



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION**

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA

**DESARROLLO DE METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS PARA
LA OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS ELÉCTRICOS EN REDES DE
DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL
CENTRO SUR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: RUBEN EDUARDO BARRERA PARRA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS COBOS TORRES, Ph.D.

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DESARROLLO DE METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS ELÉCTRICOS EN REDES DE
DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL
CENTRO SUR.

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: RUBÉN EDUARDO BARRERA PARRA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS COBOS TORRES, Ph.D.

CUENCA – ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Rubén Eduardo Barrera Parra portador de la cédula de ciudadanía N° **0104234356**. Declaro ser el autor de la obra: “**DESARROLLO DE METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS ELÉCTRICOS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **23 de septiembre de 2021**



F:

Rubén Eduardo Barrera Parra

0104234356

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de titulación fue desarrollado por el estudiante Rubén Eduardo Barrera Parra bajo mi supervisión.



Firmado electrónicamente por:
**JUAN CARLOS
COBOS TORRES**

.....

Ing. Elec. Juan Carlos Cobos Torres, Ph.D.

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres Teresa Parra y Rubén Barrera por su apoyo y sacrificio que me han permitido llegar a este punto en mi carrera.

Rubén Eduardo Barrera Parra.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Teresa y Rubén por el apoyo constante en este proyecto, así como a lo largo de mi carrera universitaria. A mi familia, que ha estado pendiente de cada pequeño logro a lo largo de este proyecto, a Nicole por la constante motivación y apoyo para seguir adelante.

Al Ing. Gustavo Parra por el apoyo incondicional y la información proporcionada para el desarrollo de este documento.

Agradezco también al Ph.D. Juan Carlos Cobos, tutor de este proyecto, por la confianza y el apoyo en cada revisión.

Rubén Eduardo Barrera Parra.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo el desarrollo de una metodología y herramientas que permitan optimizar el diseño de redes de distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. La metodología propuesta involucra el uso de drones para la generación de ortomapas, estos proporcionan una ayuda visual y de precisión al momento de realizar diseños de redes de distribución. La presente propuesta también involucra el desarrollo de un algoritmo de Inteligencia Artificial, que permita reconocer las estructuras de medio voltaje para obtener un desglose de materiales de la red de distribución existente de forma automática y en tiempo reducido. La metodología propuesta, se aplicó a 3 diseños de redes de distribución en el área de concesión de la Centro Sur C.A., con una longitud acumulada de 8 km y 73 postes existentes. De los cuales, el algoritmo de inteligencia artificial logro identificar con éxito solo el 55%, por lo cual se determinó que los algoritmos de clasificación de imágenes no ofrecen resultados confiables al momento de identificar estructuras de medio voltaje. Por otro lado, el uso de las ortofotos presentó grandes beneficios al momento de realizar el diseño de la red proyectada, permitiendo considerar elementos del terreno como vegetación y viviendas. La implementación de esta metodología permitió reducir en un 33% el tiempo de diseño de las redes de distribución analizadas.

Palabras clave: redes de distribución, inteligencia artificial, dron, ortomapas.

ABSTRACT

The objective of this thesis was the development of a methodology and tools to optimize the design of distribution networks of the Regional Electric Company, Centro Sur C.A. The proposed methodology involves the use of drones for the generation of ortho maps. This proposal also includes the development of an Artificial Intelligence algorithm that allows the recognition of medium voltage structures to obtain a breakdown of materials of the existing distribution network automatically and in a reduced time. The proposed methodology was applied to 3 distribution network designs in the concession area of Centro Sur C.A., with a cumulative length of 8 km and 73 existing poles from which, the artificial intelligence algorithm was able to successfully identify only 55%, so it was determined that the image classification algorithms do not offer reliable results when identifying medium voltage structures. On the other hand, the use of orthophotos presented great benefits when designing the projected network, allowing the consideration of terrain elements such as vegetation and houses. The implementation of this methodology allowed a 33% reduction in the design time of the distribution networks analyzed.

keywords: distribution networks, artificial intelligence, drone, ortho-mapping.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
CAPÍTULO 1.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Formulación del problema.....	16
1.2. Delimitación del problema.....	16
1.3. Definición de la zona de estudio	17
1.4. Objetivos.....	18
1.4.1. Objetivo General.....	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
CAPÍTULO 2.....	19
2. ESTADO DEL ARTE	19
2.1. Drones.....	19
2.1.1. DJI	19
2.1.1.1. Categorías drones DJI	19
2.1.2. Parrot.....	27
2.1.2.1. Modelos drones Parrot	28
2.2. Planificación de vuelo.....	29
2.2.1. Apps y programas para planificación de vuelos	30
2.2.2. Misiones y rutas de vuelo.....	32
2.3. Fotogrametría.....	35
2.3.1. Datos obtenidos mediante fotogrametría	36
2.3.2. Software especializado en fotogrametría.....	42
2.4. Redes de distribución.....	45
2.4.1. Estructuras normadas por el MERNNR	45
2.4.2. Materiales por estructura.....	50
2.5. Diseños eléctricos.....	54
2.5.1. Tipos de diseños eléctricos.....	54
2.5.2. Procedimientos para realizar un diseño para distribución de energía eléctrica.....	55
2.5.2.1. Etapa 1 - Levantamiento de red existente.....	56
2.5.2.2. Etapa 2 – Diseño de red proyectada.....	57
2.5.2.3. Etapa 3 – Presupuesto del proyecto	58
2.5.3. Documentación de un diseño eléctrico	59
2.5.3.1. Memoria técnica.....	60
2.5.3.2. Índice.....	62
2.5.3.3. Cabecera	62
2.5.3.4. Datos técnicos	63
2.5.3.5. Cálculos de caída de voltaje existente en bajo voltaje	63
2.5.3.6. Cálculos de caída de voltaje proyectada en bajo voltaje.....	65
2.5.3.7. Cálculos de caída de voltaje existente y proyectada en medio voltaje	65
2.5.3.8. Desglose de medidores existentes.....	66
2.5.3.9. Desglose de estructuras y materiales existentes	67
2.5.3.10. Desglose de accesorios y estructuras proyectadas	68
2.5.3.11. Mano de obra.....	69
2.5.3.12. Planos de la red existente	70
2.5.3.13. Registro fotográfico.....	70
2.5.3.14. Planos de la red proyectada.....	70
2.5.3.15. Anexos de detalles constructivos.....	71
2.6. Reconocimiento de objetos con inteligencia artificial.....	71
2.6.1. Machine Learning y redes neuronales	72
2.6.2. Algoritmos de machine learning	73
2.6.3. Entrenamiento de algoritmos para Machine Learning	74
2.7. Clasificación de imágenes y detección de objetos	75

2.7.1.	TensorFlow y Keras	77
2.7.2.	Teachable Machine.....	77
2.8.	<i>Procesamiento</i>	78
2.8.1.	Google Coolab.....	78
2.8.2.	IBM Watson.....	79
2.8.3.	Amazon Web Service	79
CAPÍTULO 3.....		81
3.	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	81
3.1.	<i>Procedimiento para la optimización de diseños eléctricos.....</i>	<i>81</i>
3.1.1.	<i>Nuevo procedimiento para optimización de la Etapa 1</i>	<i>81</i>
3.2.	<i>Dron.....</i>	<i>84</i>
3.3.	<i>Obtención de coordenadas.....</i>	<i>85</i>
3.4.	<i>Plan de vuelo.....</i>	<i>87</i>
3.4.1.	Consideraciones y parámetros para el vuelo	88
3.4.2.	Simulación	93
3.5.	<i>Datos obtenidos en el vuelo.....</i>	<i>94</i>
3.6.	<i>Procesamiento de imágenes.....</i>	<i>96</i>
3.6.1.	Web ODM.....	96
3.6.1.1.	Ortofoto	97
3.6.2.	Algoritmo de clasificación de imágenes.....	98
3.6.2.1.	Desglose de materiales.....	101
CAPÍTULO 4.....		103
4.	RESULTADOS.....	103
4.1.	<i>Obtención de datos</i>	<i>103</i>
4.1.1.	<i>Línea 1F San Gerardo – Cristal – Aguarongos.....</i>	<i>103</i>
4.1.2.	<i>Línea 1F Chumblin – Cisne – Liquiña</i>	<i>108</i>
4.1.3.	<i>Alimentador 1722 – Los Cerezos</i>	<i>113</i>
4.2.	<i>Análisis de resultados.....</i>	<i>118</i>
4.2.1.	Implementación de la ortofoto en el diseño de redes de distribución.	118
4.2.2.	Implementación de algoritmo de inteligencia artificial para desglose de materiales.	127
4.2.3.	Análisis de tiempo con la implementación de la metodología propuesta.	133
5.	CONCLUSIONES	136
6.	RECOMENDACIONES	137
7.	BIBLIOGRAFÍA	138

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Area de concesión Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.	17
Ilustración 2: Dji Mavic Air 2.....	20
Ilustración 3: Dji Mavic mini.....	20
Ilustración 4: Dji Mavic 2.....	21
Ilustración 5: Dji mini 2.....	21
Ilustración 6: Dji Phantom 4 Pro V2.....	22
Ilustración 7: Dji Phantom 4 Advanced.....	22
Ilustración 8: Dji Inspire 1.....	23
Ilustración 9: Dji Inspire 2.....	23
Ilustración 10: Dji Marice 200.....	24
Ilustración 11: DJI Phantom 4 RTK.....	24
Ilustración 12: Dji Phantom 4 Multispectral.....	25
Ilustración 13: Dji Mavic 2 Enterprise Advance	25
Ilustración 14: Dji Mavic 2 Enterprise Dual y Enterprise.....	26
Ilustración 15: Dji Agras T20 – T16.....	27
Ilustración 16: Dji Agras MG-1P y MG-1S.....	27
Ilustración 17: Parrot Anafi.....	28
Ilustración 18: Parrot Anafi Thermal.....	28
Ilustración 19: Parrot Anafi USA.....	29
Ilustración 20: Planificación de una misión poligonal.....	32
Ilustración 21: Planificación de una misión de malla simple.....	33
Ilustración 22: Planificación de una misión de malla doble.....	34
Ilustración 23: Planificación de una misión circular.....	35
Ilustración 24: Área de terreno capturada por el dron en cada traslape.....	36
Ilustración 25: Ortofoto comunidad El Triunfo, Pucará – GSD: 4cm/pixel – Altura de vuelo: 120m	37
Ilustración 26: Curvas de nivel comunidad El Triunfo, Pucará – distancia entre líneas: 1m.....	38
Ilustración 27: Modelo Digital de Superficie – comunidad El Triunfo, Pucará.....	39
Ilustración 28: Modelo Digital de Terreno - comunidad El Triunfo, Pucará.....	40
Ilustración 29: Malla 3D - sector La Unión, Santa Isabel.....	41
Ilustración 30: Nube de puntos - sector La Unión, Santa Isabel.....	42
Ilustración 31: Descripción de caracteres del código.....	46
Ilustración 32: Descripción de caracteres del identificador nemotécnico.....	46
Ilustración 33: Descripción de caracteres del identificador nemotécnico abreviado.....	47
Ilustración 34: Procedimiento para el levantamiento y actualización de la red existente.....	56
Ilustración 35: Procedimiento para el desarrollo de un plano proyectado.....	57
Ilustración 36: Procedimiento para el desarrollo de un plano proyectado.....	59
Ilustración 37: Antecedentes generales del proyecto de Lomon – Lentag.....	60

Ilustración 38: Estudio del sistema actual del proyecto de Lomon – Lentag.....	61
Ilustración 39: Sección índice del proyecto de Lomon – Lentag.....	62
Ilustración 40: Sección cabecera del proyecto de Lomon – Lentag.....	63
Ilustración 41: Sección datos técnicos del proyecto de Lomon – Lentag.	63
Ilustración 42: Sección de cálculo de caída de voltaje existente del proyecto de Lomon – Lentag. .	64
Ilustración 43: Sección de cálculo de caída de voltaje proyectada del proyecto de Lomon – Lentag.	65
Ilustración 44: Sección de cálculo de caída de voltaje existente en medio voltaje del proyecto de Lomon – Lentag.....	66
Ilustración 45: Sección de cálculo de caída de voltaje proyectada en medio voltaje del proyecto de Lomon – Lentag.....	66
Ilustración 46: Sección de desglose de medidores proyecto de Lomon – Lentag.	67
Ilustración 47: Sección de desglose de estructuras existentes del proyecto de Lomon – Lentag.	67
Ilustración 48: Sección de desglose de estructuras existentes cantidad de materiales, proyecto de Lomon – Lentag.....	68
Ilustración 49: Sección de desglose de estructuras existentes porcentajes de reutilización, proyecto de Lomon – Lentag.	68
Ilustración 50: Sección de desglose de estructuras proyectadas del proyecto de Lomon – Lentag.	69
Ilustración 51: Sección de mano de obra calificada del proyecto de Lomon – Lentag.....	69
Ilustración 52: Distribución del plano existente del proyecto Lomon – Lentag.	70
Ilustración 53: Representación matricial de una imagen a blanco y negro.....	72
Ilustración 54: Estructura de una red neuronal artificial.	73
Ilustración 55: Detección de objetos mediante el uso de algoritmos de tratamiento de imágenes.	76
Ilustración 56: Resultados de clasificar imágenes y reconocer objetos con Inteligencia Artificial.	77
Ilustración 57: Nuevo procedimiento para el levantamiento de la red existente.	83
Ilustración 58: Nuevo procedimiento para el diseño de la red proyectada.	84
Ilustración 59: Dron DJI Mavic Pro Platinum.....	84
Ilustración 60: Descarga de archivo SIG desde el Geoportal de la Centro Sur C.A.– Proyecto Cristal Aguarongos.	85
Ilustración 61: Captura de pantalla del archivo descargado desde el Geoportal, abierto en ArcMap – Proyecto Cristal Aguarongos.....	86
Ilustración 62: ubicación geográfica de los postes en ArcMap y UGCS respectivamente – Proyecto Cristal Aguarongos.	87
Ilustración 63: Plan de vuelo para fotogrametría en la parroquia Molleturo.....	88
Ilustración 64: Configuración de parámetros iniciales del plan de vuelo para el proyecto Cristal – Aguarongos.	89
Ilustración 65: Configuración de punto de despegue del plan de vuelo para el proyecto Cristal – Aguarongos.	90
Ilustración 66: Configuración de parámetros y ruta de vuelo del proyecto Cristal – Aguarongos... ..	92
Ilustración 67: Perfil de elevación del plan de vuelo para fotogrametría de Cristal - Aguarongos.	93
Ilustración 68: Simulación de vuelo con un dron DJI Mavic Pro.....	94
Ilustración 69: Fotografía de un poste del proyecto Cristal – Aguarongos tomada a 70 metros de altura.	95

Ilustración 70: Fotografía de un poste del proyecto Cristal – Aguarongos tomada a 15 metros de altura.	95
Ilustración 71: Captura de pantalla del procesamiento del proyecto Cristal – Aguarongos.....	96
Ilustración 72: Menú desplegable del ítem de opciones en la configuración de WebODM.	97
Ilustración 73: Configuración de parámetros para el procesamiento de fotografías en WebODM..	98
Ilustración 74: Fotografía usada para el entrenamiento de Machine Learning – estructura 1CP.....	99
Ilustración 75: interfaz de entrenamiento de Teachable Machine.	99
Ilustración 76: Venta de exportación de modelo finalizado en Teachable Machine.....	101
Ilustración 77: Captura de pantalla del algoritmo de reconocimiento de estructuras.....	102
Ilustración 78: Red de distribución del proyecto San Gerardo – Cristal – Aguarongos obtenida del Geoportal de la Centro Sur.....	104
Ilustración 79: Plan de vuelo creado con el software UGCS. Proyecto San Gerardo – Cristal – Aguarongos.	106
Ilustración 80: Ortofoto generada con el software WebODM. Proyecto San Gerardo – Cristal – Aguarongos.	107
Ilustración 81: Red de distribución del proyecto Chumblin – Cisne – Liquiña obtenida del Geoportal de la Centro Sur.....	109
Ilustración 82: Plan de vuelo creado con el software UGCS. Proyecto Chumblin – Cisne – Liquiña.	111
Ilustración 83: Ortofoto generada con el software WebODM. Proyecto Chumblin – Cisne – Liquiña.	112
Ilustración 84: Alimentador 1722 de la subestación proyectada de Los Cerezos.....	114
Ilustración 85: Plan de vuelo creado con el software UGCS. Proyecto alimentador 1722.	116
Ilustración 86: Ortofoto generada con el software WebODM. Proyecto alimentador 1722.	117
Ilustración 87: Sección de diseño de la red proyectada de San Gerardo – Cristal – Aguarongos sin ortofoto	119
Ilustración 88: Sección de diseño de la red proyectada de San Gerardo – Cristal – Aguarongos con ortofoto	120
Ilustración 89: Sección de diseño de la red proyectada de Chumblin – Cisne – Liquiña sin ortofoto	122
Ilustración 90: Sección de diseño de la red proyectada de Chumblin – Cisne – Liquiña con ortofoto	123
Ilustración 91: Sección de diseño de la red proyectada del alimentador 1722 sin ortofoto.....	125
Ilustración 92: Sección de diseño de la red proyectada del alimentador 1722 con ortofoto	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparativa de software para planificación de vuelo	31
Tabla 2: Cuadro comparativo entre software para fotogrametría.....	44
Tabla 3: Estructuras usadas por la EERCS.....	47
Tabla 4: Desglose de materiales usados por la EERCS.....	51
Tabla 5: Listado de proyectos en los que se implementó la metodología propuesta	103
Tabla 6: Cuadro comparativo para de reconocimiento de estructuras – San Gerardo – Cristal - Aguarongos.	127
Tabla 7: Cuadro comparativo de reconocimiento de estructuras – Chumblin – Cisne – Liquiña ...	128
Tabla 8: Cuadro comparativo de reconocimiento de estructuras – Chumblin – Cisne – Liquiña ...	128
Tabla 9: Cantidad de aciertos por cada estructura de los 3 proyectos.	130
Tabla 10: Tiempos en minutos por actividad con el uso del metodo tradicional.....	134
Tabla 11: Tiempos en minutos por actividad con el uso del método propuesto.	135

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de drones o vehículos aéreos no tripulados UAV por sus siglas en inglés, data desde la primera guerra mundial y hasta el año 2006 se usaban como equipamiento militar. En este año, Federal Aviation Administration (FAA) de los Estados Unidos emitió los permisos comerciales para los UAV, desde entonces se ha venido desarrollando innumerables aplicaciones en el campo de la ingeniería, como es el caso de la ingeniera civil (O. Del Río-Santana, 2019) (CÓRDOBA, 2017) (Sulca & Peña, 2020) ; en esta área se usan UAV's para obtener información topográfica actualizada y de gran precisión. El uso de estos vehículos no tripulados conlleva una notable reducción de tiempo en el análisis espacial, hidrológico y topográfico. Otra área de aplicación, es en el sector agrícola (Waldo Ojeda-Bustamante, 2017), pues debido a los sensores que incorporan se puede analizar la vegetación; por ejemplo, mediante imágenes multiespectrales de alta resolución se puede detectar áreas de interés de riego y estado de salud de la plantación. Otra área es la deforestación y degradación forestal (Reason Mlambo, 2017), mediante un modelo digital de terreno (MDT) (Valverde & Appel, 2018); se puede conocer las diferentes alturas de los árboles monitoreando el crecimiento forestal por áreas. En el área de la ingeniería eléctrica, los UAV's se utilizan en el monitoreo de redes de transmisión y subtransmisión (Javier Guacho Remache, 2018) (Saravia & Cáceres., 2021), mediante cámaras termográficas se puede detectar aisladores en mal estado o fugas de corriente. Lo cual, permite inspeccionar toda la línea sin tener que acercarse a ella, el personal de mantenimiento se encuentra ubicado en una posición segura en el suelo y claro, ejecutando la inspección en un tiempo mucho menor; sin embargo, aún existen sectores dentro del área de la ingeniería eléctrica en los que se puede aprovechar los beneficios de los drones. En el caso del presente trabajo, se aplicará drones en el área de distribución, centrándose en el diseño de redes eléctricas de distribución en medio voltaje. Puntualmente, para diseños que se realicen dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

El procedimiento inicia mediante el vuelo de un dron para capturar imágenes georreferenciadas de un sector en el cual se vaya a realizar un tendido de red, o una mejora de la red eléctrica, con lo cual, se obtiene un ortomapa que contendrá información actualizada y con una alta precisión, permitiendo tener un mejor panorama del área de diseño, a su vez las imágenes obtenidas del dron serán procesadas con algoritmos de visión artificial para reconocer de manera automática las diferentes

estructuras de medio voltaje para obtener un desglose de materiales de la red existente, automatizando el proceso que actualmente se realiza de forma manual.

Este procedimiento tiene como finalidad reducir los tiempos de diseño y mejorar la precisión en el desglose de materiales y en el diseño de la red.

Para realizar este procedimiento será necesario diferentes programas ya que actualmente no existe un solo sistema que pueda realizar todas estas tareas de manera íntegra, por lo cual es necesario realizar una planificación de vuelo previa a la captura, luego con imágenes obtenidas se realiza dos procesamientos, del primero se obtiene el ortomapa y del segundo el reconocimiento de estructuras medio voltaje existentes en la red.

1.1. Formulación del problema

A nivel del país existe una falta de automatización en el proceso de diseños de redes de distribución, por esta razón los contratistas siguen realizando diseños de una manera tradicional. El método tradicional consiste en diseñar la red de distribución sobre un archivo CAD o GIS y desglosar los materiales de la red en una hoja de cálculo, por lo cual se tiene errores en la ubicación de los elementos y la contabilización de los materiales, por lo tanto surge la necesidad de plantear una solución para mejorar este método tradicional mediante un sistema que automatice el desglose de materiales y que a su vez permita obtener un mejor panorama del área de diseño, se propone desarrollar un sistema que de manera automática genere un desglose de materiales mediante el análisis de imágenes capturadas por un dron, y de manera paralela usar las imágenes para generar un ortomapa, con lo cual se mejorará la precisión de los diseños.

1.2. Delimitación del problema

El tema de este proyecto se delimitará a la captura de imágenes georreferenciadas mediante un dron las cuales mediante fotogrametría se convertirán en un ortomapa del área de diseño, en otro plan de vuelo se realizará fotografías de los postes de la red de medio voltaje, las cuales se analizarán mediante técnicas de visión artificial para reconocer las estructuras y obtener un desglose de materiales de manera automática.

1.3. Definición de la zona de estudio

Se analizará el funcionamiento del sistema en los diseños de: San Gerardo – Cristal – Aguarongos y Chumblin - Cisne - Liquiña que se encuentran ubicados en una zona rural y juntos suman una longitud total de 6 km de red de medio voltaje y para el área urbana se aplicará al diseño del alimentador 1722 que parte de la nueva sub estación los Cerezos con una longitud de 2 km de red de medio voltaje. Estos proyectos se encuentran dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Centrosur C.A., y al momento se dispone de los archivos originales de diseño para poder realizar el análisis correspondiente.

El área de concesión de la EERCS abarca las siguientes provincias, como se puede observar en la **Ilustración 1**:

- Azuay
- Cañar
- Parte de Chimborazo
- Parte de El Oro
- Parte de Guayas
- Parte de Loja
- Morona Santiago
- Pastaza
- Zamora Chinchipe

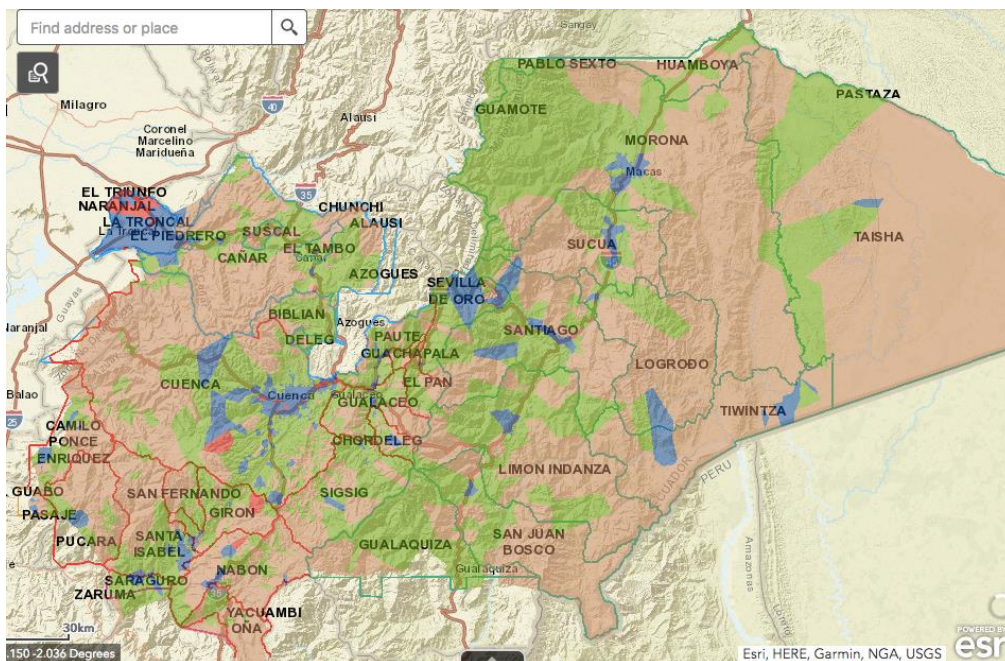


Ilustración 1. Área de concesión Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Fuente: Geoportal Centro Sur.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de generación de ortomapas y reconocimiento de estructuras de medio voltaje mediante análisis de imágenes obtenidas por un dron para automatizar el proceso de diseño de una red de distribución de medio voltaje mejorando la eficiencia en los diseños.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Buscar información bibliográfica en base de datos científicas mediante la revisión de literatura especializada para contar con técnicas e información de métodos actuales que utilicen drones, reconocimiento de imágenes y fotogrametría en el diseño de redes de distribución.
- Definir los parámetros de vuelo del dron mediante software, simuladores y pruebas en campo para una óptima captura de imágenes.
- Generar ortomapas del área de diseño mediante el uso de software de fotogrametría OpenSource para mejorar la precisión y ubicación de los elementos de la red.
- Realizar un sistema de reconocimiento automático de estructuras de medio voltaje mediante técnicas de reconocimiento de imágenes para mejorar el procedimiento de desglose de materiales en los diseños de redes de distribución
- Integrar todo el sistema software y hardware mediante la generación de un prototipo para realizar el levantamiento y desglose en redes de media tensión.

CAPÍTULO 2

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Drones

Un dron es un vehículo aéreo no tripulado VANT por sus siglas, este equipo viene en diferentes configuraciones de acuerdo al uso que se le dé, existen configuraciones de cuatro, seis u ocho hélices, a estas estructuras se le pueden colocar diferentes accesorios como cámaras, sensores LIDAR, altavoces, luces de emergencia entre otros; actualmente, las marcas líderes en el mercado de drones son DJI y Parrot, ambas marcas disponen de diferentes equipos para diferentes áreas de aplicación.

2.1.1. DJI

Proveniente de china es líder en la industria de UAV's representando el 70% del mercado mundial (Borak, 2018). DJI viene innovando la tecnología de los drones, desde el año 2013 cuando lanzó su primer dron llamado Phantom; desde entonces, ha venido lanzando varios modelos de drones adaptándolos a las necesidades de los usuarios, es por eso que hoy en día su catálogo de productos se divide en cuatro categorías. (Uplift Drones, 2018)

2.1.1.1. Categorías drones DJI

Consumidor: Esta categoría está enfocada a un consumidor ordinario, el cual busca capturar fotografías desde el aire con buena resolución y con herramientas de software que permiten realizar tomas de manera sencilla. La mayoría de estos modelos incorporan cámaras fotográficas con resolución de grabación 4k, con sensores para fotografías que van desde los 20 hasta los 48 megapíxeles, también manejan una autonomía de alrededor de 30 minutos de vuelo, esta categoría incorpora los modelos Mavic y Phantom, a continuación, se describe las características de cada modelo de esta categoría.

Mavic air 2

Autonomía de 34 minutos de vuelo, cámara de 48 megapíxeles y puede transmitir video hasta 10 km de distancia. Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** **Ilustración 2.**



Ilustración 2: Dji Mavic Air 2
Fuente: www.dji.com

Mavic mini

Autonomía de 40 minutos de vuelo, cámara de 12 megapíxeles, transmite video hasta 4 km de distancia. Ver **Ilustración 3**.



Ilustración 3: Dji Mavic mini
Fuente: www.dji.com

Mavic 2

Tiene dos versiones, la versión pro con cámara de 20 megapíxeles y la versión zoom con cámara de 48 megapíxeles, ambos modelos tienen una autonomía de 30 minutos de vuelo y pueden transmitir video hasta 10 km de distancia. Ver **Ilustración 4**.



Ilustración 4: Dji Mavic 2
Fuente: www.dji.com

Dji mini 2

Autonomía de 31 minutos de vuelo, cámara de 12 megapíxeles, transmite video hasta 10 km de distancia. Ver **Ilustración 5**.



Ilustración 5: Dji mini 2
Fuente: www.dji.com

Todos los modelos Mavic tienen una forma similar ya que solo varía la autonomía, cámara y capacidad de transmisión de video, los modelos con precios más altos incorporan cámaras de 2 megapíxeles en la parte frontal, inferior y trasera para detectar posibles obstáculos, también cuentan con un sensor ultrasónico en la parte inferior para determinar la distancia a la que se encuentra el dron del suelo al despegar y aterrizar, esto garantiza un total control del entorno y un vuelo más seguro.

Phantom Series

La serie Phantom es la más alta de la categoría consumidor, ya que por sus características y su robustez se acerca más a la gama profesional, una de sus principales características es su diseño ya que lo hace más resistente frente a fuertes ráfagas de viento y también le permite rotar la cámara en un ángulo de 360 grados, esta característica no está disponible en los modelos Mavic.

Phantom 4 Pro V2

Autonomía de 30 minutos de vuelo, cámara de 20 megapíxeles, transmite video hasta 10 km de distancia, detecta obstáculos en 5 direcciones diferentes. Ver **Ilustración 6**.



Ilustración 6: Dji Phantom 4 Pro V2
Fuente: www.dji.com

Phantom 4 Advanced

Autonomía de 30 minutos de vuelo, cámara de 20 megapíxeles, transmite video hasta 10 km de distancia. Ver **Ilustración 7**.



Ilustración 7: Dji Phantom 4 Advanced
Fuente: www.dji.com

Profesional: esta categoría dispone solo de dos modelos, el Inspire 1 y 2, y se centra en la fotografía y video profesional. En estos modelos, ya se encuentra disponible la opción de colocar diferentes tipos de cámaras, en este caso las Zenmuse; las cuales, son de alta resolución y están diseñadas para el video profesional. También, se puede adquirir el adaptador para cargas, en el cual se puede colocar cualquier cámara o dispositivo y este estará controlado por el dron que mantendrá la estabilidad de la carga y controlará su movimiento.

Inspire 1

Autonomía de 15 a 18 minutos de vuelo, cámara Zenmuse X5 especial para video profesional y fotografías de gran calidad, velocidad máxima

de 65 km/h, puede transmitir video hasta 5 km de distancia con resolución 1080p. Ver **Ilustración 8**.



Ilustración 8: Dji Inspire 1
Fuente: www.dji.com

Inspire 2

Un modelo mucho más robusto que su versión anterior ya que posee una velocidad máxima de 80 km/h, incluye la posibilidad de cargar con dos baterías, lo que le da una autonomía de 27 minutos de vuelo, su cámara es la Zenmuse X7 también diseñada para la captura de video profesional, posee detección de obstáculos en 3 direcciones y puede transmitir video a una distancia de 7 km. Ver **Ilustración 9**.



Ilustración 9: Dji Inspire 2
Fuente: www.dji.com

Empresas: esta categoría está diseñada para el trabajo en campo ya que sus drones disponen de sensores como cámaras térmicas, LIDAR, RTK, luces de emergencia y altavoces, estos drones son capaces de resistir ráfagas de viento de hasta 50 km/h y algunos modelos son capaces de llevar cargas extra de hasta 2 kg.

Matrice 200

Enfocados en la inspección de plantas de energía solar, eólica, nuclear, combustibles fósiles y líneas eléctricas. Dji ofrece su dron Matrice 200 un modelo muy flexible, de gran rendimiento y muy robusto, ya que posee protección IP43 frente al polvo y agua, puede transmitir video a 7 km de

distancia y puede llevar cargas de hasta 2 kg. Una de sus características más notables, es la de incorporar dos cámaras entre las cuales puede ser una térmica para detectar puntos calientes o un sensor LIDAR para realizar topografía con gran precisión, Dji tiene a disposición las librerías SDK para desarrollar aplicaciones compatibles con el Matrice 200. Ver **Ilustración 10**.



Ilustración 10: Dji Matrice 200
Fuente: www.dji.com

Phantom 4 RTK y Multispectral

Dentro de esta categoría se encuentra la serie Phantom 4 en dos versiones, RTK (**Ilustración 11**) y Multispectral (**Ilustración 12**). La versión RTK incorpora un GPS diferencial y una cámara de 20 megapíxeles, lo cual le permite obtener datos topográficos de gran precisión; la versión multispectral incorpora un grupo de 6 lentes capaces de capturar imágenes en diferentes espectros. Esto es muy útil en la agricultura, ya que permite analizar la vegetación y determinar el estado de salud de la plantación y las áreas que requieren atención.



Ilustración 11: DJI Phantom 4 RTK
Fuente: www.dji.com



Ilustración 12: Dji Phantom 4 Multispectral
Fuente: www.dji.com

Mavic 2 Enterprise Advance y Series

En la categoría profesional también está disponible una versión del Mavic en este caso la Enterprise Advance, un dron de altas prestaciones con la versatilidad para llevar a todos lados, incorpora un módulo RTK para topografía de precisión, una cámara principal de 48 megapíxeles, una cámara térmica de 640x512 píxeles, detección de obstáculos omnidireccional y es capaz de transmitir video a una distancia de 10km.

La característica más notoria de este modelo es su tamaño ya que se puede guardar en espacios pequeños lo que facilita su transporte, para este modelo también se encuentran disponibles las librerías SDK para desarrolladores. Ver **Ilustración 13**.



Ilustración 13: Dji Mavic 2 Enterprise Advance
Fuente: www.dji.com

Para la sección Enterprise Series se encuentran disponibles dos modelos el Enterprise Dual y el Enterprise (**Ilustración 14**) la única diferencia a los Mavic 2 anteriores es su cámara, el Enterprise Dual dispone de una cámara principal de 12 megapíxeles y una cámara térmica radiométrica incorporada en el cuerpo de la cámara principal, esta cámara posee una resolución de 160 x 120 píxeles y puede capturar temperaturas de -10°C hasta 400°C.

El Mavic 2 Enterprise dispone de una cámara de 12 megapíxeles con la

característica de un zoom dinámico de mejor calidad, Dji tiene disponible una serie de accesorios como un sistema adaptable de luces para búsqueda y rescate personas extraviadas, un altavoz que reproduce sonidos de emergencia mientras el dron recorre el área, y un módulo tipo flash que trabaja como luz de emergencia en caso de reconocimiento de áreas.



Ilustración 14: Dji Mavic 2 Enterprise Dual y Enterprise
Fuente: www.dji.com

Agricultura: para esta sección Dji dispone de su gama agras en dos modelos AGRAS TXX y AGRAS MGXX, los modelos AGRAS son utilizados principalmente para la fumigación de cultivos. Para ello, incorporan un sistema de 6 hélices, 1 tanque para colocar el fungicida y un juego de 2 a 4 aspersores, además dependiendo de la versión puede incorporar un sistema RTK para realizar la fumigación con precisión asegurando que el fungicida no se desperdicie.

Agras T20 y Agras T16

Estas versiones incorporan un tanque de 20 y 16 litros respectivamente, el dron tiene resistencia IP67 contra la humedad y el polvo, posee detección omnidireccional de obstáculos y mediante IA puede evadirlos y seguir con su misión, incorpora un módulo RTK con precisión de centímetros para fumigar con precisión la vegetación además incorpora un sistema de radar que genera una imagen del entorno con lo cual identifica la altura de la vegetación y de los obstáculos. Ver **Ilustración 15**.



Ilustración 15: Dji Agras T20 – T16
Fuente: www.dji.com

Agras MG-1P y Agras MG-1S

Estas versiones incorporan un tanque de 10 litros, una cámara FPV para visualización del entorno, se propulsan por un sistema de 8 hélices y por una batería de 44V - 12A/h, poseen un sistema de radar para la detección del entorno y un sistema RTK para la fumigación de precisión, pueden transmitir video a una distancia de 6 kilómetros a la redonda del mando. Ver **Ilustración 16**.



Ilustración 16: Dji Agras MG-1P y MG-1S
Fuente: www.dji.com

2.1.2. Parrot

Compañía francesa fundada con el objetivo de producir productos Wireless lanza su primer dron de juguete en el año 2010, el Parrot AR Drone que es un cuadricóptero teledirigido por wifi. Un año después, se lanzó la segunda versión de este dispositivo que ya incluía una cámara HD y un GPS para registro de los datos de vuelo, este modelo tenía una autonomía de 10 minutos de vuelo. En el año 2019, anuncio el fin de la producción de drones de juguete y su nuevo enfoque en los drones de uso profesional logrando convertirse en la competencia directa de DJI y en el mayor fabricante europeo de drones (Priday, 2018), Parrot tiene

pocos modelos en el mercado y de prestaciones limitadas, sin embargo, trata de cubrir las mismas áreas que DJI.

