



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**Evaluación del sistema de comunicación 4G para el monitoreo de cultivos en
el cantón Santa Lucía.**

AUTOR:

Solórzano Macías, Erick Lenin

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl, Ms.C.

Guayaquil, Ecuador

03 de septiembre del 2025



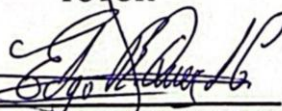
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

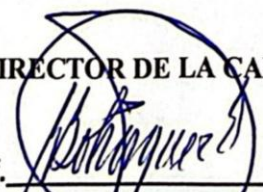
Certificamos que el presente Trabajo de Integración Curricular fue realizado en su totalidad por el **Solórzano Macías, Erick Lenin**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**.

TUTOR

f. 

ING. QUEZADA CALLE, EDGAR RAÚL, Ms.C.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, Ph.D.

Guayaquil, a los 03 del mes de septiembre del año 2025



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Solórzano Macías, Erick Lenin

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación **Evaluación del sistema de comunicación 4G para el monitoreo de cultivos en el cantón Santa Lucía**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, asumo total responsabilidad por el contenido, la veracidad y el alcance de la investigación aquí presentada.

Guayaquil, 03 de septiembre del 2025

EL AUTOR

f. 

Solórzano Macías, Erick Lenin



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Solórzano Macías, Erick Lenin

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Proyecto: **Evaluación del sistema de comunicación 4G para el monitoreo de cultivos en el cantón Santa Lucía**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 03 de septiembre del 2025

EL AUTOR

f. 

Solórzano Macías, Erick Lenin

REPORTE DE COMPILATIO



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

magister

ERICK LENIN SOLORZANO MACÍAS

4%

Textos sospechosos

< 1%

Similitudes

< 1% similitudes entre comillas

< 1% entre las fuentes mencionadas

3%

Idiomas no reconocidos

0%

Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: ERICK LENIN SOLORZANO MACÍAS.docx
 ID del documento: 81c9b6f9c962512d949a8566cd7c45c7333120ab
 Tamaño del documento original: 8,91 MB

Depositante: Edgar Raúl Quezada Calle
 Fecha de depósito: 14/8/2025
 Tipo de carga: interface
 fecha de fin de análisis: 14/8/2025

Número de palabras: 16.279
 Número de caracteres: 108.135

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	localhost Diseño de una red WLAN para cobertura en Centro Turístico y Vacacio... http://localhost:9080/html/bistream/3317112721/3/7-UCSG-PRE-TEC-TEL-326.pdf.txt 18 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (211 palabras)
2	localhost Implementación de un sistema de monitoreo basado en el protocolo ... http://localhost:8080/html/bistream/331711331/3/7-UCSG-PRE-TEC-TEL-303.pdf.txt 17 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (182 palabras)
3	Nathaly Freire Juan Vega.P73.docx Nathaly Freire Juan Vega.P73 #758923 Viene de de mi grupo 15 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (172 palabras)
4	Documento de otro usuario #67ba1f Viene de de otro grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	hdl.handle.net Propuesta metodológica para enlazar drones con app móvil de s... http://hdl.handle.net/11371/5468	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
2	Documento de otro usuario #5d8e1f Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
3	repositorio.ucsg.edu.ec El derecho a la defensa de las partes procesales dentro... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/331771/5335/1/7-UCSG-PRE-MDDP-S3.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
4	repositorio.ucsg.edu.ec Gestión del proceso de selección e inducción del perso... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317724136/1/UCSG-468-23685.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
5	hdl.handle.net Implementación de Aeronaves no Tripuladas para el Monitoreo ... http://hdl.handle.net/11634/54665	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

-  <https://acgdrone.com/>
-  <https://advdrone.com/>
-  <https://aerialproductions.es>
-  <https://agrospray.com.ar>
-  <https://agrotecnica.online/>



EDGAR RAÚL QUEZADA CALLE

TUTOR

f. 

ING. QUEZADA CALLE, EDGAR RAÚL, Ms.C.

DEDICATORIA

El presente proyecto el cual consta de dedicación, responsabilidad y esfuerzo va dedicado a mis padres que me han apoyado en todo momento a lo largo de mi carrera universitaria a pesar de los altos y bajos que se han presentado, también por la valentía que me inculcaron permitiéndome luchar por cada uno de mis objetivos. Gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y la perseverancia.

A una persona en especial que ha sido uno de mis mayores apoyos, mi compañera a lo largo de este viaje académico: mi novia, Mercedes Santos Espinoza, gracias por tu paciencia, tu comprensión y sobre todo por tu fe en mí, incluso cuando yo dudaba. Te amo más de lo que las palabras pueden expresar y estoy infinitamente feliz de tenerte a mi lado en este viaje y en todos los demás que están por venir.

A mi fiel compañero Lucky, cuya presencia silenciosa y leal me levantó de la complicada situación en la que me encontraba, mi compañero fiel en cada momento de esta investigación.

A todos aquellos quienes me motivaron y acompañaron desde el inicio de mis estudios profesionales hasta su culminación. Sin duda, no hay espacio suficiente para nombrar al total de mi familia, amigos, compañeros y conocidos que nutrieron mi vida durante todos estos años. Dios tiene una gran recompensa para todos ustedes.

EL AUTOR

f. 

SOLÓRZANO MACÍAS, ERICK LENIN



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

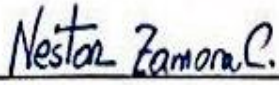
f. 

ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO, Ph.D.

DIRECTOR DE CARRERA


f. _____
ING. UBILLA GONZÁLEZ RICARDO XAVIER, Ms.C.

COORDINADOR DEL ÁREA DE LA CARRERA

f. 

ING. ZAMORA CEDEÑO, NÉSTOR ARMANDO, Ms.C.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	XIV
Abstract	XV
Capítulo 1.....	2
Descripción general del trabajo de titulación.....	2
1.1 Introducción	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos del problema de investigación.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Antecedentes	4
1.6 Hipótesis	5
1.7 Metodología de la investigación	5
1.7.1 Enfoque cualitativo	5
1.7.2 Enfoque cuantitativo	5
Capítulo 2.....	6
Marco teórico	6
2.1 Drones	6
2.2 Tipos de dron	7
2.2.1 Ala fija	7
2.2.2 Multirrotores.....	8
2.2.3 Helicópteros	9
2.2.4 Drones monitorizados	11
2.2.5 Drones preprogramados	11
2.2.5.1 Software para programar la ruta	11
2.2.5.2 Procesamiento de datos.....	12
2.2.5.3 Sistema de navegación.....	12
2.2.6 Drones supervisados	12
2.2.7 Drones autónomos	13
2.3 Partes del dron.....	14
2.3.1 Frame	14
2.3.2 Motor.....	15
2.3.3 Hélices.....	15
2.3.4 Controlador de vuelo.....	16
2.3.5 Batería	16
2.3.5.1 Baterías de polímero de litio	17
2.3.5.2 Baterías de iones de litio	18
2.3.5.3 Batería de Níquel-Metal hidruro	18
2.3.6 Radio Receptor (Antena)	19
2.3.7 GPS y Brújula	20
2.3.8 Estabilizador	20
2.3.9 Cámaras y sensores	21
2.3.9.1 Cámaras de espectro visual.....	21
2.3.9.2 Cámaras termográficas.....	21
2.3.9.3 Cámara FPV	22

2.3.9.4	Sensor de presión	22
2.3.9.5	Sensor de temperatura.....	23
2.3.9.6	Sensor multiespectral	23
2.3.9.7	Sensor de proximidad	24
2.4	Aplicación de los drones.....	24
2.4.1	Aplicación de los drones en la construcción.....	24
2.4.2	Aplicación de los drones en la minería.....	25
2.4.3	Aplicación de los drones en el transporte urbano de mercancías	25
2.5	Agricultura 4G	28
2.5.1	Tipos de cámaras.....	29
2.5.1.1	Cámaras visibles	29
2.5.1.2	Cámara de espectro múltiple.....	29
2.5.1.3	Cámara de espectro continuo	30
2.5.2	Tipos de sensores	30
2.6	Agricultura 4G aplicada en los cultivos de arroz.....	32
2.6.1	Fertilización y fumigación de cultivos.....	32
2.6.2	Mapeo y topografía de cultivos.....	32
2.6.3	Análisis de suelo	33
2.6.4	Siembras.....	33
2.6.5	Cámaras y sensores	34
2.6.5.1	Cámara Canon S110 de 12 MPx.....	34
2.6.5.2	Sensores multiespectrales Airinov y Parrot	35
2.6.5.3	Sensor térmico y rastreador.....	35
Capítulo 3		37
Resultados		37
3.1	Encuesta a los agricultores.....	37
3.1.1	Resultados de la encuesta.....	37
3.2	Herramientas a usar.....	47
3.2.1	DJI Phantom 4 RTK.....	47
3.2.2	Control receptor	48
3.2.3	Receptor GNSS Trimble R8s.....	48
3.2.4	Colector RTK.....	49
3.2.5	Batería del DJI Phantom 4 RTK	50
3.2.6	OpenSignal.....	51
3.2.7	Garmin eTrex 32x	51
3.3	Estudio del cultivo	51
3.3.1	Anotar las coordenadas	51
3.3.2	Geolocalizar el dron.....	52
3.3.2	Trazar la ruta	52
3.4	Primer cultivo.....	53
3.4.1	Trazado de ruta del primer cultivo.....	53
3.4.2	Imagen del cultivo tomada desde el dron	54
3.4.2	Interferencias presentadas durante el vuelo	55
3.5	Segundo cultivo	57
3.5.2	Trazado de ruta del segundo cultivo	57
3.5.3	Imagen del cultivo tomada desde el dron	58

3.5.4 Interferencias presentadas durante el vuelo	59
Conclusiones y recomendaciones	61
Conclusiones	61
Recomendaciones	63
Referencias.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dron cuadricóptero.....	7
Figura 2	Dron de ala fija.....	8
Figura 3	Dron de tipo Multirotor	9
Figura 4	Dron tipo helicóptero.....	9
Figura 5	Dron monitoreado.....	11
Figura 6	Programación de ruta.....	12
Figura 7	Drones supervisados.....	13
Figura 8	Dron autónomo.....	14
Figura 9	Frame de un dron.....	14
Figura 10	Motor para dron.....	15
Figura 11	Hélices de dron.....	16
Figura 12	Componentes de un controlador de vuelo	16
Figura 13	Batería Li-Po usada en drones.....	17
Figura 14	Batería de polímero de litio	18
Figura 15	Batería de iones de litio	18
Figura 16	Tipos de batería NiMh.....	19
Figura 17	Radio receptor del dron	19
Figura 18	Estabilizador de la cámara.....	20
Figura 19	Cámara de espectro visual	21
Figura 20	Cámara termográfica	22
Figura 21	Cámara FPV	22
Figura 22	Sensor de presión.....	23
Figura 23	Sensor multiespectral	24
Figura 24	Fotogrametría con drones.....	25
Figura 25	Drones en la minería.....	25
Figura 26	Drones para el envío de mercancía.....	26
Figura 28	Imagen tomada desde una cámara visible	29
Figura 29	Imagen tomada desde una cámara de espectro múltiple.....	30
Figura 30	Dron usado para fumigación	32
Figura 31	Topografía con dron	33
Figura 32	Siembra con dron.....	34
Figura 33	Cámara Canon S110 de 12 MPx	35
Figura 34	Mapa térmico.....	36
Figura 35	Tiempo en la agricultura.....	38
Figura 37	Técnicas de cultivo	39
Figura 38	Dron en cultivo	40
Figura 39	Ventajas del uso de dron.....	41
Figura 40	Limitaciones	42
Figura 41	Ayuda por parte del estado	43
Figura 42	Implementación de herramientas tecnológicas.....	44
Figura 43	Conectividad y cobertura en el cantón Santa Lucía	45
Figura 44	Monitoreo de cultivos.....	46
Figura 45	Transmisión de datos.....	47
Figura 46	DJI Phantom 4 RTK	48
Figura 47	Radio receptor DJI.....	48
Figura 48	Receptor GNSS Trimble R8s	49
Figura 49	Colector RTK	50
Figura 50	Batería de vuelo inteligente	50
Figura 51	Garmin eTrex 32x	51

Figura 53	Geolocalizando el dron.....	52
Figura 54	Planificación de vuelo	53
Figura 55	Primer cultivo	53
Figura 56	Ruta del primer cultivo.....	54
Figura 57	Primer cultivo	54
Figura 58	Interferencia 1.....	55
Figura 59	Interferencia 2.....	56
Figura 60	Interferencia 3.....	56
Figura 61	Segundo cultivo.....	57
Figura 62	Trazado de ruta del segundo cultivo.....	58
Figura 63	Vista aérea del cultivo	58
Figura 64	Interferencia 1 del segundo cultivo	59
Figura 65	Interferencia 2 en el segundo cultivo.....	60
Figura 66	Interferencia 3 del segundo cultivo	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ventajas e inconvenientes de cada dron	10
Tabla 2	Ventajas e inconvenientes de los drones.....	27
Tabla 3	Aplicaciones de los drones en la agricultura.....	28
Tabla 4	Tipos de sensores	31
Tabla 5	Tiempo en la agricultura	37
Tabla 6	Técnica de cultivo.....	38
Tabla 7	Dron en cultivo	39
Tabla 8	Ventaja del uso de dron.....	40
Tabla 9	Limitaciones.....	41
Tabla 10	Ayuda por parte del estado.....	42
Tabla 11	Implementación de herramientas tecnológicas	43
Tabla 12	Conectividad y cobertura en el cantón Santa Lucía	44
Tabla 13	Monitoreo de cultivos	45
Tabla 14	Transmisión de datos	46
Tabla 15	Coordenadas de los cultivos.....	52
Tabla 16	Características del enlace de comunicación del primer cultivo	55
Tabla 17	Características del enlace de comunicación del segundo cultivo.....	59

Resumen

Este proyecto tiene como finalidad analizar los sistemas de comunicación 4G para de esta manera llevar a cabo un monitoreo eficiente de cultivos, se desarrolló un estudio previo en el cual constan las interferencias presentadas, alcance, el ancho de banda y latencia presentadas en el cultivo. Al realizar el estudio del cultivo se pudo realizar el monitoreo de manera eficiente, a pesar de no haber una buena señal. Por lo tanto, se determinó que, aunque no haya buena señal, el monitoreo sigue siendo eficiente. Con el estudio previo del cultivo también se pueden desarrollar otras tareas como el control de plagas, fumigación y siembra.

