



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL LOCAL DE VUELO DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO UTILIZANDO TÉCNICAS AMFE

TITULACIÓN: Graduado en Ingeniería en Tecnologías
de la Telecomunicación

AUTOR: Mario San Miguel Montesdeoca

TUTORES: Jose María Cabrera Peña
Ricardo Aguasca Colomo

FECHA: Junio 2014

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL LOCAL DE VUELO
DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO UTILIZANDO
TÉCNICAS AMFE

HOJA DE FIRMAS

Alumno:

Fdo: Mario San Miguel Montesdeoca

Tutor:

Tutor:

Fdo: Jose María Cabrera Peña

Fdo: Ricardo Aguasca Colomo

Fecha: Junio 2014



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL LOCAL DE VUELO
DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO UTILIZANDO
TÉCNICAS AMFE

HOJA DE EVALUACIÓN

Calificación: _____

Presidente:

Fdo:

Vocal:

Fdo:

Secretario/a:

Fdo:

Fecha: Junio 2014

ÍNDICE GENERAL

I	Memoria	1
1.	Introducción	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Antecedentes	1
1.3.	Objetivos	2
1.4.	Peticionario	3
1.5.	Contenidos de la memoria	3
1.6.	Estado del arte	4
1.6.1.	Clasificación de los VANT	4
1.6.2.	Partes que componen un VANT	7
1.6.3.	Partes que componen un Centro de Control	7
1.6.4.	Marco legal	8
2.	Marco teórico	9
2.1.	Diagramas de Ishikawa	9
2.1.1.	Historia del Análisis de Ishikawa	9
2.1.2.	Estructura del diagrama	10
2.1.3.	Realización del diagrama	10
2.2.	Análisis Modal de Fallos y Efectos	11
2.2.1.	Historia de AMFE	11
2.2.2.	El AMFE de diseño	12
2.2.3.	Mejora de los diseños	18
3.	El Centro de Control Local actual	21
3.1.	Esquema del Centro de Control Local	21
3.1.1.	Emisión de datos de control	21
3.1.2.	Recepción y análisis de telemetría	22
3.1.3.	Recepción y visualización de vídeo	22
3.1.4.	Sistema de alimentación	23
3.2.	Diagrama de funciones del Centro de Control Local	23
3.2.1.	Transmisión de datos de control	23
3.2.2.	Recepción de las señales de audio y vídeo	24
3.2.3.	Grabación y visionado del vídeo	24
3.2.4.	Visualización y almacenaje de datos de telemetría	24
3.3.	Diagramas de Ishikawa	25
3.4.	Tabla AMFE	38

4. El Centro de Control Local modificado	41
4.1. Esquema del Centro de Control Local modificado	41
4.2. Diagrama de funciones del Centro de Control Local modificado	42
4.2.1. Transmisión de datos de control	42
4.2.1.1. Transmisión de datos de control del piloto	43
4.2.1.2. Transmisión de datos de control mediante waypoints	43
4.2.2. Recepción y visualización de la señal de vídeo	44
4.2.2.1. Visualización directa de la señal y grabación	45
4.2.2.2. Visualización por parte del navegante y el equipo del CMC	45
4.2.3. Recepción,almacenamiento y visualización de datos de tele- metría	47
4.2.4. Comunicaciones de voz y SMS con el CMC	49
4.2.5. Comunicaciones de datos vía WiMAX	49
4.3. Diagramas de Ishikawa	50
4.4. Tabla AMFE	88
4.5. Recomendaciones para la estructuración del sistema	88
4.6. Recomendaciones para la utilización del sistema	90
5. Conclusiones y mejoras	93
5.1. Conclusiones	93
5.2. Mejoras	94
 II Pliego de condiciones	 97
 III Presupuesto	 103
 IV Anexos	 115
A. Anexo: Tabla AMFE del CCL actual	117
B. Anexo: Tabla AMFE del CCL modificado	133
C. Anexo: Coste de materiales para el montaje del sistema propuesto	179

