agents.

Failure to comply with these instructions may result in product damage.

INFORMATION

As customer applications are outside of SST Sensing Ltd.'s control, the information provided is given without legal responsibility. Customers should test under their own conditions to ensure that the equipment is suitable for their intended application.

For technical assistance or advice, please email:
technical@sstsensing.com

General Note: SST Sensing Ltd. reserves the right to make changes to product specifications without notice or liability. All information is subject to SST Sensing Ltd.'s own data and considered accurate at time of going to print.

DS-0030 REV 14 / © 2019 SST SENSING LTD.

5 HAGMILL CRESCENT, SHAWHEAD INDUSTRIAL ESTATE, COATERIDGE, UK ML5 4NS
www.sstsensing.com | sales@sstsensing.com | t: +44 (0)1236 459020 | f: +44 (0)1236 459026



ANEXO D. Hoja de datos de sensor de monóxido de carbono MQ-7.

Henan Hanwei Electronics Co., Ltd

www.hwsensor.com

MQ-7 Semiconductor Sensor for Carbon Monoxide

Sensitive material of MQ-7 gas sensor is SnO_2 , which with lower conductivity in clean air. It make detection by method of cycle high and low temperature, and detect CO when low temperature (heated by 1.5V). The sensor's conductivity is more higher along with the gas concentration rising. When high temperature (heated by 5.0V), it cleans the other gases adsorbed under low temperature. Please use simple electrocircuit, Convert change of conductivity to correspond output signal of gas concentration.

MQ-7 gas sensor has high sensitivity to Carbon Monoxide. The sensor could be used to detect different gases contains CO, it is with low cost and suitable for different application.

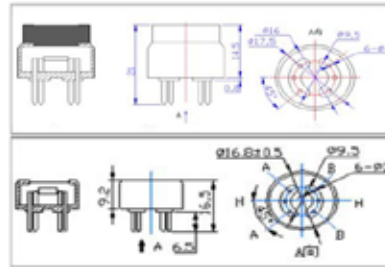
Character

- * Good sensitivity to Combustible gas in wide range
- * High sensitivity to Natural gas
- * Long life and low cost
- * Simple drive circuit

Application

- * Domestic gas leakage detector
- * Industrial CO detector
- * Portable gas detector

Configuration



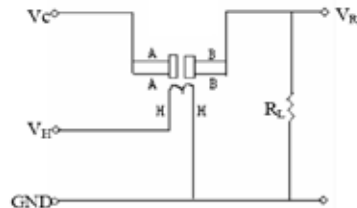
Technical Data

Model No.		MQ-7	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Plastic	
Detection Gas		Carbon Monoxide	
Concentration		10-10000ppm CO	
Circuit	Loop Voltage	V_c	$\leq 10V$ DC
	Heater Voltage	V_{H1}	5.0V \pm 0.2V AC or DC (High) 1.5V \pm 0.1V AC or DC (Low)
	Heater Time	T_L	60 \pm 1S (High) 90 \pm 1S (Low)
	Load Resistance	R_L	Adjustable
Character	Heater Resistance	R_H	31 Ω \pm 3 Ω (Room Tem.)
	Heater consumption	P_H	$\leq 350mW$
	Sensing Resistance	R_s	2K Ω -20K Ω (in 100ppm CO)
	Sensitivity	S	$R_s(\text{in air})/R_s(100\text{ppm CO}) \geq 5$
	Slope	α	$\leq 0.6 (R_{100ppm}/R_{100ppm CO})$
Condition	Tem. Humidity	20 $^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$; 65% \pm 5%RH	
	Standard test circuit	V_c : 5.0V \pm 0.1V; V_s (High) : 5.0V \pm 0.1V; V_s (Low) : 1.5V \pm 0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

Tel: 86-371-67169070/80

Fax: 86-371-67169090

Basic test loop



The above is basic test circuit of the sensor.

The sensor need to be put 2 voltage, heater voltage (V_H) and test voltage (V_C). V_H used to supply certified working temperature to the sensor, while V_C used to detect voltage (V_{RL}) on load resistance (R_L) whom is in series with sensor. The sensor has light polarity, V_c need DC power. V_c and V_H could use same power circuit with precondition to assure performance of sensor. In order to make the sensor with better performance, suitable R_L value is needed:

Power of Sensitivity body(P_s):

$$P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$$

Email: sales@hwsensor.com

Resistance of sensor(R_s): $R_s = (V_c / V_{RL} - 1) \cdot R_L$

Sensitivity Characteristics

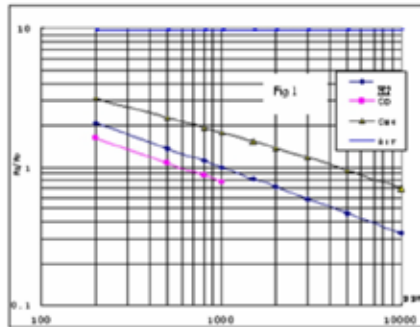


Fig.1 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-7, ordinate means resistance ratio of the sensor (R_s/R_0), abscissa is concentration of gases. R_s means resistance in different gases, R_0 means resistance of sensor in 1000ppm Hydrogen. All test are under standard test conditions.