En este documento del trabajo de titulación se analiza el sistema de comunicación 4G por medio de un estudio para posteriormente llevar a cabo el monitoreo de cultivo. La metodología utilizada se basó en una investigación mixta, es decir, cualitativa y cuantitativa, el cual nos va a permitir recolectar, analizar e interpretar la influencia de los sistemas de comunicación 4G. Mientras que, por otro lado, las entrevistas cualitativas determinaran cómo los agricultores perciben esa señal, qué problemas tienen, y por qué es importante para ellos usar tecnologías, incluso si la señal no es perfecta debido a la ubicación geográfica de sus cultivos.

Palabras claves: Monitoreo, Interferencias, Latencia, Siembra, Fumigación, Influencia, Tecnologías.

Abstract

The purpose of this project is to analyze 4G communication systems to efficiently monitor crops. A preliminary study was conducted, which documented the interference, range, bandwidth, and latency encountered in the crop. By conducting the crop study, monitoring was efficient, even when there was no strong signal. Therefore, it was determined that even when the signal is weak, monitoring is still efficient. With the preliminary crop study, other tasks such as pest control, fumigation, and planting can also be performed.

This thesis document analyzes the 4G communication system through a study to subsequently conduct crop monitoring. The methodology used was based on mixed research, that is, qualitative and quantitative, which will allow us to collect, analyze, and interpret the influence of 4G communication systems. While, on the other hand, qualitative interviews will determine how farmers perceive that signal, what problems they face, and why it is important for them to use technologies, even if the signal is not perfect due to the geographic location of their crops.

Keywords: Monitoring, Interference, Latency, Sowing, Spraying, Influence, Technologies.

Capítulo 1

Descripción general del trabajo de titulación

1.1 Introducción

La tecnología 4G es considerada idónea en tareas que conlleven monitoreos de cultivos o un seguimiento avanzado del mismo. Sin embargo, para poder emplear las herramientas tecnológicas se necesita tener una baja latencia para obtener respuestas rápidas, así como un buen soporte y un ancho de banda idóneo.

Al tener una buena conectividad 4G se puede transmitir datos de manera simultánea por medio de drones hacia un dispositivo móvil. La recolección de datos permite llevar a cabo múltiples tareas, que van desde el seguimiento de las variables críticas hasta el monitoreo continuo de cultivos.

Los rasgos tanto geográficos como agrícolas del cantón Santa Lucía ofrecen la capacidad de implementar herramientas tecnológicas. Esto se debe a que gran parte de la economía del cantón se basa en la agricultura, por lo que se han realizado inversiones en sistemas de conectividad que permitan una mayor velocidad y eficiencia en la transferencia de datos.

Propuesta de tesis: Evaluación del sistema de comunicación 4G para el monitoreo de cultivos en el cantón Santa Lucía

1.2 Planteamiento del problema

El Cantón Santa Lucía, en Ecuador, es un área con una gran inclinación agrícola. Sin embargo, la administración de cultivos en esta zona enfrenta un gran desafío, debido a que la supervisión tradicional es trabajosa e ineficaz. La ausencia de un monitoreo continuo y exacto lleva a decisiones erróneas o tardías, afectando la producción y las ganancias de los agricultores locales.

Hoy en día, hay un aumento de interés en la agricultura de precisión, que intenta optimizar cultivos usando tecnologías como drones y sensores. Estas innovaciones pueden cambiar cómo se lleva a cabo el monitoreo de cultivos, mejorando la recopilación de datos en tiempo real.

1.3 Justificación

Es esencial evaluar el sistema 4G en Santa Lucía, pues las tecnologías de agricultura de precisión, como los drones, necesitan una buena conectividad, ya que, sin una infraestructura de comunicación adecuada, el potencial de estas herramientas disminuye. Si evaluamos la fiabilidad de las redes 4G en zonas agrícolas podemos determinar su capacidad para optimizar la gestión de cultivos, por lo que los resultados beneficiarán a los agricultores de Santa Lucía y servirán de ejemplo para otras regiones agrícolas de Ecuador.

1.4 Objetivos del problema de investigación

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el uso de una red 4G mediante drones RTSP para monitorear cultivos en el cantón Santa Lucía.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio previo del cultivo para evitar errores y garantizar resultados

útiles y precisos.

2. Identificar RTSP compatibles con drones y aplicables en entornos rurales, considerando factores como el alcance, la latencia, el ancho de banda.
3. Optimizar la comunicación de RTSP para la aplicación en cultivos.

1.5 Antecedentes

Los drones son muy utilizados en diferentes aplicaciones de la ingeniería, en el área de las telecomunicaciones se han efectuado varios trabajos de investigación que han sido publicados en revistas científicas o conferencias.

(Reyes Valdivia, 2022) realizó un análisis donde se determina que el uso de drones no va en contra de los derechos humanos; al contrario, este mecanismo protege los derechos humanos, en todos los escenarios que puedan presentarse, con este aporte se busca salvaguardar la integridad y el bienestar colectivo ante posibles desacuerdos que se suelen presentar en la comunidad.

(Alonso Gómez & Chaves Pabón, 2021) realizaron un análisis sobre: “Uso de drones y sensores remotos para el monitoreo de laderas” donde se busca realizar el monitoreo de desplazamientos de suelo y eventos de desplazamiento de masas en laderas, tanto estabilizadas como no estabilizadas, que afectan de gran manera debido a las pérdidas humanas y económicas que podrían traer consigo. Con este aporte se busca obtener datos en tiempo real, que pueda permitirnos predecir o llevar a cabo una simulación de riesgos vinculados a la edificación de pendientes viales para decidir rápidamente y así prevenir o reducir el impacto ante posibles desastres.

1.6 Hipótesis

Un sistema de comunicación 4G con excelente conectividad y cobertura en el Cantón Santa Lucía mejora notablemente el monitoreo de cultivos con tecnologías de agricultura de precisión, al permitir transmitir un gran volumen de datos desde el campo hacia los dispositivos móviles y centros de control.

1.7 Metodología de la investigación

En la investigación se aplicará el método mixto, el cual nos va a permitir recolectar, analizar e interpretar la influencia de los sistemas de comunicación 4G donde las mediciones cuantitativas del 4G me dirán cuánta señal y velocidad hay. Por otro lado, las entrevistas cualitativas determinaran cómo los agricultores perciben esa señal, qué problemas tienen, y por qué es importante para ellos usar tecnologías, incluso si la señal no es perfecta debido a la ubicación geográfica de sus cultivos.

1.7.1 Enfoque cualitativo

Este enfoque nos ayudará a entender los fundamentos de la investigación sobre el monitoreo de cultivos y los sistemas de comunicación 4G, con el fin de comprender los puntos de vista, experiencias y necesidades de las partes interesadas, principalmente los agricultores y técnicos agrícolas.

1.7.2 Enfoque cuantitativo

Este enfoque nos ayudará a asociar datos que prueben la hipótesis presentada, por medio de una medición y análisis de las características del 4G que nos permita determinar su impacto en la efectividad del monitoreo.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Drones

Su objetivo principal era reemplazar a los seres humanos en la ejecución de misiones especialmente peligrosas. Durante la década de los 60, el avance de la tecnología permitió que se desarrollaran drones que volaban rutas pre programadas. Originalmente, eran controlados a través de frecuencias de radio; no obstante, es a partir de los años 80 y 90 que recién empiezan a tomar la forma con la que los conocemos. (UAV, 2022)

Los drones (UAV) suelen funcionar con baterías de polímero de litio (Li-Po), que ofrecen un buen equilibrio entre peso y capacidad energética. Estas baterías alimentan los motores, el controlador y otros sistemas de los drones.

En esencia, un dron es un robot volador que puede controlarse remotamente o volar de forma autónoma y que funcionan en conjunto con sensores a bordo y un sistema de Posicionamiento Global. (Gillis & Earls, 2024)

Una de las innovaciones significativas en la tecnología de drones es su creciente autonomía. Equipados con sistemas de detección y evitación de obstáculos, los drones modernos pueden navegar de manera segura en entornos complejos sin intervención humana. Esta capacidad es fundamental para aplicaciones como la entrega de paquetes, donde la precisión y la seguridad son primordiales. (Espdrone, 2024)

Figura 1

Dron cuadricóptero



Nota. Dron cuadricóptero para el monitoreo

2.2 Tipos de dron

Existen varias categorizaciones para los drones, los cuales van a variar de acuerdo a su fisonomía, mecanismo de control y el uso que se le vaya a emplear. Su clasificación de acuerdo a su fisonomía es:

2.2.1 Ala fija

Dependen principalmente de alas aerodinámicas y movimiento hacia adelante para volar, en lugar de rotores giratorios para generar sustentación. Este dron tiene un diseño único que permite una mayor autonomía de vuelo y una cobertura eficiente de áreas extensas, en comparación con otros tipos de drones. (elprocus, s.f.)

Uno de los problemas que se pueden presentar es el desequilibrio durante el vuelo, esto se debe a que no pueden mantenerse estáticos, por lo que necesitan estar en constante movimiento.

Figura 2

Dron de ala fija



Nota. Dron tipo ala fija. Fuente: (Umiles, 2023).

2.2.2 Multirrotores

Tiene implementado entre cuatro a ocho rotores dependiendo del modelo, los cuales permiten que el dron pueda mantenerse estable y a su vez maniobrar en el aire. Su mayor inconveniente es la autonomía de vuelo, ya que mientras mas rotores se quieran agregar, será muy difícil maniobrarlo.

Una de las características distintivas de los drones multirrotor es su impresionante capacidad de carga útil. Algunas variantes pueden transportar cargas útiles que van desde unos pocos kilogramos hasta varias decenas de kilogramos, especialmente aquellos equipados con motores de gasolina. Por defecto, los multirrotor ofrecen capacidades de carga útil significativamente mayores en comparación con sus homólogos de ala fija, lo que los convierte en opciones ideales para tareas que requieren equipos o sensores pesados. (Desmonda, 2023)

Figura 3

Dron de tipo Multirotor



Nota. Dron tipo multirotor cuadricóptero

2.2.3 Helicópteros

Un dron de un solo rotor se asemeja a un helicóptero tradicional. Cuenta con un rotor principal grande para la sustentación y la propulsión, y un rotor de cola pequeño para controlar la guiñada y mantener la estabilidad, esta configuración permite un vuelo eficiente (Zimmerman, 2025)

Figura 4

Dron tipo helicóptero



Nota. Dron tipo helicóptero. Fuente: (Angulo, 2024).

Tabla 1

Ventajas e inconvenientes de cada dron

TIPO DE DRON	VENTAJAS	INCONVENIENTES
ALA FIJA	• Alcance: Cubren una distancia mayor a comparación de los drones multirotor. • Seguridad: Si un motor llega a fallar, se puede programar un aterrizaje seguro.	• Maniobrabilidad: Son poco ágiles por lo que no es muy recomendado para el uso en entornos urbanos. • Despegue y aterrizaje complejo: Requiere de una pista de aterrizaje o un área despejada.
MULTIROTOR	• Maniobrabilidad: Pueden despegar y aterrizar en espacios pequeños, también se los puede manipular para hacer mapeos o incluso modelamientos. • Mayor capacidad de carga: Su diseño hace posible que puedan soportar un peso mayor a comparación de los drones de ala fija.	• Rangos cortos de vuelo: Debido a su batería, solo puede volar aproximadamente 30 minutos. • Depende de las condiciones climáticas: Este tipo de dron depende por completo de los motores, por lo que al someterse a condiciones climáticas desfavorables tiende a fallar.
HELICÓPTERO	• Despegue y aterrizaje: Pueden hacerlo desde sitios pequeños, sin necesidad de espacios abiertos o pistas. • Facilidad de uso: Son sencillos incluso para principiantes	• Rango de vuelo corto: Cubren distancias muy cortas lo cual no lo hace ideal para monitoreo de lugares grandes. • Mantenimiento: Conlleva un proceso minucioso y costoso.

Fuente: E. Solorzano (2025)

2.2.4 Drones monitorizados

Este tipo de drones tiene la capacidad de rápida transferencia de datos debido a su versatilidad. Otra de sus ventajas es su bajo costo, lo que lo hace ideal para aplicaciones en la agricultura y construcción donde está ganando terreno de cara a la inspección tradicional.

Figura 5

Dron monitoreado



Nota. Dron monitoreado por medio de dispositivo móvil. Fuente: (Novelo,2022).

2.2.5 Drones preprogramados

El mundo digital actual ha hecho que las habilidades de programación sean esenciales, especialmente en campos como la robótica y otros estrechamente relacionados. Los drones son solo un ejemplo de los múltiples usos de la programación en este sentido. Además, aprender a programar drones para poder instruirlos de forma fácil y eficaz puede ser muy divertido (Saafan, s.f.).