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Esquema genérico de bloques del sistema completo	2
1.2. Tipología de UAVs según el Parlamento Europeo	6
1.3. Clasificación de UAVs según la máxima carga en el despegue	6
2.1. Diagrama de Ishikawa genérico	10
2.2. Etapas a seguir para la correcta ejecución de un AMFE completo . . .	13
2.3. Tabla AMFE genérica	14
2.4. Ejemplo de árbol de funciones	14
3.1. Diagrama del CCL actual	22
3.2. Diagrama de funciones del CCL (1)	24
3.3. Diagrama de funciones del CCL (2)	25
3.4. Diagrama de funciones del CCL (3)	25
3.5. Diagrama de funciones del CCL (4)	26
3.6. Diagrama de Ishikawa (1)	27
3.7. Diagrama de Ishikawa (2)	28
3.8. Diagrama de Ishikawa (3)	29
3.9. Diagrama de Ishikawa (4)	30
3.10. Diagrama de Ishikawa (5)	31
3.11. Diagrama de Ishikawa (6)	32
3.12. Diagrama de Ishikawa (7)	32
3.13. Diagrama de Ishikawa (8)	33
3.14. Diagrama de Ishikawa (9)	34
3.15. Diagrama de Ishikawa (10)	35
3.16. Diagrama de Ishikawa (11)	35
3.17. Diagrama de Ishikawa (12)	36
3.18. Diagrama de Ishikawa (13)	36
3.19. Diagrama de Ishikawa (14)	37
3.20. Diagrama de riesgo del CCL actual	38
4.1. Diagrama del CCL modificado	43
4.2. Diagrama de Funciones del CCL renovado (1)	44
4.3. Diagrama de Funciones del CCL renovado (2)	46
4.4. Diagrama de Funciones del CCL modificado (3)	48
4.5. Diagrama de Funciones del CCL modificado (4)	49
4.6. Diagrama de Funciones del CCL modificado (5)	50
4.7. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (1)	53
4.8. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (2)	54
4.9. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (3)	55
4.10. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (4)	56

4.11. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (5)	57
4.12. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (6)	58
4.13. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (7)	59
4.14. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (8)	60
4.15. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (9)	61
4.16. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (10)	62
4.17. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (11)	63
4.18. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (12)	64
4.19. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (13)	65
4.20. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (14)	66
4.21. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (15)	67
4.22. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (16)	68
4.23. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (17)	69
4.24. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (18)	70
4.25. Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (19)	71
4.26. Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (20)	72
4.27. Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (21)	73
4.28. Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (22)	74
4.29. Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (23)	75
4.30. Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (24)	76
4.31. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (25)	77
4.32. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (26)	78
4.33. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (27)	79
4.34. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (28)	80
4.35. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (29)	81
4.36. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (30)	82
4.37. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (31)	83
4.38. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (32)	84
4.39. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (33)	85
4.40. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (34)	86
4.41. Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (35)	87
4.42. Diagrama de riesgo del CCL modificado	89
4.43. Diagrama de la estructuración en maletines y conexonado	91
A.1. Tabla AMFE del CCL actual (1)	118
A.2. Tabla AMFE del CCL actual (2)	119
A.3. Tabla AMFE del CCL actual (3)	120
A.4. Tabla AMFE del CCL actual (4)	121
A.5. Tabla AMFE del CCL actual (5)	122
A.6. Tabla AMFE del CCL actual (6)	123
A.7. Tabla AMFE del CCL actual (7)	124
A.8. Tabla AMFE del CCL actual (8)	125
A.9. Tabla AMFE del CCL actual (9)	126
A.10. Tabla AMFE del CCL actual (10)	127
A.11. Tabla AMFE del CCL actual (11)	128
A.12. Tabla AMFE del CCL actual (12)	129

A.13.Tabla AMFE del CCL actual (13)	130
A.14.Tabla AMFE del CCL actual (14)	131
A.15.Tabla AMFE del CCL actual (15)	132
B.1. Tabla AMFE del CCL modificado (1)	134
B.2. Tabla AMFE del CCL modificado (2)	135
B.3. Tabla AMFE del CCL modificado (3)	136
B.4. Tabla AMFE del CCL modificado (4)	137
B.5. Tabla AMFE del CCL modificado (5)	138
B.6. Tabla AMFE del CCL modificado (6)	139
B.7. Tabla AMFE del CCL modificado (7)	140
B.8. Tabla AMFE del CCL modificado (8)	141
B.9. Tabla AMFE del CCL modificado (9)	142
B.10.Tabla AMFE del CCL modificado (10)	143
B.11.Tabla AMFE del CCL modificado (11)	144
B.12.Tabla AMFE del CCL modificado (12)	145
B.13.Tabla AMFE del CCL modificado (13)	146
B.14.Tabla AMFE del CCL modificado (14)	147
B.15.Tabla AMFE del CCL modificado (15)	148
B.16.Tabla AMFE del CCL modificado (16)	149
B.17.Tabla AMFE del CCL modificado (17)	150
B.18.Tabla AMFE del CCL modificado (18)	151
B.19.Tabla AMFE del CCL modificado (19)	152
B.20.Tabla AMFE del CCL modificado (20)	153
B.21.Tabla AMFE del CCL modificado (21)	154
B.22.Tabla AMFE del CCL modificado (22)	155
B.23.Tabla AMFE del CCL modificado (23)	156
B.24.Tabla AMFE del CCL modificado (24)	157
B.25.Tabla AMFE del CCL modificado (25)	158
B.26.Tabla AMFE del CCL modificado (26)	159
B.27.Tabla AMFE del CCL modificado (27)	160
B.28.Tabla AMFE del CCL modificado (28)	161
B.29.Tabla AMFE del CCL modificado (29)	162
B.30.Tabla AMFE del CCL modificado (30)	163
B.31.Tabla AMFE del CCL modificado (31)	164
B.32.Tabla AMFE del CCL modificado (32)	165
B.33.Tabla AMFE del CCL modificado (33)	166
B.34.Tabla AMFE del CCL modificado (34)	167
B.35.Tabla AMFE del CCL modificado (35)	168
B.36.Tabla AMFE del CCL modificado (36)	169
B.37.Tabla AMFE del CCL modificado (37)	170
B.38.Tabla AMFE del CCL modificado (38)	171
B.39.Tabla AMFE del CCL modificado (39)	172
B.40.Tabla AMFE del CCL modificado (40)	173
B.41.Tabla AMFE del CCL modificado (41)	174
B.42.Tabla AMFE del CCL modificado (42)	175