Influence of Temperature/Humidity

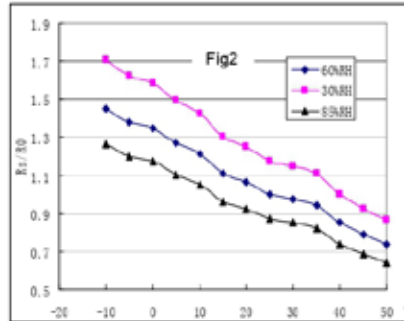
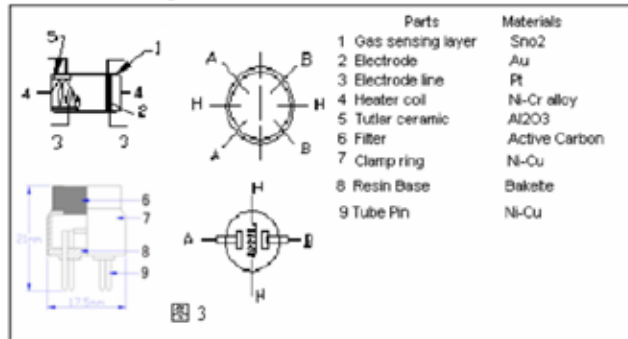


Fig.2 shows the typical temperature and humidity characteristics. Ordinate means resistance ratio of the sensor (R_s/R_0), R_s means resistance of sensor in 100ppm CO under different tem. and humidity. R_0 means resistance of the sensor in environment of 100ppm CO, 20°C/65%RH

Structure and configuration



Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 3, sensor composed by micro AL2O3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Notification**1 Following conditions must be prohibited****1.1 Exposed to organic silicon steam**

Organic silicon steam cause sensors invalid, sensors must be avoid exposing to silicon bond, fixture, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H_2S , SO_x , Cl_2 , HCl etc), it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution

The sensors performance will be changed badly if sensors be sprayed polluted by alkali metals salt especially brine. or be exposed to halogen such as fluorin.

1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when spattered or dipped in water.

1.5 Freezing

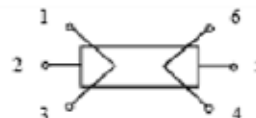
Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

1.6 Applied voltage higher

Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, otherwise it cause down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

1.7 Voltage on wrong pins

For 6 pins sensor, if apply voltage on 1、3 pins or 4、6 pins, it will make lead broken, and without signal when apply on 2、4 pins

**2 Following conditions must be avoided****2.1 Water Condensation**

Indoor conditions, slight water condensation will effect sensors performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensor' sensitivity will be decreased.

2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if long time placed in high gas concentration, it will affect sensors characteristic.

2.3 Long time storage

The sensors resistance produce reversible drift if it's stored for long time without electrify, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electrify, they need long aging time for stibility before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment

No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc, it will effect the sensors performance badly.

2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensors down-lead response then reapture. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

2.6 Concussion

If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

2.7 Usage

For sensor, handmade welding is optimal way. If use wave crest welding should meet the following conditions:

2.7.1 Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine

2.7.2 Speed: 1-2 Meter/ Minute

2.7.3 Warm-up temperature: $100 \pm 20^\circ C$

2.7.4 Welding temperature: $250 \pm 10^\circ C$

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will be reduced.

ANEXO E. Hoja de datos (parcial) convertidor ADC Adafruit MAX31865.

MAX31865

RTD-to-Digital Converter

General Description

The MAX31865 is an easy-to-use resistance-to-digital converter optimized for platinum resistance temperature detectors (RTDs). An external resistor sets the sensitivity for the RTD being used and a precision delta-sigma ADC converts the ratio of the RTD resistance to the reference resistance into digital form. The MAX31865's inputs are protected against overvoltage faults as large as $\pm 45V$. Programmable detection of RTD and cable open and short conditions is included.