2.2.5.1 *Software para programar la ruta*

Es necesario llevar a cabo la programación de ruta ya que de esta manera se le da la indicación al dron de que ruta debe seguir, a cuanta velocidad y a que altura dependiendo de la tarea que se vaya a realizar.

2.2.5.2 Procesamiento de datos

La gestión eficaz de datos de drones le permite mejorar la eficiencia y la productividad para, en última instancia, optimizar las operaciones. Cuanto más rápido procese la información recopilada por la tecnología de drones, antes podrá su equipo optimizar recursos, reducir el desperdicio, ahorrar tiempo y minimizar los gastos (Duncan Parnell, 2025).

2.2.5.3 Sistema de navegación

Permite visualizar datos de vuelo del dron, tales como: Posición, condiciones ambientales, obstáculos y viento. Toda esta información se obtiene mediante los radares, láseres, sistemas infrarrojos y cámaras que forman parte del sistema de navegación.

Figura 6

Programación de ruta



Nota. Programación de ruta para el dron. Fuente: (YellowScan, 2024).

2.2.6 Drones supervisados

Toda obra que se lleve a cabo, debe tener un monitoreo constante por si se presenta algún inconveniente mientras se dé la construcción. Los drones incursionan en estas tareas ya que al tener un sistema RTK, permiten transmitir un gran volumen de datos en tiempo real hacia un dispositivo móvil, por lo que lo hace una herramienta muy importante de cara a la toma de decisiones rápidas.

Figura 7

Drones supervisados



Nota. Drones supervisados en la construcción. Fuente: (RedaccionA21, 2023).

2.2.7 Drones autónomos

Para poder mantenerse estables durante el vuelo es necesario un sistema de navegación GPS. El dron se encarga de seguir la ruta y adaptarse a los cambios que se vayan presentando durante el vuelo.

Estos vehículos aéreos no tripulados pueden ser utilizados en una amplia variedad de actividades, debido a su capacidad para volar y llevar a cabo tareas específicas de manera eficiente. Es por esto que, generalmente, son equipados con diferentes componentes, como cámaras, GPS, sensores de distancia, cámaras termográficas, entre otros, dependiendo del uso al que se lo vaya a implementar (Berruezo & José, 2023).

Figura 8

Dron autónomo



Nota. Dron autónomo skydio 2. Fuente: (Umiles, 2024).

2.3 Partes del dron

Se compone de varios elementos que pueden ser tanto eléctricos como físicos, todos ellos cumplen una función específica para que el dron pueda realizar sus actividades sin problemas, incluso para desarrollar una tarea simple es necesario que todas las partes del dron estén funcionando correctamente.

2.3.1 Frame

Condiciona la maniobrabilidad del dron, por lo que es importante elegir un buen frame, ya que, al estar hecho de fibra de carbono, proporciona resistencia y ligereza dentro del rendimiento del dron.

Figura 9

Frame de un dron



Nota: Frame de un dron para mantener la estabilidad

2.3.2 Motor

Son el corazón del sistema de propulsión de cualquier dron, influyendo directamente en el rendimiento, la eficiencia y la fiabilidad de la aeronave. El tipo, el diseño y las especificaciones de un motor de dron son esenciales para definir sus capacidades, desde la resistencia y la velocidad hasta la capacidad de carga útil y la agilidad. (Grepow, 2024)

Figura 10

Motor para dron



Nota. Motor de un dron. Fuente: (Rcdrone, 2023).

2.3.3 Hélices

Generan la fuerza que permite al dron mantenerse en el aire. Si están desgastadas o dañadas, pueden provocar inestabilidad, pérdida de control y menor eficiencia en el vuelo. Un cambio a tiempo garantiza un rendimiento seguro y eficaz. (GoDron, 2025).

El constante movimiento de las hélices provoca que el dron permanezca volando, por lo que son una parte esencial de los drones, también le permite realizar otras funciones como maniobrar o desplazarse con total libertad y seguridad.

Figura 11

Hélices de dron



Nota. Hélices de un dron. Fuente: (Guiadrones, 2025).

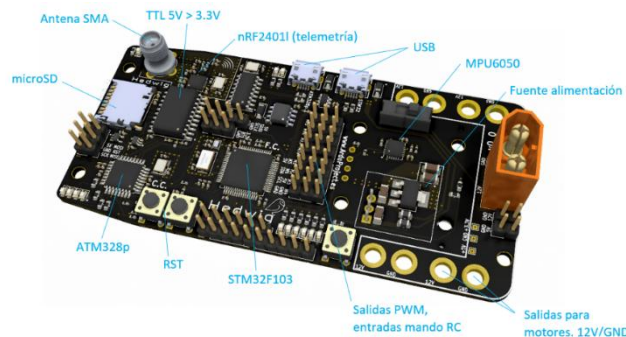
2.3.4 Controlador de vuelo

Es el encargado de permitir, procesar y a su vez ejecutar las entradas a los sensores para luego poder tomar las decisiones de acuerdo a la situación que se vaya a presentar durante el vuelo y de esta manera permitir que el dron se mantenga en el aire sin ningún problema.

Los drones poseen su centro de mando en su controlador, el mismo está constituido por STM32, analiza información de sensores, además utiliza para mantenerse estable en el aire giroscopios y acelerómetros (Caro, 2025).

Figura 12

Componentes de un controlador de vuelo



Nota. Componentes de un controlador de vuelo. Fuente: (Alva, 2022).

2.3.5 Batería

Es la encargada de suministrar la energía requerida a todo el equipo. Son muy pesadas, así

que es recomendable usar baterías de buena calidad como las de Li-Po para de esta manera reducir su peso.

Las baterías Li-Po están hechas de un electrolito polimérico, lo que las hace flexibles y ligeras en comparación a las baterías de iones de litio. También tienen una mayor capacidad de almacenar energía que las baterías de iones de litio. Esto las convierte actualmente en las baterías mayormente utilizadas en los drones (Coastaldrone, 2023).

Figura 13

Batería Li-Po usada en drones



Nota. Batería Li-Po usada en drones. Fuente: (Novodrone, 2023).

2.3.5.1 Baterías de polímero de litio

Son muy usadas por su balance entre la energía y el peso, además de su capacidad generar energía muy rápido. Su aplicación en drones es esencial ya que les permite volar a gran altura y rapidez, mejorando su rendimiento mientras se cumple su trayectoria de vuelo.

Figura 14

Batería de polímero de litio



Nota. Batería 18650 de polímero de litio. Fuente: (Dlnenergy, 2023).

2.3.5.2 Baterías de iones de litio

Es una batería recargable que utiliza la conversión reversible, la cual utiliza los iones de litio para poder captar la energía, en muchas ocasiones los electrodos negativos de ellas suelen ser de grafito (T-drones, 2023).

Figura 15

Batería de iones de litio



Nota. Batería de iones de litio de 3,7V. Fuente: (Tycorun, 2023).

2.3.5.3 Batería de Níquel-Metal hidruro

Al ser recargables se encuentra en una variedad de dispositivos. Su capacidad ambiental de generar un bajo impacto, la hace ideal ya que ofrece resistencia de cara a los ciclos de carga y descarga.

Figura 16

Tipos de batería NiMh



Nota: Tipo de batería NiMh para drones. Fuente: (Facilelectro, 2023).

2.3.6 Radio Receptor (Antena)

Permite el intercambio de información del dron hacia el control remoto, todo esto se logra por medio del envío y recepción de señales radiales. El radio receptor a su vez hace posible que se lleven a cabo otras funciones del dron, por ejemplo: Transmisión de datos, navegación y el correcto funcionamiento de los componentes tanto electrónicos como mecánicos.

Figura 17

Radio receptor del dron



Nota. Radio receptor de un dron. Fuente: (Prometec, 2023).

2.3.7 GPS y

Brújula

Este componente va vinculado al controlador el cual le brinda las coordenadas del lugar, altitud y velocidad del trabajo, se debe mencionar que este componente hace posible que los equipos funcionen de forma autónoma, además sirve para referenciar la posición de las fotografías con drones que cuenta con RTK (Castro Díaz & Pfura Monterola, 2020).

2.3.8 Estabilizador

Es una parte primordial del dron, ya que tiene la capacidad de diferenciar las tomas dinámicas de los movimientos no deseados ocasionados por otros factores. Al hablar del estabilizador se puede mencionar la estabilización de imagen, la cual consiste en equilibrar de manera eficaz la imagen obtenida para de esta manera tener una mejor resolución de la misma. También incluye un sensor el cual, al estar integrado directamente en la cámara, permite reducir el desenfoque por vibración logrando tener imágenes estabilizadas.

Figura 18

Estabilizador de la cámara



Nota. Estabilizador de cámara para dron que ayude a darle una mejor resolución de video

2.3.9 Cámaras y sensores

Están diseñadas para capturar imágenes y videos en tiempo real, vienen de distintos tamaños y de distinta calidad de video dependiendo el uso que se le dé, por lo tanto, se puede elegir entre comprar una cámara compacta para principiantes o una cámara de alta resolución para aplicaciones en el ámbito comercial.

2.3.9.1 Cámaras de espectro visual

Su adaptabilidad hace que este tipo de cámara muy utilizada para el ámbito tanto comercial como profesional. También se ha llevado a cabo su implementación en la agricultura, permitiendo de esta manera que el dron realice otras funciones como el monitoreo de los campos de cultivo, inspección de infraestructura agrícola y la toma de decisiones a partir de los datos obtenidos.

Figura 19

Cámara de espectro visual



Nota. Cámara de espectro visual. Fuente: (Global, 2020).

2.3.9.2 Cámaras termográficas

Este tipo de cámaras poseen la capacidad de transmitir la imagen en un dispositivo o en una pantalla. Las imágenes son mostradas en infrarrojo o de acuerdo a el calor que emite cada cuerpo. Todo esto se puede mostrar por medio de los sensores que ya tienen configurados, que muestran cuanta temperatura emiten los cuerpos

Figura 20

Cámara termográfica



Nota. Cámara termográfica para infrarrojo. Fuente: (ACGdrone, 2024).

2.3.9.3 Cámara FPV

Son populares para las carreras y los vuelos de exploración, ya que el piloto puede navegar a través de pequeños huecos y obstáculos, y realizar maniobras aéreas con mayor precisión y control que con una vista de línea de visión tradicional. También son ideales para capturar impresionantes fotografías y videografías aéreas, proporcionando imágenes únicas y cinematográficas que serían imposibles de lograr con otros tipos de cámaras (Liang O. , 2025).

Figura 21

Cámara FPV



Nota. Cámara GoPro que actúa como FPV. Fuente: (Han, 2022).

2.3.9.4 Sensor de presión

Se encargan de medir la presión atmosférica, para luego poder estimar la altitud absoluta

del dron. Después de obtener estos datos, el controlador de vuelo usa esa información para realizar maniobras precisas.

Figura 22

Sensor de presión



Nota. Sensor de presión BMP180. Fuente: (Vilcherrez,2023).

2.3.9.5 Sensor de temperatura

Además de recopilar datos atmosféricos, los drones también pueden ser utilizados para monitorear el suelo y la vegetación. Mediante el uso de cámaras multiespectrales y sensores LiDAR, los drones pueden mapear la cobertura vegetal, identificar áreas deforestadas y estimar la salud de los ecosistemas (IDC, s.f.).

2.3.9.6 Sensor multiespectral

Son de una excelente resolución con los mismos se monitorea el estado de los cultivos para poder eliminar enfermedades, además se puede fertilizar y regar con un mínimo uso de agua y químicos (eos, 2025).

Figura 23

Sensor multiespectral



Nota. Sensor multiespectral. Fuente: (Agrotécnica, 2025).

2.3.9.7 Sensor de proximidad

Estos elementos electrónicos son creados para detectar la ausencia o presencia física de un ser humano u objeto a ser identificado. (Joe, 2024).

2.4 Aplicación de los drones

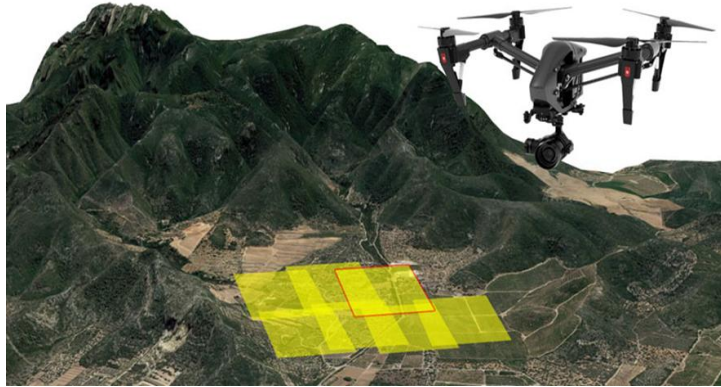
Tienen múltiples campos de aplicación que van desde la construcción hasta el sector agrícola, esto demuestra que los drones cada vez van ganando terreno y se van acoplando a las diferentes tareas que requiera el ser humano.

2.4.1 Aplicación de los drones en la construcción

Algunas de las aplicaciones cartográficas que se pueden obtener mediante la utilización de drones son: Topografía y cartografía, seguimiento y control de obras civiles, cálculo de movimiento de tierras, obtención de curvas de nivel (planimetría y altimetría), modelos digitales del terreno, planeamiento urbanístico, geometría de cubiertas, inventarios patrimoniales, cartografía de fondos marinos, entre otros (Barajas Hernandez, 2021).