B.43.Tabla AMFE del CCL modificado (43)	176
B.44.Tabla AMFE del CCL modificado (44)	177

ÍNDICE DE TABLAS

2.1.	Tabla de puntuación de la gravedad	15
2.2.	Tabla de puntuación de la ocurrencia	16
2.3.	Tabla de puntuación de la detección	17
1.	Honorarios por tiempo empleado	107
2.	Precios y costes de amortización de los medios empleados	109
3.	Precios y costes de la ejecución del proyecto más la amortización y acceso a Internet	110
4.	Coste final de redacción del proyecto	110
5.	Tabla de coeficientes para el cálculo del visado	111
6.	Cálculo total P para el cálculo del visado (Presupuesto base)	111
7.	Presupuesto total sin impuestos	112
8.	Presupuesto total	112
C.1.	Precios de los componentes necesarios para el montaje del sistema . .	180

Parte I

Memoria

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Los sistemas de ayuda para la prevención de siniestros, catástrofes naturales, accidentes, etc. han sufrido un importante avance con el desarrollo de las nuevas tecnologías en comunicación y control. En un principio, los Vehículos Aéreos No Tripulados (en adelante, VANT), también conocidos comúnmente como drones, eran empleados en alerta y control aplicados en vigilancia con tecnología militar por ejércitos, empresas de seguridad, etc. Éstos sistemas originariamente tenían un costo muy elevado, pero con el desarrollo de la tecnología, especialmente la electrónica, se ha podido reducir tamaño y costes, haciendo accesible su utilización en aplicaciones de seguridad y protección civil, como labores de lucha contra incendios o vigilancia de oleoductos. En este tipo de situaciones, los equipos de coordinación y seguridad deben tomar decisiones al momento, con información obtenida en tiempo real. En el supuesto caso de producirse un incendio forestal u otra situación de emergencia, los VANT podrían proporcionar esa información a través de imágenes, vídeo u otras medidas realizadas mediante sensores. Esta información podría resultar decisiva en la toma de decisiones que pueden implicar la pérdida de bienes inmuebles o vidas humanas.

1.2 Antecedentes

El presente *Trabajo Fin de Grado* (en adelante, *TFG*) se desarrolla en el *Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI)*, en la división de *Computación Evolutiva y Aplicaciones (CEANI)*, dentro de la línea de I+D de *Sistemas de Gestión de Emergencias PLATEA-4D*. Dentro de esta línea de investigación y desarrollo, existe el proyecto de Vehículos Aéreos No Tripulados (*VANT 1*), los cuales aportan información a dicho sistema en tiempo real.

Estos VANT deben estar dotados de un control fiable para las misiones encomendadas y disponer de un sistema de enlace remoto seguro con el gestor de emergencias. Con este proyecto se pretende realizar el diseño de un sistema de control local de

vuelo para VANT lo más robusto y funcional posible. Para ello, se empleará el *Análisis Modal de Fallos y Efectos* (en adelante, AMFE), con el que se evaluará el sistema de control que se emplea en la actualidad y, a partir de ese estudio, se realizará un rediseño para mejorar su funcionamiento y prestaciones.

1.3 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es la realización del rediseño del CCL empleado por el *Servicio de Gestión de Emergencias del 112*, de forma que éste sea *lo más robusto y fiable posible*. Asimismo, sabiendo que la rapidez y facilidad de montaje del sistema es de vital importancia en muchos casos, se tratará de lograr que el diseño sea *compacto y funcional*.