2.1.2.1. Modelos drones Parrot

Anafi

Es el modelo más sencillo de la marca, cuenta con una cámara Sony de 21 megapíxeles, resiste ráfagas de viento de 50 km/h, tiene una autonomía de vuelo de 25 minutos y está diseñado para un rápido despliegue y fácil transporte. Ver **Ilustración 17**.



Ilustración 17: Parrot Anafi
Fuente: www.parrot.com

Anafi Thermal

Una versión mejorada del Anafi cuenta con una cámara Sony de 21 megapíxeles y resolución 4K e incorpora un sensor térmico radiométrico FLIR con una resolución de 160x120 píxeles, puede captar temperaturas de -10°C a 400°C. Ver **Ilustración 18**.



Ilustración 18: Parrot Anafi Thermal
Fuente: www.parrot.com

Anafi USA

La última versión del Anafi fabricado bajo normas militares, cuenta con 3

cámaras, la primera de 21 megapíxeles, la segunda de 14 megapíxeles con un zoom óptico de 32x lo cual permite un acercamiento a la imagen sin perder la nitidez, además de su sensor térmico FLIR que puede captar temperaturas de -40°C a 150°C con una resolución de 320x256 píxeles, posee una autonomía de vuelo de 32 minutos y certificación IP53 lo que lo hace ideal para volar en condiciones de lluvia, puede transmitir video a una distancia de 4 km. Ver **Ilustración 19**.



Ilustración 19: Parrot Anafi USA
Fuente: www.parrot.com

2.2. Planificación de vuelo

Independientemente del dron que se use es necesario disponer de un software para realizar un plan de vuelo, esto con el objetivo de que el dron siga una ruta determinada para realizar la captura de datos, ya sea imágenes, video o datos de algún sensor incorporado.

El plan de vuelo de un dron puede realizarse por dos métodos, el primero mediante una App en un dispositivo móvil y el segundo mediante software en un computador.

La planificación de vuelos mediante aplicaciones en dispositivos móviles es muy limitada, ya que solo permite controlar los puntos de ruta y la dirección en la que va el dron; sin embargo, estas aplicaciones son necesarias para poder cargar rutas más complejas y visualizar el estado del dron durante un vuelo.

Para realizar vuelos más complejos es necesario crear un plan de vuelo desde un software para PC, en el cual se puede controlar parámetros como tiempos de captura de imágenes, posición de la cámara y del dron, cambios de elevación, evasión de obstáculos y creación de rutas mediante puntos GPS.

2.2.1. Apps y programas para planificación de vuelos

En el mercado existen varios desarrolladores de software para planificación de vuelos, sin embargo, varios fabricantes de drones ya disponen de este software propio, como es el caso de la marca DJI la cual proporciona el software DJI Terra exclusivamente para sus dispositivos de la gama Enterprise. Este software incluye ciertas limitaciones, ya que varias funciones requieren de una licencia de pago anual que va desde los \$1200,00 dólares en su versión básica (DJI, 2021). También existe software OpenSource como el caso de MissionPlanner el cual permite planificar vuelos exclusivamente para su plataforma ArduPilot (ARDUPILOT, 2020), si bien los softwares mencionados hasta ahora están enfocados a controlar un hardware propio de la marca también existen programas que trabajan con varias marcas del mercado como es el caso de UGCS, un software de pago, con un costo mensual de \$39,00 dólares en su versión más básica (UGCS, 2020) y que nos permite realizar planes de vuelo con varias de las marcas y modelos más comunes de drones. Una alternativa a este software es Litchi, una plataforma web de pago que trabaja con varias marcas de drones, esta plataforma permite crear un plan de vuelo online y cargarlo al dron mediante una app en un dispositivo móvil, una plataforma similar a esta es DroneLink, que permite crear planes de vuelo con un método más interactivo y con un entorno visual más agradable al usuario, que también trabaja con varios modelos de drones.

En la **Tabla 1**, se muestra las principales características que presentan cada uno de estos software.

Tabla 1: Comparativa de software para planificación de vuelo
Fuente: Autor

Software	Costo y tiempo mínimo de adquisición	Plataforma	¿Dispone de una APP?	¿Trabaja con múltiples marcas de drones?	¿Permite un control total sobre la telemetría del dron?	¿Puede trabajar con puntos GPS para la planificación del vuelo?	¿Trabaja con perfiles de elevación del terreno?	¿Posee software de procesamiento de imágenes?	¿Permite controlar diferentes cargas?	¿Trabaja sin una conexión activa a internet?
DJI Terra	\$1200,00 por año	PC y Web	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
DroneDeploy	\$149,00 por mes	PC y Web	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No
UGCS	\$49,00 por mes	PC	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Litchi	\$25,00 de por vida	Web	Si	No	No	No	No	No	No	No
MissionPlanner	\$00,00 OpenSource	PC	Si	No	Si	Si	No	No	Si	Si
DroneLink	\$25,00 de por vida	Web	Si	Si	Si	No	No	No	Si	No
Pix4D Capture	\$00,00	APP	Si	Si	No	Si	No	Si	No	Si

Se puede observar que el software con mayor flexibilidad y prestaciones es UGCS, a pesar de ser un software de pago dispone de muchas funciones para realizar planes de vuelo complejos, además de poder trabajar con múltiples plataformas de hardware.

2.2.2. Misiones y rutas de vuelo

Independientemente del software usado para planificar el vuelo del dron, existen misiones preconfiguradas. Todos los programas de planificación de vuelo disponen de estas misiones, ya que se consideran rutas ideales para la adquisición de datos de un área determinada, las misiones comunes entre las diferentes plataformas son las siguientes:

- **Misión Poligonal**

Usada para la creación de mapas en 2D, permite crear un polígono de múltiples vértices sobre un área de terreno y realizar un vuelo lineal para cubrir toda el área. Ver **Ilustración 20**.

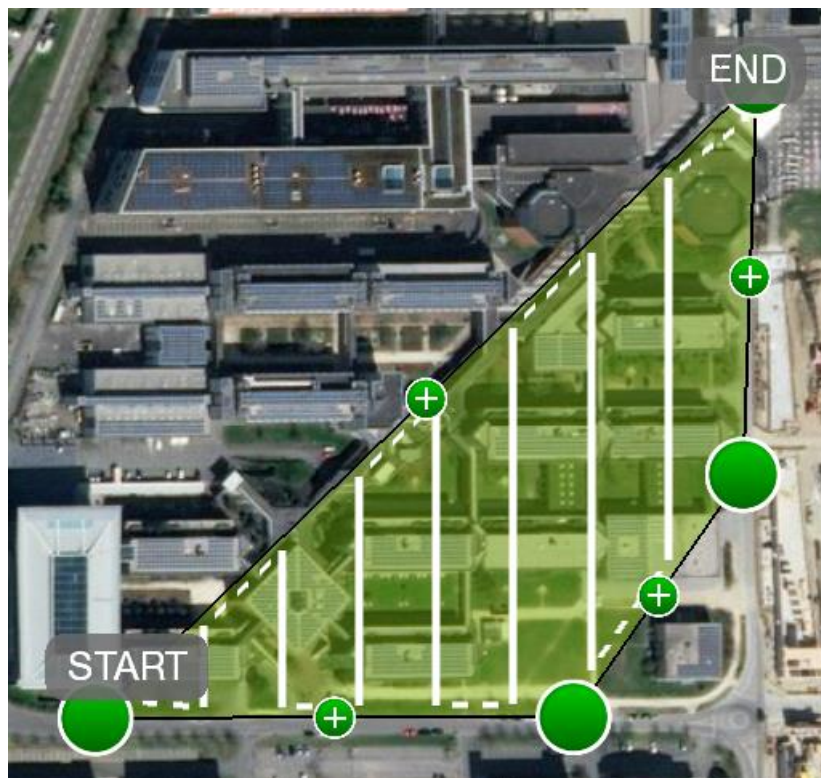


Ilustración 20: Planificación de una misión poligonal
Fuente: www.support.pix4d.com

- **Misión de malla**

Usada para la creación de mapas en 2D, permite crear un polígono de 4

lados sobre un área de terreno y realizar un vuelo lineal para cubrir toda el área. Ver **Ilustración 21**.

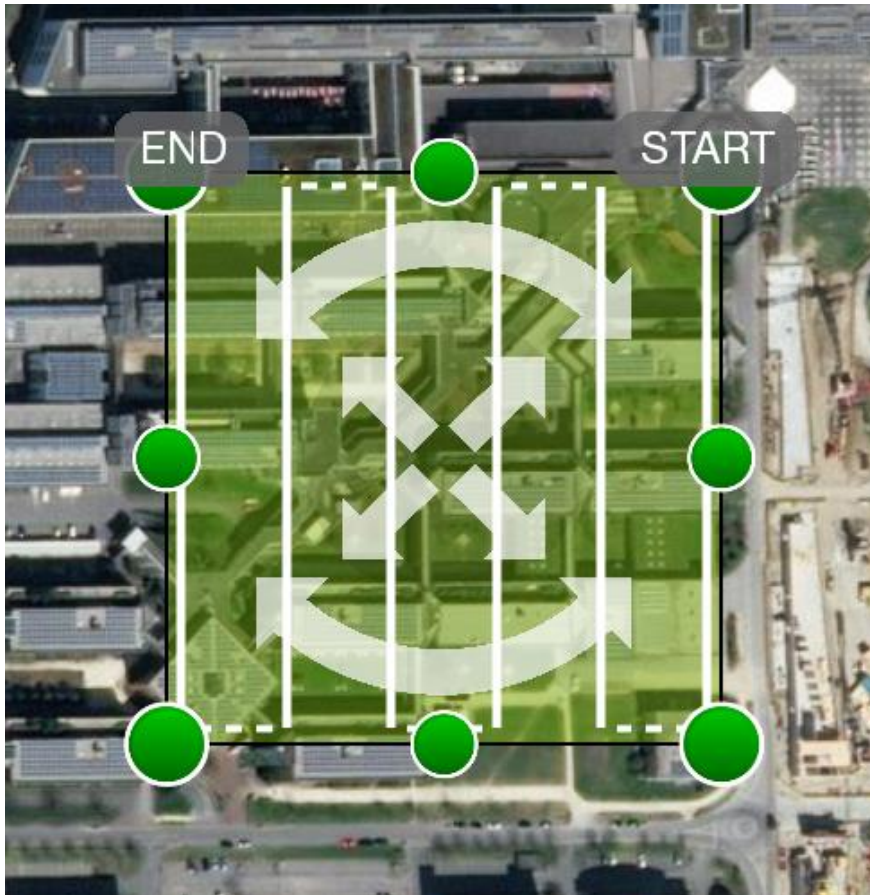


Ilustración 21: Planificación de una misión de malla simple
Fuente: www.support.pix4d.com

- **Misión de doble malla**

Usada para la creación de mapas en 3D, permite crear un polígono de 4 lados sobre un área de terreno y realizar un vuelo horizontal y vertical para cubrir toda el área. Ver **Ilustración 22**.

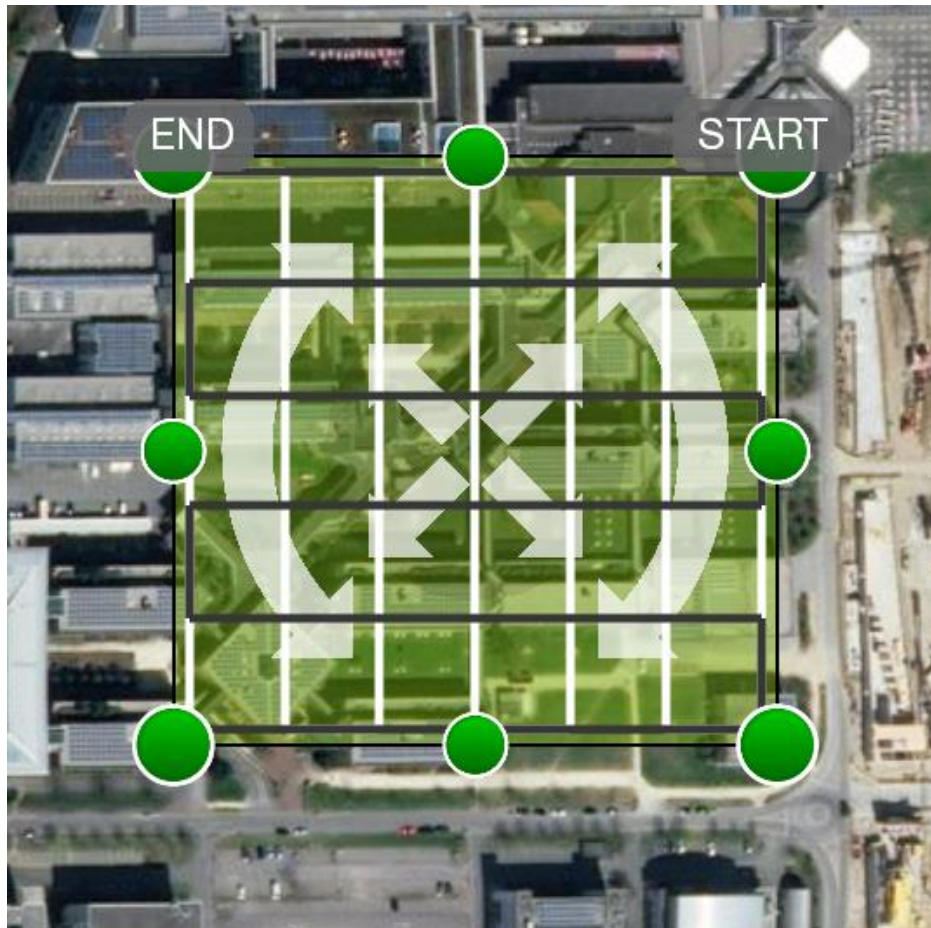


Ilustración 22: Planificación de una misión de malla doble.
Fuente: www.support.pix4d.com

- **Misión Circular**

Usada para la creación de modelos en 3D, permite crear un vuelo circular alrededor de un objeto variando las alturas capturando imágenes en varios ángulos y altitudes del objeto central. Ver **Ilustración 23**.

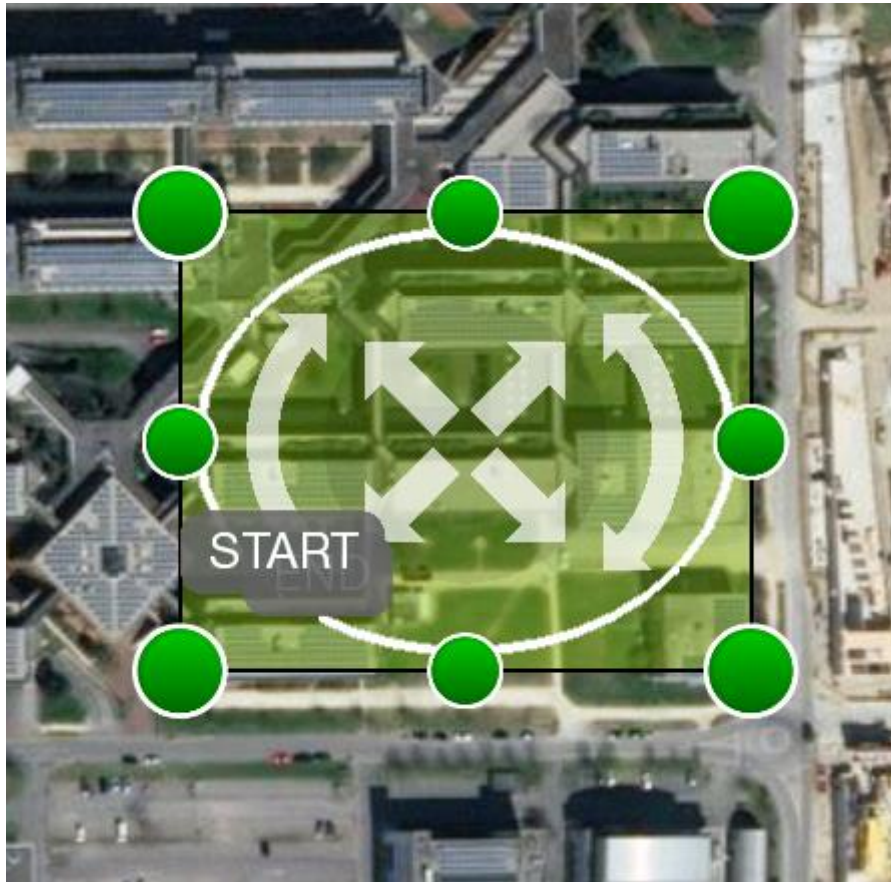


Ilustración 23: Planificación de una misión circular.
Fuente: www.support.pix4d.com

- **Misión de vuelo libre**

Usada para la creación de modelos en 2D y 3D, permite realizar un vuelo lineal ajustando la altura, velocidad y dirección a consideración del piloto.

En todas estas misiones, se configura el área de captura de datos y la altura de vuelo, luego la aplicación determina las coordenadas de vuelo, la dirección y los tiempos de captura de imágenes. Posteriormente, se envía la misión al dron, el cual de forma autónoma realiza el plan de vuelo y regresa a su punto de despegue, este procedimiento se cumple para todas las misiones a excepción de la misión de vuelo libre; ya que, en esta, la captura de datos se realiza mediante un control manual, en el cual se puede ajustar parámetros como la altura de vuelo, tiempos de captura de imágenes, el área de vuelo, el lugar de despegue y aterrizaje.

2.3. Fotogrametría

El diccionario de la real academia de la lengua española define a la fotogrametría como: “Procedimiento para obtener planos de grandes extensiones de terreno por medio de fotografías aéreas”, sin embargo, la fotogrametría también se usa para la

creación de mapas y el modelado de objetos en tres dimensiones a pequeña y gran escala. Su principio de funcionamiento se basa en la triangulación de puntos en imágenes, ya que el software que realiza este procedimiento busca objetos repetidos en dos o más imágenes y triangula la posición con respecto a la altura de vuelo del dron y la distancia focal de la cámara. Para poder realizar este procedimiento, es necesario que las imágenes capturas por el dron tengan un traslape vertical del 60 al 90% y un traslape horizontal del 10 al 40% (**Ilustración 24**), estos parámetros de traslape deberán fijarse de acuerdo a los resultados que se desee obtener de la fotogrametría.

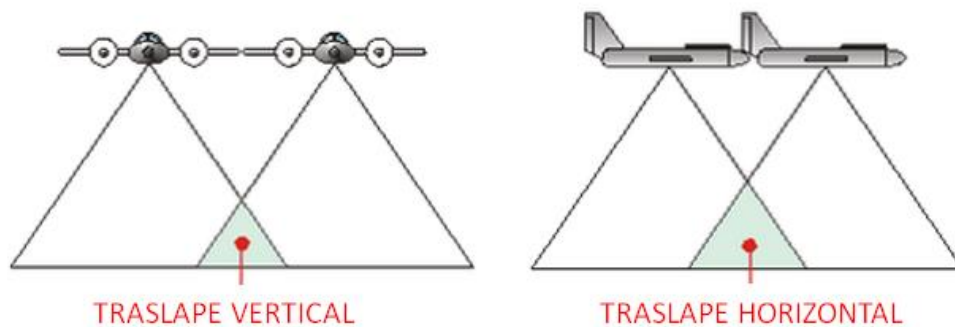


Ilustración 24: Área de terreno capturada por el dron en cada traslape
Fuente: www.xatakafoto.com

Antes de la llegada de los drones la captura de imágenes para fotogrametría se realizaba con helicópteros, avionetas o satélites, lo cual llevaba a ser una técnica muy costosa, por lo cual solo se empleaba en grandes extensiones y en las cuales no era posible el acceso de personal. En la actualidad, los drones incorporan cámaras métricas, GPS, GLONASS y varios accesorios que han permitido llegar a precisiones de centímetros, esta elevada precisión en conjunto con los bajos costos de los drones, ha hecho de la fotogrametría una técnica muy eficiente y económica para la creación de mapas y modelos 3D.

2.3.1. Datos obtenidos mediante fotogrametría

Mediante el uso de la fotogrametría se pueden obtener varios datos de una superficie, todos ellos a partir de las fotografías aéreas sobrepuestas, la precisión de estos resultados está vinculada directamente con los parámetros de captura de las imágenes y el procesamiento que se dé a estas. A continuación, se describe cada uno de estos resultados.

- **Ortomosaico**

También conocido como ortofoto, consiste en una imagen completa del

terreno construida a partir de la unión de fotografías más pequeñas corregidas sobre un modelo digital de superficie. En la ortofoto resultante se elimina desplazamientos de fotografía debidos al relieve y la inclinación del terreno, también se corrige las variaciones de escala y color. La ortofoto se genera a escala real y es georreferenciada, por lo cual se puede insertar en un espacio de trabajo en sus coordenadas exactas y realizar mediciones sobre la misma.

La calidad del ortomosaico depende principalmente de la altura de vuelo, ya que esta variará el valor GSD (Ground Sampling Distance). Este parámetro, se mide en cm/pixel y representa el área de terreno capturado en un pixel, es así que mientras más alto se vuela más área abarcara un pixel del ortomosaico por lo cual se va perdiendo resolución espacial, por ejemplo: para un GSD de 2.4cm/pixel, es decir un cuadrado de terreno de 2.4 cm X 2.4 cm, se requiere una altura de vuelo de 73 metros con una cámara de 12 megapíxeles, en un ortomosaico generado con estos parámetros de vuelo cada pixel representará 2.4 cm² de terreno. Ver **Ilustración 25**.



Ilustración 25: Ortofoto comunidad El Triunfo, Pucará – GSD: 4cm/pixel – Altura de vuelo: 120m
Fuente: Autor

- **Curvas de nivel**

Consiste en polilíneas producidas por la comparación entre el modelo digital de superficie (MDS) y el modelo digital del terreno (MDT), estas polilíneas representan la elevación del terreno por secciones y se pueden elaborar con un espaciamiento de hasta 10 cm entre líneas, este resultado es muy útil para realizar levantamientos topográficos ya que se puede generar mapas temáticos y cartografía. Ver **Ilustración 26**.

La precisión de las curvas de nivel depende del ángulo de inclinación de la cámara del dron y de la precisión de los equipos con los que se tomen los puntos de control, ya que estos puntos mantendrán anclado el modelo en las coordenadas X, Y, Z que se hayan tomado en campo, de la precisión de los puntos de control. La clasificación de la nube de puntos dependerá la exactitud de las curvas de nivel.

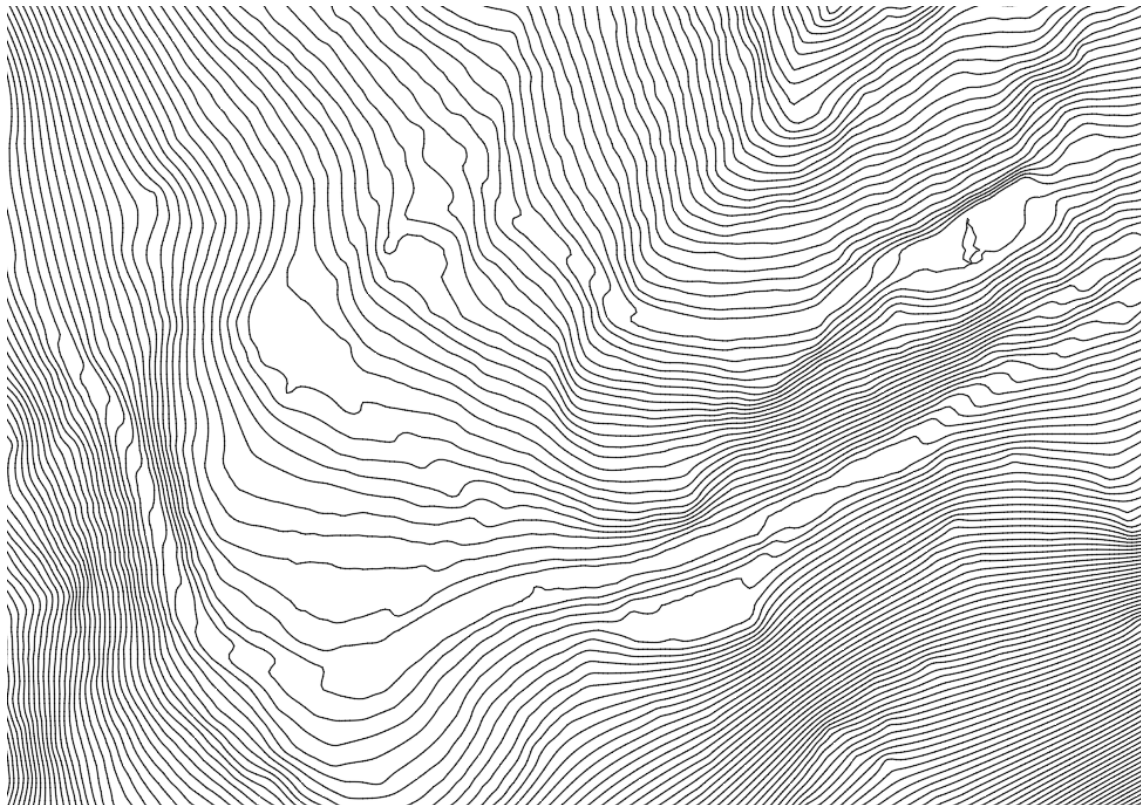


Ilustración 26: Curvas de nivel comunidad El Triunfo, Pucará – distancia entre líneas: 1m
Fuente: Autor

- **MDS**

En el Modelo Digital de Superficie (MDS) se genera de la nube de puntos y se presenta como una imagen georreferenciada, con un relieve que representa en tonos rojos los elementos visibles más altos y va

degradando hacia el azul los elementos más bajos. El MDS representa todos los elementos con altitud ubicados en el terreno. La precisión del MDS depende de los puntos de control y paso de la nube de puntos. Ver **Ilustración 27**.

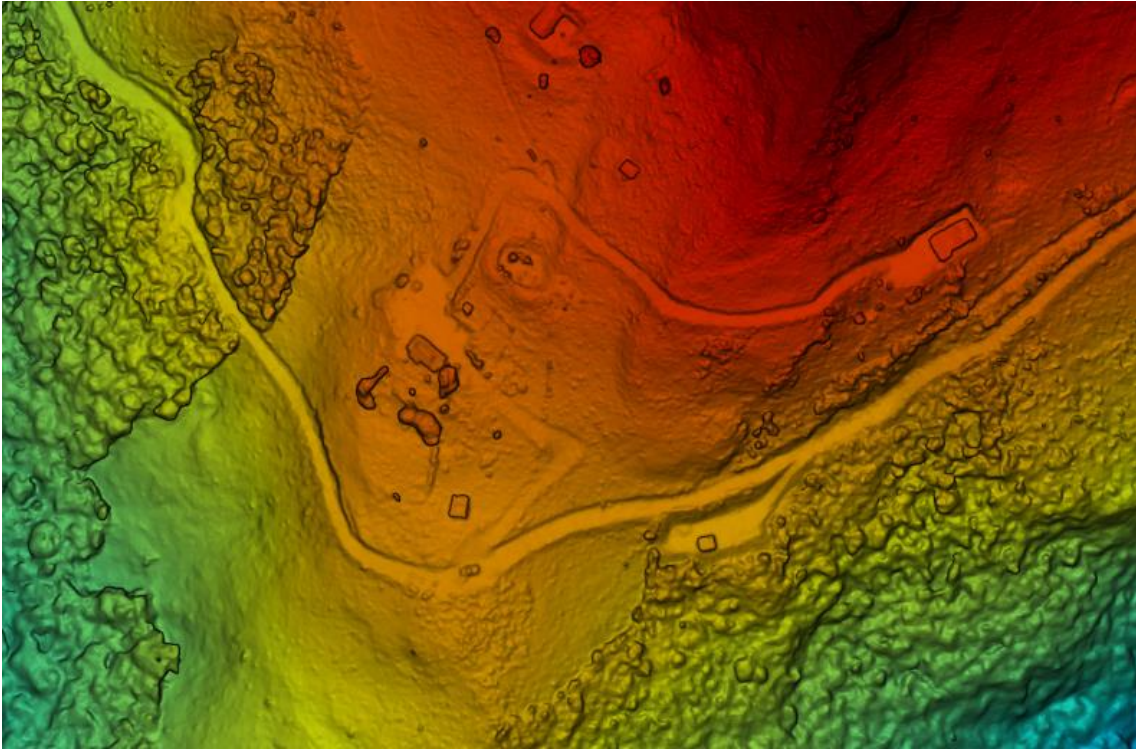


Ilustración 27: Modelo Digital de Superficie – comunidad El Triunfo, Pucará
Fuente: Autor

- **MDT**

El Modelo Digital de Terreno (MDT) se genera de la nube de puntos y se presenta como una imagen georreferenciada con un relieve que representa en tonos rojos las partes más altas y va degradando hacia el azul los elementos más bajos del terreno, este archivo es más preciso al momento de representar los desniveles del suelo ya que el software mediante inteligencia artificial elimina la vegetación y triangula las posibles altitudes del terreno. Ver **Ilustración 28**.

La precisión del MDT depende de los puntos de control y paso y de la clasificación de la nube de puntos, ya que esta clasificación filtra los elementos como construcciones, vegetación, vehículos y otros elementos que sean visibles y puedan alterar la superficie del terreno.

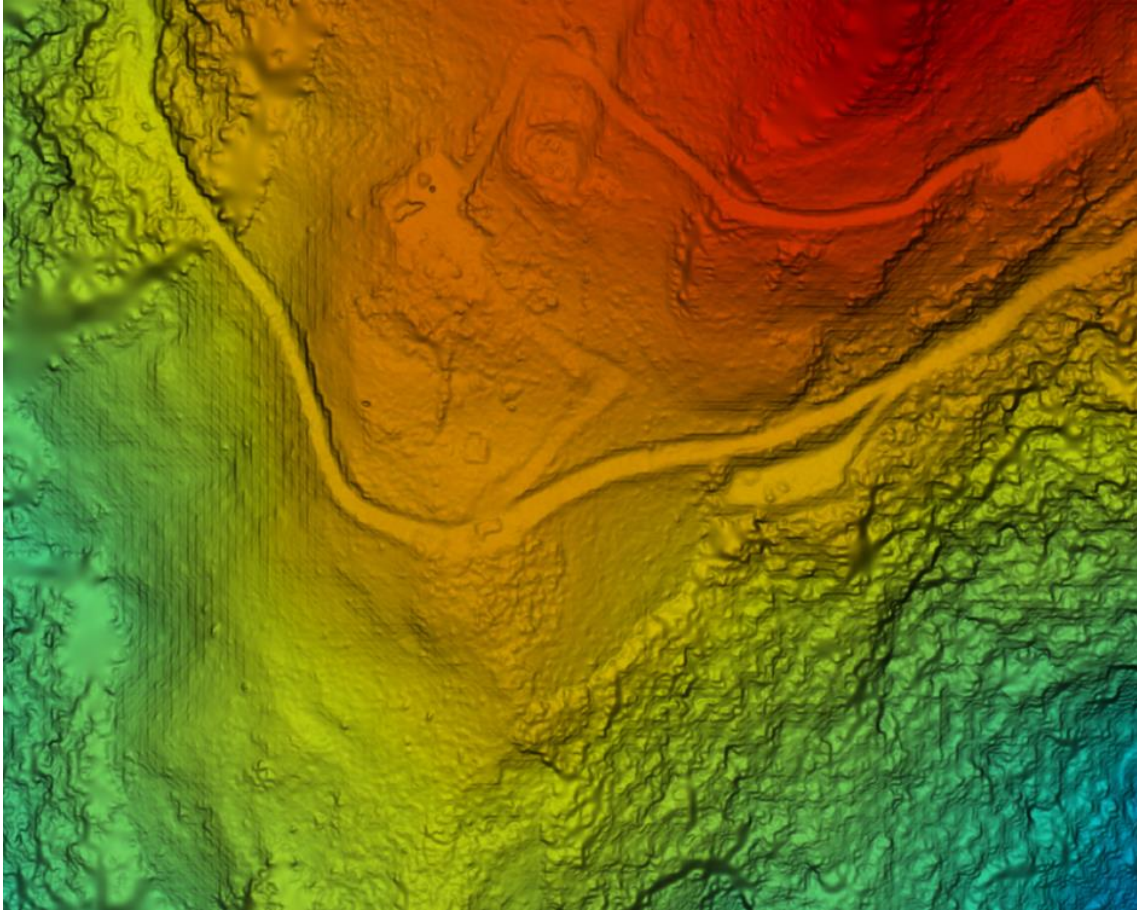


Ilustración 28: Modelo Digital de Terreno - comunidad El Triunfo, Pucará
Fuente: Autor

- **Malla 3D**

También llamada 3D Mesh, se genera a partir de la nube de puntos y es un modelo 3D a escala real del terreno, con este resultado se puede tener una imagen muy clara de la geografía, vegetación y objetos del terreno. No se recomienda trabajar sobre este modelo, ya que en grandes extensiones de terreno el tamaño del archivo llega a ser muy grande y requiere una elevada capacidad de cómputo para poder trabajarlo, sin embargo, es una ayuda visual muy útil. La precisión de este modelo dependerá de la calidad de la nube de puntos, la altura de vuelo y el método de procesamiento usado. Ver **Ilustración 29**.



Ilustración 29: Malla 3D - sector La Unión, Santa Isabel.
Fuente: Autor.

- **Nube de puntos**

Consta de píxeles en tres dimensiones, como su nombre es una nube que puede ir de 20 a 4000 píxeles por metro cuadrado que representan los objetos y desniveles del terreno, cada píxel tendrá la dimensión de GSD con el que se capturó las imágenes, la nube de puntos me permite medir con gran precisión volúmenes y longitudes en 3 dimensiones, su precisión depende de la exactitud de los puntos de control y paso y de la cantidad de puntos por metro cuadrado. Al momento de obtener la nube de puntos el software usado clasificará automáticamente los píxeles, diferenciando el terreno de la vegetación, construcciones, vías y elementos creados por el hombre, no obstante, requerirá una clasificación manual para mejores resultados en procesos posteriores. Ver **Ilustración 30**.



Ilustración 30: Nube de puntos - sector La Unión, Santa Isabel.
Fuente: Autor.

2.3.2. Software especializado en fotogrametría

En el mercado existen varios fabricantes de software para fotogrametría, estos se dividen en dos grupos: el primero, se enfoca en utilizar la fotogrametría para la obtención de modelados 3D, esto suele ser útil para el levantamiento de estructuras como edificios y monumentos, aunque también se aplica a objetos pequeños esto con el objetivo de poder digitalizarlos y trabajar sobre ellos; el segundo grupo, se enfoca la fotogrametría para la obtención de mapas topográficos, es decir modelos digitalizados y georreferenciados con precisión que contengan toda la información de un terreno o área.

Es en este segundo grupo, es donde se diferencian grandes fabricantes de software ya que la precisión y la calidad visual del modelo son factores de gran importancia, es por eso que a lo largo de los años varios softwares han logrado destacar en este campo siendo los siguientes los más reconocidos:

- **Pix4D mapper**

Pionero en el campo de la fotogrametría, disponible para PC y procesamiento en la nube, sus algoritmos generan modelos de muy buena calidad, La interfaz gráfica del programa es muy intuitiva y fácil de manejar, además permite controlar el uso del hardware de la PC permitiendo usar el ordenador para otras tareas mientras se encuentra procesando, el costo de la licencia es de \$291 por mes para PC y de \$165 para su versión en la nube.

- **Agisoft Metashape**

Un software muy usado por excelente relación calidad - precio, dispone de procesamiento en la nube y plataforma para PC, su algoritmo genera modelos de buena calidad; sin embargo, es necesario mayor intervención al momento de realizar las calibraciones, su interfaz resulta ser poco intuitiva resultando complicado realizar los procesos. Una vez iniciado el procesamiento no permite el uso del ordenador para otras tareas, suele dar problemas con grandes cantidades de imágenes, su precio es de \$179 por mes para PC y en la nube dispone de planes que van desde los 20 hasta los \$1000.

- **DroneDeploy**

Una plataforma de procesamiento en la nube creada para empresas, su algoritmo genera resultados de excelente calidad y dispone de una aplicación para teléfonos móviles para planificación de vuelo que permite subir las fotografías a la nube en tiempo real para su procesamiento. Su plataforma incorpora herramientas para análisis del modelo generado, su interfaz es muy intuitiva y fácil de manejar, se pueden crear los planes de vuelo directo en la web y enviarlos al dron por medio su aplicación, es una solución muy completa para fotogrametría, su precio por mes va desde los \$149 hasta \$449.