Applications

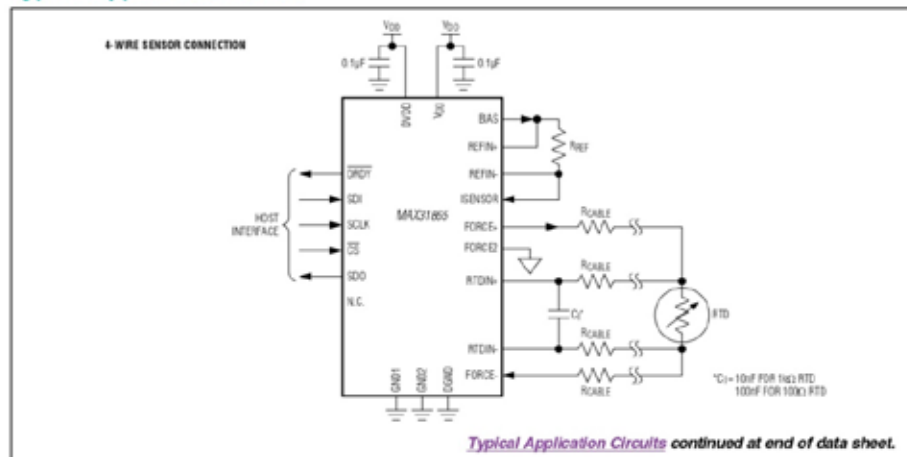
- Industrial Equipment
- Medical Equipment
- Instrumentation

Ordering Information appears at end of data sheet.

Benefits and Features

- Integration Lowers System Cost, Simplifies Design Efforts, and Reduces Design Cycle Time
 - Simple Conversion of Platinum RTD Resistance to Digital Value
 - Handles 100 Ω to 1k Ω (at 0°C) Platinum RTDs (PT100 to PT1000)
 - Compatible with 2-, 3-, and 4-Wire Sensor Connectors
 - SPI-Compatible Interface
 - 20-Pin TQFN and SSOP Packages
- High Accuracy Facilitates Meeting Error Budgets
 - 15-Bit ADC Resolution; Nominal Temperature Resolution 0.03125°C (Varies Due to RTD Nonlinearity)
 - Total Accuracy Over All Operating Conditions: 0.5°C (0.05% of Full Scale) max
 - Fully Differential V_{REF} Inputs
 - 21ms (max) Conversion Time
- Integrated Fault Detection Increases System Reliability
 - $\pm 45V$ Input Protection
 - Fault Detection (Open RTD Element, RTD Shorted to Out-of-Range Voltage, or Short Across RTD Element)

Typical Application Circuits



Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on V_{DD} Relative to GND1 -0.3V to +4.0V
 Voltage Range on BIAS, REFIN+
 REFIN-, ISENSOR -0.3V to ($V_{DD} + 0.3V$)
 Voltage Range on FORCE+, FORCE2,
 FORCE-, RTDIN+, RTDIN- Relative to GND1 -50V to +50V
 Voltage Range on DVDD Relative to DGND -0.3V to +4.0V
 Voltage Range on All Digital Pins
 Relative to DGND -0.3V to ($V_{DVDD} + 0.3V$)

Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)
 TQFN (derate 34.5mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 2758.6mW
 SSOP (derate 11.9mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$) 952.4mW
 ESD Protection (all pins: Human Body Model) $\pm 2kV$
 Operating Temperature Range -40°C to $+125^\circ\text{C}$
 Junction Temperature $+150^\circ\text{C}$
 Storage Temperature Range -65°C to $+150^\circ\text{C}$
 Soldering Temperature (reflow) $+260^\circ\text{C}$
 Lead Temperature (soldering, 10s) $+300^\circ\text{C}$

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Package Thermal Characteristics (Note 1)

TQFN
 Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA}) 29°C/W
 Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC}) 2°C/W

SSOP
 Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA}) 64°C/W
 Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC}) 32°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

Recommended DC Operating Conditions

($T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.) (Notes 2 and 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{DD}	V_{DD}		3.0	3.3	3.6	V
DVDD	V_{DVDD}		3.0	3.3	3.6	V
Input Logic 0	V_{IL}	\overline{CS} , SDI, SCLK	-0.3		$0.3 \times V_{DVDD}$	V
Input Logic 1	V_{IH}	\overline{CS} , SDI, SCLK	$0.7 \times V_{DVDD}$		$V_{DVDD} + 0.3$	V
Analog Voltages (FORCE+, FORCE2, FORCE-, RTDIN+, RTDIN-)		Normal conversion results	0		V_{BIAS}	V
Reference Resistor	R_{REF}		350		10k	Ω
Cable Resistance	R_{CABLE}	Per lead	0		50	Ω

Electrical Characteristics

($3.0V \leq V_{DD} \leq 3.6V$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, unless otherwise noted. Typical values are $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = V_{DVDD} = 3.3V$.) (Notes 2 and 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ADC Resolution		No missing codes		15		Bits
ADC Full-Scale Input Voltage (RTDIN+ - RTDIN-)				REFIN+ - REFIN-		V

Electrical Characteristics (continued)