De esta forma, podemos esperar que el sistema resultante tendrá un número bastante reducido de fallos y errores en su funcionamiento y será lo más resistente y práctico posible. Además, permitirá controlar y recibir datos del VANT, así como transmitirlos a un Centro de Mando y Control, localizado en una ubicación remota, donde se pueden tomar decisiones sobre la situación en función de los datos recogidos, los cuales a su vez son transmitidos a PLATEA-4D, tal y como se muestra en la figura 3.4.

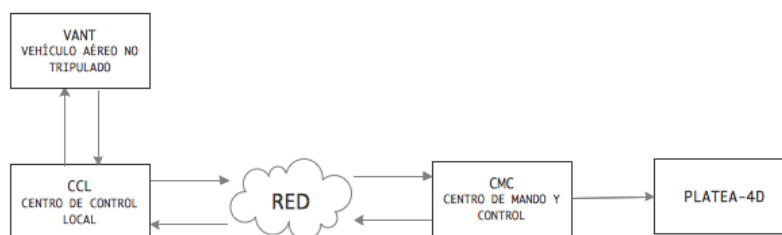


Figura 1.1: Esquema genérico de bloques del sistema completo

Para lograr este objetivo principal, se fijan los siguientes objetivos:

1. El estudio del montaje del sistema de control a nivel funcional.
2. Análisis AMFE del sistema.
3. Rediseño del sistema teniendo en consideración el análisis obtenido.
4. Especificación de los equipos necesarios y montaje del sistema.
5. Realización de un AMFE del nuevo sistema.
6. Ejecución de las modificaciones pertinentes en el sistema.
7. Evaluación de resultados obtenidos sobre un prototipo.

1.4 Peticionario

El *Trabajo Fin de Grado* presentado en esta memoria ha sido elaborado a petición de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica, para la obtención del título de Graduado en Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación.

1.5 Contenidos de la memoria

El presente documento está organizado como se indica a continuación:

- **Capítulo 1:** Introducción. En este capítulo se detallan los antecedentes del trabajo, se especifica el objetivo principal del trabajo y se realiza un estudio del estado del arte y el marco legal actual de los VANT.
- **Capítulo 2:** Marco teórico. En este capítulo se tratarán conceptos básicos sobre los Diagramas de Ishikawa y el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), herramientas usadas a lo largo del desarrollo del trabajo.
- **Capítulo 3:** El Centro de Control Local actual. En este capítulo se realiza un estudio detallado del CCL empleado en la actualidad por el Servicio de Emergencias 112 en colaboración con el club RC AYA. Para ello, primero se realiza un análisis de la estructura del sistema y las funciones que cumple, para a continuación realizar unos análisis de Ishikawa y la tabla AMFE del sistema. Finalmente, se extraen una serie de conclusiones en base a los resultados obtenidos.
- **Capítulo 4:** El Centro de Control Local modificado. En este capítulo, primero se introducen las modificaciones realizadas al CCL actual en función de los resultados y conclusiones obtenidos en el capítulo anterior. A continuación, se realiza el análisis de las funciones que realiza el sistema, seguido de los diagramas de Ishikawa y el AMFE del sistema. Finalmente, se indican unas recomendaciones para montar el sistema y utilizarlo en vuelos, en base a los análisis realizados.
- **Capítulo 5:** Conclusiones y mejoras. En este capítulo se realizará una revisión a los objetivos que se pretendían alcanzar y se indicarán los conseguidos. Además, se comentarán posibles vías de mejora del trabajo que no se han podido desarrollar, ya sea por falta de tiempo o medios.

1.6 Estado del arte

La definición de un sistema UAV, según el departamento de defensa estadounidense [1], es un vehículo aéreo, propulsado, que no transporte ningún operador humano, use las fuerzas aerodinámicas para elevar el vehículo, pueda volar de forma autónoma o ser pilotado remotamente, pueda ser desechable o recuperable, y pueda llevar a bordo una carga útil letal o no letal. Los vehículos balísticos o semi balísticos, misiles de crucero y proyectiles de artillería no son considerados vehículos aéreos no tripulados.

En este apartado se realizará un estudio del estado del arte de los Vehículos Aéreos No Tripulados. Para ello, se estudiarán las distintas formas de clasificar los VANT (también conocidos con la terminología inglesa *UAV*).

1.6.1 Clasificación de los VANT

Actualmente, la diversidad de UAVs oscila desde vehículos extremadamente simples, de bajo coste, pequeño tamaño y corto alcance, utilizados para aplicaciones de corta duración, a aviones de varios millones de euros, con inteligencia artificial, capacidad para realizar vuelos de gran duración y largo alcance, y llevando a bordo una cantidad de carga útil considerable. Los UAVs más simples pueden cargar algún sensor de poco peso, como sensores térmicos o infrarrojos (IR) y cámaras. Suelen tener un enlace de comunicaciones con una estación base a corta distancia del lugar de operación. Los más grandes suelen llevar todo tipo de sensores, entre los que destacan radares de vigilancia superficial y sistemas electrónicos de inteligencia (*ELINT* o *Electronic Intelligence*). Pueden comunicarse con varias estaciones base, o incluso con otros UAVs, formando una red de comunicaciones, que permite la operación a largas distancias.