- **WebODM**

Es una de las pocas plataformas OpenSource, dispone de procesamiento en la nube en el cual el precio va acorde a la cantidad de imágenes, también dispone de un instalador para PC. Al ser software libre, se puede acceder a su código fuente, sus algoritmos generan modelos de buena calidad, sin embargo, la instalación y manejo no cuentan con una interfaz gráfica, por lo que requiere procedimientos para poder conectarlo a una interfaz más amigable, la versión para PC no tiene costo sin embargo esta versión gratuita se ejecuta solo mediante líneas de código, pero si se desea la interfaz gráfica, el instalador y soporte técnico el software tiene un costo de \$57.

- **Drone2map**

Es un producto de la empresa ESRI, por cual está estrechamente

vinculado con ArcGIS, lo que le aporta una ventaja significativa al momento de analizar los modelos. Sus algoritmos son tecnología de Pix4D, por lo cual sus resultados son de muy buena calidad, al momento se encuentra disponible solo para PC y su precio se cotiza acorde a una licencia de ArcGIS pro o ArcGIS Enterprise.

Existen muchas otras opciones de software en el mercado, sin embargo, los ya mencionados destacan por la calidad de los modelos, la velocidad de los procesos y la opción de procesamiento en la nube, ya que una de las grandes limitantes es el hardware del computador. Todos los softwares mencionados pueden generar nubes de puntos, MDS, MDT, ortofotos, mallas en 3D y curvas de nivel. En la **Tabla 2** se puede visualizar una comparativa entre los softwares mencionados.

Tabla 2: Cuadro comparativo entre software para fotogrametría
Fuente: Autor

Software	Interfaz	Plataforma	Precio (dólares americanos)	Calidad de modelos	Rendimiento al procesar
Pix4D	Fácil manejo intuitiva	PC y Web	Desde \$165 hasta \$191	Muy buena	Muy bueno
Agisoft	poco intuitiva y manejo complejo	PC, MAC, Linux y Web	Desde \$179 hasta \$1000	Buena	Bueno
DroneDeploy	Fácil manejo intuitiva	Web	Desde \$149 hasta \$449	Excelente	Muy bueno
WebODM	No es intuitiva, manejo complejo	PC, MAC, Linux y Web	OpenSource o \$57	Buena	Bueno
Drone2map	Fácil manejo intuitiva	PC	No definido	Muy buena	Muy bueno

2.4. Redes de distribución

Son aquellas redes encargadas de suministrar servicio eléctrico al consumidor final, dentro de estas redes se manejan dos grupos, redes de medio voltaje y redes de bajo voltaje, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) dentro de su resolución ARCONEL-074/17, define dentro del grupo de redes de medio voltaje a aquellas con una tensión mayor a 0,6 kV y menor igual a 40 kV, y dentro del grupo de redes de bajo voltaje a aquellas con una tensión menor a 0,6 kV (ARCONEL, 2017).

La Empresa Eléctrica Centro Sur C.A. en su área de concesión maneja redes de distribución en medio voltaje de 22 kV para redes trifásicas, 12,7 kV en redes monofásicas y 6,3k V en áreas céntricas de la ciudad de Cuenca; las redes de bajo voltaje son de 220 V / 127 V para redes trifásicas y 240 V / 120 V para redes monofásicas.

2.4.1. Estructuras normadas por el MERNNR

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) en conjunto con las empresas distribuidoras del país, han publicado el catálogo digital de redes de distribución de energía eléctrica, en el cual se encuentra homologado las especificaciones técnicas, unidades de propiedad, unidades constructivas y simbología de los elementos que constituyen las redes de distribución (Ministerio de electricidad y energía renovable, 2011).

Para la identificación de las estructuras el MERNNR dispone de una homologación para la simbología de los elementos en redes aéreas de distribución, este identificador se divide en 3 grupos:

- **Código**

Compuesto de siete caracteres, se define por tres campos. Ver **Ilustración 31**.

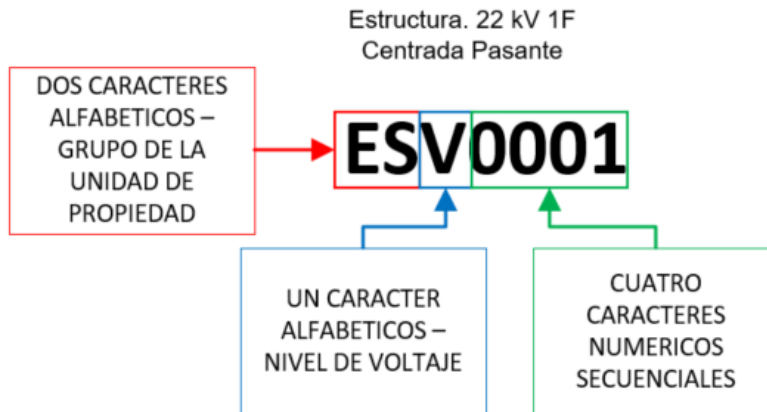


Ilustración 31: Descripción de caracteres del código.
Fuente: Autor.

- **Identificador nemotécnico de las unidades de propiedad y de construcción (Id. UP-UC)**

Compuesto por 5 campos separados por un guion, identifican unidades de propiedad y unidades de construcción. Ver **Ilustración 32**.

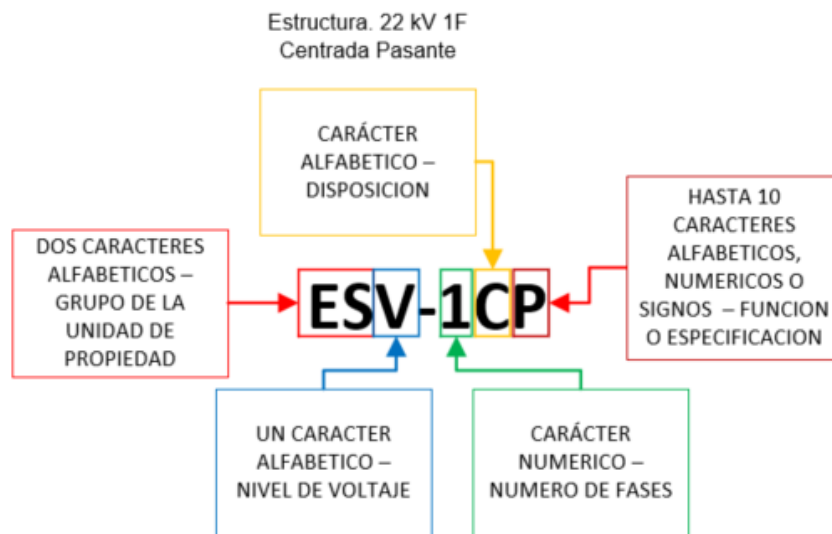


Ilustración 32: Descripción de caracteres del identificador nemotécnico de las unidades de propiedad y construcción.
Fuente: Autor.

- **Identificador nemotécnico abreviado de las unidades de propiedad y de Construcción (Id. UP-UCa)**

Identificador nemotécnico simplificado, especialmente para su uso en planos y sistemas de información geográfica. Ver **Ilustración 33**.

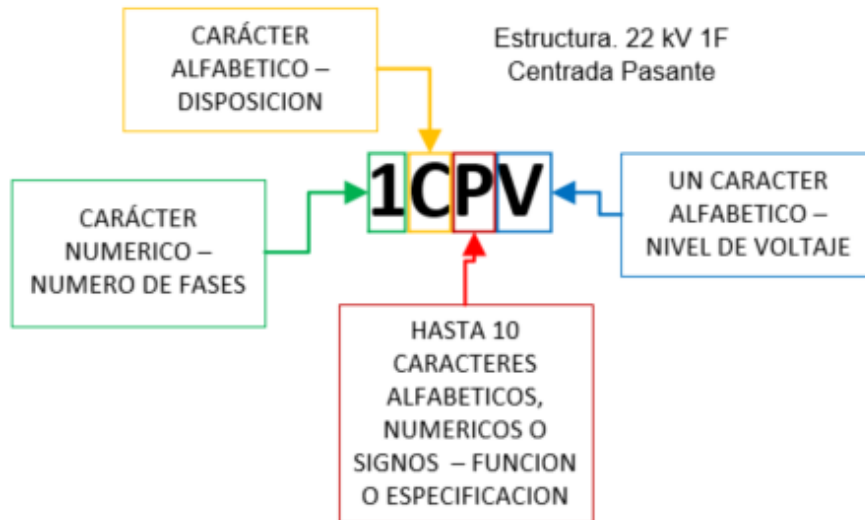
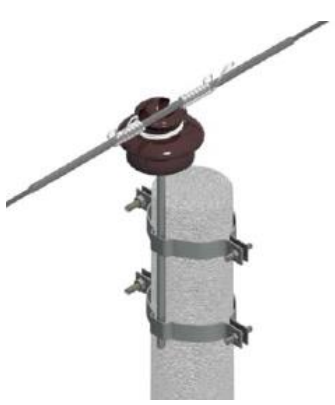






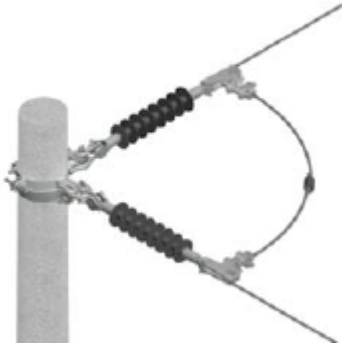
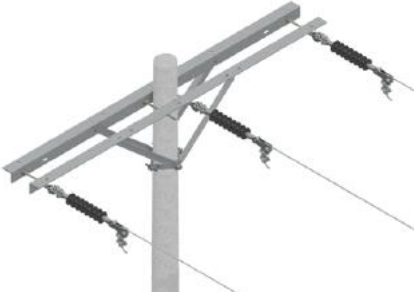

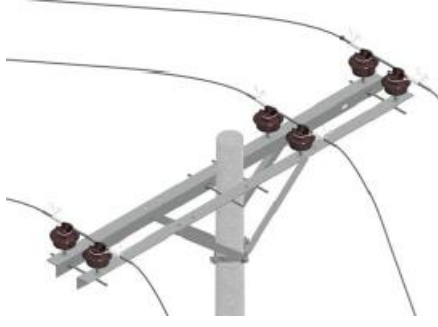
Ilustración 33: Descripción de caracteres del identificador nemotécnico abreviado.
Fuente: Autor.

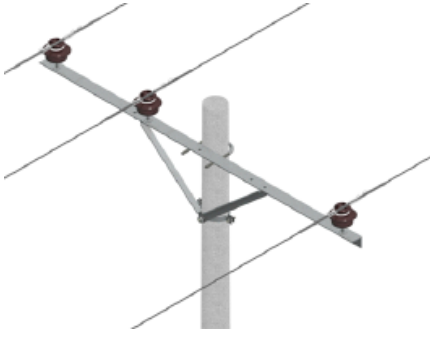
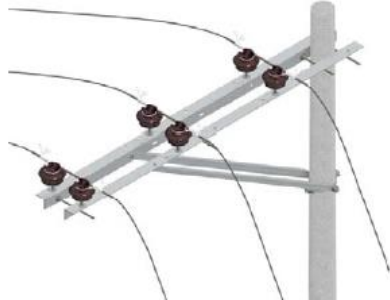
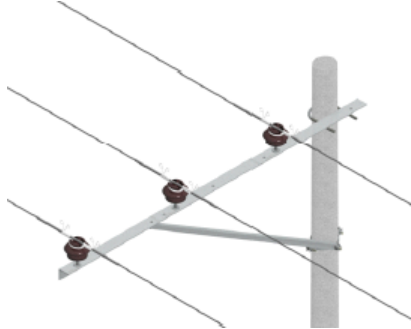
La EERCS en cumplimiento del convenio con el MERNNR aplica la homologación para redes aéreas de distribución en su área de concesión, en la **Tabla 3** se detalla las estructuras más comunes usadas por la EERCS en redes de distribución monofásicas y trifásicas.

Tabla 3: Estructuras usadas por la EERCS
Fuente: Autor

Descripción	ID UP-UC	ID UP-UCa	Imagen
Estructura monofásica, centrada – pasante o tangente	ESV-1CP	1CPV	

<p>Estructura monofásica, centrada - angular</p>	<p>ESV-1CA</p>	<p>1CAV</p>	
<p>Estructura monofásica, centrada – retención o terminal</p>	<p>ESV-1CR</p>	<p>1CRV</p>	
<p>Estructura monofásica, centrada – doble retención o doble terminal</p>	<p>ESV-1CD</p>	<p>1CDV</p>	
<p>Estructura monofásica, en volado – pasante o tangente</p>	<p>ESV-1VP</p>	<p>1VPV</p>	

<p>Estructura monofásica, bandera – doble retención o doble terminal</p>	<p>ESV-1BD</p>	<p>1BDV</p>	
<p>Estructura trifásica, semicentrada – retención o terminal</p>	<p>ESV-3SR</p>	<p>3SRV</p>	
<p>Estructura trifásica, semicentrada – doble retención o doble terminal</p>	<p>ESV-3SD</p>	<p>3SDV</p>	
<p>Estructura trifásica, semicentrada – angular</p>	<p>ESV-3SA</p>	<p>3SAV</p>	

Estructura trifásica, semicentrada – pasante o tangente	ESV-3SP	3SPV	
Estructura trifásica, volada – angular	ESV-3VA	3VAV	
Estructura trifásica, volada – pasante o tangente	ESV-3VP	3VPV	

2.4.2. *Materiales por estructura*

El MERNNR dentro de su catálogo digital para redes de distribución eléctrica, ha homologado los materiales y especificaciones técnicas que deben cumplir cada una de sus estructuras, dentro de esta homologación se puede encontrar varios elementos sustitutos para un solo material, como es el caso de la estructuras de retención, en el cual, para la sujeción del conductor está homologada la grapa terminal apernada tipo pistola; sin embargo, también se encuentra normado su sustituto que es el conjunto grapa – horquilla – guardacabo de acero galvanizado. Este caso, se presenta en varias estructuras, así como en otros elementos de la red de distribución, la decisión de que elemento usar queda a criterio de la distribuidora, siempre y cuando se usen materiales y elementos homologados por el MERNNR. En la **Tabla 4** se detalla las estructuras más

comunes en las redes de distribución aéreas de medio voltaje de la EERCS, con sus respectivos componentes usados por esta empresa distribuidora.

Tabla 4: Desglose de materiales usados por la EERCS

Fuente: Autor

ESTRUCTUR A	MATERIALES	UNIDA D	CANTIDA D
1CPV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	1
	Perno pin punta de poste (tacho), 70 mm x 450 mm	u	1
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 140 - 160mm	u	2
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	2
	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	m	2
1CAV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	2
	Perno pin punta de poste (tacho), 70 mm x 450 mm	u	2
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble 38 x 4 x 130 - 150 mm	u	2
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	4
	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	m	2
1CRV	Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-28, 22 kV	u	1
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 130 - 150mm	u	1
	Eslabón "U" para sujeción, 16 mm x 75 mm	u	1
	Grapa - horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	u	1
	Retención preformada para conductor de Al.	u	1
	Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm	u	1
1CDV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	1
	Perno pin punta de poste (tacho), 70 mm x 450 mm	u	1
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 140 - 160mm	u	2
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	2
	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	m	2
	Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-28, 22 kV	u	2
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble 38 x 4 x 130 - 150 mm	u	1
	Eslabón "U" para sujeción, 16 mm x 75 mm	u	2
	Grapa - horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	u	2

	Retención preformada para conductor de Al.	u	2
	Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm	u	2
1VPV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	1
	Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm x 300 mm	u	1
	Cruceta de hierro ángulo galvanizado de 76.2*76.2*6*2000 mm	u	1
	Abrazadera "u" de varilla galvanizada di 15.87 x 150 mm con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	u	1
	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 1800 mm	u	1
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 130 - 150mm	u	1
	Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm x 51 mm de, con tuerca, arandela plana y de presión	u	1
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	2
	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	m	2
1BDV	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 130 - 150mm	u	2
	Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-28, 22 kV	u	2
	Eslabón "U" para sujeción, 16 mm x 75 mm	u	2
	Grapa - horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	u	2
	Retención preformada para conductor de Al.	u	2
3SRV	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2400 mm	u	2
	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm	u	4
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble 38 x 4 x 130 - 150 mm	u	1
	Perno galvanizado rosca corrida 15.87 X 457 MM	u	4
	Tuerca de ojo galvanizado para perno 15.87 MM	u	3
	Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-28, 22 kV	u	3
	Eslabón "U" para sujeción, 16 mm x 75 mm	u	3
	Grapa - horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	u	3
Retención preformada para conductor de Al.	u	3	
3SDV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	3
	Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm x 300 mm	u	3
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	6
	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2400 mm	u	2
	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm	u	4

	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble 38 x 4 x 130 - 150 mm	u	1
	Perno galvanizado rosca corrida 15.87 X 457 MM	u	4
	Tuerca de ojo galvanizado para perno 15.87 MM	u	6
	Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-28, 22 kV	u	6
	Eslabón "U" para sujeción, 16 mm x 75 mm	u	6
	Grapa - horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	u	6
	Retención preformada para conductor de Al.	u	6
3SAV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	6
	Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm x 300 mm	u	6
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	12
	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	m	12
	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2400 mm	u	2
	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm	u	4
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble 38 x 4 x 130 - 150 mm	u	1
	Perno galvanizado rosca corrida 15.87 X 457 MM	u	4
3SPV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	3
	Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm x 300 mm	u	3
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	6
	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	m	6
	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2400 mm	u	1
	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm	u	2
	Abrazadera "u" de varilla galvanizada di 15.87 x 150 mm con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	u	1
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 130 - 150mm	u	1
	Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm x 51 mm, con tuerca, arandela plana y de presión	u	2
3VAV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	6
	Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm x 300 mm	u	6
	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2400 mm	u	2
	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 1800 mm	u	2
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble 38 x 4 x 130 - 150 mm	u	1

	Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm x 51 mm, con tuerca, arandela plana y de presión	u	2
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	2
	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	m	2
	Perno galvanizado rosca corrida 15.87 X 457 MM	u	4
3VPV	Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	u	3
	Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm x 300 mm	u	3
	Cruceta de hierro ángulo galvanizado de 76.2*76.2*6*2000 mm	u	1
	Abrazadera "u" de varilla galvanizada 15.87 x 150 mm con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	u	1
	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 1800 mm	u	1
	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 130 - 150mm	u	1
	Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm x 51 mm, con tuerca, arandela plana y de presión	u	1
	Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	2
	Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	m	2

2.5. Diseños eléctricos

Un diseño eléctrico es un documento usado para analizar sistemas eléctricos, para la Empresa Eléctrica Centro Sur C.A estos sistemas eléctricos son las redes de distribución de medio voltaje, para las cuales se realiza diseños eléctricos con la finalidad de realizar mejoras en las redes, estos diseños requieren que se realice un levantamiento y análisis técnico de las redes existentes, posterior a este análisis se realiza una propuesta proyectada dando solución a los problemas encontrados. El diseño también debe incluir un presupuesto de la implementación de dichas mejoras.

2.5.1. Tipos de diseños eléctricos

Dentro de la concesión de la EERCS se puede presentar 2 tipos de diseños eléctricos, cada uno orientado a realizar mejoras en un sector específico, a continuación, se describe cada uno de ellos.

2.5.1.1. Diseño eléctrico para sistemas de distribución de energía eléctrica y alumbrado público

Estos diseños se pueden subdividir en dos categorías: la primera de alumbrado público, que involucra mejoras o implementación de redes

de alumbrado en vías, parques o sectores que requieran estar iluminados; la segunda categoría, distribución de energía eléctrica que involucra mejoras en las redes de medio y bajo voltaje. Estos diseños se contratan bajo términos de referencia para normalizar los criterios de los diseñadores.

2.5.1.2. *Diseño eléctrico particular para demandas menores o iguales a 12kVA*

Estos diseños están orientados a dimensionar la demanda de un inmueble para analizar el impacto que tendría dicha demanda en la red de distribución, dentro de estos diseños también se incluye mejoras en las redes de bajo y medio voltaje de ser necesario, estas mejoras son pequeñas, ya que la finalidad es la de suministrar energía a un inmueble. Los requisitos de este diseño están normados por la regulación Nro. ARCONEL 004/18 y el instructivo de la Centro Sur para la aprobación de diseños de redes eléctricas interiores con demandas inferiores a 12 kVA y cargas instaladas menores a 20 kW (I-DICO-91.1).

2.5.1.3. *Diseño eléctrico particular para demandas mayores a 12kVA*

Estos diseños están orientados a grandes edificaciones que requieran acometidas de medio voltaje y transformadores privados, dentro de estos proyectos se realizan modificaciones a las redes de distribución con la finalidad de alimentar a una gran cantidad de usuarios. Este tipo de diseños se acogen a los términos de referencia establecidos para sistemas de distribución de energía eléctrica.

2.5.2. *Procedimientos para realizar un diseño para distribución de energía eléctrica*

El procedimiento para realizar un diseño eléctrico para redes de distribución es el mismo, sin importar el tamaño de la red o la demanda; sin embargo, este procedimiento puede llegar a tener variantes de acuerdo con el diseñador del proyecto. Este procedimiento se divide en 3 etapas, cada etapa cuenta con una serie de procedimientos a seguir, estos procedimientos son necesarios para llegar a obtener la documentación del diseño. En cada procedimiento que se realice, será necesaria una verificación de los datos obtenidos para garantizar la calidad del diseño, este proceso de diseño descrito es el que se usa actualmente y el cual

se pretende optimizar con este proyecto, a continuación, se describe cada una de las etapas con sus respectivos procesos.

2.5.2.1. Etapa 1 - Levantamiento de red existente

En esta etapa, se procede a obtener y actualizar la información de la red existente, para ello es necesario obtener la información del sistema de información Global de la EERCS, a través del Geoportal. Esta información deberá ser actualizada y verificada en campo, al mismo tiempo que se realiza este proceso de actualización se toma fotografías de los postes para el desglose de materiales y el registro fotográfico, en el caso de existir transformadores se deberá realizar el cálculo de caída de voltaje existente, en la **Ilustración 34** se detalla un diagrama con el procedimiento a seguir para realizar un levantamiento de la red existente.

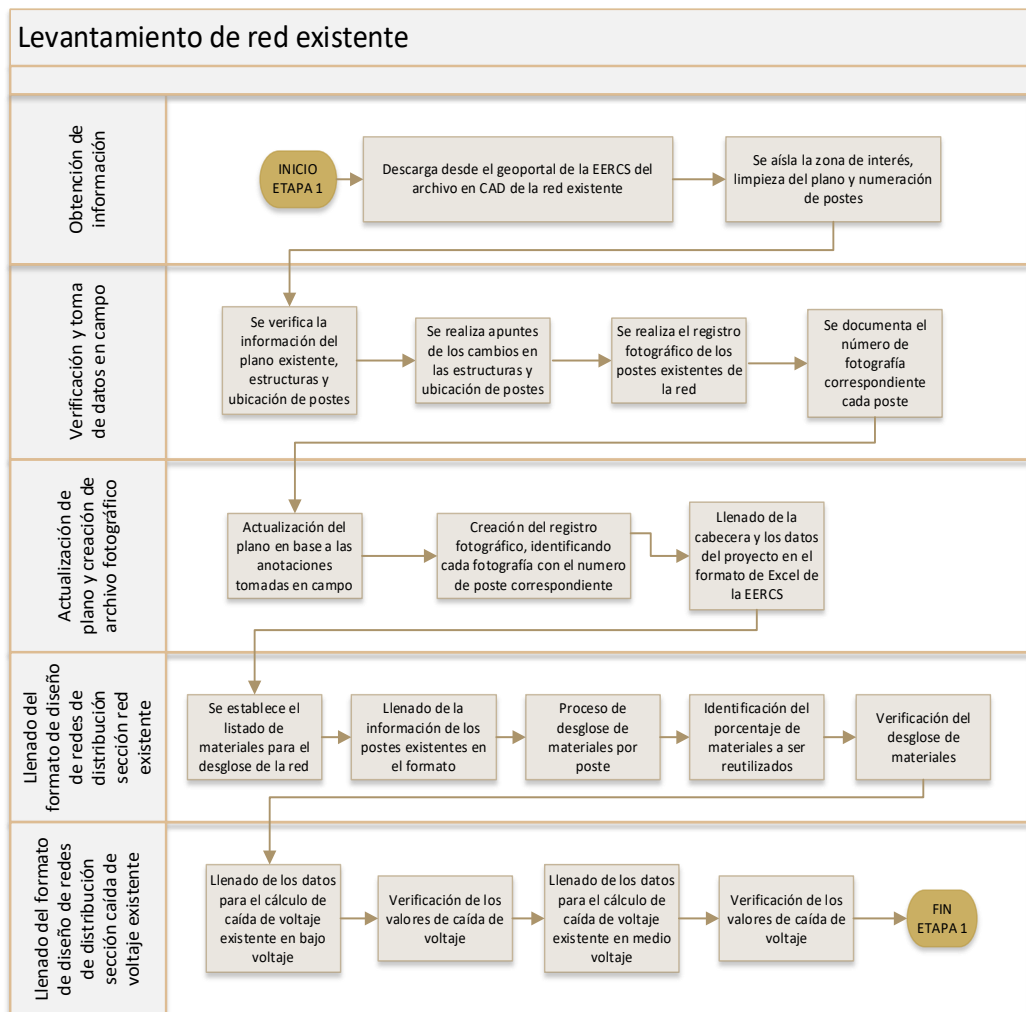


Ilustración 34: Procedimiento para el levantamiento y actualización de la red existente
Fuente: Autor

2.5.2.2. Etapa 2 – Diseño de red proyectada

En esta etapa es esencial tener definido el objetivo del diseño, es decir la finalidad que tendrá la red diseñada. Para esto, es necesario una previa coordinación con el administrador del proyecto, una vez definido el objetivo del diseño y los lineamientos a seguir, se podrá proceder a realizar una propuesta. Se inicia por ubicar los postes y tensores en puntos estratégicos; para ubicar correctamente estos elementos, se considera que no obstruyan la movilidad de los transeúntes, que no invadan predios y que el terreno en el que se va a colocar disponga de las características necesarias para conformar la base del poste. En la **Ilustración 35** se detalla un diagrama con el proceso a seguir para realizar la red proyectada.

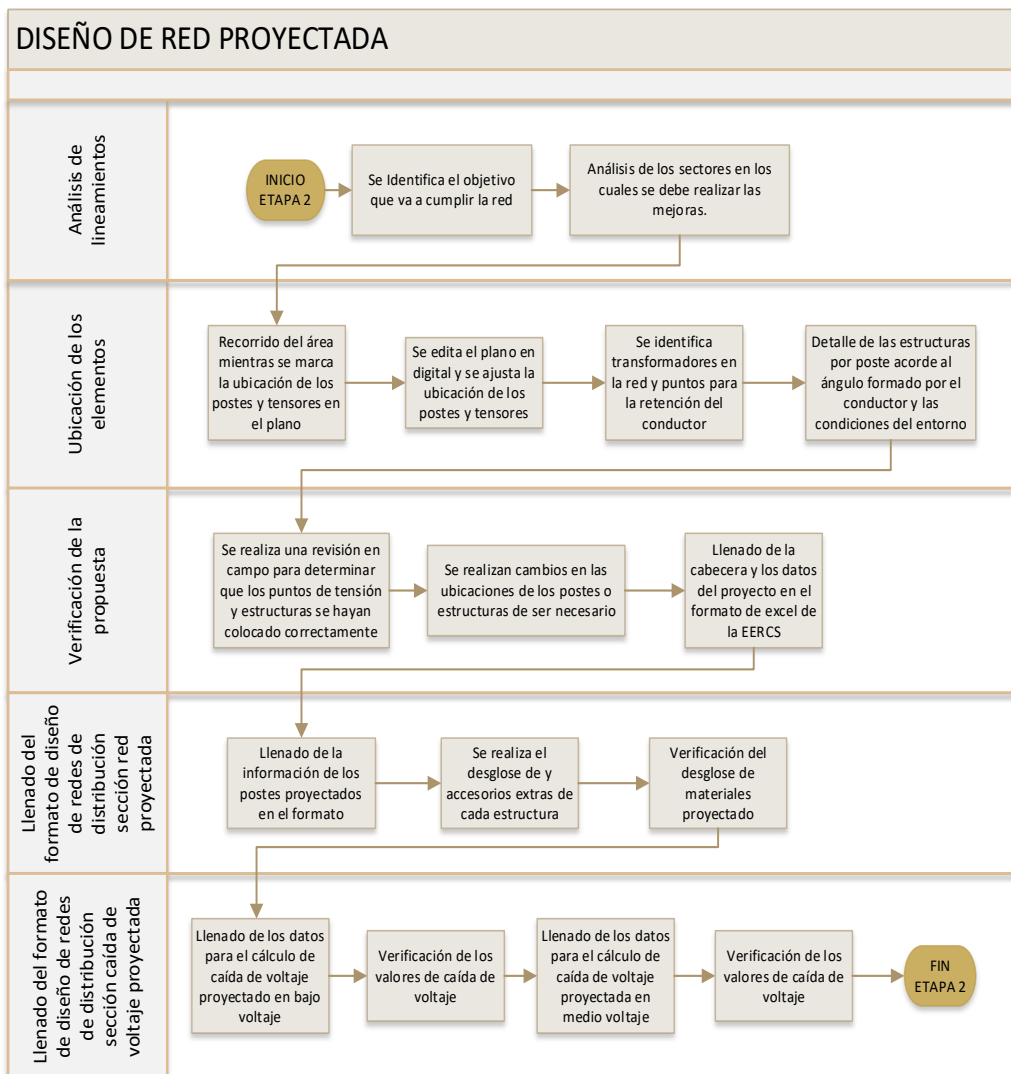


Ilustración 35: Procedimiento para el desarrollo de un plano proyectado
Fuente: Autor

2.5.2.3. Etapa 3 – Presupuesto del proyecto

Como etapa final, se debe presentar el presupuesto de mano de obra del proyecto, este presupuesto debe realizarse con los rubros establecidos por la EERCS. Estos rubros se dividen en dos grupos: el primero, es la mano de obra calificada; y el segundo, la mano de obra no calificada. El valor de los rubros va acorde a las estructuras y componentes de la red, ya que depende la acción que se realice con cada estructura. Para determinar esta acción se tiene 3 categorías: la primera es la de montaje, esta categoría implica todo lo que es colocar estructuras nuevas en una red; la segunda categoría, corresponde a desmontaje y montaje, esta categoría implica a aquellas estructuras que serán reutilizadas y previamente han sido desmontadas para volver a ser colocadas, la tercera y última categoría es la de desmontaje, esta categoría implica todas estructuras que se retiraran de la red y deberán ser ingresadas en la EERCS.

El presupuesto del proyecto incluye solo mano de obra en el caso de ser financiado por la Centro Sur, ya que los materiales para red por lo general provienen de su bodega la cual despacha cada accesorio acorde a la estructura; sin embargo, en proyectos privados si se deberá incluir el costo de los materiales. En la **Ilustración 36** se detalla un diagrama del procedimiento a seguir para realizar el presupuesto de mano de obra, siguiendo el formato de Excel de la EERCS.

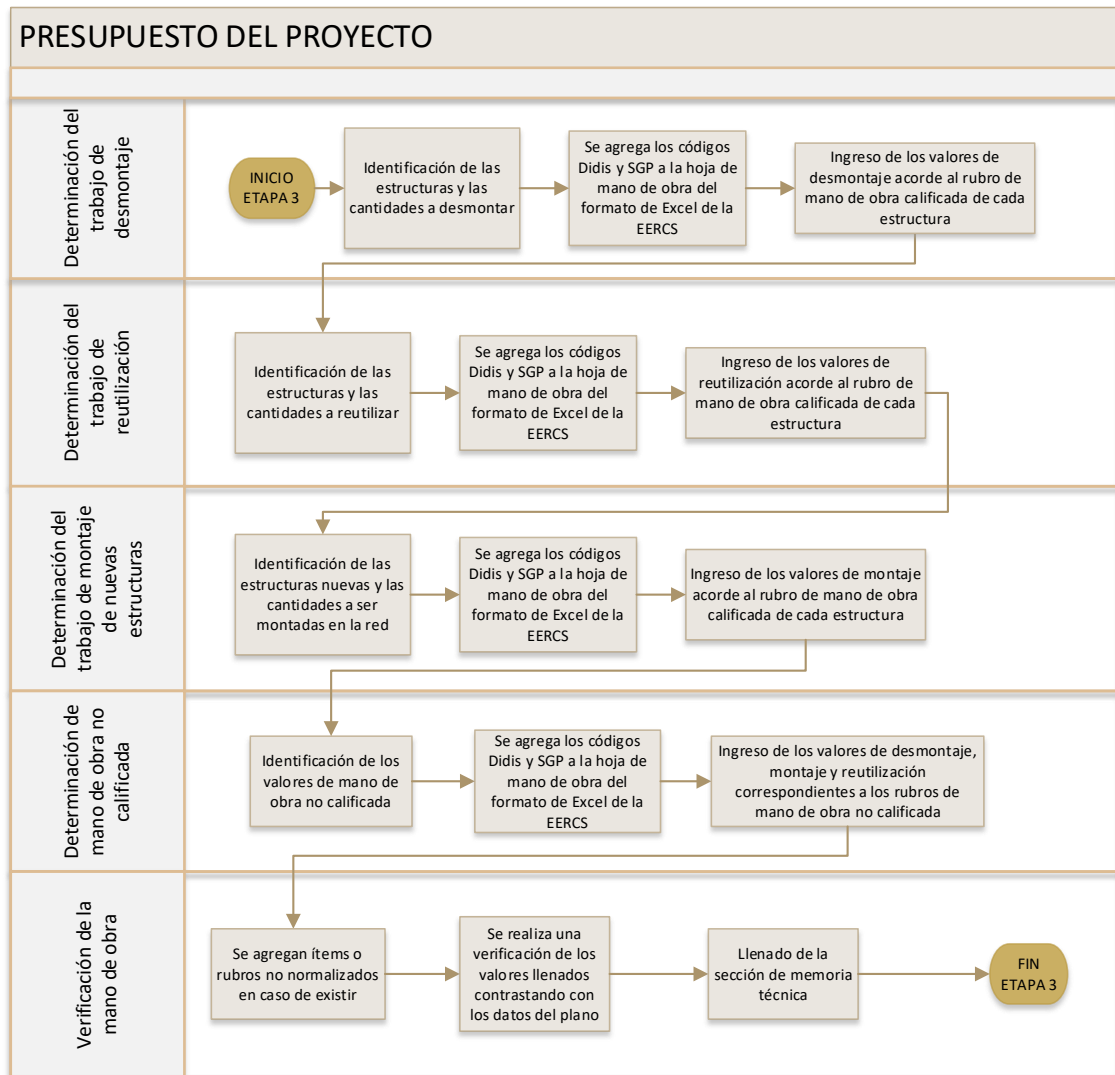


Ilustración 36: Procedimiento para el desarrollo de un plano proyectado

Fuente: Autor

2.5.3. Documentación de un diseño eléctrico

La documentación que debe incluir un diseño eléctrico de redes de distribución está sujeta a las normas, procedimientos y especificaciones técnicas dadas por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A., esto se encuentra detallado en el documento de términos de referencia para el diseño de sistemas de distribución de energía eléctrica y alumbrado público, este documento es entregado por el administrador del proyecto el cual puede agregar o retirar procedimientos acorde a la necesidad del diseño, sin embargo esto se da solo en casos puntuales, por lo general la documentación que debe presentarse en un diseño de este tipo se realiza en un formato de Excel entregado por el administrador del proyecto, este formato es aprobado por la EERCS y actualiza su versión cada dos años.

Adjunto al formato de Excel deberán ir los planos georreferenciados de la red

existente y proyectada, un archivo fotográfico de los postes existentes y de ser necesario se anexan detalles constructivos; a continuación, se detalla el contenido de cada documento a ser presentado en el diseño.

2.5.3.1. Memoria técnica

En el formato de Excel de la Centro Sur C.A se divide la memoria técnica en tres partes: Antecedentes generales, Estudio del sistema actual y Sistema proyectado.

En la sección de antecedentes generales se describe la ubicación de la red, el tipo de proyecto y el antecedente que llevó a realizar el diseño. En la **Ilustración 37** se puede observar la sección de antecedentes generales del formato 2020 de la Centro Sur C.A correspondiente al proyecto de mejora de un alimentador en el sector de Lomon – Lentag ubicado en el cantón Girón provincia del Azuay.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 5px;"> Formato 2020 </div> <div style="text-align: center;"> MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO REFORZAMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PARA EL SECTOR LOMON - LENTAG Pertenece al cantón GIRON provincia del AZUAY </div> <div style="text-align: right; font-size: small;"> <i>Versión mayo/20</i> </div> </div>			
1.- ANTECEDENTES GENERALES			
Detalle	Mejora de Alimentador		
Localidad	LOMON - LENTAG	Cantón	GIRON
		Provincia	AZUAY
Parroquia	LENTAG	Zona	Rural
Antecedentes	La EERCS en disposición de mejoras en las redes de distribución contrata el presente estudio para realizar el diseño de una red trifásica por la via Lomon - Lentag, la cual servirá como transferencia del alimentador 1424		

Ilustración 37: Antecedentes generales del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur

En la segunda sección el estudio del sistema actual se describe de forma muy general las características constructivas de la red como cantidad y tipo de conductores en medio y bajo voltaje, potencia instalada de luminarias, postes de arranque y de ser necesario los antecedentes de la red.