($3.0V \leq V_{DD} \leq 3.6V$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, unless otherwise noted. Typical values are $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = V_{DVDD} = 3.3V$.) (Notes 2 and 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ADC Common-Mode Input Range			0		V_{BIAS}	V
Input Leakage Current		RTDIN+, RTDIN-, 0°C to $+70^\circ\text{C}$, on-state		2		nA
		RTDIN+, RTDIN-, -40°C to $+85^\circ\text{C}$, on-state		5		
		RTDIN+, RTDIN-, -40°C to 100°C , on-state		14		
Bias Voltage	V_{BIAS}		1.95	2.00	2.06	V
Bias Voltage Output Current	I_{OUT}		0.2		5.75	mA
Bias Voltage Load Regulation		$I_{OUT} \leq 5.75\text{mA}$		30		mV/mA
Bias Voltage Startup Time		(Note 4)			10	ms
ADC Full-Scale Error				± 1		LSB
ADC Integral Nonlinearity		Differential Input, endpoint fit, $0.3 \times V_{BIAS} \leq V_{REF} \leq V_{BIAS}$		± 1		LSB
ADC Offset Error			-3		+3	LSB
Noise (over Nyquist Bandwidth)		Input referred		150		$\mu\text{V RMS}$
Common-Mode Rejection				90		dB
50/60Hz Noise Rejection		Fundamental and harmonics		82		dB
Temperature Conversion Time (Note 5)	t_{CONV}	Continuous conversion (60Hz notch)		16.7	17.6	ms
		Single conversion (60Hz notch)		52	55	
		Single conversion (50Hz notch)		62.5	66	
		Continuous conversion (50Hz notch)		20	21	
Automatic Fault Detection Cycle Time		From \overline{CS} high to cycle complete		550	600	μs
Power-Supply Rejection				1		LSB/V
Power-Supply Current (Note 6)	I_{DD} Shutdown	Bias off, ADC off		1.5	3	mA
	I_{DD}	Bias on, active conversion		2	3.5	mA
Power-On Reset Voltage Threshold			2	2.27		V
Power-On Reset Voltage Hysteresis				120		mV
Input Capacitance	C_{IN}	Logic inputs		6		pF
Input Leakage Current	I_L	Logic inputs	-1		+1	μA
Output High Voltage	V_{OH}	$I_{OUT} = -1.6\text{mA}$	$V_{DVDD} - 0.4$			V
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{OUT} = 1.6\text{mA}$			0.4	V

ADC Code = 15-bit ADC results from RTD Data registers (01h–02h)

R_{REF} = Resistance of the reference resistor

Once the resistance of the RTD is known, the well-defined resistive properties of the selected RTD can be used to

determine temperature by either calculations or lookup tables.

In the typical case of a PT100 RTD with a 400 Ω high precision low drift reference resistor, [Table 9](#) shows examples of temperature and resistance values with the corresponding ADC code results.

Table 9. Temperature Example for PT100 with 400 Ω R_{REF}

TEMPERATURE (°C)	RTD RESISTANCE (Ω)	RTD DATA REG (01h–02h) (hex)	ADC CODE (dec)	ADC CODE/32-256 (°C)
-200	18.52	0BDAh	1517	-208.59
-175	29.22	12B4h	2394	-181.19
-150	39.72	196Ch	3254	-154.31
-125	50.06	200Ah	4101	-127.84
-100	60.26	2690h	4936	-101.75
-75	70.33	2D04h	5762	-75.94
-50	80.31	3366h	6579	-50.41
-40	84.27	35EEh	6903	-40.28
-30	88.22	3876h	7227	-30.16
-20	92.16	3AFCh	7550	-20.06
-10	96.09	3D7Eh	7871	-10.03
0	100.00	4000h	8192	0.00
10	103.90	4280h	8512	10.00
20	107.79	44FCh	8830	19.94
30	111.67	4778h	9148	29.88
40	115.54	49F2h	9465	39.78
50	119.40	4C6Ah	9781	49.66
60	123.24	4EE0h	10096	59.50
70	127.08	5154h	10410	69.31
80	130.90	53C6h	10723	79.09
90	134.71	5636h	11035	88.84
100	138.51	58A4h	11346	98.56
110	142.29	5B12h	11657	108.28
120	146.07	5D7Ch	11966	117.94
130	149.83	5FE4h	12274	127.56
140	153.58	624Ch	12582	137.19
150	157.33	64B0h	12888	146.75
160	161.05	6714h	13194	156.31
170	164.77	6974h	13498	165.81
180	168.48	6BD4h	13802	175.31
190	172.17	6E30h	14104	184.75
200	175.86	708Ch	14406	194.19
225	185.01	7668h	15156	217.63
250	194.10	7C3Ah	15901	240.91

Table 9. Temperature Example for PT100 with 400Ω R_{REF} (continued)

TEMPERATURE (°C)	RTD RESISTANCE (Ω)	RTD DATA REG (01h-02h) (hex)	ADC CODE (dec)	ADC CODE/32-256 (°C)
275	203.11	81FEh	16639	263.97
300	212.05	87B6h	17371	286.84
325	220.92	8D64h	18098	309.56
350	229.72	9304h	18818	332.06
375	238.44	989Ah	19533	354.41
400	247.09	9E24h	20242	376.56
425	255.67	A3A2h	20945	398.53
450	264.18	A914h	21642	420.31
475	272.61	AE7Ah	22333	441.91
500	280.98	B3D4h	23018	463.31
525	289.27	B922h	23697	484.53
550	297.49	BE64h	24370	505.56