La clasificación de los UAV puede llevarse a cabo por sus prestaciones, las cuales están intrínsecamente relacionadas con su tamaño [2]. Así, existen varias categorías dependiendo de quién realice esta clasificación: los productores, los usuarios o los investigadores. Otra forma de clasificación atiende al modo en que se controla el vuelo, de forma que existen tres métodos: pre-programado, controlado remotamente y autónomo. Estos métodos pueden combinarse en un mismo UAV. Cada uno de los tres métodos presenta ciertas ventajas e inconvenientes que se comentan a continuación.

El control de vuelo más básico es el modo pre-programado. Es el método más simple, no presenta muchas dificultades técnicas, ni depende de enlaces de comunicaciones entre la estación base y el UAV, que pueden estar sujetos a problemas de ruido y/o interferencia. De esta forma, se puede operar a grandes distancias, fuera de la línea de visión directa entre estación base y radar. Sin embargo, el sistema es inflexible. Una vez que el UAV comienza su vuelo, siguiendo ciertos puntos de

control, no puede modificarse su ruta programada. Además, si el UAV necesita volar bajo se debe tener información precisa de la orografía del terreno. En el caso de sistemas militares, este método de operación no tiene capacidad de reacción ante ataques enemigos.

El modo basado en control remoto es el más común. Por medio de un enlace radio, el operador recibe datos de vuelo del UAV (adquiridos mediante sensores) y envía comandos de vuelta para controlar la aeronave. La principal vulnerabilidad de estos sistemas es el enlace de comunicaciones radio, ya que el alcance de este enlace es el factor que limita la distancia de operación del UAV. Además, el sistema de comunicaciones es vulnerable, con el agravante de revelar la posición tanto de la estación base como del propio UAV. Los sistemas más avanzados tratan de solventar estos problemas con enlaces radio más robustos e incluso con enlaces radio indirectos (vía satélite o redes de UAVs).

Los sistemas completamente autónomos son una opción todavía en desarrollo en la actualidad. Este tipo de sistemas llevarían a bordo equipos y sensores que permitieran al UAV tomar decisiones por sí mismo, reaccionando ante ataques o haciendo varias pasadas en una posible zona de interés.

Sin embargo, no hay una definición universalmente aceptada sobre la tipología de los diferentes UAV. Destacan la tipología empleada en el Parlamento Europeo [2] y la usada por las fuerzas armadas estadounidenses, basada en niveles. La clasificación estadounidense resulta más compleja, e incluso distintas divisiones usan clasificaciones diferentes. Los tipos de UAV, según el Parlamento Europeo, están descritos en la tabla de la figura 1.2.

También es posible realizar una clasificación más simple basada en la capacidad de carga útil, conocida como peso máximo de despegue (*MTOW* o *Maximum Take Off Weight*). Según esta clasificación, existen cuatro clases de UAV, tal y como se refleja en la figura 1.3.

La carga útil que puede transportar un UAV se ve mermada por el combustible necesario para vuelos de larga duración. Siempre se debe llegar a un compromiso entre duración del vuelo y carga útil que puede transportarse.

Tipo	Altura máx. de vuelo	Distancia máx. de operación	Capacidad de carga	Sensores típicos	Comentarios adicionales	Ejemplos
Micro-UAV	600 m	2 Km	< 1 Kg	Videocámara pequeña y/o IR	Transportables y lanzados a mano, duración de vuelo <1 hora	Aladin (Alemania)
Mini-UAV (UAV de proximidad)	2 Km	10 Km	< 10 Kg	Videocámara y/o IR	Duración de vuelo aprox. 1 hora	Bird Eye (Israel)
Corta distancia (UAV tipo OTAN/táctico)	4.5 Km	50-150 Km	< 100 Kg	Videocámara, IR, Radar, ELINT	-----	Sperwer (Francia)
Media distancia	6 Km	200 Km	< 150 Kg	Videocámara, IR, Radar, ELINT	-----	Hermes 450 (Israel)
MALE (Medium Altitude, Long Endurance)	10 Km	200 Km	< 300 Kg	Videocámara, IR, Radar, ELINT	Duración de vuelo de decenas de horas	Predator (USA)
HALE (High Altitude, Long Endurance)	> 10 Km	> 1000 Km	> 300 Kg	Videocámara, IR, Radar, ELINT	Duración de vuelo de decenas de horas	Global Hawk (USA)