Figura 24

Fotogrametría con drones



Nota. Dron para fotogrametría. Fuente: (Alvarez Ormachea, 2022).

2.4.2 Aplicación de los drones en la minería

Tienen la capacidad de tomar datos de manera simultánea en una mina, por lo que la implementación de drones en la minería, es esencial debido que tienen una mayor precisión en la recolección de datos a comparación de otros métodos, también cabe recalcar que su valor es menor en comparación a otros métodos.

Figura 25

Drones en la minería



Nota. Dron aplicado a la minería. Fuente: (Lopez, 2023).

2.4.3 Aplicación de los drones en el transporte urbano de mercancías

Existen varias empresas que han incursionado en las entregas de mercancía por medio de

drones, empresas grandes como UPS o Amazon han hecho pruebas para determinar qué tan favorable es implementar esta herramienta. Los resultados obtenidos demostraron que si se reducen los costos de operación y se disminuyen los tiempos que se toma cada envío.

Otro de los aspectos a tener en cuenta es que reduce el tráfico, esto se debe que, al hacer entregas por medio de drones, el uso de camiones y furgonetas pasa a segundo plano, reduciendo el tráfico y evitando posibles colisiones. Además de que las entregas que se realicen en zonas alejadas o de difícil acceso, se hacen en mucho menos tiempo.

Dentro de sus desventajas está la capacidad de carga de mercancía, ya que normalmente tiene una capacidad de 2kg a 8kg, por lo que el costo logístico se torna mucho mayor a comparación de la entrega en camiones. Otra de sus desventajas es que dependen mucho del clima, esto debido a que es muy arriesgado volar el dron en condiciones de clima desfavorables, ya que podría haber colisiones o el dron podría dañarse.

Figura 26

Drones para el envío de mercancía



Nota. Envío de mercancía de DHL por medio de drones. Fuente: (Hernandez, 2022).

Tabla 2*Ventajas e inconvenientes de los drones*

Ventajas	Inconvenientes	Conclusión
Un dron puede volar hasta 80 horas sin detenerse, en cambio un conductor solo puede trabajar por 9 horas al día, lo cual va a restringir su capacidad operativa en comparación al dron.	Los drones necesitan de una persona que asegure la mercancía y otra persona que la reciba, por lo tanto, si no hay alguien que pueda recibirlo el dron volvería con la mercancía al almacén, generando retrasos en la entrega.	Una vez mostradas las ventajas y desventajas de los drones en el transporte de mercancías, podemos concluir en que los drones si bien son muy útiles en la entrega de paquetes ya que reducen los tiempos de entrega y el tráfico vehicular, su mayor desventaja es su costo y todo lo que conlleva implementarla, es por eso que aún no gana tanto terreno, los costos tanto de operación como de mantenimiento hacen que casi el 90% de las empresas de paquetería aun no hayan hecho entregas por medio de drones a los clientes, pues prefieren enviar sus paquetes por medio de buses o furgonetas, aunque si bien el 10% restante son las empresas que predominan en el mercado, solo hicieron pruebas pero no lograron implementar el uso de drones de manera definitiva. En conclusión, aún falta mucho para que los drones dominen por completo el envío de paquetes, sin embargo, con los avances tecnológicos se espera que predomine en el mercado dentro de unos años.
La reducción en los tiempos de entrega es una de las mayores ventajas, debido a que sobrevuela por espacios aéreos gestionados y no tiene la necesidad de pararse ante semáforos a comparación de los buses o furgonetas que suelen retrasarse debido al fuerte congestionamiento vehicular.	La capacidad es limitada, debido a que solo pueden ser enviados ciertos paquetes con un límite de peso y dimensión dependiendo del dron. Este es un aspecto negativo debido a que en un camión se puede llevar múltiples objetos de diferentes dimensiones y peso.	
Al fomentar el uso de drones se podría reducir el tráfico vehicular debido a que las carreteras estarían despobladas ante la falta de camiones y furgonetas.	De acuerdo a la devolución de productos no se podría llevar a cabo por medio de drones ya que el cliente debería empacar y fijar el producto al dron, por lo tanto, no sería conveniente para el cliente.	
Los drones permiten entrar a zonas remotas, facilitando que no solo sea una herramienta para el envío de paquetes si no también una herramienta que permita rescatar personas o a su vez llevarles provisiones en zonas de difícil acceso para las personas.	El traslado de paquetes peligrosos, como aquellos inflamables, no se haría por medio de dron debido al riesgo que conlleva transportarlo por aire.	

Fuente: E. Solorzano (2025)

2.5 Agricultura 4G

Para la agricultura 4G se deben utilizar aplicaciones, los cuales tienen determinados usos y beneficios, los cuales están explicados en la tabla 3:

Tabla 3

Aplicaciones de los drones en la agricultura

Aplicación	Usos	Beneficios
Identificación de enfermedades y plagas	Implica identificar las alteraciones en los cultivos, facilitando la detección de enfermedades.	Permite el reconocimiento a tiempo de anomalías en las plantaciones. Todo esto se da por medio de imágenes de espectro múltiple, que permite llevar a cabo estas tareas.
Vigilancia agrícola	Usa cámaras de alta definición que le permiten obtener una mejor imagen del cultivo, previamente geolocalizada con el GPS para poder llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos por el dron.	Permite que una vez obtenidos los datos, se pueda llevar a cabo un monitoreo preciso de la plantación. La ruta debe ser programada previamente para llevar a cabo el monitoreo.
Control selectivo de malezas	Implica mapear con exactitud las malas hierbas para aplicar tratamientos específicos de herbicidas en áreas infestadas, ajustando la dosis y cual herbicida se va a usar.	Facilita la aplicación de herbicidas en etapas iniciales, cuando las plantas y las malas hierbas son casi indistinguibles. Sin embargo, esta tecnología puede discriminarlas según la composición y densidad de la maleza.
Conteo de plantas	Se trata de contar todas las plantas. El método habitual consiste en medir a mano una sección del terreno y luego extrapolar la información a toda la siembra.	Facilita contar todas las plantas en un breve lapso de tiempo.

Fuente: E. Solorzano (2025)

2.5.1 Tipos de cámaras

Al querer hablar de los drones, se debe tener en claro que hay una variedad de sensores y cámaras digitales que conforman el mismo, como, por ejemplo: Cámaras visibles, cámara de espectro múltiple y las cámaras de espectro continuo.

2.5.1.1 Cámaras visibles

Toman imágenes desde diferentes ángulos, que luego se procesan para crear modelos 3D precisos. La capacidad de producir imágenes 3D mejora el rendimiento del dron al proporcionar una vista completa del terreno y las estructuras subyacentes. Las imágenes 3D también permiten un monitoreo y análisis precisos. Por ejemplo, los drones pueden identificar infestaciones de plagas de forma temprana con modelos 3D de campos de cultivo (Madhu, 2025).

Figura 27

Imagen tomada desde una cámara visible



Nota. Imagen aérea de un sistema de riego. Fuente: (Sela, 2021).

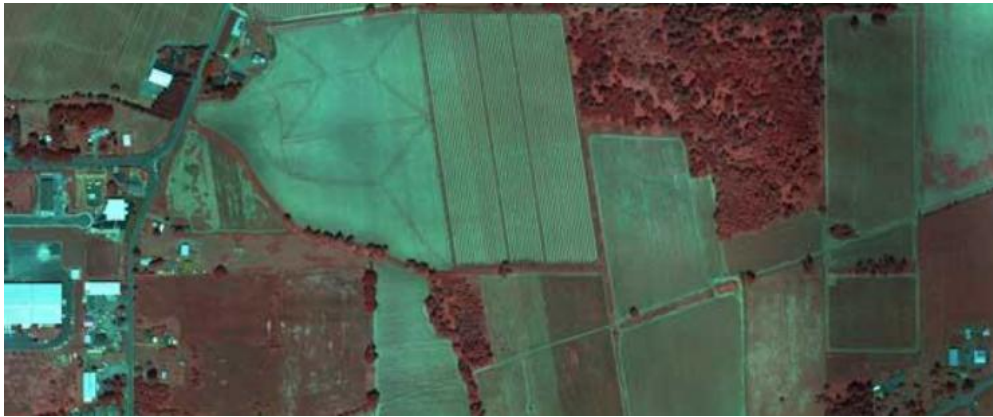
2.5.1.2 Cámara de espectro múltiple

Tiene la capacidad de obtener varias bandas, incluso las que están por fuera de la detección del ojo humano. Otra de sus características es su eficiencia en la medición de la luz que se refleja a través de objetos para luego poder analizar los datos obtenidos y conseguir información sobre el suelo y plantas.

Las imágenes obtenidas son cruciales para poder realizar un mapa a escala, este mapa se desarrolla de acuerdo a cuanta extensión tiene el cultivo, también se pueden desarrollar mapas multiespectrales. El desarrollo de estos mapas permite que los agricultores tomen decisiones acertadas.

Figura 28

Imagen tomada desde una cámara de espectro múltiple



Nota. Imagen aérea desde una cámara de espectro múltiple. Fuente: (Sela, 2021).

2.5.1.3 Cámara de espectro continuo

Tiene la capacidad de captar imágenes, las cuales se muestran en tres dimensiones: Dos de estas son espaciales, mientras que la última es espectral, en la cual se almacenan todos los espectros que son captados entre la luz visible y el infrarrojo.

2.5.2 Tipos de sensores

Existen 3 tipos de sensores, Térmicos, RGB y multiespectrales, cada uno de estos sensores se aplican dependiendo las tareas que se vayan a realizar en el cultivo.

Tabla 4*Tipos de sensores*

TIPO DE SENSOR	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
SENSOR TÉRMICO	Las imágenes térmicas del cultivo, usando sensores de alta precisión y resolución, permiten medir la temperatura de píxeles presentes en la vegetación y su relación con diversos aspectos de la planta.	• Monitorización de estrés hídrico. • Evaluación de efectividad y uniformidad en áreas de riego. • Identificación de filtraciones en sistemas de riego. • Identificación precoz de plagas
SENSOR RGB	La luz visible permite que este sensor sea aplicable en los campos de la agricultura que se requiera.	• Cálculos de la altura del cultivo • Medición del volumen del cultivo • Monitoreo de instalaciones • Evaluación del aumento sustancial
SENSOR MULTIESPECTRAL	Las imágenes multiespectrales posibilitan el monitoreo de la vegetación en longitudes de onda invisibles para el ojo humano.	• División de áreas de cultivo • Identificación del desequilibrio nutricional • Reconocimiento de afecciones en los cultivos

Fuente: E. Solorzano (2025)

2.6 Agricultura 4G aplicada en los cultivos de arroz

Se trata de equipos, software y sistemas que pueden mejorar el proceso de producción de principio a fin, haciendo que sea rápido, económico y sostenible (BASF, 2022). Los drones agrícolas permiten realizar varias tareas, gracias a la implementación de la tecnología.

2.6.1 Fertilización y fumigación de cultivos

En la actualidad, los agricultores necesitan precisión con la finalidad de optimizar sus áreas de trabajo, para decrementar plagas en sus cultivos por lo tanto sus ingresos se multiplicarán por su alto rendimiento. (Especiales, 2023).

El uso de drones se torna esencial en casos donde se visualicen brotes, debido a que se pueden tratar los mismos gracias a la velocidad de diagnóstico y operación que permiten una respuesta muy rápida y eficiente. Los drones también pueden ser usados para tareas como la fumigación, generando un ahorro de recursos para los agricultores.

Figura 29

Dron usado para fumigación



Nota. Imagen aérea de un sistema de riego. Fuente: (Agrospray, 2022).

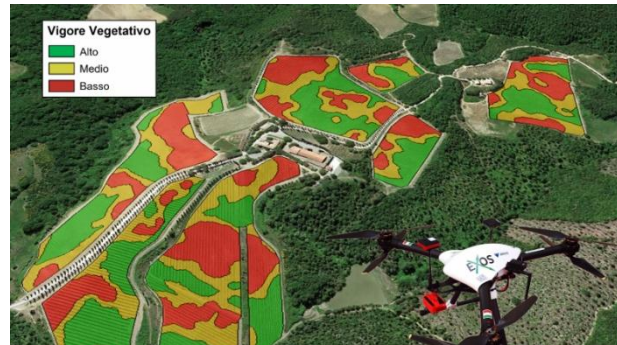
2.6.2 Mapeo y topografía de cultivos

Los drones utilizados para la agricultura constan de sensores y cámaras, que permiten llevar a cabo la topografía y mapeo de cultivos. Ambas tareas van de la mano, por lo cual, para poder

desarrollar el monitoreo de un cultivo, primero se debe realizar un estudio topográfico para de esta manera determinar cuántos recursos se deberán usar y de esta manera reducir costos y mejorar la producción agrícola.

Figura 30

Topografía con dron



Nota. Topografía de cultivos con dron. Fuente: (Donnangelo, s.f.)

2.6.3 Análisis de suelo

Se refiere al uso de drones para monitorear los niveles de nutrientes, la humedad y otros factores del suelo. Los niveles ideales de nutrientes, salinidad y humedad varían según el cultivo, pero es necesario un seguimiento riguroso del equilibrio (Cassaras, 2023).

2.6.4 Siembras

La implementación de drones en la agricultura, permite que se realicen tareas como la siembra en la producción agrícola. Existen drones con tecnologías capaces de escanear todo un terreno y de esta manera determinar cuánto se necesitará para realizar la siembra, permitiendo que sea más eficaz y que se reduzcan los costos operativos en comparación a una siembra tradicional donde se pierden recursos debido a su mala distribución.