En la **Ilustración 38** se puede visualizar la sección 2 del formato 2020 de la Centro Sur C.A correspondiente el proyecto de Lomon – Lentag ubicado en el cantón Girón provincia del Azuay.

2.- ESTUDIO DEL SISTEMA ACTUAL

Actualmente la vía Lomon Lentag se alimenta de dos ramales monofásicos del alimentador 1424 que ingresan por dos sectores diferentes para alimentar a tres transformadores monofásicos, las redes de bajo voltaje están soportadas por postes de 11 y 9 metros a lo largo de la vía, el conductor para las redes de medio y bajo voltaje es aluminio desnudo tipo ACSR, a lo largo de la vía se pueden observar postes en mal estado, por lo cual se plantea colocar estructuras de soporte nuevas.

2.1.- Datos Técnicos

Tipo de Red	Medio Voltaje	Bajo Voltaje	
N° F / N° C	1F/2C	2F/3C	
Alumbrado Público	Luminarias con una potencia instalada de 2650 W		
Tipo conductor existente	Aluminio desnudo		
			Alimentador 1424
			Poste de arranque 418783
Antecedente: La redes de medio y bajo voltaje se encuentran soportadas por postes de 11 y 9 metros, algunos de estos en malas condiciones, los conductores son de aluminio desnudo en calibres con calibre 4 AWG para medio voltaje y calibres 2 y 1/0 AWG para bajo voltaje, el sistema de alumbrado publico cuenta con conductor dúplex 2x6, el sector cuenta con tres transformadores monofásicos que sirven a un total de 31 clientes.			

Ilustración 38: Estudio del sistema actual del proyecto de Lomon – Lentag.

Fuente: Formato 2020 Centro Sur

En la tercera y última sección de la memoria técnica se detalla la red proyectada, desglosando y describiendo los siguientes ítems:

- **Demanda de diseño**

Se describe la demanda máxima unitaria para el estrato en el que se encuentran los abonados, describiendo la cantidad de abonados y la demanda requerida por los mismos.

- **Niveles de voltaje**

Se describe los niveles de a ser usados en el diseño.

- **Sistema de redes**

Se describe en breve rasgos las características de la red como postes, calibre de conductores, distribución de conductores, etc.

- **Alumbrado publico**

Se describe la cantidad de luminarias y la potencia total instalada en el proyecto, también se detalla si han sido reutilizadas o nuevas.

- **Tensores**

Se detalla las características de los tensores usados en el proyecto.

- **Presupuesto**

Se detalla el presupuesto de mano de obra y los materiales nuevos, reutilizados y retirados

- **Anexos**

Se lista los documentos que acompañan a la memoria técnica, debe estar especificado la cantidad de hojas de cada uno.

2.5.3.2. Índice

En esta sección se listan como anexos todos los documentos adjuntos del formato de Excel. Ver **Ilustración 39**.

Formato 2020		EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A. DIDIS DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCIÓN ZONA 3		<i>Reservados</i>	
DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN					
SECTOR:	LOMON - LENTAG	Tipo de obra:	Mejora de Alimentador		
CANTÓN:	GIRON	PARROQUIA:	LENTAG	PROVINCIA:	AZUAY
<u>INDICE:</u>					
					Nº Hojas
Anexo 1: Cabecera / Datos Generales					1
Anexo 2: Resumen de información técnica del proyecto					1
Anexo 3: Caída de tensión B.V. en redes existentes					3

Ilustración 39: Sección índice del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur

2.5.3.3. Cabecera

Es el inicio de la documentación técnica del formato de la Centro Sur, en ella se detalla la ubicación del proyecto, sus coordenadas de arranque, transformadores existentes y proyectados, cantidad de abonados, cantidad y potencia de luminarias y longitudes de conductores en medio y bajo voltaje. En esta hoja se añadirá de manera automática los valores ingresados en el resto del formato ya que esta se presenta como un resumen técnico de los datos de la red. Ver

Formato 2020		EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A. DIDIS DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCIÓN ZONA 3				Anejo I			
DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN									
SECTOR:	LOMON - LENTAG		PARROQUIA:	LENTAG		PROVINCIA:	AZUAY		
CANTÓN:	GIRON				Tipo de obra: Mejora de Alimentador				
Alimentador:	1424		Estrato de consumo:	D		Distancia en Km.:	1,5		
Factor Distancia:	1,0038								
Coordenadas de puntos de arranq	17 S		696623.25 9641790.29		17 S				
	X: Este		Y: Norte		X: Este		Y: Norte		
Número de clientes:	Actuales: 25		Nuevos:		Total: 25				
SISTEMA EXISTENTE									
Cálculos con COCINA DE INDUCCIÓN									
Número de transformadores:	3								
		Potencia Total [kVA]: 30							
Número	N° Fases	kVA	ΔV máx.	N° clientes	Cargabilidad	Destino	Sección de arranque	N° poste instalado	
T-1	19753	IF	10	4,56	13	196%	Se retira	2	19753
T-2	19359	IF	10	5,68	2	48%	Se reutiliza	10	371807
T-3	19756	IF	10	3,31	10	153%	Se retira	2	371871

Ilustración 40: Sección cabecera del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur

2.5.3.4. Datos técnicos

Esta sección se llena de forma automática, aquí se muestran los datos calculados de pérdidas de potencia, cantidad y arreglo de conductores existentes y proyectados para las líneas de medio y bajo voltaje, si el diseño involucra cambio de medidores también calcula pérdidas y longitudes de conductor de las acometidas. Ver **Ilustración 41**.

1.- Pérdidas de Potencia [W]											
Resumen gral del proyecto:		Medio Volt.	Transf. ⁽¹⁾	Bajo Volt. ⁽²⁾	Alum. Públ.	Acometidas	Medidores	Pérdidas Totales			
Existente		3	677	1.009	389			2.076			
Proyectado		1	709	759	389						
⁽¹⁾ Transformadores:		T-1	T-2	T-3							
Existentes		289	140	248							
Proyectados		305	140	264							
⁽²⁾ Red de Bajo Voltaje:		T-1	T-2	T-3							
Existentes		491	164	354							
Proyectados		369	97	293							
2.- Arreglo de conductores en Bajo Voltaje:											
2.1.- B.V. existente [m]											
Alum. Preens.	1F3C	Alum. Desnd.	3F4C	2F3C	1F2C	LONG. COND.	Cobre Subt.	3F4C	2F3C	1F2C	LONG. COND.
3x35mm2		4 Al.				721	6 Cu.				
3x50mm2		2 Al.		721		1834	4 Cu.				
3x75mm2		1/0 Al.		315	77	707	2 Cu.				
3x95mm2		2/0 Al.					1/0 Cu.				
		3/0 Al.					2/0 Cu.				
Alumbrado Público Exist.		4/0 Al.					3/0 Cu.				
2X4 Al. Trenz.	473.5						4/0 Cu.				

Ilustración 41: Sección datos técnicos del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur

2.5.3.5. Cálculos de caída de voltaje existente en bajo voltaje

En esta sección se realiza el ingreso de los datos de la red de bajo voltaje, los

datos a ser ingresados son:

- Punto de inicio y punto final del vano
- Longitud de vano
- Arreglo de conductor
- Tipo de conductor
- Cantidad de abonados
- Potencia de luminarias
- Cargas especiales

A medida que se ingresan estos valores el formato irá calculando de forma automática los porcentajes de caída de voltaje por vano, al final muestra los valores máximos de caída de voltaje en los puntos extremos de la red. En esta hoja se puede configurar para que realice el cálculo considerando la demanda unitaria con cocinas de inducción lo que tiende a elevar los valores, sin embargo, por disposición de la empresa distribuidora se debe presentar los cálculos con esta consideración de la demanda. Ver **Ilustración 42**.

CÁLCULO DE CAÍDA DE VOLTAJE (B.V. Existente)															
LOCALIDAD:		LOMON - LENTAG / LENTAG													
TIPO DE OBRA:		Mejora de Alimentador													
Tipo de Conductor:		Alum. Preens.										Red de B.V.:		1F	
ESTRATO		D		C. Esp. [Kva]		0,00		REF. TRANSFORMADOR T-1:		19753					
N° Clientes		13		Diseñado por:		ING. GUSTAVO PARRA		VOLTAJE SECUNDARIO:		240 / 120 V					
A.P. Total [W]		1.200		Fecha:		17-jul-21		POTENCIA NOMINAL [KVA]:		10					
ESQUEMA: Remitirse al plano de redes existentes La DMU actual SI considera el uso de Cocinas de Inducción															
												El transformador está en el nodo:		P10	
												N° de clientes en el nodo P10:		1	
TRAMO		Longit.	N° Clntes	Al.Púb. [W]	C.Esp. [Kva]	CARGA [kVA]	CONDUCTOR			kva x m	CAIDA DE VOLTAJE				
Inicio	Fin	[m]					N° hilos	Calibre	F.D.V.		PARCIAL	ACUM.	MAXIMOS		
P5	P4	39	0	200		0,24	2F3C	2 Al.	286	9	0,03	4,54			
P4	P3	42	0	100		0,12	2F3C	2 Al.	286	5	0,02	4,56	4,56		

Ilustración 42: Sección de cálculo de caída de voltaje existente del proyecto de Lomon – Lentag.

Fuente: Formato 2020 Centro Sur

2.5.3.6. Cálculos de caída de voltaje proyectada en bajo voltaje

Se llena igual que la sección de caída de voltaje existente en bajo voltaje, el formato es igual y el cálculo se realiza con la misma metodología, también se debe realizar considerando la demanda unitaria con cocinas de inducción. Ver **Ilustración 43**.

CÁLCULO DE CAÍDA DE VOLTAJE (B.V. Proyectado)															
LOCALIDAD:		LOMON - LENTAG / LENTAG													
TIPO DE OBRA:		Mejora de Alimentador													
Tipo de Conductor:		Alum. Preens.										Red de B.V.:		1F	
ESTRATO	D	C. Esp. [Kva]		0.00		REF. TRANSFORMADOR T-1:		T1							
N° Clientes	13	Diseñado por:		ING. GUSTAVO PARRA		VOLTAJE SECUNDARIO:		240 / 120 V							
A.P. Total [W]	1.200	Fecha:		17-jul-21		POTENCIA NOMINAL [kVA]:		15							
ESQUEMA: Remitirse al plano de redes proyectadas La DMU Proyectada SI considera el uso de Cocinas de Inducción															
												El transformador está en el nodo:		P12	
												N° de clientes en el nodo P12:		1	
TRAMO		Longit.	N°	Al.Púb.	C.Esp.	CARGA	CONDUCTOR			kva x m	CAIDA DE VOLTAJE				
Inicio	Fin	[m]	CIntes	[W]	[Kva]	[kVA]	N° hilos	Calibre	F.D.V.		PARCIAL	ACUM.	MAXIMOS		
P6	P5	35	0	100		0,12	2F3C	3x50mm2	418	4	0,01	2,84			
P5	P4	35	0	100		0,12	2F3C	3x50mm2	418	4	0,01	2,85	2,85		

Ilustración 43: Sección de cálculo de caída de voltaje proyectada del proyecto de Lomon – Lentag.

Fuente: Formato 2020 Centro Sur

2.5.3.7. Cálculos de caída de voltaje existente y proyectada en medio voltaje

Los cálculos de caída de voltaje en medio voltaje existente y proyectado se encuentran en la misma sección, pero se llenan en hojas diferentes el formato es muy similar al de caída de voltaje en bajo voltaje a diferencia que aquí se tiene la opción a considerar dos puntos de arranque en los cuales se calcula la corriente, en esta sección también se debe considerar la demanda unitaria con cocinas de inducción. En **Ilustración 44** se puede ver la hoja para el cálculo de caída de voltaje existente en medio voltaje y en la **Ilustración 45** la hoja para el cálculo de caída de voltaje proyectado en medio voltaje.

CÁLCULO DE CAÍDA DE VOLTAJE (M.V. Existente)																																																																									
LOCALIDAD:		LOMON - LENTAG / LENTAG																																																																							
TIPO DE OBRA:		Mejora de Alimentador																																																																							
Tipo de Conductor:		Alum. Desnd.										Nivel de voltaje:		22 kV																																																											
ESTRATO	D	Diseñado por:		ING. GUSTAVO PARRA		A.P. Total del Proyecto [W]		2.050																																																																	
N° Clientes	20	Fecha:		17-jul-21		DEM. DIVERSIFIC. [kVA]:		28,89																																																																	
ESQUEMA: Dibuje el esquema de redes existentes en M.V. La DMU actual SI considera el uso de Cocinas de Inducción																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TRAMD</th> <th rowspan="2">Longit. [m]</th> <th rowspan="2">N° Cintes.</th> <th rowspan="2">Al.Púb. [W]</th> <th rowspan="2">C.E.sp. [Kva]</th> <th rowspan="2">CARGA [kVA]</th> <th colspan="3">CONDUCTOR</th> <th rowspan="2">kva x km</th> <th colspan="3">CAÍDA DE VOLTAJE</th> </tr> <tr> <th>Inicio</th> <th>Fin</th> <th>N° hilos</th> <th>Calibre</th> <th>F.D.V.</th> <th>PARCIAL</th> <th>ACUM.</th> <th>MAXIMOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P2</td> <td>P10</td> <td>330</td> <td>10</td> <td>1.300</td> <td>15,99</td> <td>1F + N</td> <td>2 Al.</td> <td>760</td> <td>5,3</td> <td>0,007</td> <td>0,007</td> <td>0,007</td> </tr> <tr> <td>P37</td> <td>P32</td> <td>216</td> <td>10</td> <td>750</td> <td>15,34</td> <td>1F + N</td> <td>2 Al.</td> <td>760</td> <td>3,3</td> <td>0,004</td> <td>0,004</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P32</td> <td>PE1</td> <td>662</td> <td>8</td> <td>600</td> <td>12,70</td> <td>1F + N</td> <td>2 Al.</td> <td>760</td> <td>8,4</td> <td>0,011</td> <td>0,015</td> <td>0,015</td> </tr> </tbody> </table>														TRAMD	Longit. [m]	N° Cintes.	Al.Púb. [W]	C.E.sp. [Kva]	CARGA [kVA]	CONDUCTOR			kva x km	CAÍDA DE VOLTAJE			Inicio	Fin	N° hilos	Calibre	F.D.V.	PARCIAL	ACUM.	MAXIMOS	P2	P10	330	10	1.300	15,99	1F + N	2 Al.	760	5,3	0,007	0,007	0,007	P37	P32	216	10	750	15,34	1F + N	2 Al.	760	3,3	0,004	0,004		P32	PE1	662	8	600	12,70	1F + N	2 Al.	760	8,4	0,011	0,015	0,015
TRAMD	Longit. [m]	N° Cintes.	Al.Púb. [W]	C.E.sp. [Kva]	CARGA [kVA]	CONDUCTOR			kva x km	CAÍDA DE VOLTAJE																																																															
						Inicio	Fin	N° hilos		Calibre	F.D.V.	PARCIAL	ACUM.	MAXIMOS																																																											
P2	P10	330	10	1.300	15,99	1F + N	2 Al.	760	5,3	0,007	0,007	0,007																																																													
P37	P32	216	10	750	15,34	1F + N	2 Al.	760	3,3	0,004	0,004																																																														
P32	PE1	662	8	600	12,70	1F + N	2 Al.	760	8,4	0,011	0,015	0,015																																																													

Ilustración 44: Sección de cálculo de caída de voltaje existente en medio voltaje del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur

CÁLCULO DE CAÍDA DE VOLTAJE (M.V. Projectado)																																																																																						
LOCALIDAD:		LOMON - LENTAG / LENTAG																																																																																				
TIPO DE OBRA:		Mejora de Alimentador																																																																																				
Tipo de Conductor:		Alum. Desnd.										Nivel de voltaje:		22 kV																																																																								
ESTRATO	D	Diseñado por:		ING. GUSTAVO PARRA		A.P. Total del Proyecto [W]		2.650																																																																														
N° Clientes	10	Fecha:		17-jul-21		DEM. DIVERSIFIC. [kVA]:		17,58																																																																														
ESQUEMA: Dibuje el esquema de redes proyectadas en M.V. La DMU proyectada SI considera el uso de Cocinas de Inducción																																																																																						
<p>El punto de arranque 1 está en el nodo: P2 El punto de arranque 2 está en el nodo:</p>																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TRAMD</th> <th rowspan="2">Longit. [m]</th> <th rowspan="2">N° Cintes.</th> <th rowspan="2">Al.Púb. [W]</th> <th rowspan="2">C.E.sp. [Kva]</th> <th rowspan="2">CARGA [kVA]</th> <th colspan="3">CONDUCTOR</th> <th rowspan="2">kva x km</th> <th colspan="3">CAÍDA DE VOLTAJE</th> </tr> <tr> <th>Inicio</th> <th>Fin</th> <th>N° hilos</th> <th>Calibre</th> <th>F.D.V.</th> <th>PARCIAL</th> <th>ACUM.</th> <th>MAXIMOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P2</td> <td>P12</td> <td>323</td> <td>10</td> <td>1300</td> <td>15,99</td> <td>3F + N</td> <td>3/0 Al.</td> <td>7669</td> <td>5,2</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P12</td> <td>P33</td> <td>540</td> <td>10</td> <td>500</td> <td>15,05</td> <td>3F + N</td> <td>3/0 Al.</td> <td>7669</td> <td>8,1</td> <td>0,001</td> <td>0,002</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P33</td> <td>PE1</td> <td>230</td> <td>8</td> <td>100</td> <td>12,11</td> <td>1F (Ne)</td> <td>2 Al.</td> <td>760</td> <td>2,8</td> <td>0,004</td> <td>0,006</td> <td>0,006</td> </tr> <tr> <td>P33</td> <td>P50</td> <td>442</td> <td>10</td> <td>750</td> <td>15,34</td> <td>3F + N</td> <td>3/0 Al.</td> <td>7669</td> <td>6,8</td> <td>0,001</td> <td>0,003</td> <td>0,003</td> </tr> </tbody> </table>														TRAMD	Longit. [m]	N° Cintes.	Al.Púb. [W]	C.E.sp. [Kva]	CARGA [kVA]	CONDUCTOR			kva x km	CAÍDA DE VOLTAJE			Inicio	Fin	N° hilos	Calibre	F.D.V.	PARCIAL	ACUM.	MAXIMOS	P2	P12	323	10	1300	15,99	3F + N	3/0 Al.	7669	5,2	0,001	0,001		P12	P33	540	10	500	15,05	3F + N	3/0 Al.	7669	8,1	0,001	0,002		P33	PE1	230	8	100	12,11	1F (Ne)	2 Al.	760	2,8	0,004	0,006	0,006	P33	P50	442	10	750	15,34	3F + N	3/0 Al.	7669	6,8	0,001	0,003	0,003
TRAMD	Longit. [m]	N° Cintes.	Al.Púb. [W]	C.E.sp. [Kva]	CARGA [kVA]	CONDUCTOR			kva x km	CAÍDA DE VOLTAJE																																																																												
						Inicio	Fin	N° hilos		Calibre	F.D.V.	PARCIAL	ACUM.	MAXIMOS																																																																								
P2	P12	323	10	1300	15,99	3F + N	3/0 Al.	7669	5,2	0,001	0,001																																																																											
P12	P33	540	10	500	15,05	3F + N	3/0 Al.	7669	8,1	0,001	0,002																																																																											
P33	PE1	230	8	100	12,11	1F (Ne)	2 Al.	760	2,8	0,004	0,006	0,006																																																																										
P33	P50	442	10	750	15,34	3F + N	3/0 Al.	7669	6,8	0,001	0,003	0,003																																																																										

Ilustración 45: Sección de cálculo de caída de voltaje proyectada en medio voltaje del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur

2.5.3.8. Desglose de medidores existentes

La sección de desglose de medidores existentes se llena en el único caso en el

que el diseño sea para repotenciar redes de bajo voltaje, y que se requiere conocer toda la información de los abonados conectados al sistema, en esta sección se detallan los datos del equipo de medición, datos de la acometida y puntos de conexión a la red de distribución. Ver **Ilustración 46**.

Punto de servicio		N° casa en el plano	Identificación del Cliente NOMBRE	Equipo de medición					Acometida y accesorios principales													
N° de Tráfo	Número poste			Marca	Número Fabrica	Número Empresa	Año Fca.	Código Cliente	Tipo	Acometida (exist.)			Conectores		Tablero		Termomag.		Centro Distr.		Aislad. Ojo	Poste MFT
									Tipo	Long.	Estado	Proyec.	Tipo	Cant.	Tipo	Cant.	Tipo	Cant.	Tipo	Cant.	Tipo	Cant.

Ilustración 46: Sección de desglose de medidores proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur

2.5.3.9. Desglose de estructuras y materiales existentes

En esta sección se divide en tres partes, la primera se llena con los datos del poste junto con la estructuras que contenga, en la segunda se desglosa todos los materiales de la estructuras que contenga el poste, primero se debe generar el listado de materiales el cual ha sido establecido por la Centro Sur, en la **Ilustración 47** se puede observar la primera sección en la que se desglosa las estructuras por poste usando la nomenclatura abreviada, en la **Ilustración 48** se puede observar la segunda parte en la que se desglosa cada estructura por los materiales que la componen.

Número en el plano (P_)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Número físico del poste	-	418783	371682	371681	371609	371537	371608	370931	352201	371669	352200	83208	83213	83212
Estructuras en Medio Voltaje		3SP, 1CR	1VP	1VP	1CA	1CP	1CA	1CP	1CP	1CR				
Estructuras en Bajo Voltaje		3EP	1ER, 3ER	3EP	3EP	3EP	3EP	3EP	3EP	3ED	3ED	3EP	3EP	3ER, 1EP
Estructuras exclusivas para A.P.														
Tensores	[TSV]	PSV			TDV		TDV			TSV		TSD	TSD	TSD
Luminarias [W]		250	100	100	100		100	100	100	100	150	100		100
Transformadores [KVA]										10				

Ilustración 47: Sección de desglose de estructuras existentes del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur.

Formato 2020		EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.																												ANEXO 3	
		DIDIS																													
		DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCIÓN ZONA 3																													
		DESGLSE DE ACCESORIOS Y ESTRUCTURAS EN CADA POSTE DEL PROYECTO																													
Localidad: LOMON - LENTAG																												Diseñador: ING. GUSTAVO PARRA			
Parroq/Cantón: LENTAG/GIRON																												Fiscalizador: ING. GERARDO VÁZQUEZ			
																														Hoja 1 de 2	
.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Estructura en Medio Voltaje	SSR (SSR)	SSA	SVP	SSA	SSA	SSP	SSP	SSP	SSP	SSA	SSA	SSA	SSP	SSP	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	
Estructura en Bajo Voltaje	UGB1	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	
Estruct. exclusiva para A.P.																															
Tensores	(TSV)	(PSV)	TSV	PSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	TSV	
Luminaria [W]	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	(LW)	
Transformador (KVA)																															
Seccionamiento																															
Poste	(PNC (L, 300)	(PNC (L, 400)	(PNC (L, 500)	(PNC (L, 600)	(PNC (L, 700)	(PNC (L, 800)	(PNC (L, 900)	(PNC (L, 1000)	(PNC (L, 1100)	(PNC (L, 1200)	(PNC (L, 1300)	(PNC (L, 1400)	(PNC (L, 1500)	(PNC (L, 1600)	(PNC (L, 1700)	(PNC (L, 1800)	(PNC (L, 1900)	(PNC (L, 2000)	(PNC (L, 2100)	(PNC (L, 2200)	(PNC (L, 2300)	(PNC (L, 2400)	(PNC (L, 2500)	(PNC (L, 2600)	(PNC (L, 2700)	(PNC (L, 2800)	(PNC (L, 2900)	(PNC (L, 3000)	(PNC (L, 3100)	(PNC (L, 3200)	

Ilustración 50: Sección de desglose de estructuras proyectadas del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur.

2.5.3.11. Mano de obra

En esta sección se detalla la mano de obra necesaria para implementar el proyecto, los ítems se buscan en la base de datos de la Centro Sur C.A y se colocan uno a uno en la hoja, esta sección se divide en dos grupos, el primero es para especificar la mano de obra calificada y el segundo para la mano de obra no calificada.

Una vez listados todos los ítems de mano de obra, se debe proceder a ingresar la cantidad acorde a la unidad de dicho ítem, esta cantidad se ingresa en la columna correspondiente al tipo de trabajo (montaje, desmontaje y montaje, desmontaje), Ejemplo: si la obra requiere que se desmonte 100 metros de conductor ACSR 2 se deberá ingresar el ítem con código C80 – 2552, al ser un trabajo de desmontaje el valor de 100 metros deberá ingresarse en la columna de desmontaje. Ver **Ilustración 51**.

Formato 2020		EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.																												ANEXO II
		DIDIS																												
		DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCIÓN ZONA 3																												
		LISTADO DE MANO DE OBRA CALIFICADA																												
Diseñador: ING. GUSTAVO PARRA																													Hoja 1 de 3	
Identificación de la obra:																														
Localidad: LOMON - LENTAG																												Factor Distancia:	1,0038	
Parroquia: LENTAG																												Distancia al proyecto:	15	
Cantón: GIRON																												N° de clientes total:	25	
Provincia: AZUJAY																												N° clientes actuales:	25	
Tipo: Mejora de Alimentador																												N° clientes nuevos:		
CAPITULO: Mano de obra calificada																														
Código		Descripción CENTROSUR		Código MEER	UNIDAD	Cantidades																								
Didis	SGP					Montaje	Desmontaje y Montaje	Desmontaje																						
C80	2551	TENDIDO,CALIBRACION Y AMARRE CONDUCTOR CALIBRE #2 TIPO ACSR		C00-0B2	Km.			6,109																						
C80	2552	TENDIDO,CALIBRACION Y AMARRE CONDUCTOR CALIBRE #10 TIPO ACSR		C00-0E10	Km.	1,543		0,326																						

Ilustración 51: Sección de mano de obra calificada del proyecto de Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur.

2.5.3.12. Planos de la red existente

Los planos existentes se presentan en formato A1 para facilitar la visualización en campo, deben contener la simbología correspondiente normada por el MERNNR, la ubicación del proyecto y el cajetín con los datos del diseñador, en caso de no poder visualizar el proyecto en un solo plano se debe numerar los planos del proyecto, también se recomienda incluir las fotografías de cada poste existente.

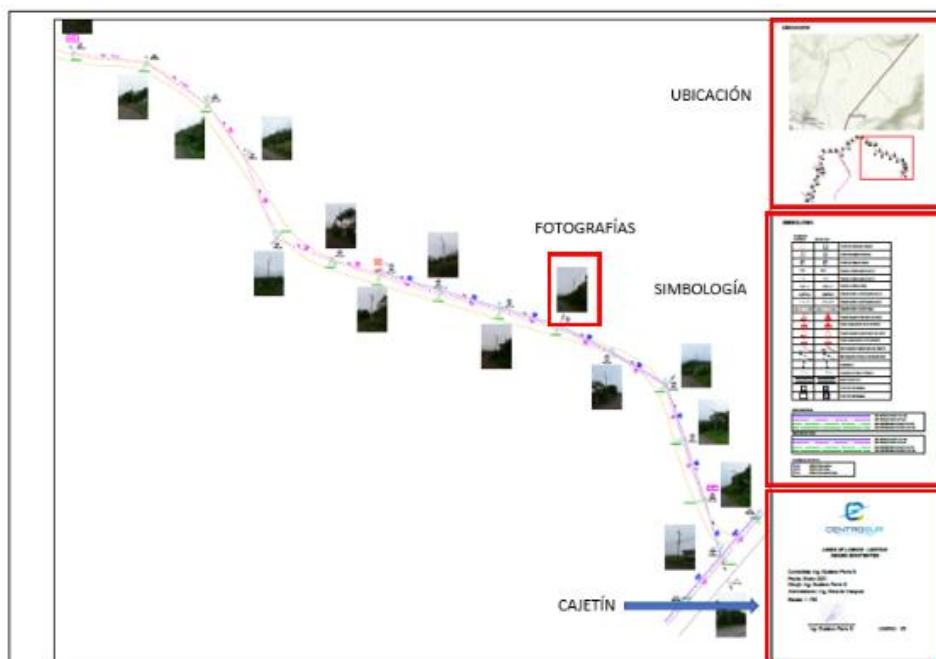


Ilustración 52: Distribución del plano existente del proyecto Lomon – Lentag.
Fuente: Formato 2020 Centro Sur.

2.5.3.13. Registro fotográfico

El registro fotográfico cumple dos funciones como documentación del proyecto, la primera es la de ofrecer una evidencia visual del estado existente del poste; la segunda función es la de herramienta para realizar el desglose de materiales en oficina, este archivo fotográfico consta de una carpeta con las fotografías numeradas con el prefijo correspondiente a cada poste.

2.5.3.14. Planos de la red proyectada

Los planos de la red proyectada cumplen con el mismo formato de los planos de la red existente, contienen las mismas secciones, lo único en lo que se diferencian es en que no incluyen imágenes de los postes ya que son proyectados.

2.5.3.15. Anexos de detalles constructivos

Los detalles constructivos se anexan en caso de existir redes subterráneas o estructuras especiales que no estén normadas o requieran características especiales para el proyecto, en estos anexos deberá ir un dibujo con los detalles constructivos de dicha estructura en el cual se especificara sus dimensiones, en otra hoja del anexo se redacta las características que debe tener la estructura, este proceso se realiza para cada estructura que se requiera.

2.6. Reconocimiento de objetos con inteligencia artificial

El reconocimiento de objetos con inteligencia artificial busca emular el funcionamiento del ojo humano tratando de identificar objetos por sus formas, colores, movimientos y detalles; para comprender como una computadora reconoce un objeto en una imagen es necesario comprender como funciona la visión humana.

Se puede considerar a la visión humana como un sistema de procesamiento de imágenes con el ojo como receptor y el cerebro como unidad de procesamiento, este sistema basa su funcionamiento en la luz, ya que esta rebota sobre los objetos e ingresa al ojo a través de la córnea la cual en conjunto con las pupilas y el iris controlan con la apertura o cierre la cantidad de luz que ingresa hacia la retina, en la retina se encuentran células que se estimulan acorde al color del objeto, esta células envían esta información al cerebro, el cual se encarga de relacionar estos estímulos con la descripción de un objeto.

En el ser humano la visión se da de forma natural, es decir no necesitamos seguir un proceso de aprendizaje para poder ver y reconocer un objeto, al contrario de nosotros las computadoras si necesitan de un proceso de aprendizaje para aprender a reconocer objetos en una imagen y es en este proceso donde nace la visión artificial.

La visión artificial tiene como objetivo modelar matemáticamente los procesos de percepción visual de los seres vivos y generar algoritmos que permitan imitar estas capacidades visuales en ordenadores (Uribe, 2021).

Para entender cómo funciona la visión artificial se necesita comprender como una computadora percibe una imagen, para esto se partirá de una imagen digital a blanco y negro, esta imagen está formada de un numero finito de pixeles y cada uno de ellos tiene una coordenada 'X' y 'Y', el tamaño de la imagen está dado por

la cantidad de píxeles en su eje horizontal y su eje vertical, el color de la imagen está dado por las escalas de degradado en el caso de la **Ilustración 53**, el color se representa en una escala binaria siendo el color negro 1 y el color blanco 0, de esta forma el ordenador interpreta una imagen como una matriz numérica con un tamaño dado por la cantidad de píxeles y con números que representan colores.

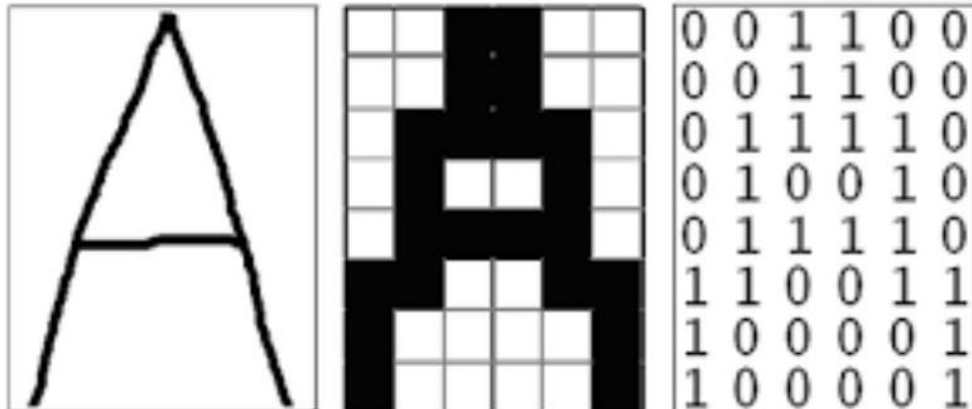


Ilustración 53: Representación matricial de una imagen a blanco y negro.

Fuente: www.santanderglobaltech.com

En el caso de las imágenes a colores cada píxel se representa con tres valores que indican la cantidad de rojo, verde y azul, esta combinación se conoce como escala RGB por sus siglas en inglés, en este caso el computador tiene la opción de analizar cada imagen por su combinación RGB o dividirla en 3 matrices diferentes, procesar cada una y unir los resultados.

Una vez identificada la forma del objeto en la imagen lo siguiente es enseñarle al ordenador que objeto es y como reconocerlo, para esto necesita de un entrenamiento es aquí donde entran los algoritmos de Machine Learning, estos algoritmos se encargaran de reconocer las formas y patrones comunes en las imágenes, mientras más imágenes de un mismo objeto procese el algoritmo más preciso será al momento de identificar el objeto, por ello estas imágenes deberán ser diferentes entre sí, cambiando el ángulo del objeto, la cantidad de luz, la posición y el color.

2.6.1. Machine Learning y redes neuronales

También llamado aprendizaje autónomo por su traducción al español, es una rama de la inteligencia artificial dedicada a crear sistemas que puedan aprender por si solos, estos sistemas se basan en análisis predictivo buscando patrones en grandes cantidades de datos para poder establecer predicciones, este tipo de algoritmos permite a los ordenadores realizar predicciones de manera autónoma

sin necesidad de disponer de un algoritmo de búsqueda para datos específicos, esto genera una gran flexibilidad al momento de buscar patrones en grandes cantidades de datos, es por eso que hoy en día grandes empresas como Netflix o Spotify usan algoritmos de Machine Learning para aprender de los gustos de sus usuarios y realizar recomendaciones de contenido basado en esos datos.

Definiendo de manera más sencilla, se puede decir que Machine Learning es un algoritmo encargado de alimentar de datos a un ordenador y mediante el uso de métodos estadísticos mejorar progresivamente una tarea, sin ser programado específicamente para cumplir con esa tarea.

Dentro de las técnicas de Machine Learning se encuentra el Deep Learning o aprendizaje profundo por su traducción al español, esta técnica de análisis usa una arquitectura conocida como red neuronal, esta red neuronal no es más que un algoritmo que simula el comportamiento de una neurona de nuestro cerebro, la unión de estas neuronas artificiales crea una red neuronal. Ver **Ilustración 54**.

El éxito del Deep Learning depende de las combinaciones de estas neuronas, ya que dados los parámetros iniciales habrá una combinación correcta para llegar al resultado deseado, es por eso que el Deep Learning requiere de un entrenamiento previo para realizar combinaciones aleatorias hasta conseguir un error mínimo en la predicción.

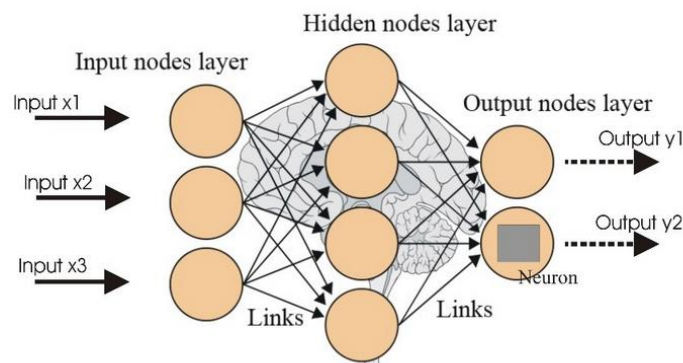


Ilustración 54: Estructura de una red neuronal artificial.
Fuente: www.lisdatasolutions.com

2.6.2. Algoritmos de machine learning

Existen 3 tipos de algoritmos de machine learning, estos se clasifican de acuerdo al tipo de aprendizaje que implementan.

- **Aprendizaje supervisado**

Estos algoritmos se basan en los datos de entrenamiento que han sido previamente etiquetados, el programa tomará decisiones o realizará predicciones en base a la etiqueta definida en los datos. Un ejemplo de este algoritmo es un programa que identifica fotos de animales, los datos de entrenamiento serian fotografías de animales en las cuales se ha seleccionado el animal y colocado un nombre, el programa podrá identificar el animal analizando los patrones de las imágenes y comparando con las etiquetas de sus datos de entrenamiento.

- **Aprendizaje no supervisado**

Estos algoritmos no cuentan con datos de entrenamiento, simplemente navegan entre la información buscando patrones para poder clasificar y organizar los datos de forma que se pueda interpretar, un ejemplo de esto es el marketing en las redes sociales, aquí los algoritmos analizan una gran cantidad de información de los usuarios buscando preferencias de los usuarios y de esta forma se puede segmentar a los usuarios y enviar publicidad acorde a los gustos de cada grupo.