Figura 1.2: Tipología de UAVs según el Parlamento Europeo

CLASE DE UAV	MTOW (KG)	RANGO	ALCANCE (KM)	ALTURA MÁXIMA (m)
Clase 0	<25	Cercano	15	300
Clase 1	25-500	Corto	15-150	4500
Clase 2	500-2000	Medio	150-1000	9000
Clase 3	>2000	Largo	>1000	>3000

Figura 1.3: Clasificación de UAVs según la máxima carga en el despegue

1.6.2 Partes que componen un VANT

Un sistema UAV se caracteriza por la plataforma aérea y por su infraestructura en tierra. Las principales partes que componen la plataforma aérea o UAV son las siguientes [2]:

- Alas y fuselaje.
- Motores: la mayoría de los UAV son propulsados por un motor de explosión basado en pistón, que mueve un sistema de hélices. Para UAVs más rápidos y/o que vuelan a mayor altura, se suelen usar motores turbopropulsados o a reacción. En los sistemas micro-UAV y mini-UAV se emplean motores eléctricos, alimentados por baterías, fuel-cells o células solares.
- Sensores: los sensores más habituales en los UAV son cámaras de fotos, cámaras de vídeo, sensores IR, radares, láser, sensores acústicos, sensores pasivos de microondas, sensores de ayuda a la navegación (radiobalizas, GPS, transpondedores...), sensores biológicos, radiológicos y químicos, sensores meteorológicos...[3]
- Sistema de control: utilizado para volar el UAV. Suele ser un enlace de comunicaciones radio bidireccional y/o un ordenador a bordo, conectado a un sistema inercial y un GPS, capaz de realizar la navegación.
- Enlace de datos radio: utilizado para recibir las señales de control de los sensores, procedentes de la estación base, y para enviar la información capturada por esos sensores a la estación base.
- Sistema de recuperación del UAV: los primeros modelos usaban un paracaídas para aterrizar. Los modelos modernos son capaces de aterrizar como un avión normal, con un tren de aterrizaje y un sistema de frenado.

1.6.3 Partes que componen un Centro de Control

En cuanto a la infraestructura mínima y necesaria en tierra para poder controlar un UAV, se puede destacar [2]:

- Lanzadera: muchos UAV de tamaño pequeño/medio despegan mediante un sistema basado en catapulta o mediante un cohete. En el caso de micro-UAVs pueden incluso lanzarse con la mano. Los sistemas más grandes pueden despegar como un avión normal, ya que cuentan con un tren de aterrizaje.
- Sistema de control: Consiste en el sistema utilizado para controlar el vuelo del UAV. Puede incluir una cabina de mando desde donde pilotar el UAV, en el caso de sistemas controlados de forma remota. El sistema de control debe disponer de un enlace radio bidireccional con el UAV. Podría tener subsistemas adicionales que permitan asumir el mando del vuelo a otros operadores.

- Enlace de datos radio: utilizado para transmitir las señales de control a los sensores del UAV y para recibir la información capturada (también conocida como *telemetría*) por esos sensores.
- Infraestructuras de transporte y mantenimiento del UAV.

1.6.4 Marco legal

El principal reto de los drones nunca ha sido la tecnología, sino el vacío legal que los rodea. De momento, los únicos vuelos permitidos en España son los de experimentación o demostración. Cuando la *Organización de Aviación Civil Internacional* (OACI) equiparó los drones a las aeronaves tripuladas, éstos pasaron a la legislación aeronáutica general. La Unión Europea adoptó esta medida y empezó a trabajar en un marco normativo al que espera dar luz verde en 2016.[4] [5]

También el *Ministerio de Fomento del Gobierno de España* se encuentra trabajando en un borrador de una nueva legislación que controle el vuelo de drones en el territorio nacional. Aunque todavía se desconocen muchos de los detalles, sí se ha anticipado el hecho de que los drones no podrán sobrevolar núcleos urbanos, salvo en casos puntuales y siempre tras haber obtenido una autorización previa. El decreto clasificará las aeronaves por categoría según su peso, determinará los requisitos de seguridad, los sistemas de visualización y los procedimientos operativos a ejecutar en el espacio aéreo, además de establecer las condiciones que tienen que cumplir los pilotos (será obligatoria la realización de una serie de cursos certificativos para obtener la licencia de vuelo). Los aparatos solo podrán volar en espacio aéreo restringido y nunca podrán sobrepasar los 150 metros de altura, para que el piloto pueda verlos. La nueva norma también regulará los trabajos aéreos que se podrán llevar a cabo a través de drones, entre ellos están labores de fumigación, reportajes fotográficos, operaciones relacionadas con la agricultura, tareas de apoyo a la extinción de incendios, inspección de líneas de alta tensión y ferroviarias o vigilancia de las fronteras. [6]