Figura 31

Siembra con dron



Nota. Siembra en cultivos por medio de dron. Fuente: (Conicyt, 2021).

2.6.5 Cámaras y sensores

Su uso abarca tareas como el monitoreo de cultivos, inspección de la infraestructura agrícola, control de plagas y también se puede determinar el rendimiento del cultivo, para de esta manera tener una mejor productividad y tomar decisiones precisas.

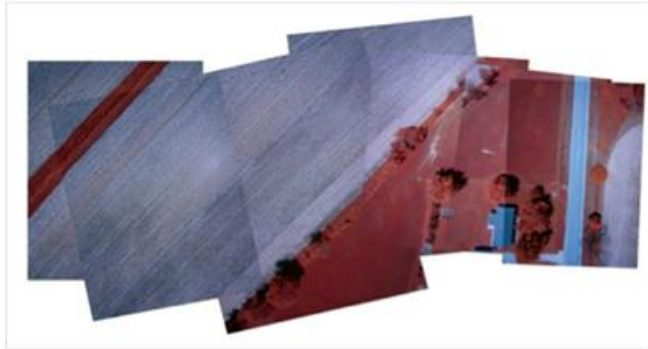
2.6.5.1 Cámara Canon S110 de 12 MPx

Facilita la transferencia de imagen y video hacia la nube o dispositivos móviles, permitiéndole al usuario hacer copias de seguridad en caso de ser necesario. Es muy usada en drones de aficionados ya que, a pesar de ser económica, ofrece una variedad de opciones creativas.

Le permite controlar la cámara desde el celular, por lo que el usuario puede desarrollar las maniobras que sean necesarias. Por lo que se torna esencial en el monitoreo de cultivos, debido a su facilidad de manejo, lo cual resulta primordial ya que al monitorear se deben hacer muchos movimientos de cámara para de esta manera abarcar todo el cultivo o una gran parte de el, dependiendo de las mediciones del mismo.

Figura 32

Cámara Canon S110 de 12 MPx



Nota. Imagen obtenida por el dron mediante la cámara Canon S110. Fuente: (González et al., 2020)

2.6.5.2 Sensores multiespectrales Airinov y Parrot

Son trascendentales debido a que surgen como una solución adaptable a cualquier modelo de dron. Se encarga de visualizar si existe algún tipo de plaga y también determina la cantidad de luz absorbida y reflejada haciendo que el usuario actúe de manera rápida, optimizando de esta manera el tiempo que le tomaría hacerlo manualmente.

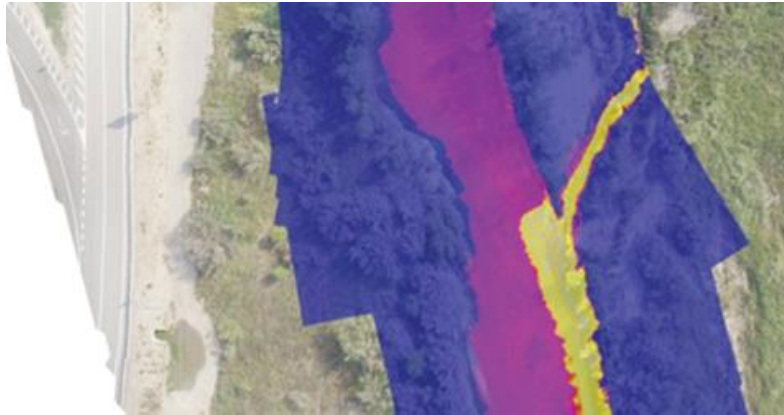
2.6.5.3 Sensor térmico y rastreador

Estos nos ayudarán en la precisión de los datos que vayamos a obtener, entre ellos tenemos:

- **ThermoMap:** Facilita la creación de mapas térmicos por medio de las imágenes o incluso midiendo la temperatura que tiene cada pixel. Esto surge como una solución a la transpiración y al cierre de tomas que es causada por el estrés hídrico.
- **Radio rastreador:** Este dispositivo nos va a permitir localizar y seguir instantáneamente el dron por si llega a perderse o en algunos casos por si llega a salir del radio de alcance.

Figura 33

Mapa térmico



Nota. Mapa térmico en un cultivo de arroz. Fuente: (González et al., 2020)

Capítulo 3

Resultados

3.1 Encuesta a los agricultores

Una vez aplicada la encuesta a pequeños y medianos agricultores del Cantón Santa Lucía, se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo al tema de investigación, la técnica investigativa fue aplicada a 30 personas integrantes de diferentes asociaciones agrícolas, la cual fue determinada por percepción del investigador.

3.1.1 Resultados de la encuesta

Tabla 5

Tiempo en la agricultura

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
1 a 4 años	14	46,67%
5 a 8 años	13	43,33%
9 o más años	3	10,00%
TOTAL	30	100%

Elaborado por: Erick Solórzano

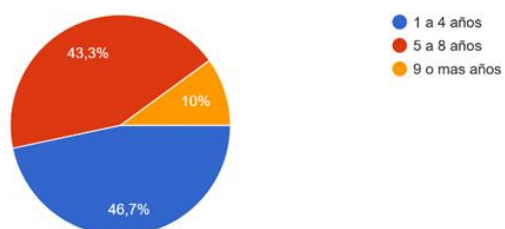
¿Cuánto tiempo lleva dedicándose a las labores de agricultura?

Como se observa en los resultados de la primera pregunta los agricultores del cantón Santa Lucía se han dedicado a la agricultura a lo largo de los años como única fuente de trabajo para su seguridad alimentaria, además denota lo importante que es la Provincia del Guayas en la producción agrícola del País.

Figura 34

Tiempo en la agricultura

¿Cuánto tiempo lleva dedicándose a las labores de agricultura?
30 respuestas



Nota. Del total de 30 agricultores encuestados, se observa que 26 tienen entre 1 a 8 años dedicados a la agricultura, mientras que 4 agricultores tienen más de 9 años en la agricultura.

Tabla 6

Técnica de cultivo

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Si	28	93,33%
No	2	6,67%
TOTAL	30	100%

Elaborado por: Erick Solórzano

¿Considera usted que con el tiempo que se ha dedicado a la agricultura ha ido mejorando sus técnicas de cultivo?

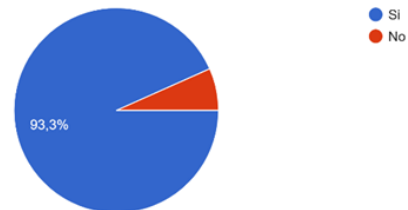
De acuerdo a los datos obtenidos se puede observar que los agricultores consideran que las técnicas de cultivo mejoran paulatinamente. Esto demuestra que la agricultura se encuentra en un constante desarrollo, adaptándose a los cambios que se vayan presentando y al desarrollo de nuevas tecnologías que mejoren la producción.

Figura 35

Técnicas de cultivo

¿Considera usted que con el tiempo que se ha dedicado a la agricultura ha ido mejorando sus técnicas de cultivo?

30 respuestas



Nota. Del total de 30 agricultores encuestados, se observa que 28 de ellos consideran que con el pasar del tiempo han mejorado sus técnicas de cultivo, mientras que 2 de ellos consideran que no.

Tabla 7

Dron en cultivo

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Si	16	53,33%
No	14	46,67%
TOTAL	30	100%

Elaborado por: Erick Solórzano

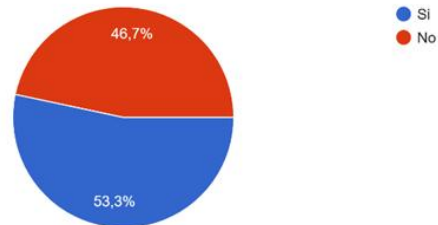
¿Ha usado alguna vez un dron en su cultivo?

Los resultados obtenidos reflejan una tendencia creciente hacia la modernización agrícola, con una parte importante del sector adoptando herramientas tecnológicas para mejorar la eficiencia y el control de sus cultivos. A pesar de esto es llamativo que el 46,7% de los agricultores no usen los drones en sus cultivos, lo que nos muestra que el uso de esta tecnología aún no está completamente consolidado en el sector agrícola debido a las barreras que puedan existir acorde a su adopción.

Figura 36

Dron en cultivo

¿Ha usado alguna vez un dron en su cultivo?
30 respuestas



Nota. Del total de 30 agricultores encuestados, se observa que el 53.3% de los encuestados no han usado dron en su cultivo, por lo que su aplicación aún no está completamente afianzada.

Tabla 8

Ventaja del uso de dron

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Aumenta el uso de agroquímicos	1	3,33%
Mejor rendimiento del cultivo	8	26,67%
Reduce la mano de obra	11	36,67%
Mejor supervisión del cultivo	10	33,33%
TOTAL	30	100%

Elaborado por: Erick Solórzano

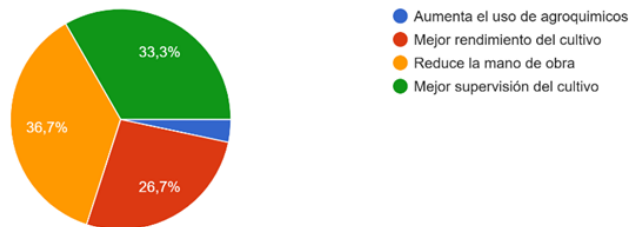
¿Cuál considera usted que es una de las ventajas del uso de drones en los cultivos?

Como se puede observar existen opciones divididas sobre las ventajas de los drones en la agricultura, pero la que predomina es que los drones reducen la mano de obra, lo cual es cierto en ciertas tareas como la fumigación o el monitoreo donde el uso de drones además de reducir la mano de obra también puede mejorar su producción agrícola debido a los tiempos que emplea especialmente en la fumigación.

Figura 37

Ventajas del uso de dron

¿Cuál considera usted que es una de las ventajas del uso de drones en los cultivos?
30 respuestas



Nota. Del total de 30 agricultores encuestados, se observa que existen opiniones divididas sobre las ventajas que conlleva el uso de drones.

Tabla 9

Limitaciones

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Alto costo inicial	27	90,00%
Condiciones climáticas	0	0,00%
Mantenimiento o problemas técnicos	1	3,33%
No existen limitaciones	2	6,67%
TOTAL	30	100%

Elaborado por: Erick Solórzano

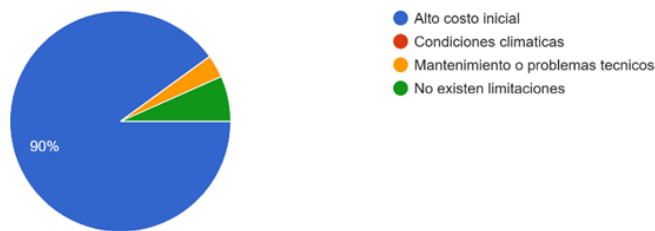
¿Cuál considera usted que es una de las limitaciones para el uso dron en los cultivos?

Los resultados que se obtuvieron en esta pregunta indican que el 90% de los agricultores consideran que el alto costo inicial de adquisición es la principal barrera para implementar drones en sus cultivos. Esto evidencia que, aunque los drones ofrecen múltiples beneficios, la inversión inicial sigue siendo inaccesible para muchos agricultores, pero a su vez refleja que solo es una barrera económica, mas no una barrera técnica.

Figura 38

Limitaciones

¿Cuál considera usted que es una de las limitaciones para el uso dron en los cultivos?
30 respuestas



Nota. Los agricultores encuestados consideran que una de las mayores limitaciones en el uso de drones es su costo inicial.

Tabla 10

Ayuda por parte del estado

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	13,33%
No	26	86,67%
TOTAL	30	100%

Elaborado por: Erick Solórzano

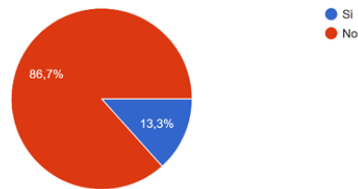
¿Existe ayuda por parte del estado en innovación tecnológica y de conocimiento para la producción agrícola?

En base a los resultados obtenidos, se evidencia un claro problema nacional, debido a que no existe el apoyo estatal en el sector agrícola, es decir no existe la concientización de lo importante que es la agricultura en la economía nacional, lo cual es un aspecto importante de consideración pues existe países de la región que ya cuentan con aplicación de tendencias tecnológicas en la agricultura.

Figura 39

Ayuda por parte del estado

¿Existe ayuda por parte del estado en innovación tecnológica y de conocimiento para la producción agrícola?
30 respuestas



Nota. Del total de 30 agricultores encuestados, se observa que 26 de ellos consideran que no existe ayuda por parte del estado en cuanto a innovación tecnológica, mientras que solo 4 de ellos consideran lo contrario.

Tabla 11

Implementación de herramientas tecnológicas

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Si	21	70,00%
No	0	0,00%
Tal vez	9	30,00%
TOTAL	30	100%

Elaborado por: Erick Solórzano

¿Para incrementar la agricultura se necesita herramientas tecnológicas?

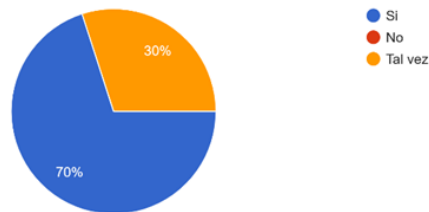
En función de las respuestas obtenidas, los agricultores afirman que, al implementarse recursos tecnológicos, la producción agrícola mejoraría. Esto demuestra una actitud favorable hacia la modernización del agro y sobre todo los beneficios que pueden aportar la tecnología y la innovación en cuanto a la producción agrícola.