- **Aprendizaje por refuerzo**

Este algoritmo tiene como finalidad aprender de su experiencia, usando un sistema de recompensas por resultados, estos programas pueden tomar decisiones en diferentes situaciones realizando un proceso de prueba y error en el cual se asigna un valor de recompensa por cada decisión correcta, estos algoritmos son usados comúnmente para realizar reconocimiento facial.

2.6.3. *Entrenamiento de algoritmos para Machine Learning*

A pesar de existir algoritmos de aprendizaje no supervisado aun es necesaria la intervención humana como retroalimentación del proceso, esto con la finalidad de mejorar la precisión de los resultados, es por esto que para los algoritmos de aprendizaje por refuerzo y aprendizaje supervisado se requiere de un código de entrenamiento que enseñe al algoritmo que datos debe reconocer o que patrones buscar.

Es en este proceso de intervención humana que nace el Machine Learning Training, este concepto involucra la participación humana en el proceso de aprendizaje del algoritmo, la intervención se realiza en 3 niveles, el primero es la

preparación de datos para entrenamiento, segundo la verificación de los resultados y el tercero la retroalimentación del sistema; para realizar esta intervención es necesario disponer de datos para poder implementar y analizar en cada una de las etapas, estos datos se clasifican de la siguiente forma

- **Datos de entrenamiento**

Necesarios para el proceso inicial, estos datos son necesarios para que el algoritmo reconozca los patrones que deseamos, estos datos podrán variar de acuerdo a la retroalimentación.

- **Datos de validación**

Utilizados para verificar la precisión del algoritmo, estos datos son muy diversificados ya que en ciertos casos se pueden usar para mejorar el entrenamiento del algoritmo.

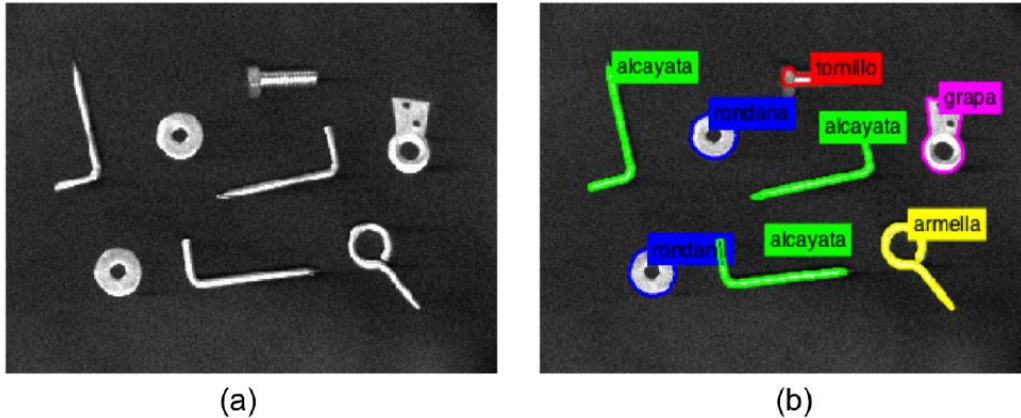
- **Datos de prueba**

Usados para probar la capacidad del algoritmo para generar nuevas respuestas teniendo como base su entrenamiento inicial, cabe recalcar que estos datos de prueba no deben verse involucrados en el entrenamiento ni la validación.

2.7. Clasificación de imágenes y detección de objetos

La clasificación de imágenes pertenece al campo de la inteligencia artificial ya que los algoritmos requieren de esta tecnología para poder identificar el elemento de la imagen que se desea clasificar, sin embargo, la detección de objetos no pertenece a este grupo ya que si bien hay algoritmos de inteligencia artificial que me permiten reconocer objetos también hay algoritmos de tratamiento de imágenes que me permiten llegar al mismo resultado.

La detección de objetos se remonta al principio básico de reconocer una forma dentro de una fotografía, es decir un círculo, un cuadrado, un color u objetos con geometrías definidas, es por eso que los algoritmos de tratamiento de imágenes pueden reconocer los objetos aplicando filtros para determinar sus formas. En la **Ilustración 55** la imagen “a” es una fotografía de unos accesorios de ferretería que luego de ser procesada con algoritmos de tratamiento de imágenes se obtiene la imagen “b” en el cual se han reconocido y subrayado cada uno de esos elementos.



(a) (b)
Ilustración 55: Detección de objetos mediante el uso de algoritmos de tratamiento de imágenes.
Fuente: Centro de Investigación en Computación del I.P.N.

La clasificación de imágenes se encarga de reconocer o clasificar la imagen o el elemento de que se encuentra dentro de la imagen, los algoritmos de clasificación no solo se basan en reconocer una figura geométrica, buscan patrones en capas de colores, formas, filtros y figuras para definir el elemento que se encuentra en la imagen, es por esto que para realizar un reconocimiento o clasificación de imágenes se necesita un entrenamiento previo así el algoritmo sabrá que patrones debe buscar en cada imagen nueva que se le proporcione.

Cabe recalcar que al clasificar una imagen se categoriza toda la fotografía como tal, por lo cual, al utilizar estos algoritmos no se podrá diferenciar los distintos elementos que la componen, sin embargo, para poder diferenciar los objetos de una fotografía se puede aplicar algoritmos de Machine Learning y redes neuronales para potenciar el reconocimiento de objetos pudiendo ubicar y etiquetar dentro de una fotografía los elementos que se requiera. En la **Ilustración 56** se puede apreciar en breves rasgos la diferencia entre usar algoritmos de Machine Learning para clasificar imágenes y reconocer objetos.

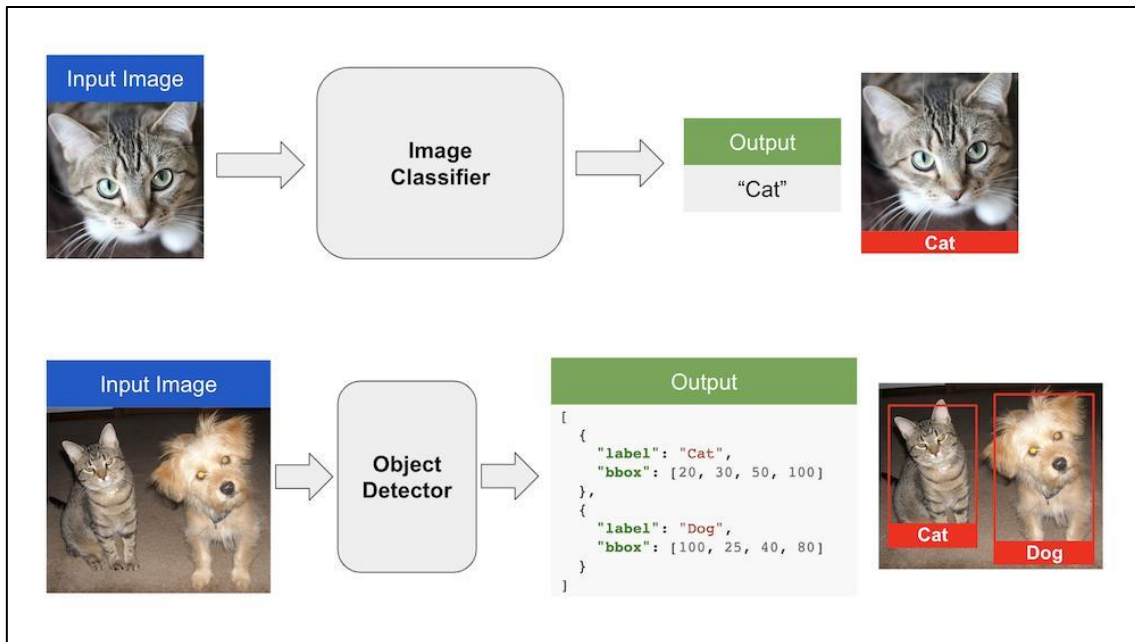


Ilustración 56: Resultados de clasificar imágenes y reconocer objetos con Inteligencia Artificial.
Fuente: www.programmerclick.com

2.7.1. *TensorFlow y Keras*

En el mercado existen varias librerías para crear modelos de Machine Learning, las más usadas son TensorFlow y Keras, estas dos bibliotecas de código abierto son la mejor solución a problemas que requieran de la implementación de inteligencia artificial; TensorFlow como herramienta de computación numérica (Google Brain, 2021) sienta las bases para construir y entrenar redes neuronales, esto combinado con Keras que es una biblioteca de redes neuronales, la cual permite gestionar bloques de aprendizaje creados en TensorFlow y desarrollarlos para realizar mejoras puntuales al modelo original.

Keras y TensorFlow tiene la capacidad de funcionar muy bien en conjunto ofreciendo una plataforma potente y fácil de desarrollar al momento de entrenar algoritmos de inteligencia artificial.

Esta combinación de bibliotecas permite crear y entrenar redes neuronales para innumerables aplicaciones, varias de ellas son de libre acceso en repositorios digitales, sin embargo, requieren de conocimientos avanzados de programación para ser implementadas y mejoradas.

2.7.2. *Teacheable Machine*

Es una herramienta web automatizada para entrenar modelos de Machine Learning, esta plataforma está diseñada de tal forma que cualquier usuario sin conocimiento de programación pueda crear un algoritmo de inteligencia artificial,

solo se necesita disponer de los datos de entrenamiento para cargarlos en el portal y la web se encarga de crear el código fuente, esta web permite trabajar con imágenes, sonidos y posturas corporales.

Esta web es una solución simple para probar valores de calibración de redes neuronales, en el caso de clasificación de imágenes solo se debe cargar las categorías y las imágenes para el entrenamiento, el procesamiento se realiza en los servidores de Google y el resultado se puede obtener en distintos lenguajes de programación lo que facilita la implementación del modelo en la web.

2.8. Procesamiento

El costo computacional que demanda procesar algoritmos de inteligencia artificial es alto, ya que requiere procesar grandes cantidades de datos en forma paralela es por eso que Google Brain Team en el año 2016 implementó los TPU o unidades de procesamiento de tensores, los cuales son procesadores exclusivos para entrenamientos de redes neuronales, este tipo de procesadores ofrecen un rendimiento de hasta 10 veces mayor en comparación de los sistemas tradicionales (Cicero.AI, 2021).

Es con esta iniciativa que varias empresas ofrecen el servicio de procesamiento en la nube ya que se tiene la opción de elegir entre CPU, GPU y TPU para ejecución del programa, estos servidores incorporan una máquina virtual en el cual se ejecuta el entorno de desarrollo, varias empresas también ofrecen códigos fuente de inteligencia artificial los cuales se pueden adaptar a las necesidades de los usuarios reduciendo notablemente el desarrollo de nuevos sistemas.

2.8.1. Google Coolab

Es el entorno de desarrollo de Google, este se encuentra en la nube y es de acceso gratuito, tiene la facilidad de conectar la máquina virtual a su almacenamiento de Google Drive lo que facilita el manejo de archivos, este entorno dispone de herramientas nativas para Machine Learning, se pueden ejecutar sin la necesidad de instalar ninguna librería, además en su versión gratuita proporciona acceso a unidades CPU, GPU y TPU para procesamiento de datos, la asignación de recursos es dinámica por lo cual no se sabe con certeza la capacidad del hardware que se dispone, sin embargo en esta versión permite realizar procesos por 12 horas continuas antes de requerir otra conexión.

Google Coolab usa un entorno de cuadernos basado en las notebooks de Jupiter,

estos cuadernos tienen la ventaja de poder ejecutar el código por partes sin interferir en el resto del proceso pudiendo conocer los resultados generados en cada bloque del programa, otra de las ventajas es que ya incorpora Python, Keras y TensorFlow que son las herramientas básicas para iniciar con los algoritmos de inteligencia artificial.

Coolab también incorpora conexión directa con los repositorios de GitHub lo cual facilita la importación de cualquier programa alojado en esta plataforma, también ofrece la facilidad de almacenar nuestro código en este repositorio.

2.8.2. IBM Watson

Es la inteligencia artificial de IBM que pone a servicio de desarrolladores asistencia, códigos fuente y herramientas para el desarrollo de inteligencia artificial en múltiples áreas, su ventaja más notable son los algoritmos fuente sobre los que se puede trabajar para implementar soluciones óptimas disponiendo de los algoritmos mejorados por IBM, también dispone de altas capacidades de procesamiento para los proyectos, dispone de una versión de prueba de 30 días en sus versiones más básicas, posterior a este tiempo tiene un costo que se estima acorde a la cantidad de recursos necesarios para ejecutar el código creado.

Su entorno de desarrollo también se basa en las notebooks de Jupiter y se desarrolla completamente en la nube permitiendo a más de un usuario acceder y editar el código fuente.

Es una de las mejores alternativas para el desarrollo de inteligencia artificial ya que dispone de cientos de entornos que están diseñados específicamente para el desarrollo de un área de inteligencia artificial, es así que dispone de una sección exclusiva para Machine Learning orientada a la traducción en tiempo real, análisis de datos médicos, motores de búsqueda y análisis de contenido entre otros.

2.8.3. Amazon Web Service

La plataforma de Amazon para servicios basados en la nube, también se conoce como AWS por sus siglas, al igual que IBM dispone de un gran catálogo de servicios, pero en el caso de Amazon están más orientados a optimizar procesos empresariales es así que en la mayoría de entornos de desarrollo que ofrecen incorporan algoritmos de inteligencia artificial orientados a buscar soluciones óptimas a líneas de código o áreas de procesamiento que consuman cantidades considerables de recursos.

Dentro de su amplio catálogo de productos se encuentra la sección de Machine Learning en la cual ofrecen potencia de procesamiento con un sistema de costo basado en los recursos consumidos, también incorporan herramientas de inteligencia artificial que facilitan el desarrollo y análisis de los algoritmos ofreciendo soluciones para optimizar los códigos, además de disponer de una estructura de desarrollo que facilita el lanzamiento a producción de algoritmos.

Su entorno de desarrollo está basado en los notebooks de Jupiter con lo cual se une a la competencia al ofrecer un entorno familiar y fácil de manejar.

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

Para poder optimizar los diseños eléctricos es necesario implementar nuevas tecnologías que simplifiquen los procesos repetitivos y lentos. Además, se debe ofrecer una solución que ayude a reducir la movilidad del personal de revisión y de diseño, claro manteniendo información visual actualizada del área de diseño.

Mediante la implementación de drones e inteligencia artificial para reconocimiento de estructuras, se optimizará el proceso de desglose de materiales y con el uso de ortofotos, se reducirá la movilidad del personal al disponer de imágenes y datos actualizados del área de diseño.

A continuación, se detalla el procedimiento y las herramientas necesarias para desarrollar e implementar la nueva metodología.

3.1. Procedimiento para la optimización de diseños eléctricos

Para poder implementar nuevas tecnologías que permitan optimizar el proceso de los diseños eléctricos en redes de distribución, es necesario actualizar mejorar el procedimiento tradicional. Específicamente, la Etapa 1 (levantamiento de la red existente) y la Etapa 2 (diseño de la red proyectada), ya que con el uso de un dron y herramientas informáticas se puede mejorar el desglose de la red existente y el diseño de la red proyectada.

3.1.1. Nuevo procedimiento para optimización de la Etapa 1

Para implementar este nuevo procedimiento es se necesita las siguientes herramientas:

- **Dron**

Necesario para realizar fotografías de los postes y del área de diseño

- **Software de planificación de vuelo**

Necesario para planificar la ruta por la cual se tomarán las fotografías a los postes, así como el plan de vuelo para la obtención de una ortofoto.

- **Algoritmo de clasificación de imágenes con Machine Learning**

Necesario para reconocer las estructuras existentes en los postes y realizar un desglose rápido de materiales.

- **Software de fotogrametría.**

Necesario para procesar las fotografías del plan de vuelo del dron y llegar a obtener una ortofoto de escala real del área de diseño.

El procedimiento inicia con la recolección de datos del área de diseño, en este punto se requiere conocer la longitud de la red, la altimetría y el sector en el que está ubicada. Posterior a este paso, se necesita obtener las coordenadas de los postes para planificar la ruta que deberá seguir el dron. Estas coordenadas deben ser cargadas en el software de planificación de vuelo, en el cual se trazarán las rutas de vuelo, así como los puntos de despegue y aterrizaje. Una vez planificadas las rutas, se puede proceder a simular el vuelo para verificar que los parámetros están bien configurados.

Posterior a la toma de datos en campo se procede a extraer la información del dron, estas fotografías se procesan de dos maneras: la primera, usa las fotografías puntuales de los postes y mediante un algoritmo de clasificación de imágenes se realiza el desglose de materiales; la segunda, usa las fotografías tomadas en la ruta de vuelo y mediante el procesamiento de un software de fotogrametría se crea una ortofoto. La misma servirá como ayuda visual para el levantamiento de la red existente y para el diseño de la red proyectada.

En la **Ilustración 57** se puede visualizar el nuevo procedimiento para la Etapa 1 (Levantamiento de la red existente), los bloques marcados en color rojo oscuro son los pasos y procedimientos tradicionales que se mantienen. En color naranja claro, se encuentran los nuevos pasos y procesos aplicando las herramientas planteadas en esta metodología.

En la **Ilustración 58** se puede visualizar el nuevo procedimiento para la Etapa 2 (Diseño de la red proyectada), los bloques marcados en color rojo oscuro son los pasos y procedimientos tradicionales que se mantienen. En color naranja claro, se encuentran los nuevos pasos y procesos. En esta etapa, el uso de la ortofoto reduce la necesidad de realizar verificaciones del diseño proyectado en campo, también proporciona ayuda visual y precisión al momento de ubicar elementos como postes y tensores, otra de sus ventajas es la de poder visualizar si las líneas eléctricas invadirán predios o zonas arboladas.

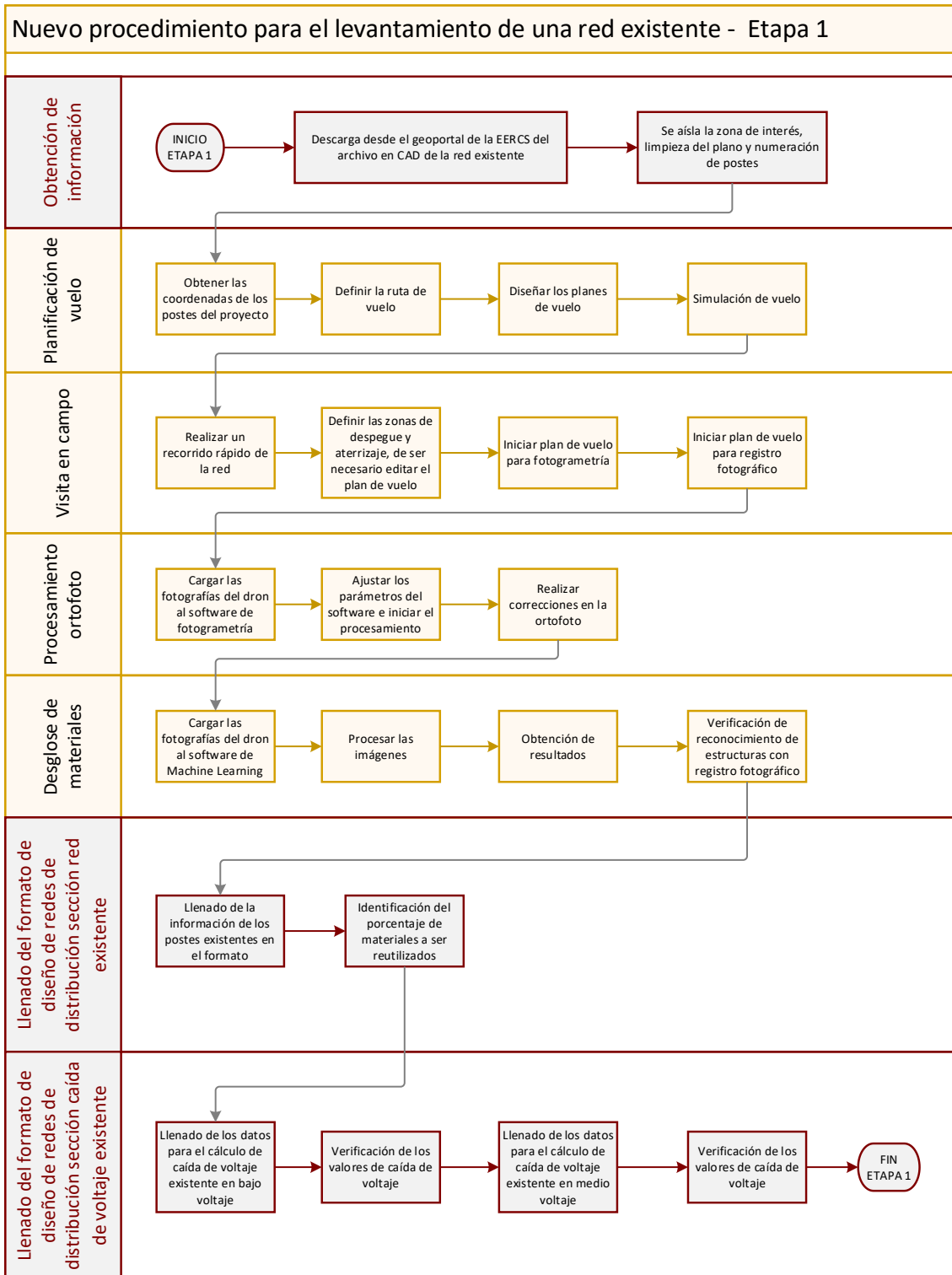


Ilustración 57: Nuevo procedimiento para el levantamiento de la red existente.

Fuente: Autor.

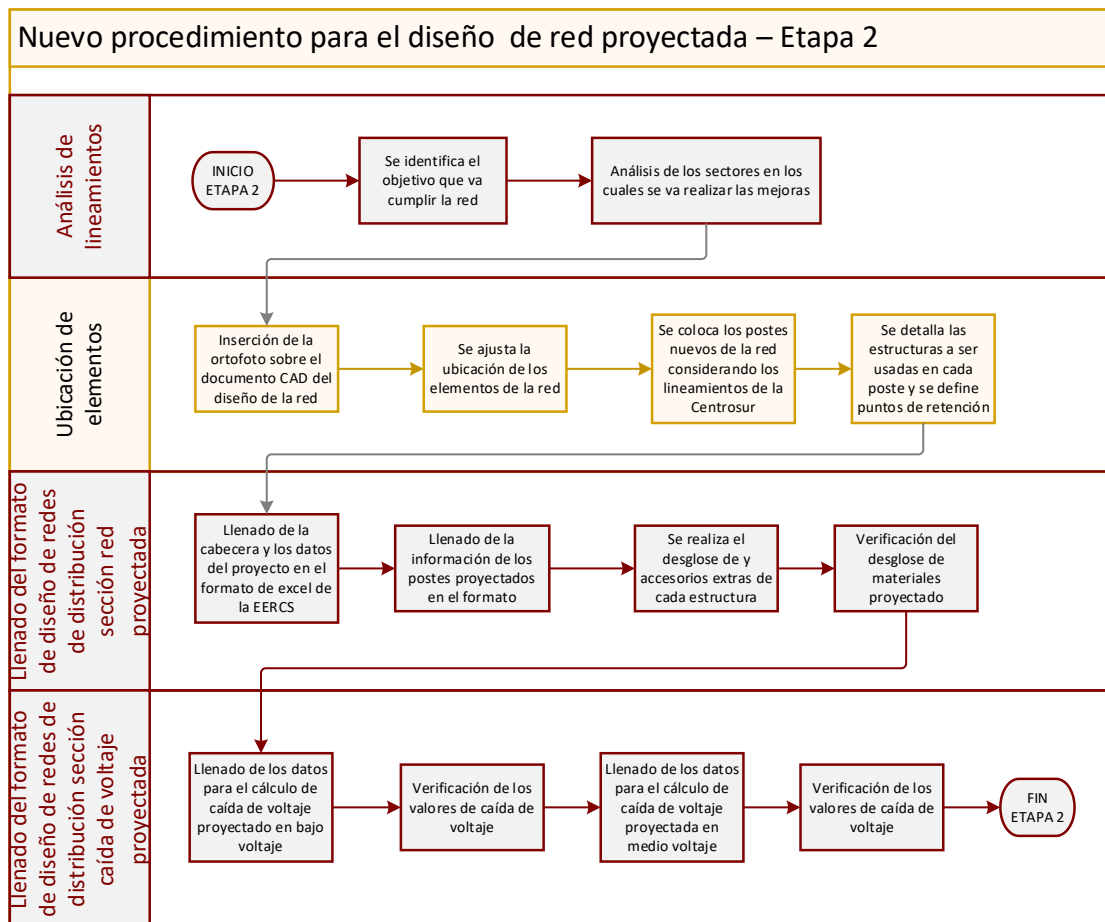


Ilustración 58: Nuevo procedimiento para el diseño de la red proyectada.
Fuente: Autor.

3.2. Dron

El dron a ser usado para la implementación de esta metodología es un Mavic Pro Platinum de la marca DJI, este equipo dispone de una autonomía de vuelo de 30min por batería y cuenta con 3 baterías, un alcance de 4 km y una cámara de 12 megapíxeles. Ver **Ilustración 59**.



Ilustración 59: Dron DJI Mavic Pro Platinum
Fuente: Autor

3.3. Obtención de coordenadas

Para obtener las coordenadas de los postes, primero se debe descargar del Geoportal de la Centro Sur C.A un archivo SIG que corresponda al área de diseño, en la **Ilustración 60** se puede apreciar la descarga del archivo SIG del área de diseño correspondiente al proyecto de la parroquia San Fernando en el sector de Cristal – Aguarongos.

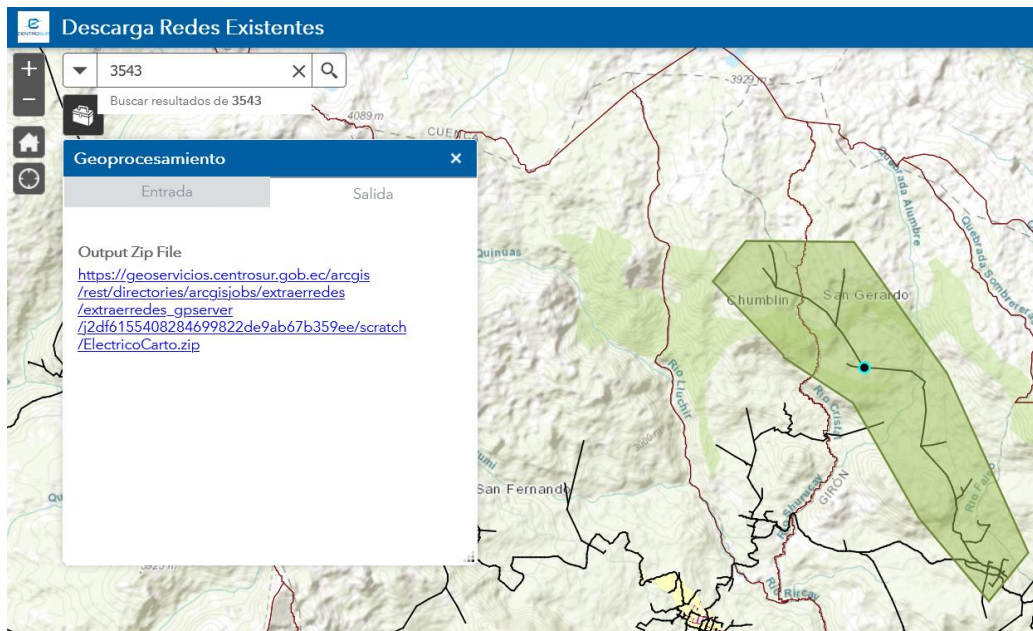


Ilustración 60: Descarga de archivo SIG desde el Geoportal de la Centro Sur C.A.– Proyecto Cristal Aguarongos.
Fuente: Autor.

Una vez que se obtenga el archivo, se debe abrir con el software ArcMap, dentro de este software se abrirá una serie de capas, las cuales están agrupadas por tipo de elementos. Una de ellas es la capa poste, en ella se encuentra toda la información de cada poste; para poder planificar el vuelo se necesita las coordenadas geográficas de los postes, para esto es necesario exportar la capa 'poste' a un archivo de tipo KML o KMZ el cual es el formato aceptado por el software UGCS.

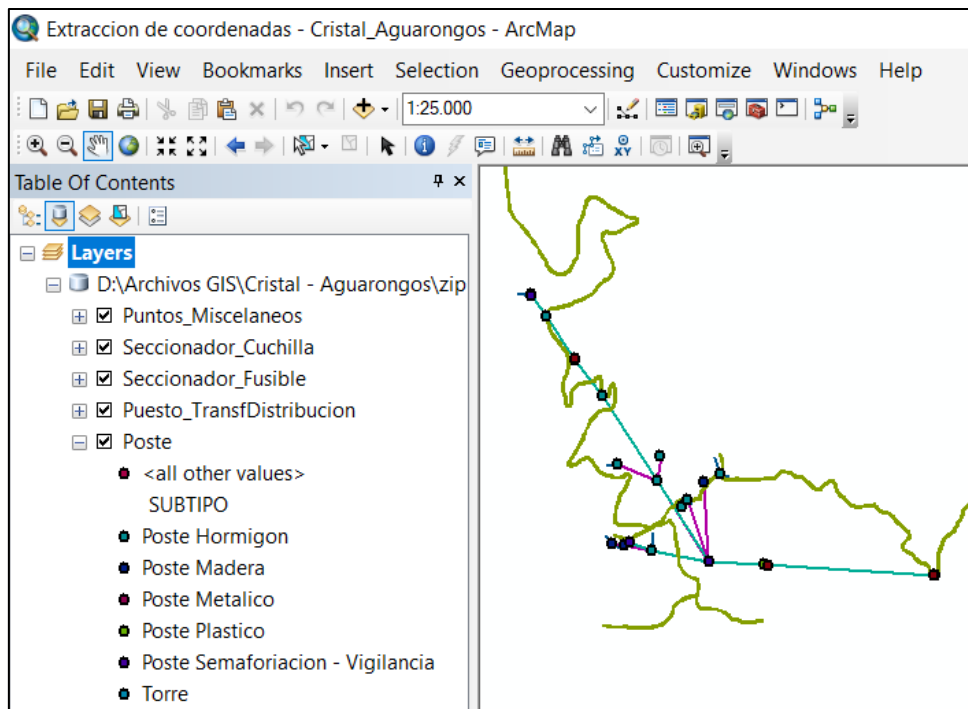


Ilustración 61: Captura de pantalla del archivo descargado desde el Geoportal, abierto en ArcMap – Proyecto Cristal Aguarongos.
Fuente: Autor.

Para obtener las coordenadas es necesario usar la herramienta ‘Layer to KML’ esta herramienta permite exportar una capa de un mapa en ArcMap a un Archivo KMZ con todas sus características originales.

En la **Ilustración 65**, a la izquierda se puede observar la ventana de ArcMap con la red existente de Cristal – Aguarongos, y a la derecha el archivo KMZ exportado y cargado en UGCS, de esta forma se obtiene los puntos GPS de los postes para realizar los planes de vuelo.

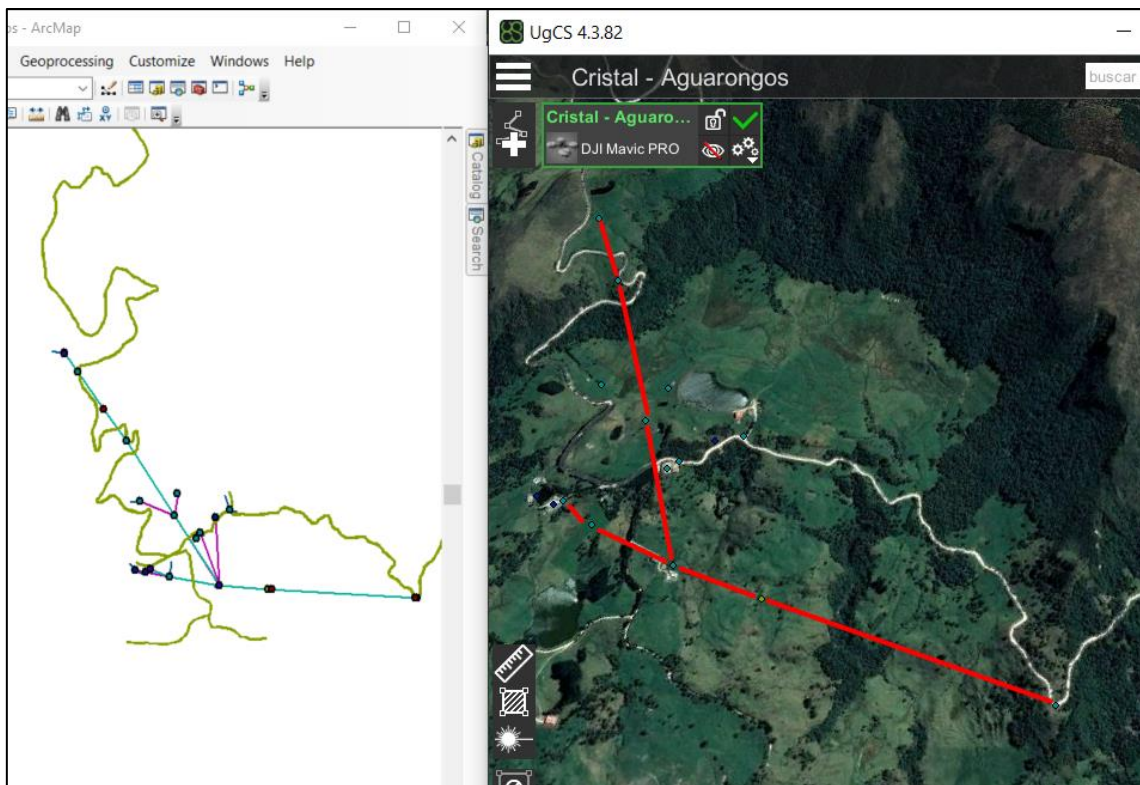


Ilustración 62: ubicación geográfica de los postes en ArcMap y UGCS respectivamente – Proyecto Cristal Aguarongos.
Fuente: Autor.

3.4. Plan de vuelo

La planificación de los vuelos se realiza con el software UGCS, el cual en su versión de pago permite cargar puntos GPS y realizar simulaciones de los vuelos trazados usando la telemetría y especificaciones del dron DJI Mavic Pro Platinum.

En la **Ilustración 63**, se puede apreciar una captura de pantalla de un plan de vuelo para fotogrametría de la parroquia de Molleturo, en este plan de vuelo se puede observar una línea verde que representa la ruta que seguirá el dron. En la parte inferior de la imagen, se puede apreciar el perfil de elevación del terreno y el ajuste de vuelo del dron manteniendo una altura de 90 metros sobre el perfil de elevación. En la sección derecha, se aprecia la telemetría del dron que entrará en funcionamiento al iniciar la simulación. En la parte izquierda, se encuentran los parámetros a ajustar para la configuración del vuelo.

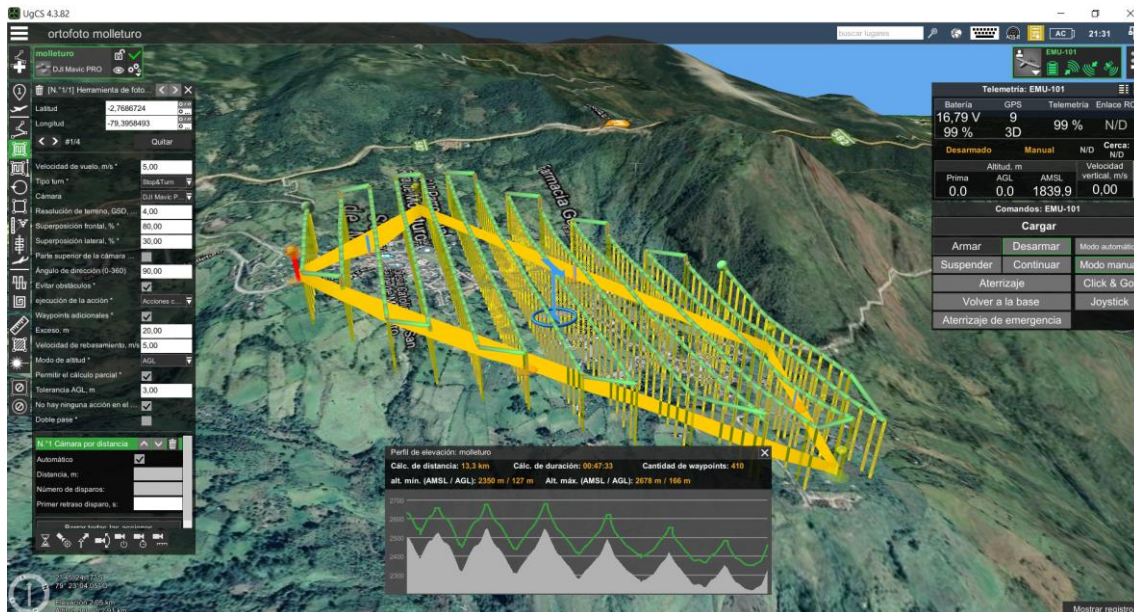


Ilustración 63: Plan de vuelo para fotogrametría en la parroquia Molleturo.
Fuente: Autor.