Hasta que no se apruebe el Real Decreto (se estima su publicación entre finales del mes mayo y comienzos de junio del presente año 2014 [4]), en España se aplica a los drones la *Ley de Seguridad Aérea* y la *Ley de Navegación Aérea*, además de todos los reglamentos europeos y anexos de la OACI.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se tratarán dos herramientas indispensables para la realización del trabajo. Aunque carecen de excesiva complejidad, es preciso su estudio detallado para comprender las mecánicas y la forma de tomar decisiones adoptada en este trabajo. Estas dos herramientas a las que nos referimos son los *Diagramas de Ishikawa* y las *tablas AMFE*, cuyos cometidos son el descubrimiento de las causas que producen determinados modos de fallo y porqué se producen las mismas, y la evaluación de los modos de fallo y sus causas, respectivamente.

2.1 Diagramas de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido con otros nombres, como diagrama de espina de pez o diagrama de causa-efecto (por citar solo un par), es una herramienta de visualización que permite categorizar las causas potenciales de un determinado problema para así poder identificar las causas raíz. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en el ámbito de la industria y posteriormente desarrollada en el sector servicios, para facilitar el análisis de problemas en procesos, productos y servicios.

2.1.1 Historia del Análisis de Ishikawa

Aunque el concepto básico de los diagramas de espina de pez surgió en la década de 1920, su uso se popularizó en la década de 1960 cuando comenzó a emplearlo el químico japonés **Kaoru Ishikawa**, pionero en el ámbito de los procesos de gestión de calidad y uno de los padres fundadores de la gestión moderna. En la actualidad, se considera una de las siete herramientas básicas del control de calidad, y se emplea en multitud de ámbitos, desde la industria a aspectos de marketing [7] [8].

2.1.2 Estructura del diagrama

La estructura de los diagramas de Ishikawa es muy similar a la de una espina de pez (de ahí el nombre que recibe). En la “cabeza” del pez se ubica el problema o modo de fallo a analizar, y desde ahí se traza una línea horizontal (la “espina dorsal” del pez). A esta línea se van conectando mediante flechas las posibles causas del problema, y conectadas a esas flechas, los motivos por los que se produce cada causa [9]. En la figura 2.1 se muestra un diagrama de Ishikawa genérico. Lo habitual en marketing y otros sectores es aplicar a todo problema una serie de causas generales (People, Methods, Machines, Materials, Measurements, Environment) y clasificar dentro de cada una de ellas las causas que lo originan. En este TFG no se aplica dicho método, sino que directamente se aíslan las causas del problema y se trata de encontrar los desencadenantes de las mismas.

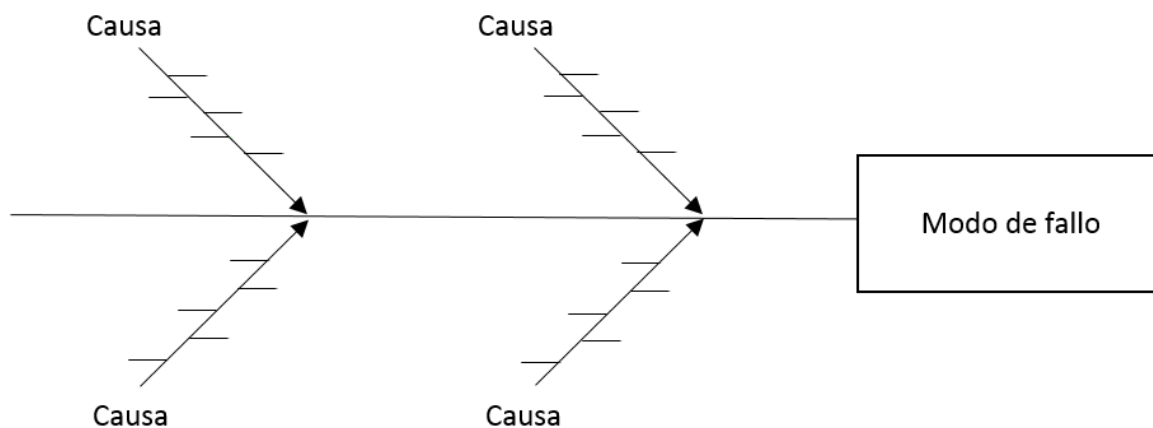


Figura 2.1: Diagrama de Ishikawa genérico

2.1.3 Realización del diagrama

La realización del diagrama de Ishikawa es muy sencilla e intuitiva, si bien es recomendable que se realice en grupo y se sigan los siguientes pasos:

1. Hacer un diagrama de Ishikawa en blanco.
2. Definir el problema o modo de fallo a evaluar.
3. Realizar una lluvia de ideas (*brainstorming*) para encontrar las posibles causas del modo de fallo especificado.
4. Buscar los *porqués*: ¿por qué se puede producir esta causa?.