Figura 40

Implementación de herramientas tecnológicas

¿Considera usted que la implementación de herramientas tecnológicas ayudaría a mejorar la producción agrícola?

30 respuestas



Nota. Los agricultores encuestados consideran que la implementación de herramientas tecnológicas si ayudaría a mejorar la producción agrícola.

Tabla 12

Conectividad y cobertura en el cantón Santa Lucía

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Si	20	66,67%
No	10	33,33%
TOTAL	30	100%

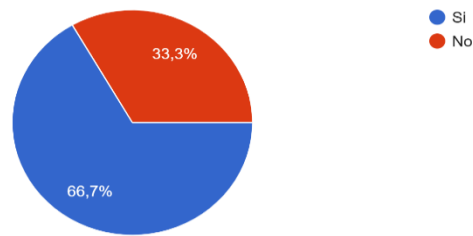
Elaborado por: Erick Solórzano

¿En el cantón Santa Lucía se tiene excelente conectividad y cobertura?

De acuerdo a los datos obtenidos, el 66,67% de los agricultores encuestados consideran que sí existe una excelente cobertura y conectividad en el cantón Santa Lucía, pero es alarmante que el 33,33% estime que no se disponga de una buena cobertura, esto refleja que existen lugares del cantón donde la conectividad es completamente limitada presentando deficiencias considerables.

Figura 41

Conectividad y cobertura en el cantón Santa Lucía



Nota. Del total de 30 agricultores encuestados, se observa que 20 de ellos consideran que si hay buena conectividad, mientras que 10 de ellos consideran que no hay una buena conectividad.

Tabla 13

Monitoreo de cultivos

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Si	30	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	20	100%

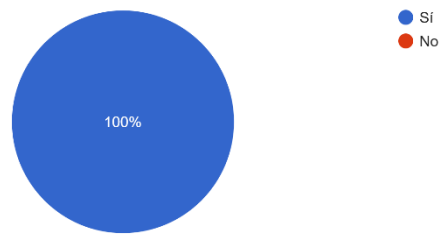
Elaborado por: Erick Solórzano

¿Una excelente conectividad y cobertura permitirá el monitoreo de cultivos a través de tecnologías de agricultura de precisión?

De acuerdo a los datos obtenidos, todos los encuestados consideran que, al tener una excelente conectividad y cobertura, se puede implementar tecnologías de agricultura de precisión en el monitoreo de cultivos. A partir de esto se podría impulsar programas y charlas para lograr una transformación digital rural.

Figura 42

Monitoreo de cultivos



Nota. Los agricultores consideran que al tener buena conectividad y cobertura, el monitoreo de cultivos se va a desarrollar de mejor manera.

Tabla 14

Transmisión de datos

Ítems	Frecuencia	Porcentaje
Si	26	86,67%
No	4	13,33%
TOTAL	30	100%

Elaborado por: Erick Solórzano

¿La transmisión de datos desde el campo hacia los dispositivos móviles y centros de control puede contribuir a incrementar las ganancias de los agricultores?

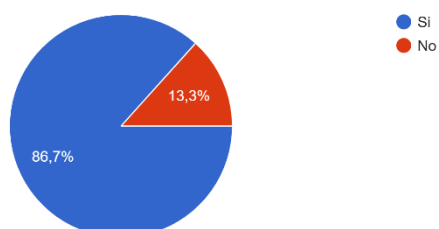
Los agricultores encuestados consideran que la digitalización del campo mediante la transmisión de datos en tiempo real puede traer beneficios económicos. Esto refuerza la necesidad de invertir en tecnologías de agricultura de precisión y a su vez capacitar, informar y demostrar los beneficios de estas herramientas para lograr una adopción mayor, ya que un pequeño porcentaje de encuestados considera que la transmisión de datos no traería ganancias al sector agrícola.

Figura 43

Transmisión de datos

¿Considera usted que la transmisión de datos desde el campo hacia los dispositivos móviles y centros de control puede contribuir a incrementar las ganancias de los agricultores?

30 respuestas



Nota. Del total de 30 agricultores encuestados, se observa que 26 de ellos consideran que la transmisión de datos si contribuye a generar ganancias para los agricultores, mientras que 4 de ellos consideran que no incrementarían las ganancias.

3.2 Herramientas a usar

Para llevar a cabo el monitoreo de cultivos es necesario tener varias herramientas, tanto el dron como el dispositivo que servirá como georreferencia para el retorno del dron después de cumplir con el monitoreo. El dron además de cumplir con el monitoreo también puede ser usado con fines topográficos, ya que hacer un correcto estudio de cultivo permite llevar a cabo varias tareas como la siembra o incluso la fumigación con dron, ya que en el estudio se estima la cantidad de líquido o semillas que se van a usar de acuerdo a las hectáreas que tenga.

3.2.1 DJI Phantom 4 RTK

Para obtener imágenes aéreas se la utiliza sincronizada con RTK para discriminar el efecto gel utiliza un obturador. El GNSS de optima precisión lo utilizan los topógrafos (Grupoacre, 2021).

Figura 44

DJI Phantom 4 RTK



Nota. Elaboración Propia.

3.2.2 Control receptor

Permite que el usuario pueda acceder a las funciones del dron y a su vez pilotearlo. El control tiene incorporada una pantalla que facilita al usuario ver los datos otorgados por la cámara y también visualizar la información del vuelo, por ejemplo: ruta, porcentaje de carga, imagen en tiempo real y las interferencias que se presentan durante el vuelo.

Figura 45

Radio receptor DJI



Nota. Elaboración Propia.

3.2.3 Receptor GNSS Trimble R8s

Permite obtener varias señales ya sean Glonass, Galileo o GPS. A su vez, también cuenta con la capacidad de captar señales avanzadas, esencial para momentos donde el dron se encuentre

en terrenos alejados donde la situación pasa a ser mas compleja. Cuenta con 400 canales que envían las señales al receptor para posteriormente obtener un posicionamiento preciso.

Los receptores de la serie R8 GNSS son los receptores topográficos de mayor rendimiento para presupuestos medios. El R8 Modelo 4 y los R8 superan a la mayoría de la competencia y siguen siendo los receptores GNSS mayormente vendidos (Whitt, 2021).

Figura 46
Receptor GNSS Trimble R8s



Nota. Elaboración Propia.

3.2.4 Colector RTK

Se conecta al receptor GNSS y permite que se corrijan errores en tiempo real para de esta manera tener una mayor precisión al momento de medir las posiciones, lo cual es crucial en la agricultura de precisión.

Figura 47
Colector RTK



Nota. Elaboración Propia.

3.2.5 Batería del DJI Phantom 4 RTK

Es una batería inteligente, la cual proporciona 30 minutos de vuelo continuo, por lo que para monitoreos de cultivos es necesaria solo una batería, pero en caso de realizar el monitoreo con fines topográficos serían necesarias de dos baterías debido a que el tiempo de vuelo es mayor. Son consideradas baterías inteligentes porque vienen configuradas para que al estar en un porcentaje menor o igual al 20%, el dron empiece su descenso y de esta manera evitar que se apague mientras este en el aire.

Figura 48

Batería de vuelo inteligente



Nota. Elaboración Propia.

3.2.6 OpenSignal

Es una aplicación móvil la cual permite obtener información sobre la calidad de la señal, la velocidad de conexión y latencia. Además de esto también proporciona mapas de cobertura y comparar el rendimiento de diferentes redes.

3.2.7 Garmin eTrex 32x

Es un GPS de mano, el cual es ideal para realizar estudios topográficos, ya que da varios datos importantes del lugar en el que se requiera, como por ejemplo la ubicación y a que altura se encuentra con respecto al nivel del mar. Además de que incluye otras funciones como el mapa, donde se marca con una bandera cada lugar en el que hemos solicitado la ubicación.

Figura 49

Garmin eTrex 32x



Nota. Elaboración Propia.

3.3 Estudio del cultivo

Para llevar a cabo un monitoreo de cultivos primero se debe estudiar el área, saber sus coordenadas, a que altura se encuentra, si la señal es buena o no, todo esto debe hacerse previo al monitoreo de cultivo. De esta manera se estima que tiempo tomará el dron, cuantas baterías se usarán y si existe algún cable o antena que pueda interferir en el correcto funcionamiento del dron.

3.3.1 Anotar las coordenadas

Lo primero que se debe hacer es anotar las coordenadas de tal manera que se ubique al

cultivo que será monitoreado por el dron, esto se lleva a cabo por medio del GPS Garmin eTrex 32x, el cual ayuda a obtener la ubicación tanto de altitud (17M) como de ubicación en el plano cartesiano (UTM), además de la altura con relación al nivel del mar.

Tabla 15

Coordenadas de los cultivos

COORDENADAS	CULTIVO 1	CULTIVO 2
17M (ALTITUD)	613945 M	613074 M
UTM (UBICACIÓN)	9810024 M	9811598 M
ALTURA (M.S.N.M)	7 M	19 M

Elaborado por: Erick Solórzano

3.3.2 Geolocalizar el dron

El dron debe ser geolocalizado marcando una X en el punto de partida del dron, esto va a permitir que en caso de que se descargue la batería del dron o se pierda la comunicación entre el control receptor y el dron, este descienda hacia donde fue marcada la X.

Figura 50

Geolocalizando el dron



Nota. Elaboración Propia.

3.3.2 Trazar la ruta

Una vez se haya marcado la X en el punto donde vaya a partir el dron, se hace el trazado de ruta o también conocido como planificación de vuelo, en el cual se traza líneas indicándole al

dron la trayectoria que debe seguir de acuerdo a la longitud del terreno que se vaya a monitorear. Luego de esto el dron estima cuanto tiempo tomará hasta cubrir toda la trayectoria.

Figura 51

Planificación de vuelo



Nota. Elaboración Propia.

3.4 Primer cultivo

El primer cultivo analizado se encuentra cerca de la cabecera del cantón Santa Lucia, por lo que los sistemas de comunicación son mucho mejores en comparación a los que se encuentran alejados.

Figura 52

Primer cultivo



Nota. Elaboración Propia.

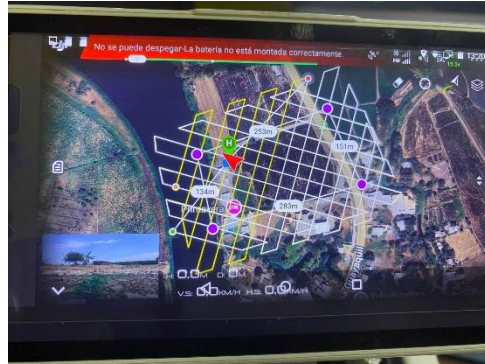
3.4.1 Trazado de ruta del primer cultivo

El trazado de ruta en este cultivo fue realizado de acuerdo al área que se va a monitorear, se consideran la altura y velocidad, esto va a variar de acuerdo al terreno, ya que puede haber casos donde las antenas o cables se encuentran cerca del terreno por lo que el dron debería volar

a cierta altura.

Figura 53

Ruta del primer cultivo



Nota. Elaboración Propia.

3.4.2 Imagen del cultivo tomada desde el dron

El dron estuvo volando a 85m, por lo que la imagen muestra todo el cultivo de una manera clara y precisa, permitiendo realizar el estudio y monitoreo con mayor facilidad.

Figura 54

Primer cultivo



Nota. Elaboración Propia.

Tabla 16

Características del enlace de comunicación del primer cultivo

ALCANCE	VELOCIDAD DE SUBIDA	VELOCIDAD DE BAJADA	LATENCIA
Hasta 7 KM	4.1 Mbps	26.6 Mbps	56 ms

Elaborado por: Erick Solórzano

En base a los valores obtenidos se puede calcular el ancho de banda por medio de la formula:

$$\text{Ancho de banda total} = \text{Velocidad de subida} + \text{Velocidad de bajada}$$

$$\text{Ancho de banda total} = 4.1 \text{ Mbps} + 26.6 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda total} = 30.7 \text{ Mbps}$$

3.4.2 Interferencias presentadas durante el vuelo

Hubo variaciones en cuanto a las interferencias durante el vuelo, las cuales afectaron la estabilidad y calidad de transmisión de datos, así como el control del dispositivo. La interferencia comúnmente observada es la interferencia en la señal GNSS, la cual es provocada principalmente por la presencia de árboles.

Figura 55

Interferencia 1



Nota. Elaboración Propia.

Se puede observar que existe una interferencia en las dos brújulas del dron. En la primera

hubo una interferencia de $34\mu\text{T}$ y en la segunda brújula $3\mu\text{T}$.

Figura 56

Interferencia 2



Nota. Elaboración Propia.

Se puede observar que existe una interferencia en las dos brújulas del dron, que varía en comparación a la anterior imagen. En la primera brújula hubo una interferencia de $55\mu\text{T}$ y en la segunda brújula $7\mu\text{T}$.

Figura 57

Interferencia 3



Nota. Elaboración Propia.

Finalmente se observa que existe una variación en comparación a las dos interferencias anteriormente presentadas. En la primera hubo una interferencia de 47, mientras que en la segunda hubo 5. Cabe recalcar que mientras se encuentre en un rango entre 0 y 50 se considera como un rango óptimo de interferencia.

3.5 Segundo cultivo

Se encuentra ubicado en la vía al recinto Cabuyal perteneciente al Cantón Santa Lucía, en este lugar no existe una buena cobertura, pero a pesar de eso el dron pudo cumplir su trayectoria.

Figura 58

Segundo cultivo



Nota. Elaboración Propia.