3.4.1. Consideraciones y parámetros para el vuelo

Para realizar la planificación del vuelo para fotogrametría es necesario considerar varios aspectos como altitud de vuelo, GSD, traslape, elevación del terreno, obstáculos, entre otros.

Las configuraciones iniciales, se realizan desde la ventana de parámetros del UGCS, como se puede apreciar en la **Ilustración 64**, aquí se configura los valores iniciales de vuelo con los siguientes valores; la altura de despegue sobre el suelo en 70 metros la cual se mantendrá durante el vuelo. La altura máxima sobre la tierra se configura en 500 metros que es lo máximo permitido por el dron, la altura de retorno a la base se configura en 120 metros para evitar cualquier tipo de obstáculo y desniveles del terreno. Se selecciona el tipo de trayectoria “en segura” para que los sensores del dron se mantengan activos y pueda evitar objetos. En “acción al perder RC” se define que acción toma el dron en caso de perder señal con el control, se define en continuar, así si el dron pierde comunicación con el control continuará realizando la misión hasta llegar al punto de aterrizaje. En, se puede apreciar la pantalla de parámetros con los valores configurados.



Ilustración 64: Configuración de parámetros iniciales del plan de vuelo para el proyecto Cristal – Aguarongos
Fuente: Autor.

La segunda configuración corresponde al punto de despegue, aquí se debe configurar la altitud a la cual se eleva el dron, en este caso está configurado a 70 metros ya que esa es la altitud de vuelo para capturar las imágenes, la velocidad de vuelo se coloca en 5 m/s, esta es la velocidad de ascenso del dron y también se usa este mismo valor para la velocidad de vuelo, 5 m/s se considera una velocidad óptima para la toma de fotografías. Una velocidad menor reducirá el tiempo de vuelo, ya que el dron irá más lento y consumirá más batería, una velocidad más alta impide que la cámara enfoque correctamente, por lo que hay gran probabilidad de que las fotos salgan borrosas.

En esta configuración debe estar activo la función de evitar obstáculos y evitar terreno para asegurar que el despegue del dron sea exitoso, posterior a configurar la altura de despegue se agrega el parámetro de actitud de cámara, este parámetro sirve para configurar las acciones que realiza la cámara en cada punto, se puede ajustar rotación, inclinación, giro y nivel de zoom, para el vuelo de fotogrametría solo se debe ajustar el valor de inclinación a 90 grados, lo cual rotara la cámara hacia abajo enfocando el terreno debajo del dron. En la **Ilustración 65** se puede observar el punto de despegue con los parámetros mencionados.

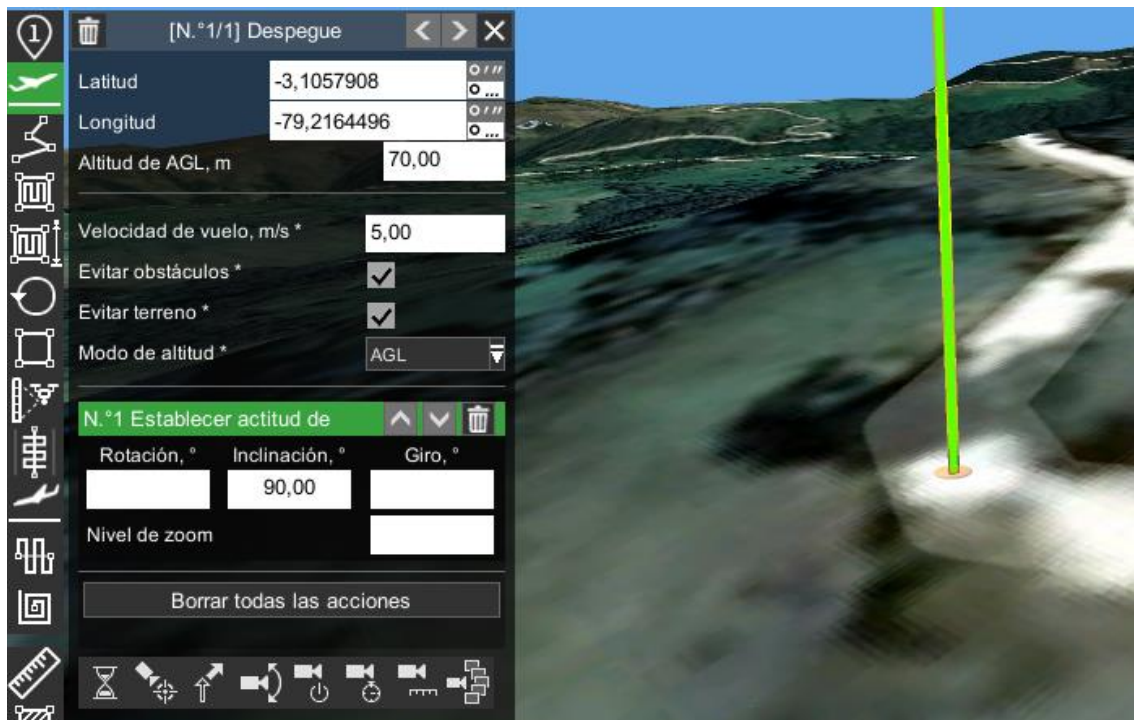


Ilustración 65: Configuración de punto de despegue del plan de vuelo para el proyecto Cristal – Aguarongos
Fuente: Autor.

Posterior a configurar el punto de despegue se debe trazar la ruta, para el vuelo de fotogrametría se usa la configuración “mapeo de corredor”, la cual permite definir una ruta lineal que seguirá el dron. Para esta configuración, se debe tener presente las siguientes consideraciones:

- La ruta de vuelo deberá seguir la carretera por la que se diseñará la red proyectada.
- En lo posible se debe realizar tramos de vuelo largos entre puntos.
- La longitud total del vuelo no puede ser mayor a 1.5 km debido a la autonomía de la batería.
- La altitud de vuelo estará en función de la resolución espacial o GSD.
- La altitud de vuelo será ajustable respecto a la elevación del terreno.
- El punto de aterrizaje debe ser una zona amplia y despejada de redes eléctricas y árboles.

Los valores de los parámetros del mapeo son los siguientes:

Tipo turn: O tipo de giro se configura en ‘Adaptative’ lo que permite al dron girando mientras avanza.

Ancho.m: El ancho del callejón que se desea capturar, este valor también determina la cantidad de veces que se repite la ruta. Para esta metodología, se define en 40 m ya que no es necesario capturar gran cantidad de terreno.

Velocidad de vuelo, m/s: Se define en 5 m/s, como la velocidad ideal antes mencionada.

Cámara: Se configura por defecto la cámara del dron DJI Mavic Pro.

Resolución de terreno GSD: Se configura en 2 con lo cual se tiene una altura de vuelo de aproximadamente 65 a 70 metros. Este valor se considera ideal para obtener grande detalle del terreno con una cámara de 12 megapíxeles.

Superposición frontal, %: Se define en 80% para obtener un mayor traslape vertical y a su vez un mejor resultado en la ortofoto.

Superposición Lateral, %: Se define en 40% para obtener un mejor traslape horizontal y una ortofoto de mayor calidad.

Parte Superior de la cámara: Se define en activado, este parámetro indica si el lente de la cámara será direccionado de forma manual o automática.

Tolerancia AGL, m: Es el valor de ajuste cuando se escoge el modo de altitud AGL, este valor determina la precisión en metros que mantendrá el dron con respecto a la altitud del terreno, entre más pequeño sea más tiempo le tomará al dron calibrar su altura, este valor se define como 3 m, este es un rango aceptable y se ha observado que no interfiere al momento de procesar las fotografías.

Evitar obstáculos: Se debe mantener activado como precaución para evitar colisiones contra objetos cercanos al dron.

Modo de Altitud: Tiene dos opciones, la primera AGL (Altitud Ground Level) en español se traduce como altitud a nivel del suelo, mantiene una altura fija desde el punto de despegue sin importar los desniveles del terreno se ajusta el vuelo del dron para mantener este valor; la segunda AMSL (Altitud Mean Sea Level) en español se traduce como altitud sobre el nivel medio del mar, mantiene una altitud fija desde el punto de despegue y no ajusta su trayectoria a la topografía del terreno, se puede decir que es un vuelo recto desde la altura configurada en el punto de despegue. Se define como AGL debido a la geometría del terreno es necesario mantener el mismo GSD.

Ejecución de la acción: Tiene dos opciones, la primera, “Acciones en cada punto” configura para que las acciones de la cámara y del dron configuradas al inicio se repitan en cada Check Point; la segunda, “Solo en el arranque” permite configurar diferentes acciones para cada punto. Este parámetro se configura en “Acciones en cada punto”.

Acción en el punto inicial: se debe marcar la casilla en caso de que en el punto inicial se realice una acción diferente a la del resto del vuelo.

En la **Ilustración 66** se puede visualizar la ventana de UGCS con los valores ya mencionados y la ruta trazada.

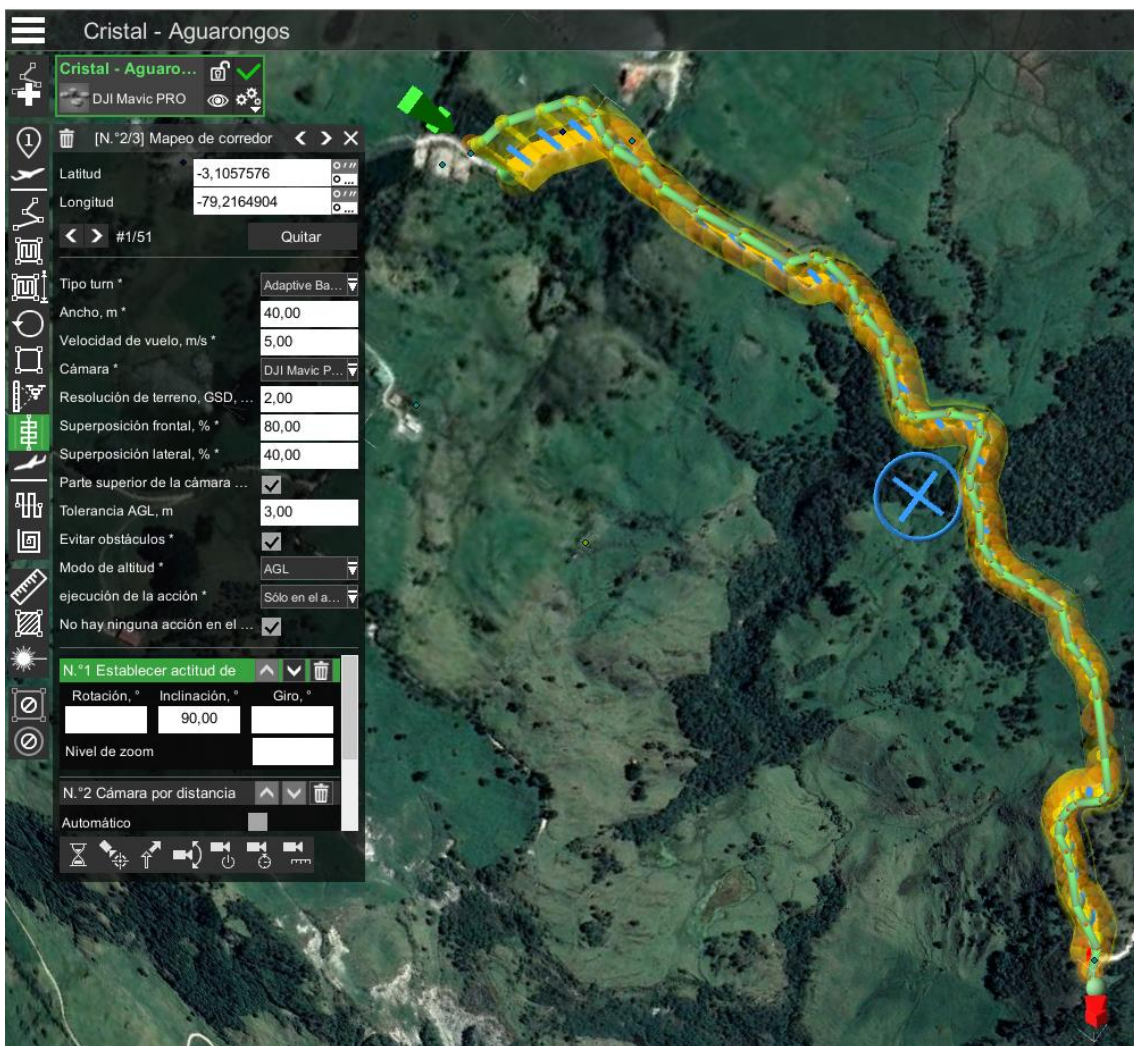


Ilustración 66: Configuración de parámetros y ruta de vuelo del proyecto Cristal – Aguarongos.
Fuente: Autor.

En la **Ilustración 67**, se puede observar en color gris el perfil de elevación del terreno y el perfil de elevación del vuelo del dron en color verde. Estos datos son estimados y se basan en la información proporcionada por servidores

geoespaciales, en el terreno natural se puede encontrar desniveles o detalles que no se consideren en la planificación del vuelo

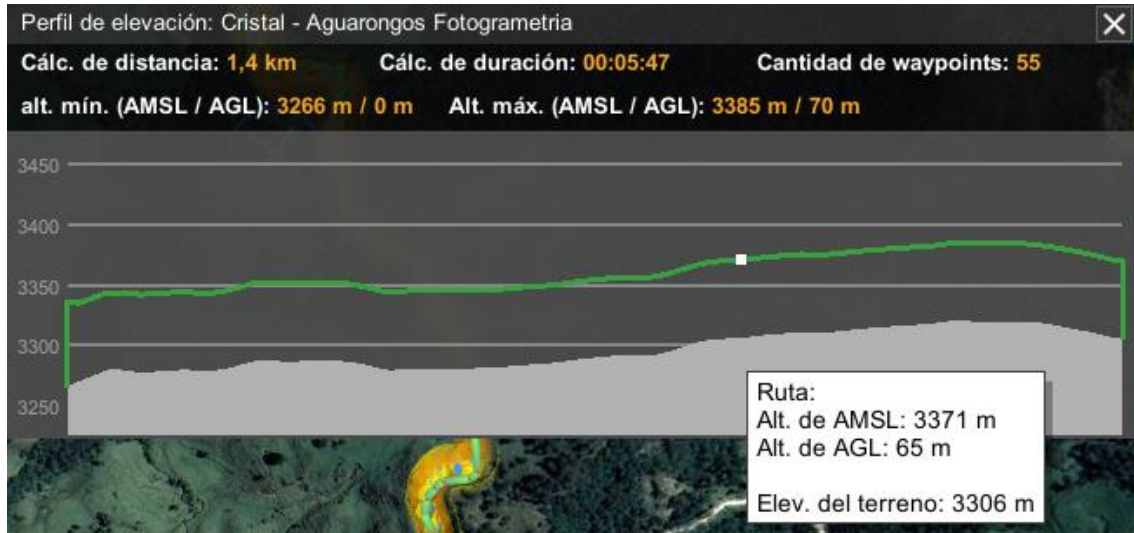


Ilustración 67: Perfil de elevación del plan de vuelo para fotogrametría de Cristal - Aguarongos
Fuente: Autor.

3.4.2. Simulación

La simulación ayuda a determinar en oficina, si el plan de vuelo ha sido configurado correctamente, aquí se debe tener conectado el dron al servidor local de UGCS para disponer de toda la telemetría del dron, principalmente del ángulo de la cámara, el estado de batería y de su plan de vuelo. La simulación no es un paso necesario, pero ayuda a encontrar errores en la planificación; sin embargo, dependiendo de factores externos siempre será necesario realizar algún ajuste en campo, por lo general en las áreas de despegue y aterrizaje.

Para poder realizar la simulación es necesario retirar las aspas del dron por motivos de seguridad, ya que el software usará los recursos del dron para realizar la simulación, en la **Ilustración 68** se puede apreciar la simulación de un vuelo. En la cual, se puede ver un iPad (que es el intermediario entre la PC y el dron), el control del dron (para el control manual de vuelo) y el dron DJI Mavic Pro.



Ilustración 68: Simulación de vuelo con un dron DJI Mavic Pro.
Fuente: Autor.

3.5. Datos obtenidos en el vuelo

Del vuelo planificado se obtienen dos grupos de imágenes, el primero son las fotografías tomadas a 70 metros de altura y con traslape que sirven para procesar la ortofoto; el segundo, las imágenes tomadas a 15 metros de altura que corresponden a las imágenes de los postes para el desglose de materiales. En la **Ilustración 69** se puede apreciar una fotografía de vuelo para fotogrametría y en la **Ilustración 70** una fotografía a 15 metros para el desglose de materiales.



Ilustración 69: Fotografía de un poste del proyecto Cristal – Aguarongos tomada a 70 metros de altura.
Fuente: Autor.



Ilustración 70: Fotografía de un poste del proyecto Cristal – Aguarongos tomada a 15 metros de altura.
Fuente: Autor.

3.6. Procesamiento de imágenes

El procesamiento de imágenes se divide en dos grupos: el primer grupo, procesa las imágenes tomadas a grandes alturas y se lo realiza con la finalidad de obtener una ortofoto del terreno; el segundo grupo, procesa las imágenes tomadas específicamente de los postes y se lo realiza con la finalidad de obtener el desglose de materiales., Cada grupo, se procesa con un software diferente; a continuación, se describe los programas usados para procesar estos dos grupos de imágenes.

3.6.1. Web ODM

Es el software OpenSource que se usa para realizar el procesamiento de fotogrametría, este software requiere de una instalación con líneas de comando y se ejecuta de manera local por medio de un navegador web. Con WebODM, se puede procesar las imágenes para obtener ortofotos, curvas de nivel, modelos 3D y nubes de puntos, toda esta información en un solo procesamiento. La información generada sirve para tener una perspectiva más clara de la geografía del terreno, lo que ayuda a mejorar el diseño de la red proyectada. En la **Ilustración 71**, se puede apreciar la interfaz de resultados de WebODM en la cual se muestra los valores resultantes del procesamiento de 235 imágenes en un tiempo de 37 minutos.

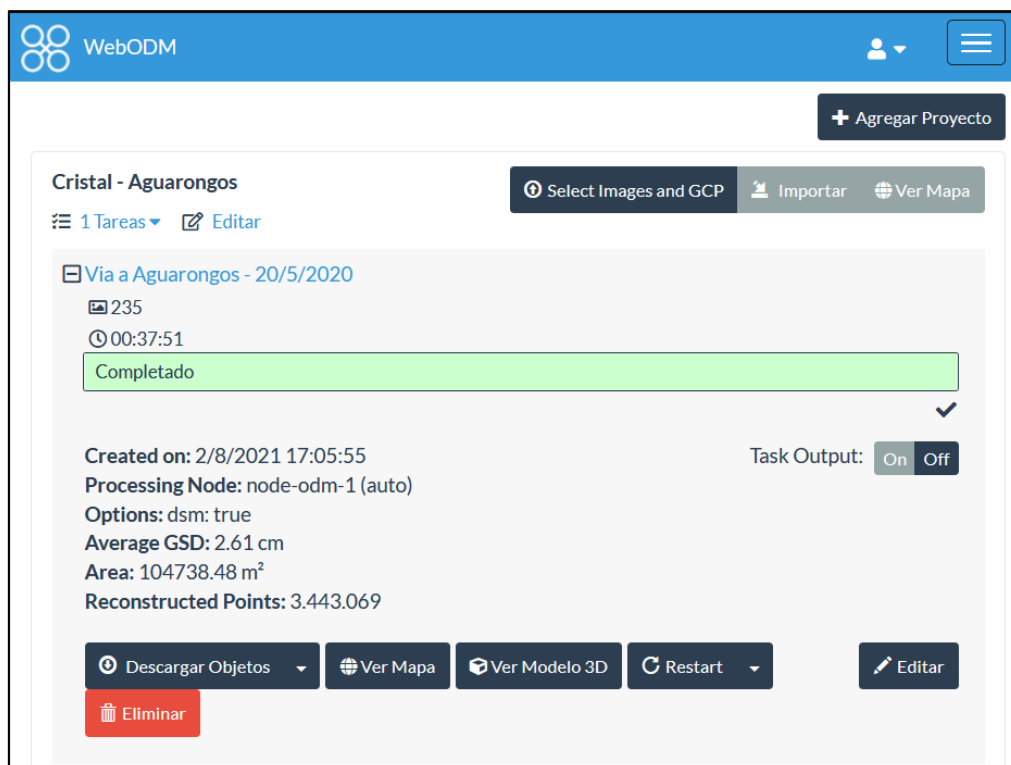


Ilustración 71: Captura de pantalla del procesamiento del proyecto Cristal – Aguarongos.
Fuente: Autor.

3.6.1.1. Ortofoto

Para generar la ortofoto es necesario disponer de todas las imágenes capturadas por el dron durante el vuelo, estas imágenes se cargarán en un nuevo proyecto creado en WebODM, se debe configurar el nodo de procesamiento en “Auto” esto para que se procese de forma automática en el ordenador.

En la sección de opciones, se debe seleccionar el resultado que se desea obtener del procesamiento. Se puede definir en “Custom” si se desea obtener todos los resultados para analizar la geografía del terreno, o en “Fast Orthophoto” si se desea solo la ortofoto. Lo recomendable es la primera opción, ya que con esta se obtiene todos los resultados para realizar un diseño con todas las consideraciones del terreno. En la **Ilustración 72** se puede apreciar el menú desplegable de WebODM con las opciones de procesamiento.

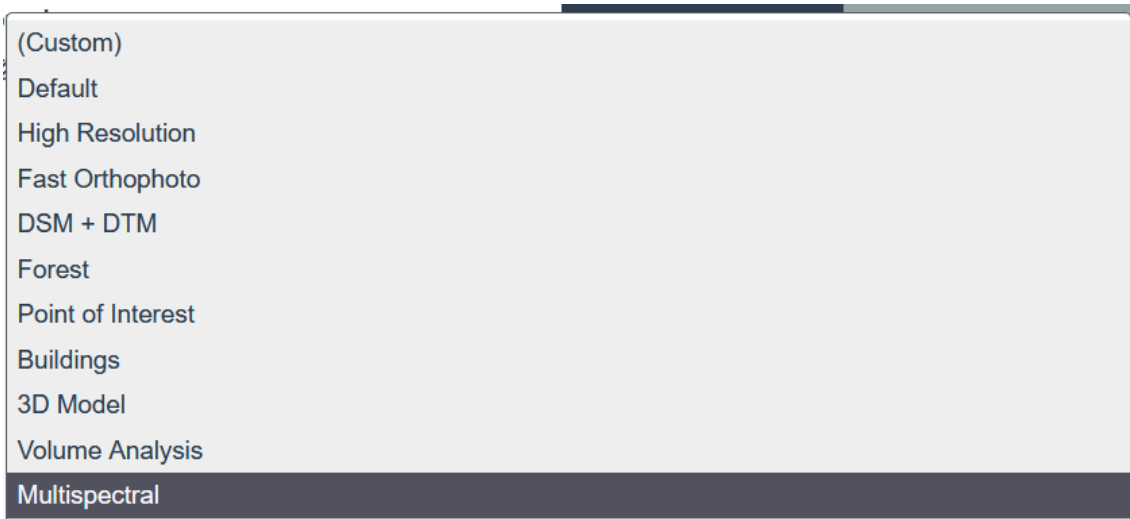


Ilustración 72: Menú desplegable del ítem de opciones en la configuración de WebODM.
Fuente: Autor.

El último parámetro a configurar es el de “Redimensionar imágenes”, este valor reduce el tamaño de las imágenes con la finalidad de acelerar el procesamiento. Si el valor es muy pequeño, se pierde resolución en los detalles de las imágenes y si el valor es demasiado alto el procesamiento será muy lento, consumirá más recursos de los necesarios; por lo tanto, es recomendable dejar en la opción “sí” y con el valor por defecto de “2048” píxeles. Este valor reduce a la mitad las fotografías, lo que logra un buen resultado en tiempo de proceso y calidad de la ortofoto. En la **Ilustración 73**, se puede apreciar la ventana de configuración de parámetros para el procesamiento de imágenes.

prueba Select Images and GCP Importar Ver Mapa

[Editar](#)

104 files selected. Please check these additional options:

Nombre

Via a Aguarongos - 20/5/2020

Nodo de procesamiento

Auto

Opciones

(Custom)

[Editar](#)

Redimensionar imágenes

Si 2048 px

[Cancelar](#) [Review](#)

Ilustración 73: Configuración de parámetros para el procesamiento de fotografías en WebODM.
Fuente: Autor.

3.6.2. Algoritmo de clasificación de imágenes

Este algoritmo se basa en el código fuente generado por Teachable Machine. Es una plataforma OpenSource que permite entrenar modelos mediante Machine Learning de forma sencilla, sin necesidad de generar grandes líneas de código. En esta plataforma, se ha entrenado un modelo con un total de 1401 imágenes de las diferentes estructuras monofásicas y trifásicas de las redes de distribución.

Las imágenes para el entrenamiento, se han obtenido en la ciudad de Cuenca de las redes de distribución de la Centro Sur. Tienen un tamaño aproximado de 150x150 pixeles, han sido capturadas desde tierra para evitar elementos externos a la estructura. De esta manera, es más fácil para el algoritmo de inteligencia artificial reconocer la forma de una estructura por lo que incrementa la precisión del modelo. En la **Ilustración 74**, se puede visualizar una estructura monofásica centrada de paso usada en el entrenamiento del algoritmo de Machine Learning



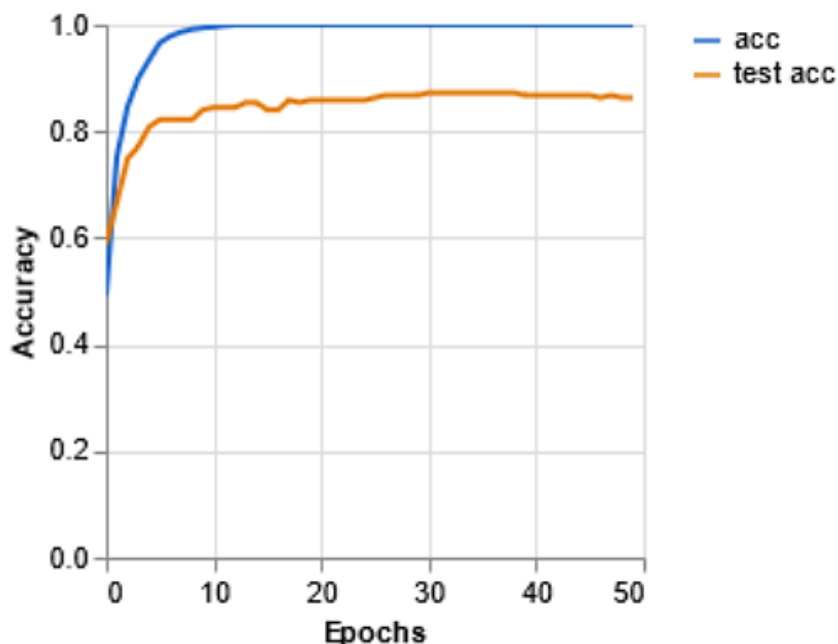
Ilustración 74: Fotografía usada para el entrenamiento de Machine Learning – estructura 1CP.
Fuente: Autor.

Para el entrenamiento del modelo se configuro en 50 épocas con un tamaño de 16 muestras y la taza de aprendizaje en un valor de 0.001 . En la **Ilustración 75**, se puede apreciar la interfaz de entrenamiento con los valores mencionados, en la parte derecha de la ilustración se puede apreciar una imagen de prueba y el porcentaje de reconocimiento de la estructura con respecto al modelo generado.

The screenshot shows the Teachable Machine interface. On the left, there are three image galleries: '1bd' with 68 samples, '1ca' with 247 samples, and '1cd'. The 'Preparación' (Preparation) panel in the center shows settings: 'Modelo preparado', 'Avanzado' (Advanced) section with 'Épocas: 50', 'Tamaño del lote: 16', and 'Tasa de aprendizaje: 0,001'. There are buttons for 'Restablecer valores predeterminados' and 'Más datos'. On the right, the 'Vista previa' (Preview) section shows a test image of a utility pole and a 'Salida' (Output) section with a progress bar for '1cd' at 100%.

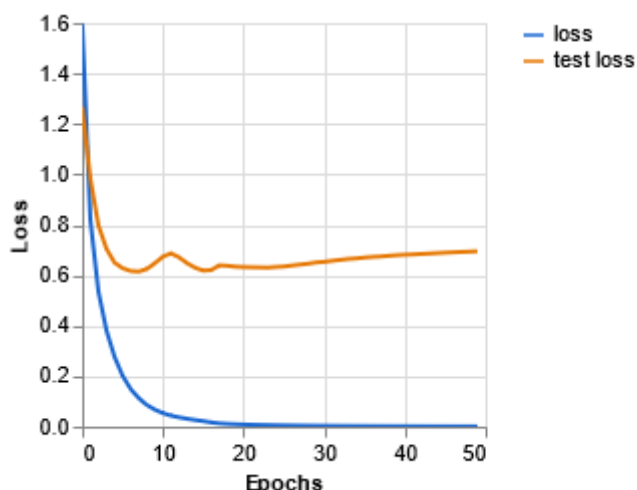
Ilustración 75: interfaz de entrenamiento de Teachable Machine.
Fuente: Teachable Machine – Entrenamiento.

En la **Gráfica 1**, se puede apreciar la precisión por época del modelo generado en Teachable Machine, en color naranja se muestra la precisión del modelo generado con un porcentaje de precisión del 87%; en color azul se muestra una curva de precisión ideal. Esto nos indica que el entrenamiento de nuestro modelo tiene un 87% de precisión.



Gráfica 1: Precisión por época
Fuente: Teachable Machine – Entrenamiento

En la **Gráfica 2**, se puede apreciar la pérdida por época generada en Teachable Machine, en color azul se muestra una curva ideal de pérdida, en color naranja la curva de pérdida del modelo usado con un valor máximo de 0.69 en la época 50. La pérdida por época indica el nivel de aprendizaje del modelo, mientras más cercano a cero mejores serán las predicciones y mayor será la confiabilidad del modelo.



Gráfica 2: Pérdida por época
Fuente: Teachable Machine – Entrenamiento

El modelo generado en la interfaz de entrenamiento se puede exportar para ser modificado o puede subirse a la nube de Google para que se pueda acceder mediante un enlace, este modelo puede descargarse en lenguaje Python o JavaScript.

En la **Ilustración 76**, se puede apreciar la ventana de exportación del modelo final de teachable machine en que se encuentran varias opciones de lenguajes de programación, entre ellas TensorFlow Lite que permite correr el código de Inteligencia Artificial en dispositivos móviles.

Exportar el modelo para usarlo en proyectos. X

Tensorflow.js ⓘ TensorFlow ⓘ TensorFlow Lite ⓘ

Exporta tu modelo:

Subir (enlace para compartir) Descargar

Tu enlace para compartir:

https://teachablemachine.withgoogle.com/models/[...]

Cuando subas el modelo, Teachable Machine lo alojará en este enlace de forma gratuita. (Preguntas frecuentes: ¿Quién puede usar mi modelo?)

Fragmentos de código para usar el modelo:

Javascript p5.js Contribuye en Github

Learn more about how to use the code snippet on [github](#).

```
<div>Teachable Machine Image Model</div>
<button type="button" onclick="init()">Start</button>
<div id="webcam-container"></div>
<div id="label-container"></div>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs@1.3.1/dist/tf.min.js"></script>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@teachablemachine/image@0.8/dist/teachablemachine-image.min.js"></script>
<script type="text/javascript">
  // More API functions here:
  // https://github.com/googlecreativelab/teachablemachine-community/tree/master/libraries/image

  // the link to your model provided by Teachable Machine export panel
```

Ilustración 76: Venta de exportación de modelo finalizado en Teachable Machine.
Fuente: Autor.


Para poder realizar las modificaciones y llegar a obtener un desglose de materiales, se descargó el código fuente en lenguaje JavaScript y se agregó una función para la importación de varias imágenes y una función para el cálculo total de materiales en base al conjunto de imágenes importadas.

3.6.2.1. **Desglose de materiales**

El algoritmo de inteligencia artificial que realiza el desglose de materiales, se ejecuta desde un navegador web de cualquier tipo, ya que es un archivo HTML el cual está codificado en JavaScript. Este algoritmo permite cargar las imágenes de los postes, ya sea que se hayan capturado con el dron o con una cámara cualquiera; cabe destacar, que para que el reconocimiento sea más preciso la fotografía de ser exclusivamente de la estructura de medio voltaje, evitando en

lo posible que se visualicen otros elementos. Una vez cargadas las imágenes, se pulsa en el botón de procesar y el algoritmo reconoce una a una las imágenes y entrega un resultado de cada estructura reconocida y una lista de materiales correspondiente a todas las estructuras identificadas. En la **Ilustración 77**, se puede apreciar la interfaz del algoritmo ejecutándose en el explorador Mozilla Firefox.

Cargar imagen ← Botones de acción



img 1 img 2 img 3 img 4 img 5

↑ Imágenes cargadas

img1 - 1cd - 0.98
img2 - 1cp - 0.62
img3 - 1bd - 0.78
img4 - 1cr - 0.99
img5 - 3vp - 0.63

↑ Estructuras identificadas

Resultado de los materiales	
Materiales	Cantidades
Aislador tipo Pin de porcelana Clase ANSI 56-1, 25kV	5
Perno pin punta de poste (tacho), 70 mm x 450 mm	2
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 140 - 160mm	4
Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	6
Cinta de armar de aleación de Al, 1,27 mm (3/64") de esp. x 7,62 mm	6
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble 38 x 4 x 130 - 150 mm	1
Aislador tipo suspensión, de caucho silicomado, clase ANSI DS-28, 22 kV	5
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple 38 x 4 x 130 - 150mm	4
Eslabón "I" para sujeción, 16 mm x 75 mm	3
Grapa - horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	5
Retención preformada para conductor de Al.	5
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm	3
Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm x 300 mm	3
Craceta de hierro ángulo galvanizado de 76.2*76.2*6*2000 mm	1
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 1800 mm	1
Eslabón "I" para sujeción, 16 mm x 75 mm	2
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm x 51 mm, con tuerca, arandela plana y de presión	1
Abrazadera "u" de varilla galvanizada 15.87 x 150 mm con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	1

← Lista de materiales

Ilustración 77: Captura de pantalla del algoritmo de reconocimiento de estructuras.

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS.

El método desarrollado se implementó en tres proyectos de la Centro Sur C.A, estos proyectos ya han sido aprobados en etapa de diseño, se analiza los beneficios de usar drones, ortofotos e inteligencia artificial en estos proyectos y se compara con los resultados de los diseños realizados con el método tradicional. En la **Tabla 5** se puede observar los nombres de los proyectos junto a su longitud, ubicación y cantidad de postes con estructuras de medio voltaje existentes.

Tabla 5: Listado de proyectos en los que se implementó la metodología propuesta.
Fuente: Autor.

Nombre del proyecto	Longitud de red de medio voltaje (km)	Ubicación	Cantidad de postes existentes con estructuras de medio voltaje
Línea 1F San Gerardo – Cristal – Aguarongos	3.5	Rural	7
Línea 1F Chumblin – Cisne - Liquiña	2.5	Rural	20
Alimentador 1722 – Los Cerezos	2	Urbano	68

4.1. Obtención de datos

4.1.1. Línea 1F San Gerardo – Cristal – Aguarongos

Este proyecto se encuentra ubicado en la parroquia de San Fernando a una hora del cantón Girón, el objetivo de este proyecto es el de reubicar la red de medio voltaje, ya que actualmente se encuentra fuera de la vía e invadiendo terrenos. El sector es poco poblado con 13 abonados y 2 transformadores en la red de bajo voltaje.

En la **Ilustración 78**, se puede visualizar la red existente del proyecto, la línea de color verde representa la red monofásica de medio voltaje. También, se puede apreciar como los postes que soportan la línea se encuentran fuera de la vía, por lo cual se dificulta el acceso para realizar la captura del registro fotográfico, es aquí donde el uso de un dron facilita la toma de fotografías de los postes.

A simple vista en el plano existente, no se puede apreciar ningún detalle de vegetación, viviendas cercanas a la vía o desniveles que se deban considerar en el diseño proyectado.