Detecting RTDIN+ Cable Faults

In the 3- and 4-wire RTD connection configuration, a broken or disconnected RTDIN+ cable results in an unbiased ADC+ input into the MAX31865. This causes unpredictable ADC conversion results, which can be influenced by PCB layout, external circuit noise, and ambient temperature. This cable fault condition can go undetected depending upon the values set in the fault threshold registers. If this condition is of interest, add a 10MΩ resistor from the RTDIN+ pin to the BIAS pin. Doing so results in a full-scale RTD resistance measurement if the RTDIN+ lead is broken or disconnected.

Decoding RTD and Cable Fault Conditions

An open RTD element or a short across the RTD element are detected on every conversion based on the resistance data. An open RTD element results in a full-scale reading. Set the threshold for open RTD element detection using the High Fault Threshold registers. If the conversion result is greater than or equal to the threshold value, the RTD High bit in the Fault Status register is set at the end of the

conversion. An open RTD element can also be detected on demand by testing for $V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$. A shorted RTD element produces a conversion result near zero. Set the threshold for shorted RTD detection in the Low Fault Threshold registers.

Table 10, Table 11, and Table 12 summarize how RTD and cable faults are detected for 2-, 3-, and 4-wire setups and provide a description for the most common cause.

Fault Status bits are latched until the Fault Clear bit in the Configuration register is set. This allows intermittent faults to be captured.

Power-Supply Decoupling

To achieve the best results when using the device, decouple the V_{DD} and DVDD power supplies with a 0.1μF capacitor. Use a high-quality, ceramic, surface-mount capacitor if possible. Surface-mount components minimize lead inductance, which improves performance, and ceramic capacitors tend to have adequate high-frequency response for decoupling applications.

Table 10. Decoding RTD Faults for 2-Wire Setups When Fault Bit in RTD Data LSB Register = 1

FAULT STATUS BIT SET	DESCRIPTION OF POSSIBLE CAUSE	CONDITION DETECTED	DESCRIPTION OF RESULTING DATA
D7	Open RTD element	Measured resistance greater than High Fault Threshold value	Full scale
D6	Shorted RTD element RTDIN+ shorted low	Measured resistance less than Low Fault Threshold value	Near zero
D5	Open RTD	$V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$	Full scale
	RTDIN+ shorted high		Indeterminate
	RTDIN- shorted high		Indeterminate
D4	RTDIN- shorted low	$V_{REFIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- open)	Appear to be valid
D3	RTDIN- shorted low	$V_{RTDIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- open)	Appear to be valid
	RTDIN+ shorted low		Near zero
D2	Overvoltage or undervoltage fault	Any protected input voltage $>V_{DD}$ or $<GND1$	Indeterminate

Table 11. Decoding RTD Faults for 3-Wire Setups When Fault Bit in RTD Data LSB Register = 1

FAULT STATUS BIT SET	DESCRIPTION OF POSSIBLE CAUSE	CONDITION DETECTED	DESCRIPTION OF RESULTING DATA
D7	Open RTD element	Measured resistance greater than High Fault Threshold value	Full scale
	RTDIN+ shorted high and not connected to RTD		
	Force+ shorted high and connected to RTD		
D6	RTDIN+ shorted to RTDIN-	Measured resistance less than Low Fault Threshold value	Near zero
	RTDIN+ shorted low and not connected to RTD		
	Force+ shorted low		
D5	Open RTD element	$V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$	Full scale
	Force+ shorted high and connected to RTD		
	Force+ unconnected		Indeterminate
	Force+ shorted high and not connected to RTD		
	RTDIN- shorted high		
D4	RTDIN- shorted low	$V_{REFIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- open)	Appear to be valid
	Force+ shorted low		
D3	RTDIN+ shorted low and connected to RTD	$V_{RTDIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- open)	Near zero
	RTDIN- shorted low		Appear to be valid
	RTDIN+ shorted low		Appear to be valid
D2	Overvoltage or undervoltage fault	Any protected input voltage $>V_{DD}$ or $<GND1$	Indeterminate

Table 12. Decoding RTD Faults for 4-Wire Setups When Fault Bit in RTD Data LSB Register = 1