3.5.2 Trazado de ruta del segundo cultivo

Fue realizado de acuerdo al área que se va a monitorear, donde entra en consideración la altura y velocidad del dron, esto va a variar de acuerdo al terreno, ya que puede haber casos donde las antenas o cables se encuentran cerca del terreno por lo que el dron debería volar a cierta altura. En cuanto a la velocidad del dron, varía dependiendo del tiempo que se quiera obtener la información, ya que, a mayor velocidad, el consumo de la batería es mayor por lo que se necesitaría más de una pila para realizar el monitoreo.

Figura 59

Trazado de ruta del segundo cultivo



Nota. Elaboración Propia.

3.5.3 Imagen del cultivo tomada desde el dron

El dron estuvo volando a 85m, por lo que se muestra el cultivo de una manera clara y precisa, permitiendo realizar el estudio y monitoreo con mayor facilidad al tener una vista aérea del mismo.

Figura 60

Vista aérea del cultivo



Nota. Elaboración Propia.

Tabla 17

Características del enlace de comunicación del segundo cultivo

ALCANCE	VELOCIDAD DE SUBIDA	VELOCIDAD DE BAJADA	LATENCIA
Hasta 7 KM	14.1 Mbps	6.9 Mbps	70 ms

Elaborado por: Erick Solórzano

En base a los valores obtenidos se puede calcular el ancho de banda por medio de la formula:

$$\text{Ancho de banda total} = \text{Velocidad de subida} + \text{Velocidad de bajada}$$

$$\text{Ancho de banda total} = 14.1 \text{ Mbps} + 6.9 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda total} = 21 \text{ Mbps}$$

3.5.4 Interferencias presentadas durante el vuelo

Hubo variaciones en cuanto a las interferencias durante el vuelo, las cuales afectaron la estabilidad y calidad de transmisión de datos, así como el control del dispositivo. La interferencia comúnmente observada es la interferencia en la señal GNSS, la cual es provocada principalmente por la presencia de árboles.

Figura 61

Interferencia 1 del segundo cultivo

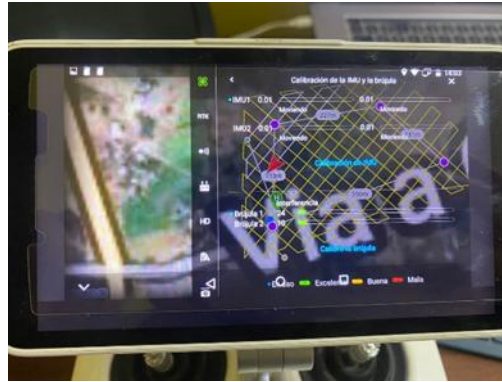


Nota. Elaboración Propia.

Se puede observar que existe una interferencia en las dos brújulas del dron. En la primera hubo una interferencia de $25\mu\text{T}$ y en la segunda brújula $1\mu\text{T}$.

Figura 62

Interferencia 2 en el segundo cultivo

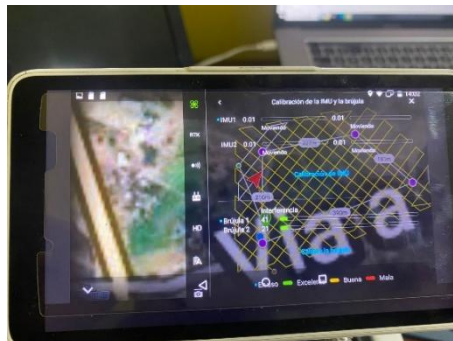


Nota. Elaboración Propia.

Se puede observar que existe una interferencia en las dos brújulas del dron, la cual varía de acuerdo a la anterior imagen mostrada. En la primera brújula hubo una interferencia de $24\mu\text{T}$ y en la segunda brújula $10\mu\text{T}$.

Figura 63

Interferencia 3 del segundo cultivo



Nota. Elaboración Propia.

Finalmente se observa que existe una variación en comparación a las dos interferencias. Cabe recalcar que mientras se encuentre en un rango entre 0 y 50 se considera como un rango óptimo de interferencia.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Las encuestas realizadas a un grupo de agricultores del cantón Santa Lucía refleja que la implementación de drones está ganando terreno en las labores de agricultura, debido a que no solo les permite monitorear el cultivo, también les permite sembrar y fumigar por medio de drones. A pesar de esto, consideran que la falta de ayuda por parte del estado y el alto costo de inversión representa un desafío para pequeños agricultores que no cuentan con el dinero ni la preparación suficiente para la implementación de herramientas tecnológicas en sus cultivos.
- La cobertura y conectividad es primordial para el monitoreo de cultivos, por lo que esta herramienta podría implementarse en los cultivos del Cantón Santa Lucía, aunque la mala cobertura en algunos recintos del cantón representa un gran desafío de cara a la adopción de las herramientas tecnológicas. Sin embargo, el dron puede realizar sus labores con normalidad, pero habrá tramos donde la transmisión de video no sea óptima debido a la mala cobertura y las interferencias que se presenten.
- La implementación de tecnologías de agricultura de precisión que permiten transmitir gran volumen de datos representa un avance significativo de cara a la modernización agrícola, ya que la hace mucho más eficiente y sostenible. Su implementación representa agilizar la toma de decisiones en tiempo real, además de incrementar la eficiencia del uso de insumos como fertilizantes, pesticidas y agua. De esta manera se logra mejorar la productividad debido a que se hace un manejo más minucioso y preciso del cultivo.

- La conectividad entre el campo y los sistemas de control promueve la digitalización de procesos y el monitoreo de cultivos, estos aspectos permiten enfrentar los desafíos que atraviesa el sector agrícola, como la escasez de recursos, el deficiente monitoreo tradicional de cultivos, el cambio climático y la demanda alimentaria. La implementación de tecnologías y conectividad en el sector agrícola no solo promueve una gestión responsable, sino que también incrementa su rentabilidad.

Recomendaciones

- Establecer programas de formación continua y gratuita en el uso de tecnologías digitales, análisis de datos agrícolas, agricultura de precisión, uso de plataformas satelitales, gestión de recursos y sostenibilidad. Estas capacitaciones pueden ser impartidas por universidades, centros tecnológicos o institutos agrarios en colaboración con el Estado.
- Otorgar subsidios e incentivos fiscales a agricultores para la adquisición de herramientas tecnológicas como sensores, drones, software de gestión agrícola, sistemas de riego inteligente, entre otros.
- Promover tecnologías alternativas para la última milla debido a que en muchas zonas rurales la fibra o el cableado no son viables, por lo que se recomienda otras alternativas, por ejemplo: Micro torres móviles, internet satelital de baja órbita, que podría ser Starlink, el cual brinda conectividad en zonas rurales, remotas o con infraestructura limitada, donde las redes tradicionales no llegan o son insuficientes.
- Para garantizar que la implementación de tecnologías de transmisión de datos en el campo produzca beneficios concretos, se sugiere crear un sistema de monitoreo permanente que analice indicadores como: mejoras en rendimientos, disminución del uso de agroquímicos, reducción de costos, eficiencia hídrica y satisfacción del agricultor. Los resultados deben compartirse transparentemente con los actores involucrados para retroalimentar el proceso e implementar mejoras continuas.
- En zonas donde la conectividad es deficiente o inexistente, se recomienda el uso de

dispositivos de monitoreo con capacidad de procesamiento y almacenamiento local de datos. Estos dispositivos tienen la capacidad de recolectar y a su vez almacenar la información en el dispositivo hasta que exista una conexión a la red. Luego de conectarse a la red, los datos se sincronizan y le permiten al usuario revisar toda la información recolectada.

Referencias

- ACGdrone. (2024). *TAU 2 640, la cámara de FLIR ideal para termografía aérea*. Obtenido de ACGdrone: <https://acgdrone.com/>
- AdvDrone. (25 de Octubre de 2023). *Marcos (Frames) para Drones FPV :Guia Competa*. Obtenido de AdvDron: <https://advdron.com/>
- Aerial, R. (23 de Octubre de 2023). *Cómo funciona una cámara multiespectral*. Obtenido de Aerial Productions: <https://aerialproductions.es>
- Agromap. (s.f.). *DRONES EN VIÑEDO: VITICULTURA DE PRECISIÓN*. Obtenido de Agromap ingenieros: www.agromapingenieros.com
- Agrospray. (28 de Diciembre de 2022). *Drones para el Campo: Todo lo que necesitas saber para un uso correcto*. Obtenido de Agrospray: <https://agrospray.com.ar>
- Agrotécnica. (08 de Julio de 2025). *Parrot Sequoia una nueva herramienta para la agricultura de precisión*. Obtenido de Agrotécnica: <https://agrotecnica.online/>
- Airmobi. (24 de Abril de 2025). *Cómo elegir el estabilizador y la cámara de dron adecuados para aplicaciones*. Obtenido de Airmobi: <https://airmobi.com/es/>
- Alonso Gómez, L. F., & Chaves Pabón, S. B. (2021). Uso de drones y sensores remotos para el monitoreo de laderas: una revisión. *Ingenierías USBMed*, 65-73.
doi:<https://doi.org/10.21500/20275846.5158>
- Alva. (4 de Junio de 2022). *PCB controlador de vuelo para drones con Arduino* . Obtenido de Forum: <https://forum.arduino.cc/>
- Alvarez Ormachea, E. S. (19 de Febrero de 2022). *Fotogrametría con drones: ¿En qué consiste y cómo se realiza?* Obtenido de Konstruedu.com: <https://konstruedu.com>
- Angulo, E. (18 de Agosto de 2024). ‘Sniffers’: así son los drones ‘olfateadores’ para medir la contaminación marítima en Europa. *El País*.
- Barajas Hernandez, J. (2021). Aplicación de los drones en la industria de la construcción. *Nextia*, 5-16.

Obtenido de <https://revistas.uvp.mx>

BASF. (03 de Octubre de 2022). *¿Qué es la Agricultura 4.0? Descúbrelo aquí*. Obtenido de BASF: <https://agriculture.basf.com>

Berruezo, P., & José, L. A. (2023). *Implementación de drones de supervisión con inteligencia artificial*. Universidad católica de Salta, Salta. Obtenido de http://bibliotecas.ucasal.edu.ar/opac_css/index.php?lvl=cmspage&pageid=24&id_notice=74338

Borade. (10 de Mayo de 2024). *The Drone Compass: Your Key to Smooth Flights*. Obtenido de Medium: <https://medium.com/>

Calvo, A. (16 de Enero de 2020). *Agricultura de precisión: drones, ¿Una herramienta para tu explotación?* Obtenido de Agroptima: www.agroptima.com

Caro. (07 de Enero de 2025). *Fabricación de drones: tipos, procesos y usos*. Obtenido de Richconn: <https://richconn.com>

Cassaras, C. (03 de Mayo de 2023). *Drone Soil Analysis: Multispectral Remote Sensing for Soil Mapping*. Obtenido de Mapware: <https://mapware.com>

Castro Díaz, J. H., & Pfura Monterola, E. (2020). *Uso del Drone como alternativa para reducir el tiempo de levantamiento topografico en mineria*. Arequipa. Obtenido de https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4545/Johnny_Castro_Ericka_Pfura_Trabajo_de_Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chen, A. (04 de Abril de 2024). *What is a Drone Antenna?* Obtenido de Sanny Telecom: <https://www.sannytelecom.com>

Coastaldrone. (26 de Diciembre de 2023). *Baterías para drones: todo lo que necesitas saber*. Obtenido de Coastaldrone: <https://coastaldrone.co/>

Conicyt. (07 de Octubre de 2021). *Un dron para sembrar árboles que puedes hacer en casa*. Obtenido de Conicyt: <https://todossomoscienciaconicyt.wordpress.com>

Corrigan, F. (05 de Octubre de 2020). *What Is FPV Camera Technology In Drones And Best Uses*. Obtenido de Dronezon: <https://www.dronezon.com/>

Cursodedrones. (23 de Noviembre de 2021). *Drones para la supervisión de obras: tipos y funciones*.
Obtenido de Cursodedrones: <https://cursodedrones.es>

Dani. (24 de Septiembre de 2024). *¿Qué Tipos de Drones Hay? Clasificación según diseño*. Obtenido de
Dronblogs: <https://dronblogs.com/blog/>

Delsat. (27 de Septiembre de 2024). *Drones, Logística y Transporte: Presente y Futuro*. Obtenido de
Delsat international drones: <https://www.delsatinternational.com>

Desmonda, C. (22 de Octubre de 2023). *Drone Aircraft vs Multirotor: Which One to Choose*. Obtenido de
TerraDrone: <https://terra-drone.com.sa>

DJI. (s.f.). *Phantom 4 RTK*. Obtenido de DJI Stock RC: <https://stockrc.com/es/phantom-4-rtk/234-phantom-4-rtk.html>

Dlnenergy. (23 de Octubre de 2023). *Batería de polímero de litio*. Obtenido de Dlnenergy:
<https://bateria18650.com/>

Donnangelo, A. (s.f.). *El dron como poderoso aliado del agrónomo*. Obtenido de Agrobot:
<https://www.agrobit.ag>

Dronescend. (2022). *Electronic Image Stabilisation*. Obtenido de Dronescend: <https://dronescend.com/>

Dronesec. (s.f.). *Todo lo que debes saber sobre el funcionamiento de las hélices en un dron cuadricóptero: actuaciones y tecnología*. Obtenido de Dronesec.club: <https://dronesec.club>

Duncan Parnell. (25 de Marzo de 2025). *Drone Data Processing and Analysis*. Obtenido de Duncan
Parnell: <https://www.duncan-parnell.com>

easydrones. (s.f.). *Drones en la agricultura*. Obtenido de easydrones: <https://easydrones.es>

elprocus. (s.f.). *Dron de ala fija: funcionamiento, componentes, especificaciones, diferencias y aplicaciones*. Obtenido de elprocus: <https://www.elprocus.com>