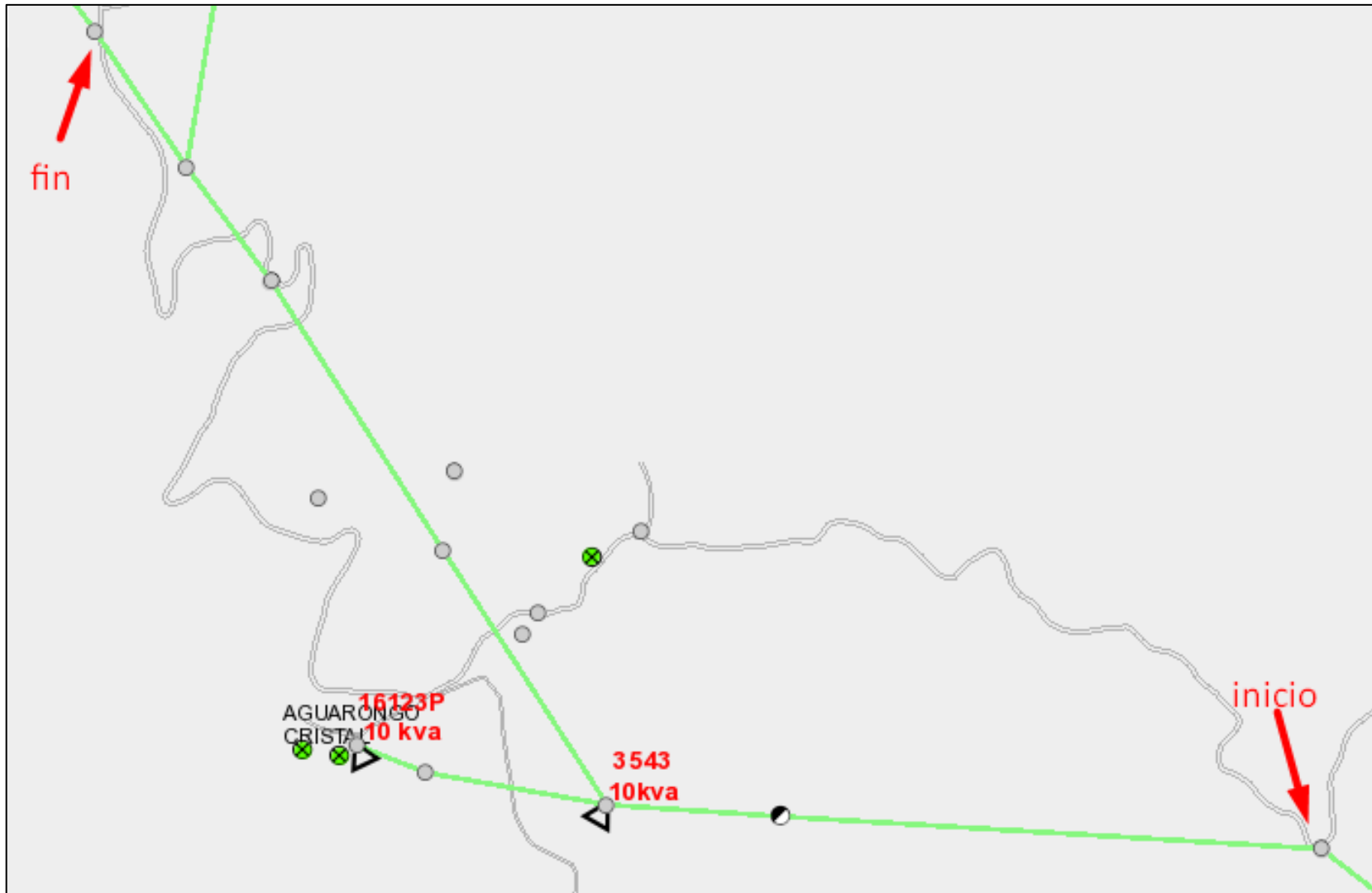


Ilustración 78: Red de distribución del proyecto San Gerardo – Cristal – Aguarongos obtenida del Geoportal de la Centro Sur.
Fuente: www.geoinformacion.Centro Sur.gob.ec

El plan de vuelo para fotogrametría se realizó en 4 partes a una altura de 70 metros obteniendo un total de 877 fotografías.

El plan de vuelo para archivo fotográfico se realizó en 1 parte posicionando el dron de forma manual a una altura de 15 metros, obteniendo 7 fotografías, una por cada poste con estructuras de medio voltaje.

El tiempo total empleado en la recolección de datos fue de 3 horas sin considerar el traslado hacia el sector.

El tiempo de procesamiento para la obtención de la ortofoto fue de 17 horas en un computador de gama media con procesador Intel Core i7-7700HQ con 8 núcleos a 2.8Ghz, 16Gb de RAM y tarjeta gráfica Nvidia GeForce GTX 1060.

El tiempo de procesamiento de imágenes para la obtención del desglose de materiales fue de 5 minutos.

En la **Ilustración 79**, se puede visualizar el plan de vuelo en el programa UGCS y en la **Ilustración 80**, la ortofoto resultante del procesamiento con WebODM.

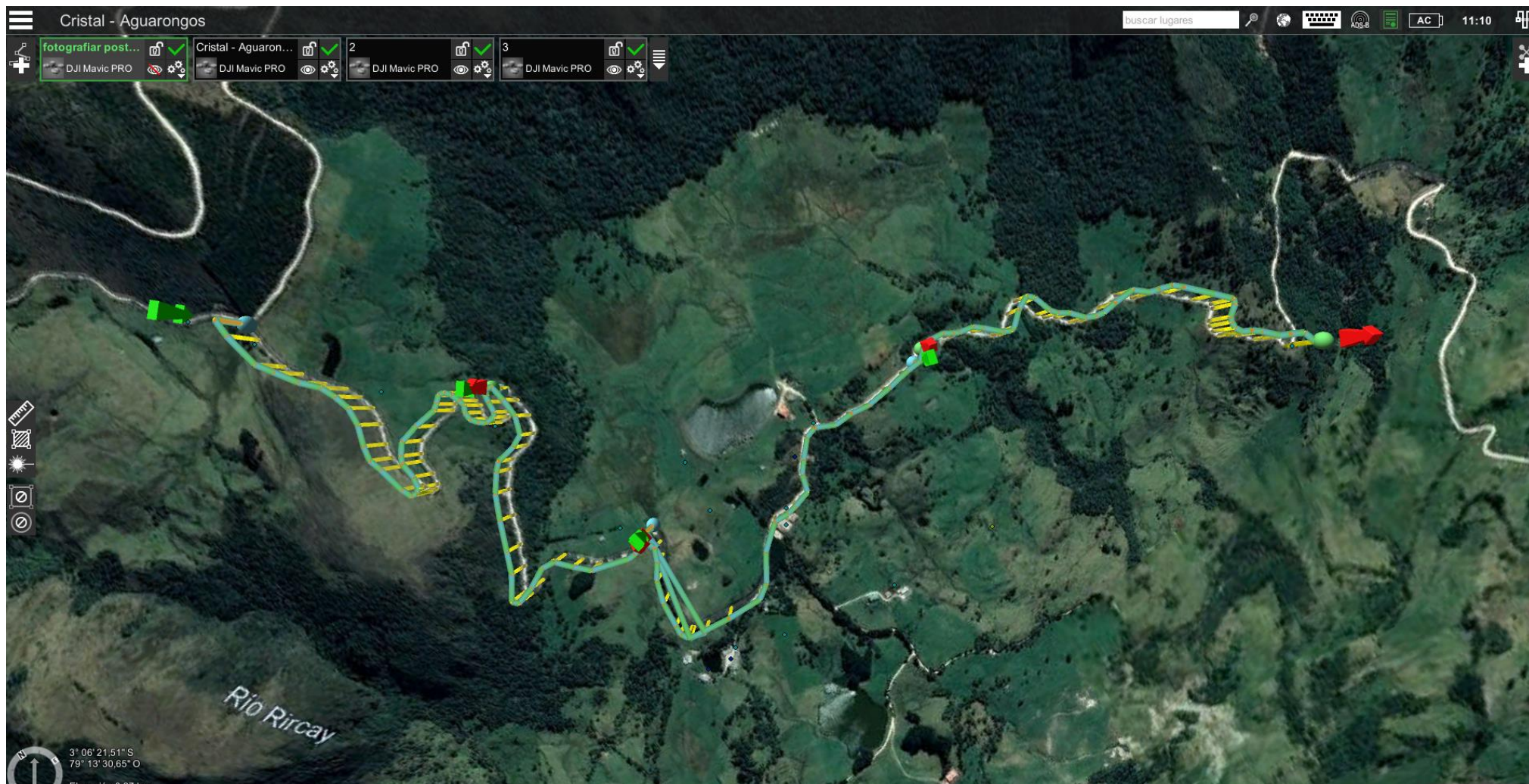


Ilustración 79: Plan de vuelo creado con el software UGCS. Proyecto San Gerardo – Cristal – Aguaronos.
Fuente: Autor.

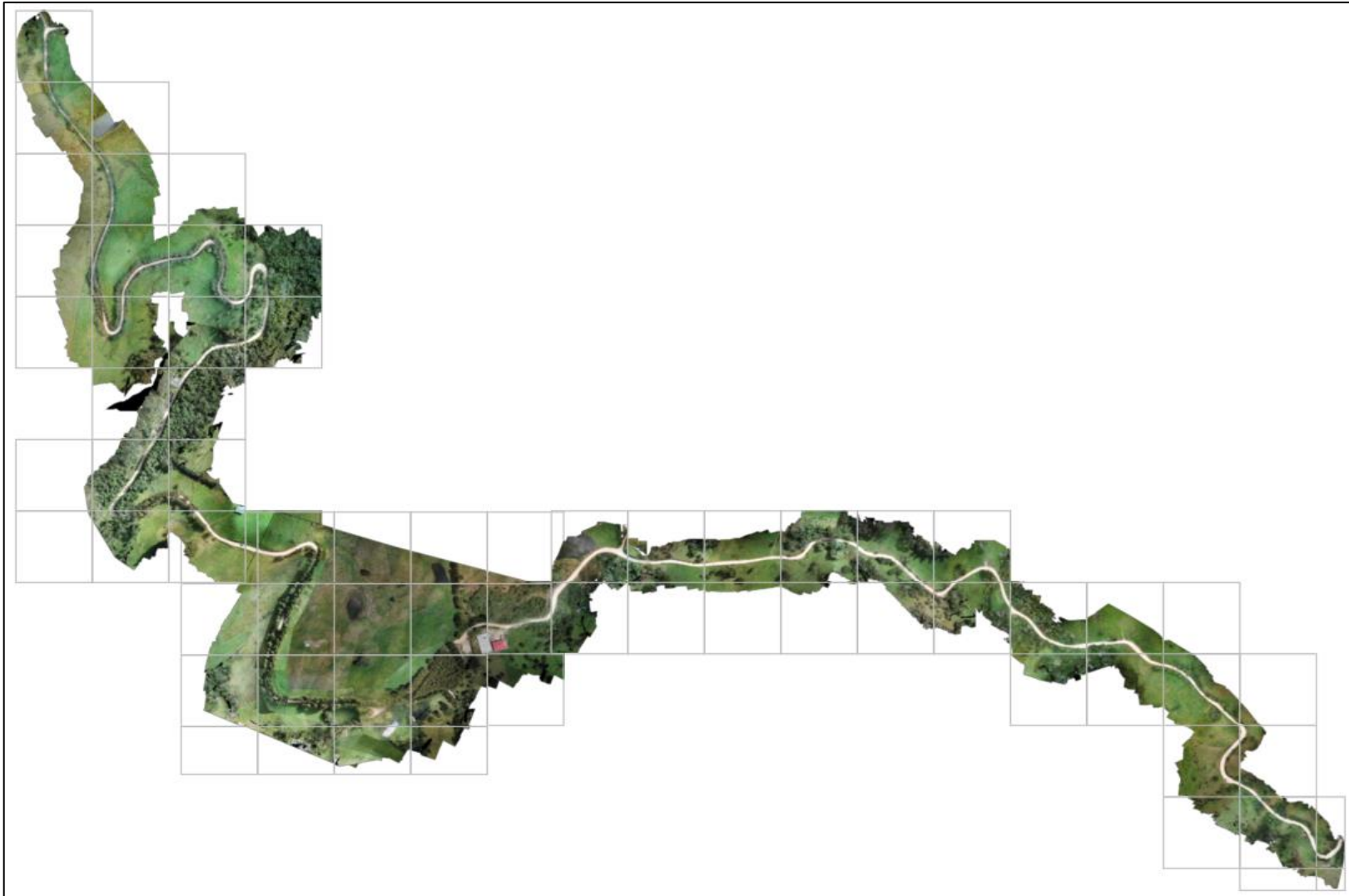


Ilustración 80: Ortofoto generada con el software WebODM. Proyecto San Gerardo – Cristal – Aguarongos.
Fuente: Autor.

En la ortofoto resultante se puede observar que varios sectores de la vía se encuentran llenos de vegetación por lo que en el diseño de la red proyectada se debió tener cierta consideración en estos sectores, ya sea para evitarlos o considerar el rubro de destaje.

4.1.2. Línea 1F Chumblin – Cisne – Liquiña

Este proyecto se encuentra ubicado en la parroquia de San Fernando a una hora del cantón Girón, el objetivo de este proyecto es el de reubicar la red de medio voltaje, ya que actualmente se encuentra fuera de la vía e invadiendo terrenos, el sector es poblado con 83 abonados y 5 transformadores en la red de bajo voltaje.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede visualizar la red existente del proyecto, la línea de color verde representa la red monofásica de medio voltaje, también se puede apreciar como los postes que soportan la línea se encuentran fuera de la vía; por lo cual, se dificulta el acceso para realizar la captura del registro fotográfico. Nuevamente, es aquí donde el uso de un dron facilita la toma de fotografías de los postes.

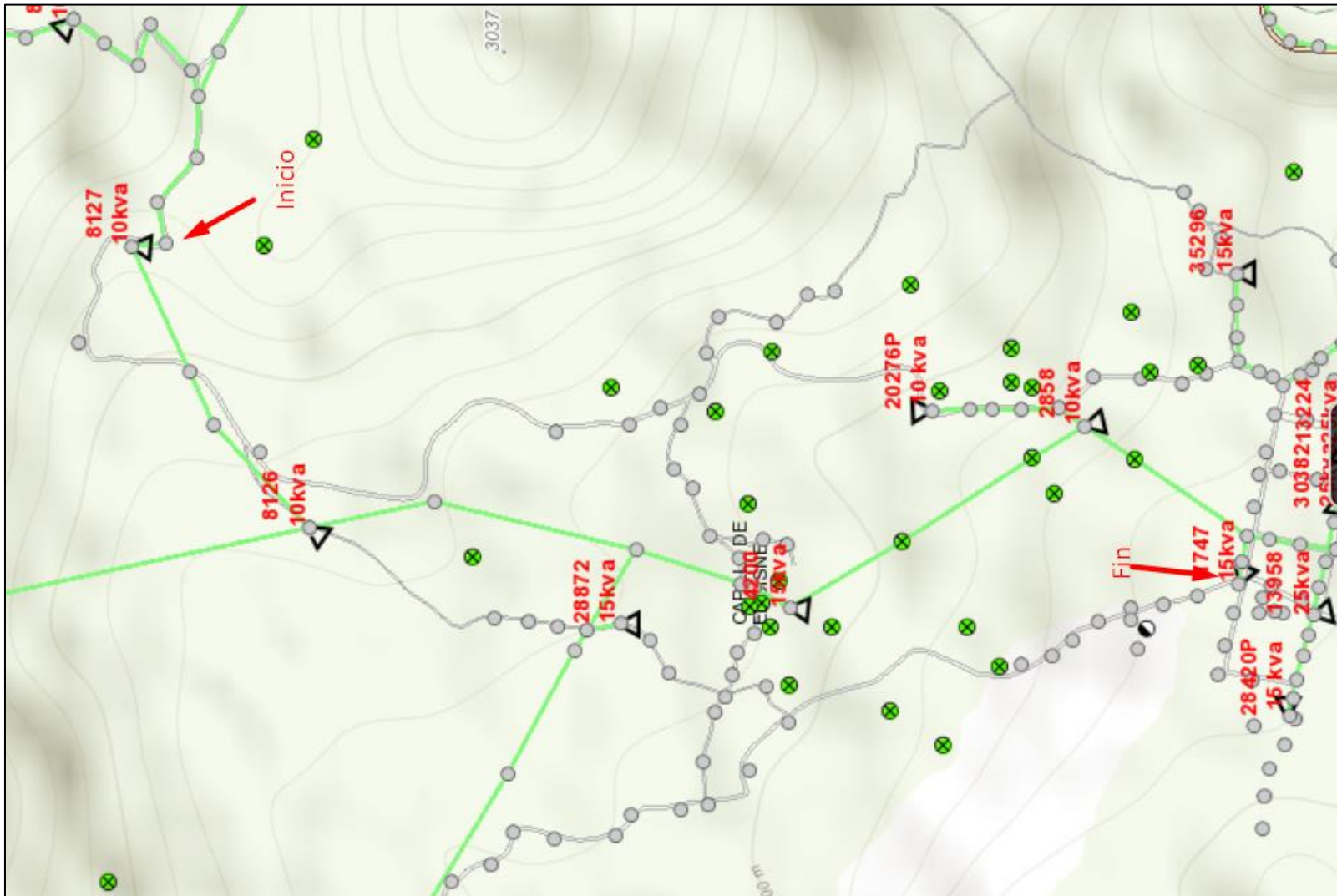


Ilustración 81: Red de distribución del proyecto Chumblin – Cisne – Liquiña obtenida del Geoportal de la Centro Sur.
Fuente: www.geoinformacion.Centro Sur.gob.ec

A simple vista en el plano existente no se puede apreciar ningún detalle de vegetación, viviendas cercanas a la vía o desniveles que se deban considerar en el diseño proyectado.

El plan de vuelo para fotogrametría se realizó en 6 partes a una altura de 70 metros obteniendo un total de 698 fotografías.

El plan de vuelo para archivo fotográfico se realizó en 3 partes posicionando el dron de forma manual a una altura de 15 metros, obteniendo 20 fotografías, una por cada poste con estructuras de medio voltaje.

El tiempo total empleado en la recolección de datos fue de 4 horas sin considerar el traslado hacia el sector.

El tiempo de procesamiento para la obtención de la ortofoto fue de 14 horas en un computador de gama media con procesador Intel Core i7-7700HQ con 8 núcleos a 2.8Ghz, 16Gb de RAM y tarjeta gráfica Nvidia GeForce GTX 1060.

El tiempo de procesamiento de imágenes para la obtención del desglose de materiales fue de 8 minutos.

En la **Ilustración 82**, se puede visualizar el plan de vuelo en el programa UGCS y en la **Ilustración 83** la ortofoto resultante del procesamiento con WebODM.

En la ortofoto resultante se puede observar que varios sectores de la vía se encuentran con vegetación y con viviendas al filo de la vía que no respetan la línea de fábrica.

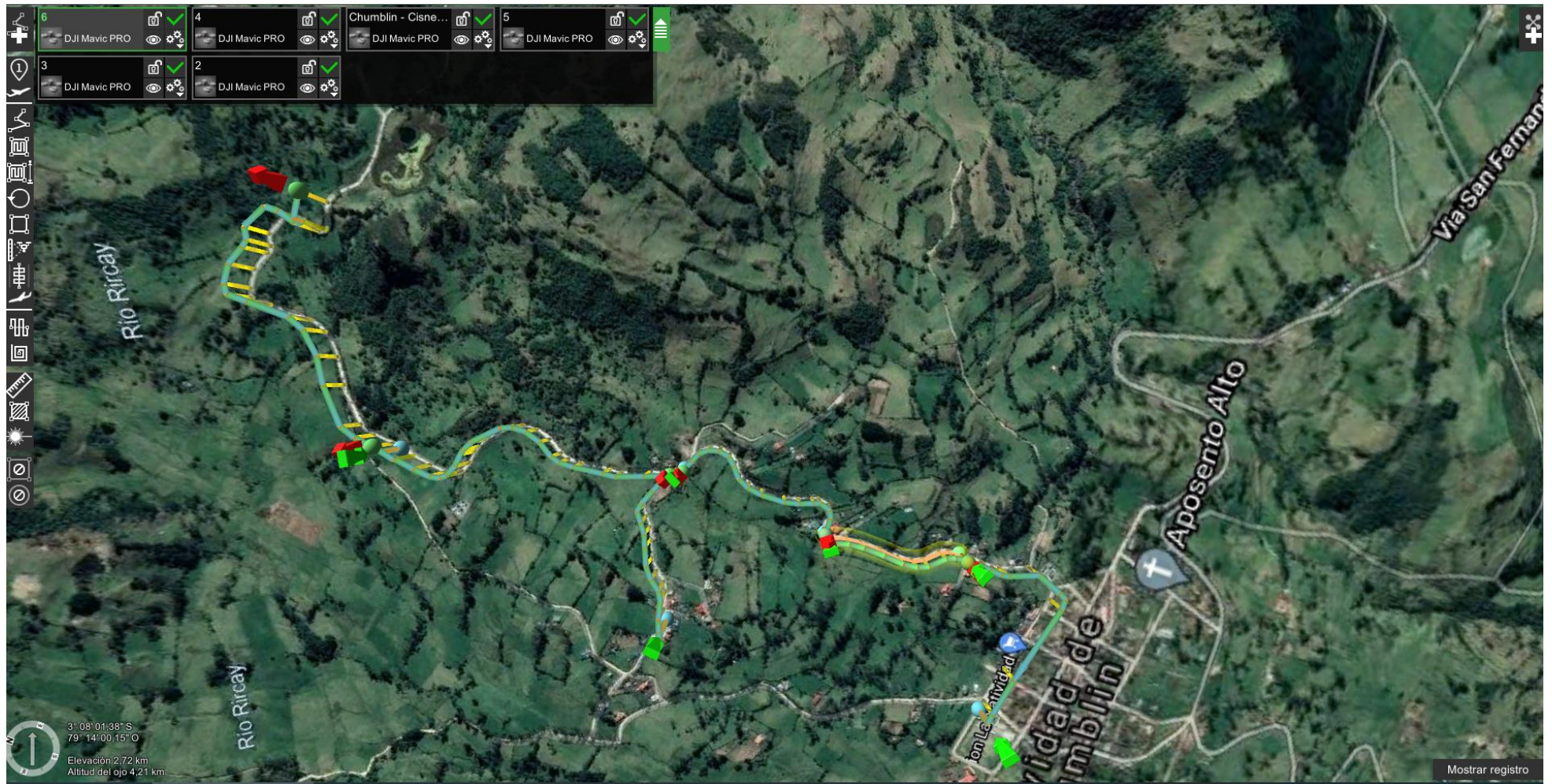


Ilustración 82: Plan de vuelo creado con el software UGCS. Proyecto Chumblin – Cisne – Liquiña.
Fuente: Autor.



Ilustración 83: Ortofoto generada con el software WebODM. Proyecto Chumblin – Cisne – Liquiña.
Fuente: Autor.

4.1.3. Alimentador 1722 – Los Cerezos

Este proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Cuenca, parroquia San Sebastián en el sector de la vía al Tejar, el objetivo de este proyecto es el diseñar la salida de la subestación proyectada de Los Cerezos, con una red trifásica que servirá de alimentador para las redes de medio voltaje que cruzan por el sector.

En la **Ilustración 84**, se puede visualizar en color azul las redes de medio voltaje existentes en el sector, la línea de color rojo representa la ruta por la cual deberá cruzar el nuevo alimentador 1722. En el caso de este proyecto, se puede apreciar como el archivo dispone de la cartografía con los predios del área lo cual es útil para ubicarse físicamente en el sector.

A simple vista en el plano existente no se puede apreciar ningún detalle específico como viviendas fuera de línea de fábrica, árboles en la calzada u otros elementos que dificulten el paso de la red.



Ilustración 84: Alimentador 1722 de la subestación proyectada de Los Cerezos.
Fuente: Autor.

El plan de vuelo para fotogrametría se realizó en 4 partes a una altura de 70 metros obteniendo un total de 736 fotografías.

El plan de vuelo para archivo fotográfico se realizó en 4 partes posicionando el dron de forma manual a una altura de 15 metros, obteniendo 46 fotografías, una por cada poste con estructuras de medio voltaje.

El tiempo total empleado en la recolección de datos fue de 5 horas sin considerar el traslado hacia el sector.

El tiempo de procesamiento para la obtención de la ortofoto fue de 15 horas en un computador de gama media con procesador Intel Core i7-7700HQ con 8 núcleos a 2.8Ghz, 16Gb de RAM y tarjeta gráfica Nvidia GeForce GTX 1060.

El tiempo de procesamiento de imágenes para la obtención del desglose de materiales fue de 22 minutos.

En la **Ilustración 85**, se puede visualizar el plan de vuelo en el programa UGCS y en la **Ilustración 86** la ortofoto resultante del procesamiento con WebODM.

En la ortofoto resultante, se puede observar a detalle las entradas peatonales y garajes de las viviendas, además de tapas de alcantarillas y viviendas fuera de la línea de fábrica.

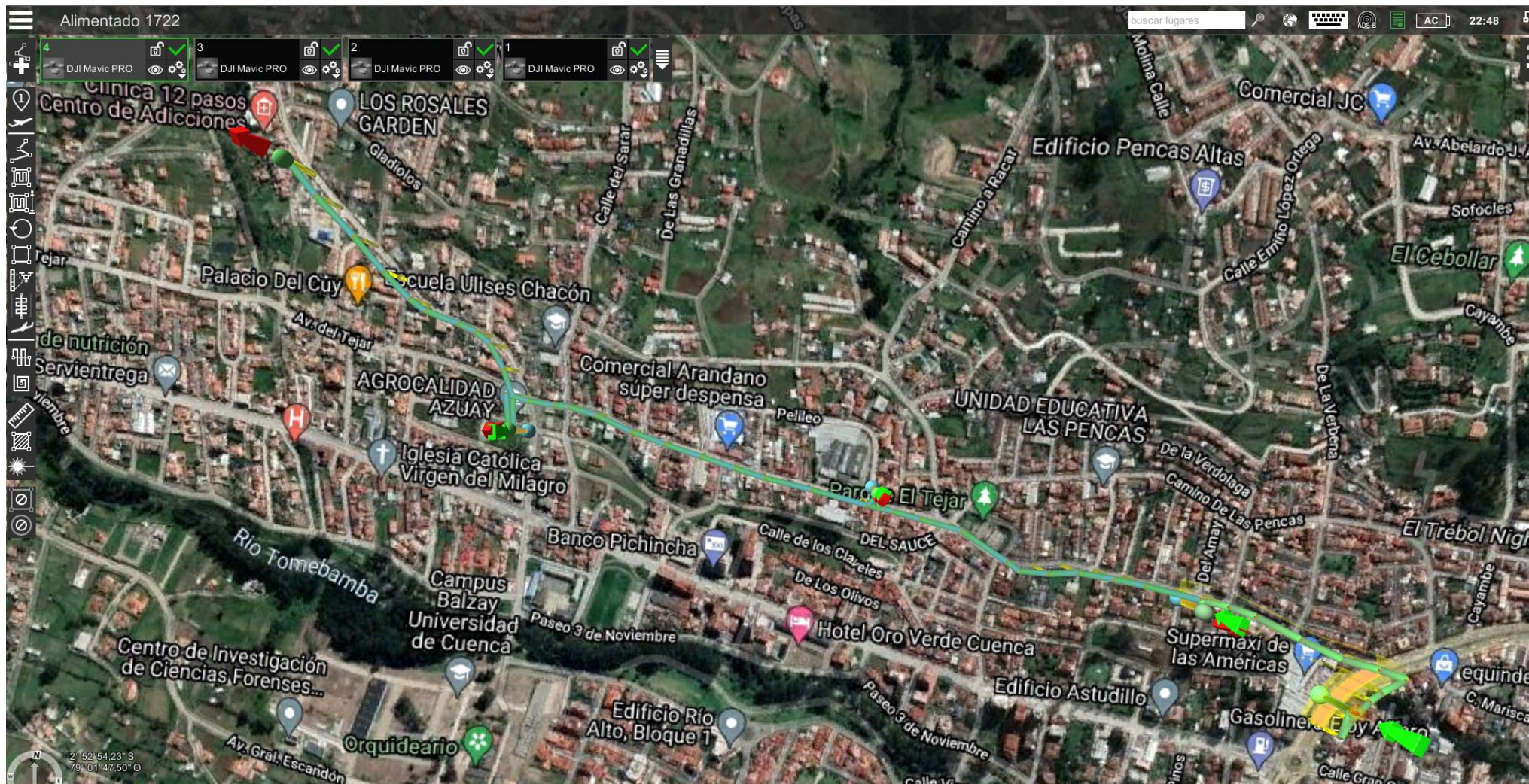


Ilustración 85: Plan de vuelo creado con el software UGCS. Proyecto alimentador 1722.
Fuente: Autor.



Ilustración 86: Ortofoto generada con el software WebODM. Proyecto alimentador 1722.

Fuente: Autor.

4.2. Análisis de resultados

El análisis de resultados se divide en tres partes: la primera, se analiza los pro y contras que aporta la ortofoto al diseño de una red de distribución; la segunda, se analiza los tiempos que toma realizar el desglose de materiales de manera tradicional versus el algoritmo de inteligencia artificial. Finalmente, en la tercera parte se analiza los tiempos de diseño con el método tradicional y el método propuesto.

4.2.1. Implementación de la ortofoto en el diseño de redes de distribución.

En los proyectos rurales la ortofoto proporcionó un panorama claro sobre el terreno, por el cual cruzarían las nuevas redes; en el proyecto Cristal – Aguarongos permitió identificar zonas altamente arboladas que impedían el paso de la red, por lo cual se pudo tomar las decisiones directamente desde oficina y compartir la información con los administradores del proyecto para llegar a una solución viable.

En la **Ilustración 87**, se puede observar el plano de la red proyectada del proyecto San Gerardo – Cristal – Aguarongos, en el cual solo se aprecia las líneas que definen el carretero y la red, mas no se puede apreciar detalles del terreno como elevación o vegetación que pueden influir al momento de realizar el replanteo o la construcción.

En la **Ilustración 88**, se puede observar el plano de la red proyectada del proyecto San Gerardo – Cristal – Aguarongos, el cual está colocado sobre la ortofoto del sector, se puede visualizar la presencia de abundante vegetación al filo del carretero, además de una notoria elevación. Este resultado de la red proyectada combinada con una ortofoto permite al revisor realizar las correcciones directas en oficina sin necesidad de visitar el sector, y en el caso de que se realice una vista al sector, el plano con la ortofoto permite ubicarse de mejor manera en sector, ya que se puede apreciar directamente lo puntos en los que se ubicarían los postes referenciándose por los elementos del terreno.

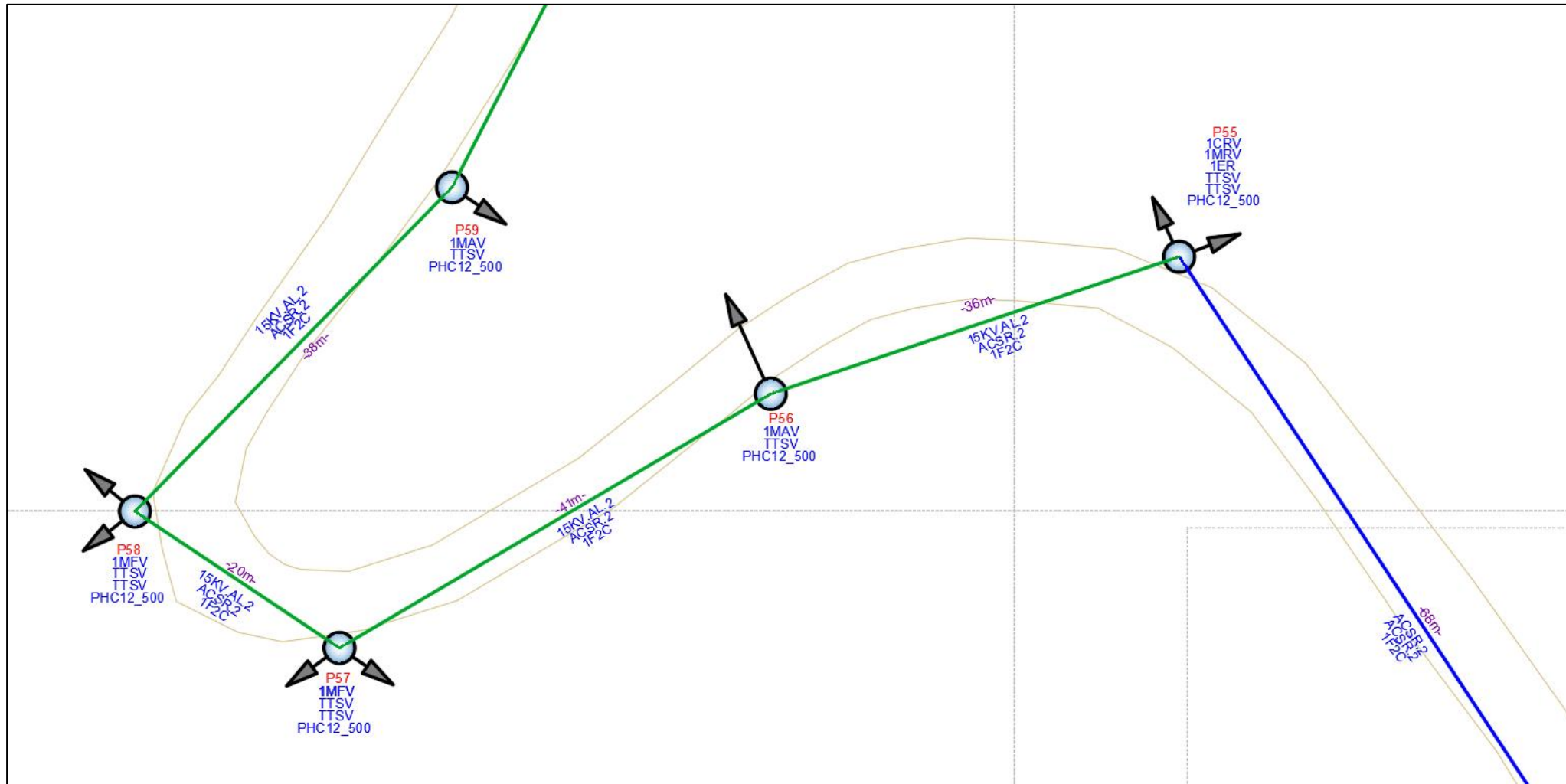


Ilustración 87: Sección de diseño de la red proyectada de San Gerardo – Cristal – Aguaringos sin ortofoto
Fuente: Autor.

En el proyecto de Chumblin – Cisne – Liquiña la ortofoto permitió identificar postes existentes mal ubicados, también se pudo visualizar zonas arboladas que impedían el paso de la red, se pudo identificar viviendas alejadas de la vía principal que requerían mantener la conexión de servicio eléctrico.

En la **Ilustración 89**, se puede observar el plano de la red proyectada del proyecto Chumblin – Cisne – Liquiña, en el cual solo se aprecia las líneas que definen el carretero y la red, mas no se puede apreciar detalles del terreno como viviendas, predios o vegetación que pueden influir al momento de realizar el replanteo o la construcción.

En la **Ilustración 90, Ilustración 88** se puede observar el plano de la red proyectada del proyecto Chumblin – Cisne – Liquiña el cual está sobrepuesto sobre la ortofoto del sector que permite visualizar la presencia de viviendas y predio que no se encuentran dentro de la línea de fábrica. Además, también se observa que los postes están ubicados muy cerca de las viviendas lo que resulta peligroso, como una alternativa en la ortofoto se puede apreciar que la vereda frontal tiene más espacio y menos viviendas por lo que sería una opción más viable para el tendido de la red.

Este resultado de la red proyectada combinada con una ortofoto permite al revisor realizar las correcciones directamente en oficina sin necesidad de visitar el sector, y en el caso de que se realice una vista al sector el plano con la ortofoto permite ubicarse de mejor manera ya que se puede apreciar directamente los puntos en los que se ubicarían los postes referenciándose por los elementos del terreno.