FAULT STATUS BIT SET	DESCRIPTION OF POSSIBLE CAUSE	CONDITION DETECTED	DESCRIPTION OF RESULTING DATA
D7	Open RTD element	Measured resistance greater than High Fault Threshold value	Full scale
	RTDIN+ shorted high and not connected to RTD		
	Force+ shorted high and connected to RTD		
D6	RTDIN+ shorted to RTDIN-	Measured resistance less than Low Fault Threshold value	Near zero
	RTDIN+ shorted low and not connected to RTD		
	RTDIN- shorted high and not connected to RTD		
	Force+ shorted low		
D5	Open RTD element	$V_{REFIN} > 0.85 \times V_{BIAS}$	Full scale
	Force+ shorted high and connected to RTD		Indeterminate
	Force+ unconnected		
	Force+ unconnected		
	Force+ shorted high and not connected to RTD		
	Force- shorted high and not connected to RTD		
	Force- shorted high and connected to RTD		
D4	Force- shorted low and not connected to RTD	$V_{REFIN} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- open)	Indeterminate
	RTDIN- shorted low and connected to RTD		Appear to be valid
D3	Force+ shorted low	$V_{RTDIN} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- open)	Near zero
	RTDIN+ shorted low and connected to RTD		Appear to be valid
	RTDIN- shorted low and connected to RTD		
	RTDIN- shorted low and not connected to RTD		
D2	Force- shorted low	Any protected input voltage $> V_{DD}$ or $< GND1$	Indeterminate
	Overvoltage or undervoltage fault		

ANEXO F. Hoja de datos (parcial) cámara IMX477.

SONY

Diagonal 7.857 mm (Type 1/2.3) 12.3Mega-Pixel CMOS Image Sensor with Square Pixel for Color Cameras

IMX477-AACK-C

Description

IMX477-AACK-C is a diagonal 7.857 mm (Type 1/2.3) 12.3 Mega-pixel CMOS active pixel type stacked image sensor with a square pixel array. It adopts Exmor RS™ technology to achieve high speed image capturing by column parallel A/D converter circuits and high sensitivity and low noise image (comparing with conventional CMOS image sensor) through the backside illuminated imaging pixel structure. R, G, and B pigment primary color mosaic filter is employed. It equips an electronic shutter with variable integration time. It operates with three power supply voltages: analog 2.8 V, digital 1.05 V and 1.8 V for input/output interface and achieves low power consumption. In addition, this product is designed for use in consumer use camcorder. When using this for another application, Sony Semiconductor Solutions Corporation does not guarantee the quality and reliability of product. Therefore, don't use this for applications other than consumer use camcorder. In addition, individual specification change cannot be supported because this is a standard product. Consult your Sony Semiconductor Solutions Corporation sales representative if you have any questions.

Features

- ◆ Back-illuminated and stacked CMOS image sensor Exmor RS
- ◆ Digital Overlap High Dynamic Range (DOL-HDR) mode with raw data output.
- ◆ High signal to noise ratio (SNR).
- ◆ Full resolution @60 frame/s (Normal), 4K2K @60 frame/s (Normal), 1080p @240 frame/s Full resolution @40 frame/s (12 bit Normal), Full resolution @30 frame/s (DOL-HDR, 2 frame)
- ◆ Output video format of RAW 12/10/8, COMP8.
- ◆ Power Save Mode
- ◆ Pixel binning readout and V sub-sampling function.
- ◆ Independent flipping and mirroring.
- ◆ Input clock frequency 6 to 27 MHz
- ◆ CSI-2 serial data output (MIPI 2lane/4lane, Max. 2.1 Gbps/lane, D-PHY spec. ver. 1.2 compliant)
- ◆ 2-wire serial communication.
- ◆ Two PLLs for independent clock generation for pixel control and data output interface.
- ◆ Ambient Light Sensor (ALS)
- ◆ Fast mode transition. (on the fly)
- ◆ Dual sensor synchronization operation (Multi camera compatible)
- ◆ 7 K bit of OTP ROM for users.
- ◆ Built-in temperature sensor
- ◆ 10-bit/12-bit A/D conversion on chip
- ◆ 92-pin high-precision ceramic package

Exmor RS

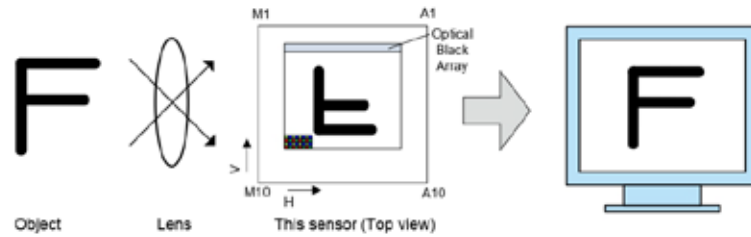
Sony Semiconductor Solutions Corporation reserves the right to change products and specifications without prior notice. This information does not convey any license by any implication or otherwise under any patents or other right. Application circuits shown, if any, are typical examples illustrating the operation of the devices. Sony Semiconductor Solutions Corporation cannot assume responsibility for any problems arising out of the use of these circuits.