Embention. (24 de Julio de 2024). *Tipos de drones y sus principales ventajas*. Obtenido de Embention:
<https://www.embention.com/es/>

eos. (07 de Julio de 2025). *Hiperespectral Y Multiespectral: Diferencias Y Usos*. Obtenido de Eos Data
Analytics: <https://eos.com>

Erika. (09 de Abril de 2024). *What is a drone camera?* Obtenido de Deepsea developments:
<https://www.deepseadev.com>

Espdrone. (30 de Marzo de 2024). *Qué son los drones. Significado y aplicaciones.* Obtenido de Espdrone:
<https://espdrone.com>

Especiales, H. (15 de Mayo de 2023). *Fertilización con drones.* Obtenido de Herogra especiales:
<https://herograespeciales.com/>

Facilelectro. (27 de Agosto de 2023). *Baterías NiMh.* Obtenido de Facilelectro:
<https://www.facilelectro.es/>

Flytbase. (28 de Junio de 2024). *El impacto de los drones en la minería: cómo la autonomía y la inteligencia artificial están transformando la industria.* Obtenido de Flytbase:
<https://www.flytbase.com>

Geocom. (s.f.). *Trimble R8S GNSS.* Obtenido de Geocom: <https://www.geocom.cl>

Gillis, A., & Earls, A. (26 de Julio de 2024). *What is a drone (UAV)?* Obtenido de Techtarget:
<https://www.techtarget.com/>

Global. (14 de Enero de 2020). *Tipos de cámaras fotográficas que podemos utilizar en un dron y sus utilidades.* Obtenido de Global Positioning System Mediterránea:
<https://www.globalmediterranea.es>

Godoy, E., & Cuéllar, A. (08 de Enero de 2020). *La agricultura 4.0 promete revolucionar la producción de alimentos.* Obtenido de Dialogue Earth: <https://dialogue.earth/es/>

GoDron. (30 de Julio de 2024). *Drones Autónomos: Aplicaciones, Beneficios y Mejores Equipos.* Obtenido de GoDron enterprise: <https://enterprise.godron.mx/>

GoDron. (03 de Julio de 2025). *Cuándo Cambiar las Hélices de un Dron: Guía Completa.* Obtenido de GoDron enterprise: <https://enterprise.godron.mx/>

González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2020). Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. *Publicaciones e investigación*, 23-37.

Grepow. (12 de Noviembre de 2024). *An In-Depth Guide to Drone Motors.* Obtenido de Grepow:

<https://www.grepow.com>

Grupoacre. (27 de Julio de 2021). *Dron para topografía: DJI Phantom 4 RTK*. Obtenido de GrupoAcre: <https://grupoacre.lat>

Guevera Bonilla, M., Meza Leandro, A., Esquivel Segura, E., Arias Aguilar, D., Tapia Arenas, A., & Masis Melendez, F. (2020). Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANTs) para el monitoreo y manejo de los recursos naturales: una síntesis. *Tecnología en marcha*, 77-88.
doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i4.4528>

Guiadrones. (2025). *Cómo funciona un dron con explicacion de hélices y motores*. Obtenido de Guiadrones: <https://guiadrones.com/>

Han, J. (29 de Diciembre de 2022). *El presente y el futuro de las cámaras livianas de drones FPV*. Obtenido de CineD: <https://www.cined.com/es/>

Hernandez, R. (26 de Septiembre de 2022). *La entrega de mercancías con drones en Europa sigue la senda exitosa de Estados Unidos*. Obtenido de Special Logistics & automation: <https://logistica.cdecomunicacion.es/>

Iaerocol. (29 de Noviembre de 2022). *¿Qué son los drones de ala fija?* Obtenido de iaerocol: <https://iaerocol.co/>

Iaerocol. (01 de Agosto de 2023). *¿Qué es el sistema de vuelo autónomo de un dron? ¡Descubre cómo funciona!* Obtenido de Instituto educativo aeronáutico de Colombia: <https://iaerocol.co>

Ibericadron. (s.f.). *El sensor multispectral revolucionario y asequible*. Obtenido de Ibericadron: <https://www.ibericadron.com/>

IDC. (s.f.). *Domina el Cielo: conoce los tipos de baterías para Drones*. Obtenido de IDC: <https://apddrones.com/>

Joe. (23 de Septiembre de 2024). *La guía definitiva de los sensores de proximidad: Principios de funcionamiento, tipos y aplicaciones*. Obtenido de VIOX: <https://viox.com>

Jouav. (21 de Mayo de 2025). *Diferentes tipos de drones y usos* . Obtenido de Jouav: <https://www.jouav.com/>

Laar. (02 de Julio de 2021). *Cámaras térmicas: ¿Por qué son necesarias?* Obtenido de Laar Seguridad: <https://www.laarseguridad.com>

Liang. (06 de Marzo de 2025). *Choosing the Best Radio Transmitter for Your FPV Drone: A Beginner's Guide*. Obtenido de OscarLiang.com: <https://oscarliang.com>

Liang, O. (19 de Abril de 2025). *How To Get Started With FPV Drone – The Ultimate Beginner's Guide*. Obtenido de Oscar Liang: <https://oscarliang.com/>

Loosli, E. (14 de Noviembre de 2022). *Drones para minería: cómo usar y elegir el mejor*. Obtenido de Wingtra: <https://wingtra.com>

Lopez, J. (27 de Junio de 2023). *Extracción avanzada: técnicas pioneras en procesamiento de minerales*. Obtenido de Inspenet: <https://inspenet.com/>

Madhu, S. (07 de Mayo de 2025). *What are the Key Camera Features of Drone-Based Aerial Surveillance Applications?* Obtenido de e-con Systems: <https://www.e-consystems.com>

Mappa. (01 de Febrero de 2023). *¿Cómo hacer un mapeo de drones en 4 pasos?* Obtenido de Mappa: <https://mappa.ag>

Novodrone. (2023). *Baterías para drones*. Obtenido de Novodrone: <https://novodrone.com/>

Paraisodrones. (2023). *¿Qué es la brújula de un drone?* Obtenido de Paraisodrones: <https://paraisodrones.com/>

Pepeeenergy. (2024). *¿Qué es una batería níquel metal hidruro?* Obtenido de Pepeeenergy: <https://www.pepeeenergy.com>

Piedra Camacho, J. R. (07 de Abril de 2020). Aproximación inicial a la comparación de cámaras hiperespectrales para su aplicación en agricultura. 82-91.
doi:<https://doi.org/10.18845/tm.v33i6.5170>

Prometec. (2023). *Lo que hay que saber para elegir un equipo transmisor / receptor de radio para el dron*. Obtenido de Prometec: <https://www.prometec.net/>

Rcdrone. (28 de Diciembre de 2023). *¿Qué motor de drones es adecuado para un dron agrícola en 2024?* Obtenido de RCDRONE: <https://rcdrone.top/es>

RedaccionA21. (01 de Agosto de 2023). *Uso desmedido de drones puede tener implicaciones negativas*.

Obtenido de A21: <https://a21.com.mx/>

Reyes Valdivia, C. A. (2022). El uso de drones para el monitoreo de la actuación policial en los conflictos sociales: Una revisión de la literatura en los últimos 5 años. *Revista de Ciencia e Investigación en Defensa*, 37-63. doi:<https://doi.org/10.58211/recide.v3i3.91>

Ríos Hernández, R. (2021). Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados. *Revista ingeniería agrícola*, 75-84. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5862/586268743010/586268743010.pdf>

RpasDrones. (12 de Febrero de 2025). *¿Qué es un Controlador de Vuelo (FC) en Drones?* Obtenido de RpasDrones: <https://rpas-drones.com/>

Rubio Palomino, M. F. (2023). *Análisis tecnológico aplicado al control de los sistemas de agricultura inteligente*. Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Obtenido de <https://hdl.handle.net/10609/148439>

Saafan, A. (s.f.). *Introducción a la programación de drones*. Obtenido de Nilebits Digital solutions: <https://www.nilebits.com>

Sanne. (19 de Enero de 2024). *What's the difference between 2-axis or 3-axis image stabilization for drones?* Obtenido de Coolblue: <https://www.coolblue.nl>

Santos. (11 de Julio de 2024). *Dron de Vuelo Autónomo*. Obtenido de GrupoUAS: <https://grupo-uas.com/>

Seguridadexpo. (26 de Marzo de 2024). *Ventajas de utilizar drones en labores de seguridad y vigilancia*. Obtenido de Seguridadexpo: <https://www.seguridadexpo.cl/>

Sela, G. (Septiembre de 2021). *Los drones en la agricultura*. Obtenido de maizysoya.com: <https://www.maizysoya.com/>

Sergieieva, K. (02 de Julio de 2025). *Tecnología Agrícola: Evolución, Retos Y Su Impacto*. Obtenido de Eos Data Analytics: <https://eos.com>

Stoner, J. (08 de Enero de 2025). *Sensores y cámaras para drones*. Obtenido de Flyeye: <https://www.flyeye.io>

T-drones. (20 de Julio de 2023). *Baterías para drones: descubre cuánto duran y consejos para una mayor longevidad*. Obtenido de T-drones: <https://www.t-drones.com/>

Tecmundo. (s.f.). *Beneficios de utilizar drones para la siembra y riego de precisión*. Obtenido de Tecmundo: <https://www.tecmundo.com/>

TheProducers. (09 de Junio de 2025). *Canon PowerShot S110: Análisis y comparativa de esta cámara compacta en el mercado audiovisual*. Obtenido de TheProducers: <https://theproducers.es>

Tycorun. (13 de Junio de 2023). *Introducción detallada a la batería de 3,7v para drones - orientación útil*. Obtenido de Tycorun: <https://www.takomabattery.com/es/>

UAV. (20 de Abril de 2022). *¿Qué son y para qué sirven los drones?* Obtenido de UAV latam: <https://uavlatam.com/>

Umiles. (09 de Mayo de 2023). *Drones de ala fija*. Obtenido de Umiles group: <https://umilesgroup.com/>

Umiles. (11 de Marzo de 2024). *Drones Autónomos: Beneficios, Aplicaciones y los Mejores Modelos*. Obtenido de Umiles: <https://umilesgroup.com/>

Whitt, M. (02 de Abril de 2021). *Trimble R8 series GPS / GNSS receivers compared: a buyers guide | Positioning Solutions*. Obtenido de Positioning Solutions: https://positioningsolutions.com/blogs/product-info/trimble-r8-series-gps-gnss-receivers-compared-a-buyers-guide-positioning-solutions?srltid=AfmBOorIAgEAZkK4tLmyu9h-su2VzkbZDUiw13KZ_xglXQ-qrx8xQzQ_

YellowScan. (08 de Marzo de 2024). *Planificadores de vuelos de drones: La continua integración de LiDAR y UAVs*. Obtenido de YellowScan: <https://www.yellowscan.com/es/>

Zimmerman, T. (25 de Mayo de 2025). *Dron de un solo rotor: cómo funciona y cuándo usar uno*. Obtenido de Droidmen: <https://www.droidmen.com/>

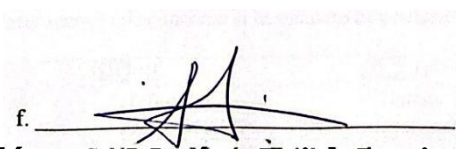
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Solórzano Macías, Erick Lenin**, con CC: **0929511590** autor del trabajo **Evaluación del sistema de comunicación 4G para el monitoreo de cultivos en el cantón Santa Lucía**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 03 de septiembre del 2025



f. _____
Solórzano Macías, Erick Lenin
CC: 0929511590

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Evaluación del sistema de comunicación 4G para el monitoreo de cultivos en el cantón Santa Lucía.		
AUTOR(ES)	Solórzano Macías, Erick Lenin		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl, Ms.C.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	03 de septiembre del 2025	No. DE PÁGINAS:	71
ÁREAS TEMÁTICAS:	Drones, Agricultura de precisión, Fumigación		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Monitoreo, Interferencias, Latencia, Siembra, Fumigación, Influencia, Tecnologías.		
RESUMEN/ABSTRACT:			
Este proyecto tiene como finalidad analizar los sistemas de comunicación 4G para de esta manera llevar a cabo un monitoreo eficiente de cultivos, se desarrolló un estudio previo en el cual constan las interferencias presentadas, alcance, el ancho de banda y latencia presentadas en el cultivo. Al realizar el estudio del cultivo se pudo realizar el monitoreo de manera eficiente, a pesar de no haber una buena señal. Por lo tanto, se determinó que, aunque no haya buena señal, el monitoreo sigue siendo eficiente. Con el estudio previo del cultivo también se pueden desarrollar otras tareas como el control de plagas, fumigación y siembra. Se analiza el sistema de comunicación 4G por medio de un estudio para posteriormente llevar a cabo el monitoreo de cultivo. La metodología utilizada se basó en una investigación mixta, es decir, cualitativa y cuantitativa, el cual nos va a permitir recolectar, analizar e interpretar la influencia de los sistemas de comunicación 4G. Mientras que, por otro lado, las entrevistas cualitativas determinaran cómo los agricultores perciben esa señal, qué problemas tienen, y por qué es importante para ellos usar tecnologías, incluso si la señal no es perfecta debido a la ubicación geográfica de sus cultivos.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-995587976	E-mail: Erick.solorzano01@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ubilla González, Ricardo Xavier, MS.c		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Teléfono: +593-999528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			