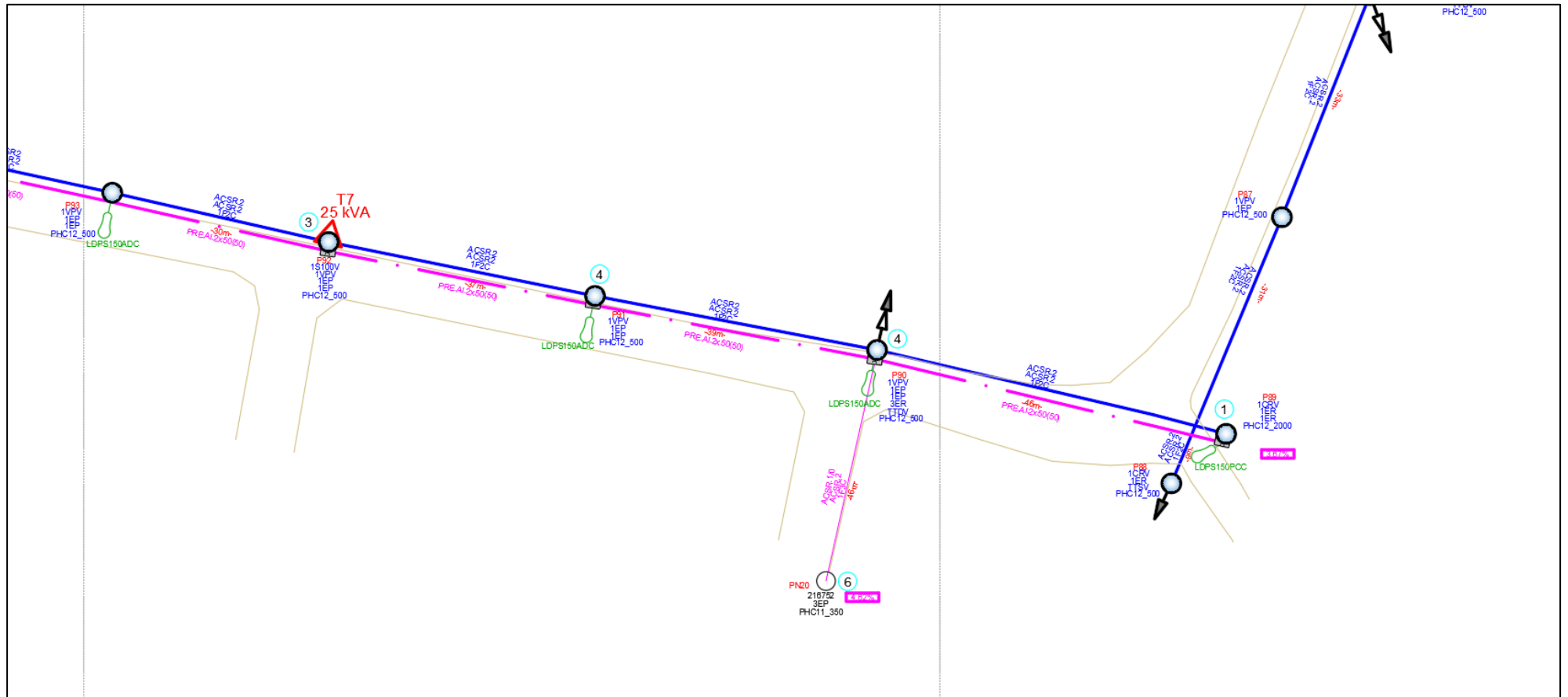


Ilustración 89: Sección de diseño de la red proyectada de Chumblin – Cisne – Liquiña sin ortofoto
Fuente: Autor.



Ilustración 90: Sección de diseño de la red proyectada de Chumblin – Cisne – Liquiña con ortofoto
Fuente: Autor.

En el proyecto del alimentador 1722 – Los Cerezos la ortofoto permitió identificar postes existentes de alumbrado público que deben ser reemplazados, pudiendo reutilizar los huecos de estos postes para el trazado de la nueva red y economizar en la construcción. También, se pudo apreciar predios que están fuera de la línea de fábrica, así como entradas peatonales y garajes que pueden evitar ser obstaculizados en la etapa de diseño.

En la **Ilustración 91**, se puede observar el plano de la red proyectada del alimentador 1722 en el cual solo se aprecia las líneas que definen el carretero y la red y los predios, mas no se puede apreciar detalles como entradas peatonales, garajes, alcantarillas, aleros o viviendas fuera de la línea de fábrica, estos elementos pueden influir al momento de realizar el replanteo o la construcción.

En la **Ilustración 92**, se puede observar una propuesta de red proyectada del alimentador 1772 la cual está sobrepuesto sobre la ortofoto del sector, en ese punto se puede ver que la ortofoto permitió identificar una casa salida y realizar la propuesta de un tramo subterráneo para sortear este obstáculo. En áreas urbanas, se puede realizar planos propuestos sobre ortofotos para coordinar con el administrador del proyecto cualquier situación que se presente, de esta manera teniendo una visión clara del resultado final de la red con la ortofoto se puede proceder a un plano proyectado y a la documentación necesaria.

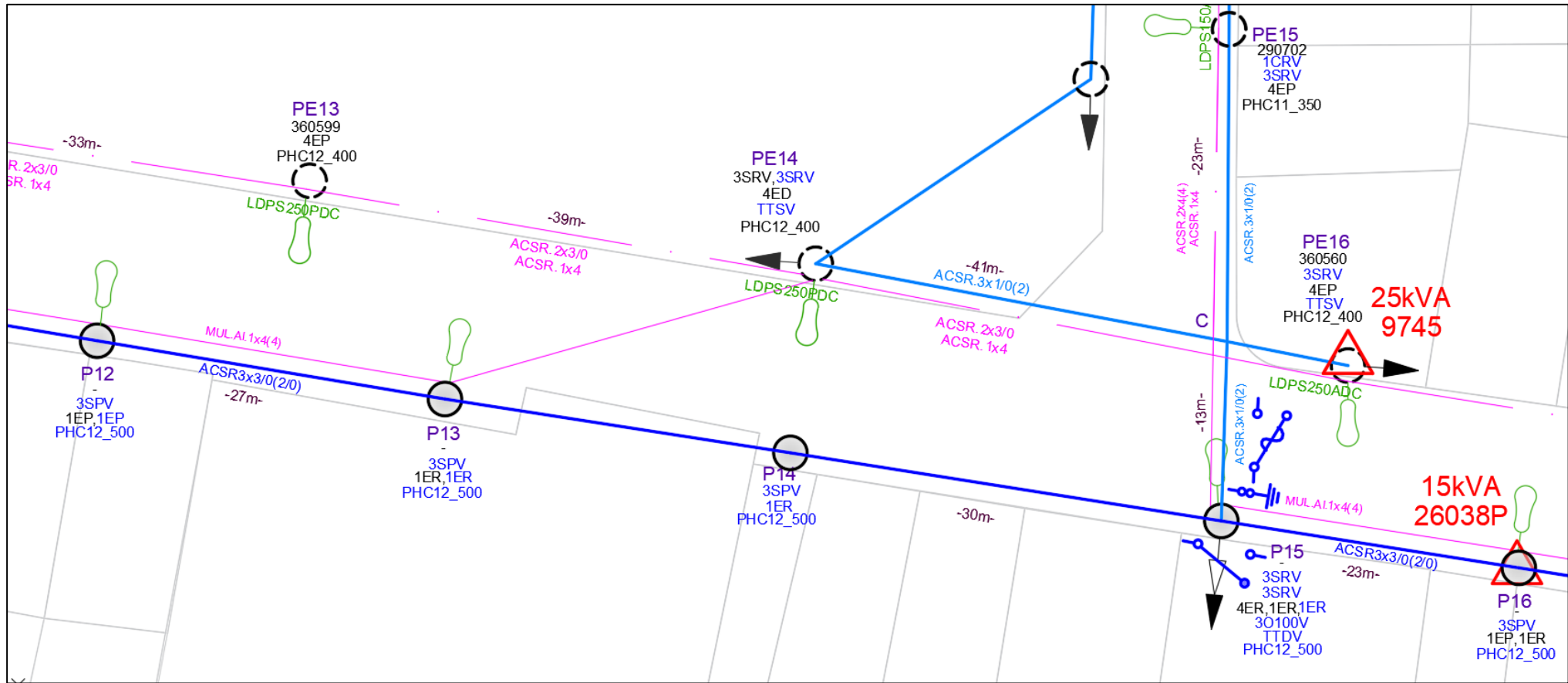


Ilustración 91: Sección de diseño de la red proyectada del alimentador 1722 sin ortofoto
Fuente: Autor.

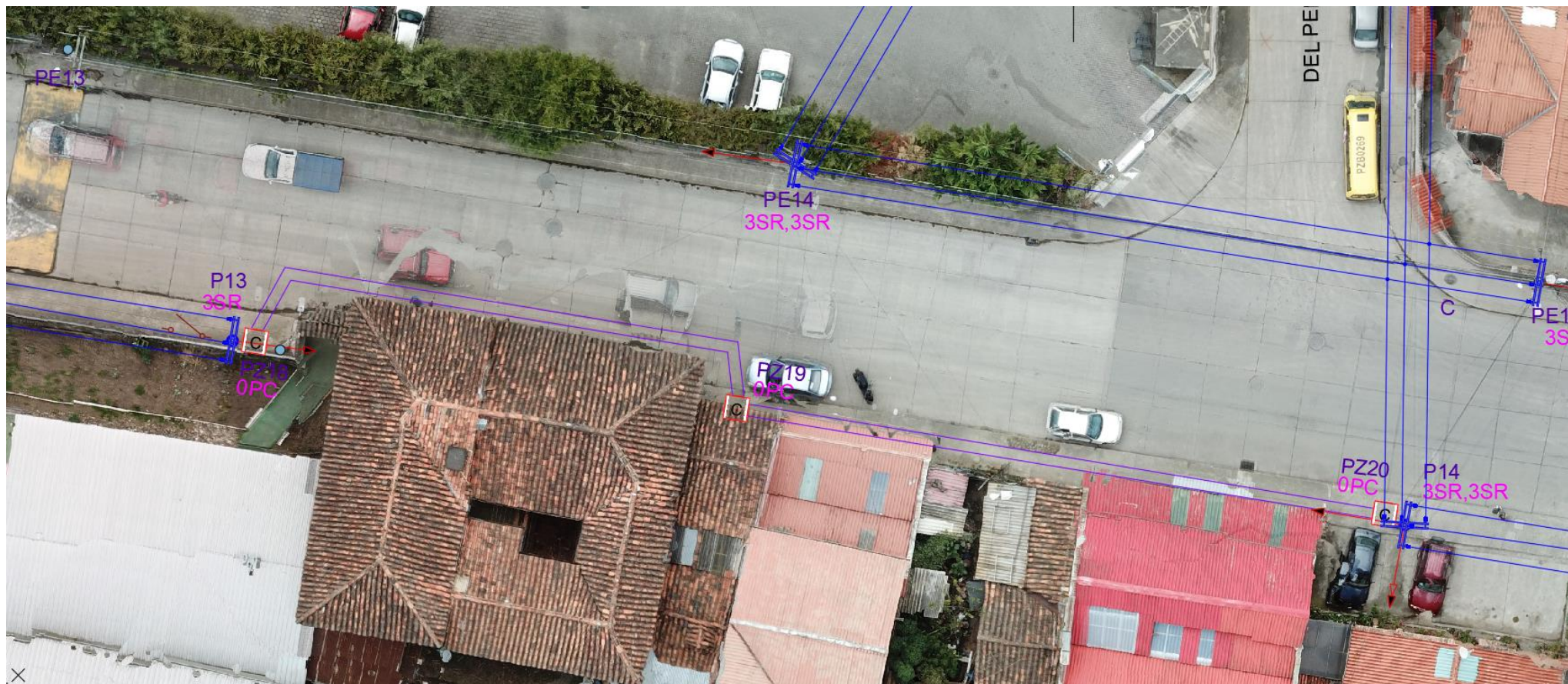


Ilustración 92: Sección de diseño de la red proyectada del alimentador 1722 con ortofoto
Fuente: Autor.

4.2.2. Implementación de algoritmo de inteligencia artificial para desglose de materiales.

El algoritmo de Machine Learning para el desglose de materiales fue usado en cada proyecto para identificar las estructuras de medio voltaje monofásicas y trifásicas. Este algoritmo funciona con fotografías tomadas desde tierra o con el dron.

Para el proyecto de San Gerardo – Cristal – Aguarongos se cargaron 7 fotografías de estructuras monofásicas pertenecientes a la red existente, de las 7 fotografías el algoritmo identificó 2 de forma correcta, en la **Tabla 6** se puede apreciar el número de poste en el plano existente, la identificación de la estructura con el método tradicional, la identificación de la estructura con el algoritmo, el porcentaje con el que se identificó la estructura y el resultado.

Con este resultado se obtiene un 29% de acierto en el desglose de materiales en el proyecto de San Gerardo – Cristal – Aguarongos

Tabla 6: Cuadro comparativo para de reconocimiento de estructuras – San Gerardo – Cristal - Aguarongos.
Fuente: Autor.

Poste	Tradicional	Algoritmo	Porcentaje	Correcto
P1	1CR; 1CR	1BD	100	NO
P2	1CD	1CD	99	SI
P3	1CR; 1CR; 1CR	1CD	68	NO
P8	1CD	1CD	99	SI
P10	1CD	1BD	84	NO
P11	1CA; 1CR	1BD	96	NO
P12	1CA	1CP	100	NO

Para el proyecto de Chumblin – Cisne – Liquiña se cargaron 20 fotografías de estructuras monofásicas pertenecientes a la red existente, de las 20 fotografías el algoritmo identificó 5 de forma correcta, en la **Tabla 7** se puede apreciar el número de poste en el plano existente, la identificación de la estructura con el método tradicional, la identificación de la estructura con el algoritmo, el porcentaje con el que se identificó la estructura y el resultado.

Con este resultado se obtiene un 25% de acierto en el desglose de materiales en el proyecto de Chumblin – Cisne – Liquiña.

Tabla 7: Cuadro comparativo de reconocimiento de estructuras – Chumblin – Cisne – Liquiña.

Fuente: Autor.

Poste	Tradicional	Algoritmo	Porcentaje	Correcto
P1	1BA	1BD	87	NO
P2	2(1CR)	1BD	81	NO
P4	1CP	1CP	84	SI
P5	1CD	1BD	100	NO
P7	1CD; 1CR	1CR	90	NO
P9	1CD	1BD	96	NO
P10	1CA; 1CR	1CR	52	NO
P11	1CP	1CP	100	SI
P12	1CA	1BD	36	NO
P13	1CR; 1CR	1BA	84	NO
P14	1CP	1CA	71	NO
P15	1CP	1CP	58	SI
P16	1CR; 1CR; 1CR	1BD	45	NO
P17	1CP	1BA	83	NO
P18	1CR; 1CR; 1CR	1BD	73	NO
P31	1CR	1BD	100	NO
P32	1CP	1CA	100	NO
P33	1CP	1CP	100	SI
P34	1CP	1CP	79	SI
P36	1BA	3VP	48	NO

Para el proyecto del alimentador 1722 se cargaron 68 fotografías de estructuras monofásicas y trifásicas pertenecientes a la ruta por donde atravesará la red proyectada, de las 68 fotografías el algoritmo identificó 45 de forma correcta, en la **Tabla 8** se puede apreciar el número de poste en el plano existente, la identificación de la estructura con el método tradicional, la identificación de la estructura con el algoritmo, el porcentaje con el que se identificó la estructura y el resultado.

Con este resultado se obtiene un 66% de acierto en el desglose de materiales en el proyecto de Chumblin – Cisne – Liquiña.

Tabla 8: Cuadro comparativo de reconocimiento de estructuras – Chumblin – Cisne – Liquiña.

Fuente: Autor.

Poste	Manual	Algoritmo	Porcentaje	Correcto
P2	1CR	1CR	100	SI
P8	3SR	3SR	82	SI
P9	3SD	3SD	100	SI
P10	3SP	3VP	99	NO
P11	3SA	3SA	90	SI
P17	1CR	1BD	60	NO
P18	1CP	1CA	88	NO
P19	1CR,3SR,3SR	3SD	100	NO

P20	3SD	3SD	93	SI
P21	3SA,3SR	3SP	93	NO
P22	3SD	3SD	100	SI
P23	3SP	3SP	96	SI
P24	3SD	3SD	100	SI
P26	3VP	3CA	91	NO
P27	3SD	3SD	100	SI
P28	3SD	3SD	99	SI
P33	1CR	1CR	99	SI
P35	1CR	1CR	75	SI
P37	1CR	1CR	100	SI
P39	3SR,3SR	3SD	86	NO
P40	3VP	3VP	90	SI
P43	3SR	3SR	95	SI
PE1	1CD	1CD	96	SI
PE2	1CP	1CP	99	SI
PE3	1CP	1CP	99	SI
PE4	1CP,1CR	1BD	69	NO
PE5	1CP	3CP	55	NO
PE6	1CP	1CP	100	SI
PE7	3SR,1CR	3SD	100	NO
PE8	3SP	3SP	100	SI
PE9	3SD	3SD	99	SI
PE10	3SA	3SA	94	SI
PE11	3SP	3SA	72	NO
PE12	3SP	3SP	98	SI
PE13	3SD	3SD	100	SI
PE14	3SP,3SR	3SD	78	NO
PE15	1CD	1CD	58	SI
PE16	3SP	3CP	40	NO
PE17	3SP	3CP	70	NO
PE18	3SD	3SD	100	SI
PE19	3SD	3SD	100	SI
PE20	3SR	3SR	94	SI
PE21	3SD	3SD	99	SI
PE22	3SR	3SD	100	NO
PE23	3SD	3SD	99	SI
PE24	3VP	3VP	99	SI
PE25	3VP	3SA	92	NO
PE26	3VP	3VP	91	SI
PE27	1CD	1CA	99	NO
pE28	3SD	3SD	38	SI
PE29	3CP,1CR	1BD	76	NO
PE30	3CP	3CP	100	SI
PE31	1CP	1CP	100	SI
PE32	3VP	3VP	96	SI

PE33	3VP,3SR	3VP	42	NO
PE34	1CP	1CP	100	SI
PE35	3SD	3SD	63	SI
PE36	3VD	3VR	81	NO
PE37	3SP	3SP	100	SI
PE38	3SP	3SA	68	NO
PE39	3SP	3SP	66	SI
PE40	3CD	3SD	69	NO
PE41	3SP	3SP	100	SI
PE42	3SA	3SA	99	SI
PE43	3CA	3CA	76	SI
PE44	3CP	3CP	79	SI
PE45	3SP	3SP	100	SI
PE46	3SR	3SD	82	NO

En total de los 3 proyectos se obtuvo 95 estructuras de medio voltaje de las cuales 52 fueron identificadas y desglosadas de forma correcta lo que representa un 55% de precisión en el algoritmo.

Dentro de este grupo de estructuras también se encuentran estructuras combinadas, las cuales el algoritmo no puede reconocer ya que las imágenes del entrenamiento son solo de estructuras simples, eliminando las estructuras combinadas el algoritmo tiene un porcentaje de acierto del 67% lo cual deja un valor de 52 estructuras correctamente desglosadas de un total de 78 estructuras.

En la **Tabla 9** se puede apreciar la cantidad de aciertos por cada estructura de los 3 proyectos, en la última columna de la tabla se puede apreciar el promedio del porcentaje con el cual el algoritmo reconoció la estructura, en las estructuras mixtas los valores de 0,5 indican que el algoritmo reconoció correctamente solo una de las estructuras del conjunto.

Tabla 9: Cantidad de aciertos por cada estructura de los 3 proyectos.

Fuente: Autor.

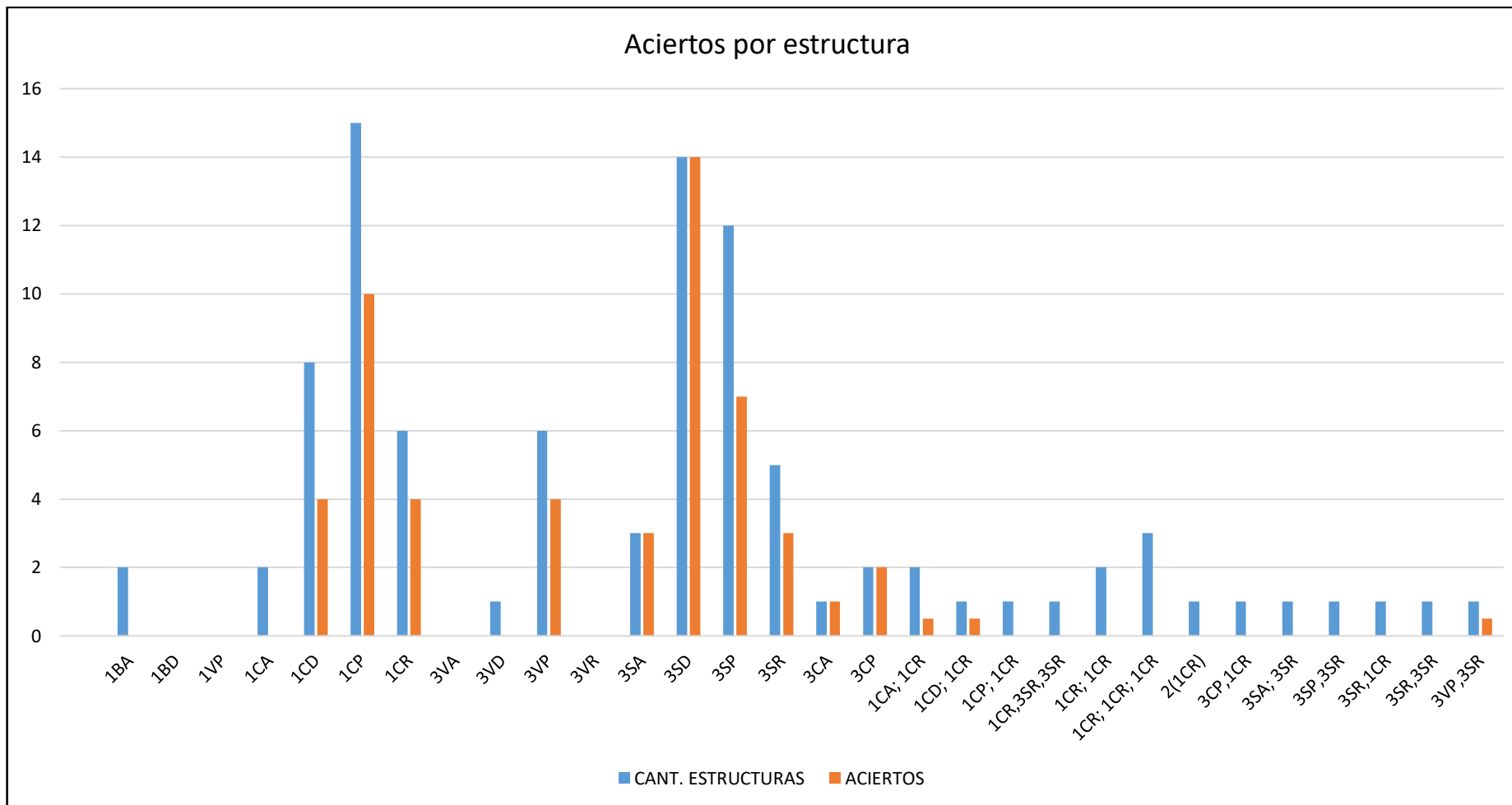
ESTRUCUTURA	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	ESTRUCTURAS RECONOCIDAS	PROMEDIO DE PORCENTAJE DE RECONOCIMIENTO
1BA	2	0	-
1BD	-	-	-
1VP	-	-	-
1CA	2	0	-
1CD	8	4	88%
1CP	15	10	91,9%
1CR	6	4	94%
3VA	-	-	-

3VD	1	0	-
3VP	6	4	94%
3VR	-	-	-
3SA	3	3	94%
3SD	14	14	92%
3SP	12	7	94%
3SR	5	3	90%
3CA	1	1	76%
3CP	2	2	88%
1CA; 1CR	2	0,5	52%
1CD; 1CR	1	0,5	90%
1CP; 1CR	1	0	-
1CR,3SR,3SR	1	0	-
1CR; 1CR	2	0	-
1CR; 1CR; 1CR	3	0	-
2(1CR)	1	0	-
3CP,1CR	1	0	-
3SA; 3SR	1	0	-
3SP,3SR	1	0	-
3SR,1CR	1	0	-
3SR,3SR	1	0	-
3VP,3SR	1	0,5	42%

La **Gráfica 3** corresponde a la **Tabla 9**, en ella se puede observar que existen algunas estructuras que son reconocidas con más precisión que otras una de ellas es la estructura 3SP la cual contienen la mayor cantidad de aciertos por cantidad de estructuras.

Las estructuras 1BA, 1CA y 3VD no poseen ningún valor de acierto, ya que el algoritmo no ha sido capaz de identificar correctamente ninguna de estas.

Las estructuras combinadas o postes con más de una estructura tampoco poseen valores de acierto, ya que el algoritmo no ha sido entrenado para reconocer este tipo de estructuras.



Gráfica 3: Aciertos por estructura.
Fuente: Autor.

4.2.3. Análisis de tiempo con la implementación de la metodología propuesta.

Para este análisis se compara los tiempos de diseño de los tres proyectos realizados con el método tradicional y con el método propuesto. Los tiempos presentados con el método tradicional han sido proporcionados por el Ing. Gustavo Parra, el cual fue el contratista encargado de los 3 proyectos analizados.

Este análisis de tiempos no contempla los tiempos empleados en capacitaciones sobre el uso de los softwares y las herramientas desarrolladas en este proyecto, tampoco contempla los tiempos de aprendizaje y capacitación para la realización de diseños de redes eléctricas mediante el método tradicional.

Los tiempos obtenidos con la metodología propuesta han sido cronometrados durante la implementación de la misma.

En la **Tabla 10**, se puede apreciar las actividades obtenidas de la Etapa 1 y Etapa 2 junto con el tiempo en minutos que toma realizar cada una de estas actividades por el método tradicional

Esta tabla muestra los tiempos por actividad de cada proyecto y al final un valor total en minutos del acumulado de los tres proyectos, el cual para el método tradicional tiene un valor de 4553 minutos lo cual representa un tiempo de 75 horas con 53 minutos empleados en realizar el levantamiento de la red existente y el plano proyectado.

En la **Tabla 11**, se puede apreciar las actividades obtenidas de la Etapa 1 y Etapa 2 junto con el tiempo en minutos que toma realizar cada una de estas actividades por el método propuesto

Esta tabla muestra los tiempos por actividad de cada proyecto y al final un valor total en minutos del acumulado de los tres proyectos, el cual para el método propuesto tiene un valor de 3043 minutos lo cual representa un tiempo de 50 horas con 42 minutos empleados en realizar el levantamiento de la red existente y el plano proyectado.

La diferencia de tiempo entre las dos metodologías es de 1510 minutos lo cual representa un tiempo de 25 horas con 10 minutos.

El uso de la metodología propuesta en este documento reduce en un 33% el tiempo empleado en realizar un diseño de redes de distribución.

Tabla 10: Tiempos en minutos por actividad con el uso del metodo tradicional.

Fuente: Autor.

Método tradicional				
ACTIVIDAD	PASOS QUE INVOLUCRA CADA ACTIVIDAD	Tiempo en minutos		
		Línea 1F San Gerardo – Cristal – Aguarongos	Línea 1F Chumblin – Cisne - Liquiña	Alimentador 1722 – Los Cerezos
Toma de datos	Descarga de archivos del Geoportal	1	1	1
	Limpieza de plano	60	180	300
Verificación de datos	Recorrido de la red	55	30	25
	Anotaciones en planos físicos	60	20	180
Actualización de plano existente	Reubicación de elementos existentes	20	35	180
Verificación de datos Creación de archivo fotográfico	Etiquetado de elementos	35	90	180
	Toma de fotografías	115	150	40
Actualización de plano existente Desglose de materiales	Numeración de imágenes	3	10	45
	Creación del listado general de materiales	25	45	70
Creación de archivo fotográfico	llenado de la sección de estructuras por poste	7	20	68
	desglose de material por poste	14	40	136
Recorrido del área para ubicación de elementos ubicación de elementos de red proyecta	recorrido de la red marcando ubicación de postes en planos físicos	210	240	300
	Diseño de la red proyectada	240	270	300
	desglose de material por poste	14	40	136
Verificación de ubicación de elementos	Recorrido en campo para la verificación del plano proyectado	150	150	185
Correcciones de ubicación de elementos	Reubicar elementos proyectados	60	90	120
	Tiempo total de los 3 proyectos	4553		

Tabla 11: Tiempos en minutos por actividad con el uso del método propuesto.

Fuente: Autor.

Método propuesto				
ACTIVIDAD	PASOS QUE INVOLUCRA CADA ACTIVIDAD	Tiempo en minutos		
		Línea 1F San Gerardo – Cristal – Aguarongos	Línea 1F Chumblin – Cisne - Liquiña	Alimentador 1722 – Los Cerezos
Toma de datos	Descarga de archivos del Geoportal	3	3	3
	Limpieza de plano	60	180	300
Planificación de vuelo	Importación de las coordenadas de los postes	4	4	4
	Creación de las rutas de vuelo	35	60	40
Visita en campo (recorrido del área de vuelo)	Recorrido rápido de la ruta de vuelo en busca de obstáculos (árboles, edificaciones, redes de alta tensión)	55	30	25
	Redefinición de las zonas de despegue y aterrizaje	45	90	30
Actualización de plano existente	Reubicación de elementos existentes	5	60	120
	Etiquetado de elementos	35	90	180
Creación de archivo fotográfico	Toma de fotografías	70	90	40
	Numeración de imágenes	3	10	45
Desglose de materiales	Recorte de fotografías	3	5	15
	Carga de fotografías en el programa	2	3	7
Ubicación de elementos de la red proyectada	Carga de ortofoto en CAD	10	7	7
	Diseño de la red proyectada	270	240	270
Verificación de ubicación de elementos	Recorrido de la trayectoria de la red en la ortofoto	90	120	180
Correcciones de ubicación de elementos	Reubicar elementos proyectados	30	35	30
	Tiempo total de los 3 proyectos	3043		

5. CONCLUSIONES

El procedimiento propuesto involucra introducir nuevas tecnologías al proceso, simplificando el trabajo manual y aumentando la precisión en los datos obtenidos. Además, reduciendo los tiempos de diseño y de revisión, a largo plazo reduce la necesidad de realizar revisiones en campo, ya que un diseño presentado con un desglose de materiales automatizado y una ortofoto permite al revisor observar el resultado final de la red, teniendo la garantía de los elementos de la red no interferirán con predios, vegetación, ductos, vías y construcciones.

La implementación de la ortofoto en los diseños contribuye de gran manera a poder proyectar una red teniendo presente todos los obstáculos del terreno, al estar georreferenciada se puede estar seguro que las distancias y las ubicaciones de los elementos son precisas. Adicionalmente, se podrá construir el proyecto tal y como se lo plantea en la etapa de diseño, sin embargo, para un contratista implementar la tecnología para la obtención de la ortofoto puede llegar a costos que van desde los \$ 400 a \$1500 dólares. En el mercado, hay empresas que ofrecen el servicio de fotogrametría con costos muy variables dependiendo del proyecto y la precisión, esto como solución a la obtención de la tecnología, sin embargo, un gran obstáculo es el valor que paga la Empresa Eléctrica Centro Sur C.A por los diseños de redes de distribución, ya que hasta la fecha no existe un rubro para los diseños que se realizan con drones. Este rubro debería tener un valor más alto a comparación del rubro de diseño tradicional, ya que realizar un diseño con drones aumenta la calidad de los resultados.

La implementación de algoritmos de inteligencia artificial para la clasificación de imágenes no incrementa la precisión en el desglose de materiales, ya que las estructuras monofásicas 1CP, 1CA y 1CD, 1BD son muy parecidas en cuanto a su forma y materiales. En la práctica, se diferencian solo por las áreas de aplicación, los algoritmos de clasificación de imágenes no son aún capaces de reconocer estas pequeñas diferencias entre estructuras, por lo que la cantidad de estructuras mal identificadas en este proyecto representa un 45%, reduciendo considerablemente la precisión del algoritmo. Este valor se podría reducir a la mitad duplicando la cantidad de muestras en el entrenamiento del algoritmo, sin embargo, esa precisión no es suficiente ya que en campo se pueden encontrar muchas estructuras combinadas y con accesorios diferentes a los normados; por lo que, los algoritmos de clasificación de imágenes no ofrecerían buenos resultados en esas condiciones.

La implementación de la metodología propuesta permitió reducir en un 33% el tiempo empleado en realizar un diseño de distribución, esto se debe en gran parte a la automatización del desglose de materiales. Automatizando esta actividad, se logró reducir el tiempo empleado en el desglose de materiales en un 84% en comparación al método tradicional, en esta actividad es donde se genera la mayor cantidad de errores al ser un procedimiento que se realiza completamente de forma manual.

El uso Machine Learning para desglosar los materiales de la red existente reduce en gran cantidad el tiempo empleado en esta tarea, y puede llegar a obtener resultados de gran precisión, si se identifica los materiales de las estructuras con algoritmos de reconocimiento de objetos.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar algoritmos de reconocimiento de objetos entrenados previamente con materiales de redes de distribución para el desglose de materiales, estos algoritmos podrán identificar de una manera más eficiente que materiales constituye cada una de las estructuras.

Se recomienda el uso de herramientas de software que permitan implementar tecnologías de reconocimiento de objetos en el vuelo del dron para obtener resultados en tiempo real y reducir más los tiempos de desglose de materiales, pudiendo obtener resultados casi instantáneos.

Incluir puntos de control tomados con GPS de precisión para las ortofotos que han sido generadas en locaciones con grandes desniveles, ya que al momento de unir la información de diferentes vuelos se tiende a perder precisión en la altitud del terreno, por lo que el modelo y la ortofoto pueden presentar problemas de calidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ARCONEL. (7 de 09 de 2017). Obtenido de Agencia de regulación y control de electricidad: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec> > 2018/01
- ARDUPILOT. (1 de 12 de 2020). *ARDUPILOT.ORG*. Obtenido de <https://firmware.ardupilot.org/Tools/MissionPlanner/>
- Borak, M. (3 de Enero de 2018). *technode.com*. Obtenido de <https://technode.com/2018/01/03/worlds-top-drone-seller-dji-made-2-7-billion-2017/>
- Cicero.AI. (27 de 07 de 2021). *puentesdigitales.com*. Obtenido de <https://puentesdigitales.com/2018/02/14/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-tensorflow-la-plataforma-para-inteligencia-artificial-de-google/>
- CÓRDOBA, C. A. (03 de marzo de 2017). *UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4408>
- DJI. (1 de 12 de 2002). *DJI*. Obtenido de <https://www.dji.com/ground-station-pro?site=brandsite&from=nav>
- DJI. (2 de Febrero de 2021). Obtenido de DJI Terra: <https://www.dji.com/dji-terra>
- Google Brain. (27 de 07 de 2021). *TensorFlow*. Obtenido de <https://www.tensorflow.org/?hl=es-419>
- Javier Guacho Remache, E. C. (2018). INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA DE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y TORRES DE TELECOMUNICACIONES IMPLEMENTADO EN DRON DENTRO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. Guayaquil, Ecuador: REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.
- MathWorks. (10 de 11 de 2020). *mathworks.com*. Obtenido de [/la.mathworks.com/discovery/machine-learning.html?usq=ALkjrhhjPLvrtGdQULJ6iCBuMOItvlXuYw](https://la.mathworks.com/discovery/machine-learning.html?usq=ALkjrhhjPLvrtGdQULJ6iCBuMOItvlXuYw)
- MERNNR. (1 de 12 de 2020). *CATALOGO DIGITAL REDES DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA*. Obtenido de <http://www.unidadespropiedad.com/>
- Ministerio de electricidad y energía renovable. (03 de 06 de 2011). *Catálogo digital redes de distribución de energía eléctrica*. Obtenido de https://www.unidadespropiedad.com/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=935
- Normand, J.-M. (11 de Enero de 2021). *lemonde*. Obtenido de [/www.lemonde.fr/economie/article/2021/01/11/l-armee-francaise-fera-voler-des-drones-parrot_6065910_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/01/11/l-armee-francaise-fera-voler-des-drones-parrot_6065910_3234.html)
- O. Del Río-Santana, T. E.-F.-E.-M. (2019). Levantamientos Topográficos con Drones. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 15.
- ODM. (1 de 12 de 2020). *OPEN DRON MAP*. Obtenido de <https://www.opendronemap.org/docs/>
- PIX4D. (2017). *support pix4d*. Obtenido de <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/209960726-Types-of-mission-Which-type-of-mission-to-choose>
- PIX4D. (1 de 12 de 2020). *PIX4D*. Obtenido de <https://support.pix4d.com/hc/en-us/sections/360003718932-Getting-started>
- Friday, R. (6 de JUNIO de 2018). *WIRED*. Obtenido de <https://www.wired.co.uk/article/parrot-anafi-drone-specs-price-uk-release-date>
- Python Software Foundation. (20 de 05 de 2020). *Python*. Obtenido de <https://docs.python.org/3/library/index.html>
- Reason Mlambo, I. H. (2017). Structure from Motion (SfM) Photogrammetry with. *Forests*, 1.
- Saravia, M. W., & Cáceres, J. J. (2021). APLICACIONES DE LOS DRONES PARA EL DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y DE TELECOMUNICACIONES. *REVISTA TECNOLÓGICA ITCA-FEPADE*, 23-26.

- Sulca, A. M., & Peña, C. E. (2020). *Repositorio UPN*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25141/Chalco%20Sulca%2C%20Alejandro%20Mart%C3%ADn%20-%20Fern%C3%A1ndez%20Pe%C3%B1a%2C%20Carlos%20Elmer.pdf?sequence=17&isAllowed=y>
- UGCS. (1 de 12 de 2020). *UGCS*. Obtenido de <https://www.ugcs.com/>
- Uplift Drones. (19 de Mayo de 2018). *Uplift Drones*. Obtenido de <https://upliftdrones.com/10-things-you-probably-didnt-know-about-dji/>
- Uribe, L. G. (22 de 07 de 2021). *santanderglobaltech*. Obtenido de <https://santanderglobaltech.com/vision-artificial-vs-vision-humana-asi-ven-los-ordenadores/>
- Valverde, S. A., & Appel, A. F. (2018). Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. *Investiga TEC*, 9-12.
- Waldo Ojeda-Bustamante, A. G.-S.-P.-V. (2017). Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 157.

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Rubén Eduardo Barrera Parra** portador de la cédula de ciudadanía N.º 0104234356. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“DESARROLLO DE METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS ELÉCTRICOS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **23 de septiembre de 2021**



F:

Rubén Eduardo Barrera Parra

0104234356