Device Structure

◆ CMOS image sensor	
◆ Image size	: Diagonal 7.857 mm (Type 1/2.3)
◆ Total number of pixels	: 4072 (H) × 3176 (V) approx. 12.93 M pixels
◆ Number of effective pixels	: 4072 (H) × 3064 (V) approx. 12.47 M pixels
◆ Number of active pixels	: 4056 (H) × 3040 (V) approx. 12.33 M pixels
◆ Chip size	: 7.664 mm (H) × 5.476 mm (V)
◆ Unit cell size	: 1.55 μm (H) × 1.55 μm (V)
◆ Substrate material	: Silicon

Optical Black Array and Readout Scan Direction

(Top View)



Note) Arrows in the figure indicate scanning direction during default readout in the vertical direction and the horizontal direction.

Figure 1 Optical Black Array and Readout Scan Direction

ANEXO G. Hoja de datos (parcial) cámara termal ZX-IRA26.



Pin Definition



Ethernet interface

5PIN interface		
Pin #	Pin title	Function
1	GND	Ground
2	TXD	Serial port send
3	RXD	Serial port receive
4	GND	Ground
5	POWER IN	12V power in


Ethernet pin definition		
Pin #	Pin title	Function
Blue	DATA_1_N	Ethernet data 1_N
Red	DATA_1_P	Ethernet data 1_P
Green	DATA_0_N	Ethernet data 0_N
Yellow	DATA_0_P	Ethernet data 0_P



Parameters

Imaging index	Working format	Un-cooled 8 μ m-14 μ m
	Resolution	640*480
	Size of pixel	17 μ m
	Emissivity correction	Emissivity 0.01-1 adjustable
	NETD	\leq 50mK (@25 $^{\circ}$ C)
	MRTD	\leq 550mK (under characteristic frequency)
	Image enhancement	Auto adjust brightness and contrast
	Color palette	Black hot/white hot/pseudo color
	Digital zoom	2X, 3X, 4X
	Temperature measurement	Temperature bar with highest/lowest/center temperature spot
	Measurement range	0 $^{\circ}$ C-120 $^{\circ}$ C
Tracking index	Data refresh rate	25Hz-60Hz
	Output lag	<40ms
	Minimum target contrast	5%
	Tracking velocity	\pm 32 pixels / frame
	Target effective memory	100 frame
	Target size	16 \times 16~128 \times 128 pixels
Electrical interface	Video interface	HDMI micro (input) / HDMI micro+Ethernet (output)
	Communication interface	TTL
	Power input	12V
Environmental adaptation	Working temperature	-40 $^{\circ}$ C~60 $^{\circ}$ C
	Storage temperature	-45 $^{\circ}$ C~65 $^{\circ}$ C
	Shock	Meet the GJB 150A vibration test conditions
Others	Lens	19mm/25mm/50mm
	Volume	78.3mm \times 42mm \times 42mm
	Weight	<155g
	Power consumption	\leq 4.6W (@25 $^{\circ}$ C)

Package List

Thermal camera×1	5pin testing cable×1
	

Connections



HDMI-micro video output

HDMI-micro video input

Ethernet output

Power supply/TTL serial port control (to 5PIN testing)

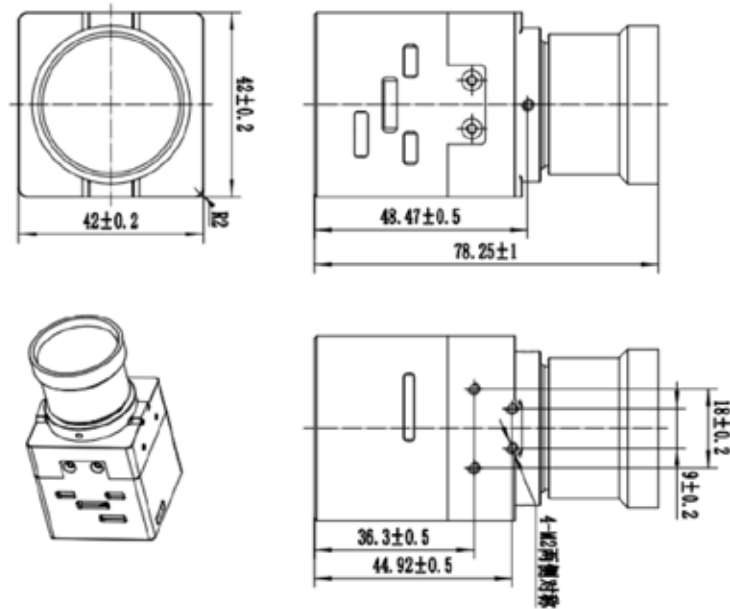
 Note: To prevent the equipment from being damaged, please connect it to the power in the last step. **Please note the insertion pin.**

Troubleshoot

Please use the form below to check the IPM when it has any trouble. Disconnect the power and contact our technical team if problem remains.

Malfunction	Reason and solution
PM cannot start/Power light is not on	<ol style="list-style-type: none"> 1. Check whether the power is connected. 2. Check whether the voltage is lower than required which should be 12V.
No image display	<ol style="list-style-type: none"> 1. Check whether the serial port is open(not serial port 1) 2. Check whether the baud rate setting of the operation software is correct. 3. Check whether the video output format of the displayer is 1080P.
The serial command does not respond	<ol style="list-style-type: none"> 1. Check whether the serial port is open (not serial port 1 open) Check whether the verification mode is correct.
No tracking box	<ol style="list-style-type: none"> 1. The target is too close or not obvious, reselect target.

Dimensions



ANEXO H. Hoja de Datos (parcial) Nvidia Jetson Nano



DATA SHEET

NVIDIA Jetson Nano System-on-Module

Maxwell GPU + ARM Cortex-A57 + 4GB LPDDR4 + 16GB eMMC

Maxwell GPU[®]

128-core GPU | End-to-end lossless compression | Tile Caching | OpenGL[®] 4.6 | OpenGL ES 3.2 | Vulkan[™] 1.1 | CUDA[®] | OpenGL ES Shader Performance (up to): 512 GFLOPS (FP16) | Maximum Operating Frequency: 921MHz

CPU

ARM[®] Cortex[®]-A57 MPCore (Quad-Core) Processor with NEON Technology | L1 Cache: 48KB L1 instruction cache (I-cache) per core; 32KB L1 data cache (D-cache) per core | L2 Unified Cache: 2MB | Maximum Operating Frequency: 1.43GHz

Audio

Industry standard High Definition Audio (HDA) controller provides a multichannel audio path to the HDMI interface.

Memory

Dual Channel | System MMU | Memory Type: 4ch x 16-bit LPDDR4 | Maximum Memory Bus Frequency: 1600MHz | Peak Bandwidth: 25.6 GB/s | Memory Capacity: 4GB

Storage

eMMC 5.1 Flash Storage | Bus Width: 8-bit | Maximum Bus Frequency: 200MHz (HS400) | Storage Capacity: 16GB

Boot Sources

eMMC and USB (recovery mode)

Networking

10/100/1000 BASE-T Ethernet | Media Access Controller (MAC)

Imaging

Dedicated RAW to YUV processing engines process up to 1400mpix/s (up to 24MP sensor) | MIPI CSI 2.0 up to 1.5Gbps (per lane) | Support for x4 and x2 configurations (up to four active streams).

Operating Requirements

Temperature Range (T_j): -25 – 97C° | Module Power: 5 – 10W | Power Input: 5.0V

Display Controller

Two independent display controllers support DSI, HDMI, DP, eDP: MIPI-DSI (1.5Gbps/lane): Single x2 lane | Maximum Resolution: 1920x960 at 60Hz (up to 24bpp) | HDMI 2.0a/b (up to 6Gbps) | DP 1.2a (HBR2 5.4 Gbps) | eDP 1.4 (HBR2 5.4Gbps) | Maximum Resolution (DP/eDP/HDMI): 3840 x 2160 at 60Hz (up to 24bpp)

Clocks

System clock: 38.4MHz | Sleep clock: 32.768kHz | Dynamic clock scaling and clock source selection

Multi-Stream HD Video and JPEG

Video Decode

H.265 (Main, Main 10): 2160p 60fps | 1080p 240fps

H.264 (BP/MP/HP/Stereo SEI half-res): 2160p 60fps | 1080p 240fps

H.264 (MVC Stereo per view): 2160p 30fps | 1080p 120fps

VP9 (Profile 0, 8-bit): 2160p 60fps | 1080p 240fps

VP8: 2160p 60fps | 1080p 240fps

VC-1 (Simple, Main, Advanced): 1080p 120fps | 1080i 240fps

MPEG-2 (Main): 2160p 60fps | 1080p 240fps | 1080i 240fps

Video Encode

H.265: 2160p 30fps | 1080p 120fps

H.264 (BP/MP/HP): 2160p 30fps | 1080p 120fps

H.264 (MVC Stereo per view): 1440p 30fps | 1080p 60fps

VP8: 2160p 30fps | 1080p 120fps

JPEG (Decode and Encode): 600 MP/s

Peripheral Interfaces

xHCI host controller with integrated PHY: 1 x USB 3.0, 3 x USB 2.0 | USB 3.0 device controller with integrated PHY | EHCI controller with embedded hub for USB 2.0 | 4-lane PCIe: one x1/2/4 controller | single SD/MMC controller (supporting SDIO 4.0, SD HOST 4.0) | 3 x UART | 2 x SPI | 4 x I2C | 2 x I2S: support I2S, RJM, LJM, PCM, TDM (multi-slot mode) | GPIOs

Mechanical

Module Size: 69.6 mm x 45 mm | PCB: 8L HDI | Connector: 260 pin SO-DIMM