Siguiendo estos pasos, es posible llegar a conocer la mayoría o todos los modos de fallo de un sistema y por qué se pueden producir cada uno de ellos. Más adelante, con la ayuda de otras herramientas, como el Análisis Modal de Fallos y Efectos en nuestro caso, podemos evaluar cada una de las causas y sus respectivos porqués y actuar en consecuencia.

2.2 Análisis Modal de Fallos y Efectos

El Análisis Modal de Fallos y Efectos o AMFE se trata de una herramienta estructurada para la prevención de defectos mediante el análisis de las formas en que puede fallar un producto o proceso. Además, permite la evaluación de las consecuencias en el supuesto de un fallo y la realización de un estudio de las causas que provocan esos modos de fallo. A partir de este estudio detallado, se plantean una serie de acciones recomendadas en función del nivel de importancia del modo de fallo. Estas acciones luego son tenidas en cuenta y aplicadas, en caso de ser necesarias, por un responsable.

Este método consiste en analizar una situación, objeto, proceso o diseño determinado y plantearse las siguientes cuestiones: ¿Qué puede ir mal? ¿Qué puede ocurrir si va mal? ¿Cuáles son las causas de que vaya mal? ¿Qué se puede hacer para prevenir o remediar el fallo?. El AMFE es, fundamentalmente, una herramienta de prevención, ya que trata de encontrar los fallos antes de que aparezcan, evaluar su impacto y proponer acciones recomendadas para solucionar dichos fallos [10].

El AMFE puede aplicarse a productos y servicios, así como a procesos (de montaje o producción), y a los medios necesarios para dichos procesos. Así, podemos encontrarnos con AMFEs de diseño, de proceso, de medios y, en los últimos años, de concepto. Para cada uno de ellos el AMFE se puede aplicar a nivel de sistema, subsistema o componente. Debido al caso de estudio de este trabajo, nos centraremos en el AMFE de diseño del sistema.

2.2.1 Historia de AMFE

El sistema AMFE es desarrollado a lo largo de la década de 1940 e introducido a finales de la misma, en noviembre de 1949, en el documento MIL-P-1629. En un principio, su uso iba destinado al análisis de los vehículos de las fuerzas armadas de los Estados Unidos [11]. Más adelante, a comienzos de los años 60, la NASA (U.S. National Aeronautics and Space Administration) comienza a usar variantes de AMFE en programas de gran importancia como Apolo, Viking, Voyager, Magellan, Galileo o Skylab. En esta misma década, se comienza a emplear en aeronáutica civil, cuando la Sociedad de Ingenieros de Automoción (*SAE, Society of Automotive Engineers*) publica el estándar ARP926 en 1967, que más tarde sería revisado y reemplazado por ARP4761, el cual es empleado hoy en día en aviación civil.

En los años 70 comienza la expansión del uso de AMFE a otros sectores de la industria, como son el petrolero y la industria alimenticia, por poner solo dos ejemplos. Más destacado es su uso en la industria del automóvil, el cual comenzó a mediados de la década en la empresa Ford fmeahist2, con el objetivo de evitar fallos potenciales del proceso de fabricación de sus coches. Mucho después, en el año 1993 el *Automotive Industry Action Group* (AIAG) publicó el primer estándar AMFE para la industria del automóvil, el J1739, el cual ha sido revisado en 4 ocasiones hasta la fecha.

Como se puede apreciar, en la actualidad se aplica el estándar AMFE en multitud de campos como la electrónica, el diseño de software, la industria aeronáutica y aeroespacial, etc. Por ello, el sistema de control local de vuelo para vehículos aéreos no tripulados en primera persona objeto de estudio de este trabajo será analizado mediante técnicas AMFE.

2.2.2 El AMFE de diseño

El AMFE de diseño se aplica en las etapas iniciales del producto o servicio, anticipando lo que puede fallar y analizando las distintas consecuencias de estos fallos, para hacer llegar al cliente productos que sean de alta fiabilidad. El proceso de elaboración del AMFE de diseño es el mostrado en la figura B.2:

Como se puede apreciar, el proceso de elaboración del AMFE debe ser realizado en grupo en la medida de lo posible. Además, se trata de un proceso que requiere de constante realimentación, con el objetivo principal de obtener el sistema o producto final lo más fiable y seguro posible.

Los datos que se van obteniendo a medida que se pasa por cada una de las etapas previamente indicadas se recogen en una tabla como la que se muestra en la figura B.3:

Como se puede observar, está compuesta por multitud de campos, los cuales se irán explicando a continuación [10]:

- **Cabecera:** En este campo es preciso indicar el número de AMFE, la pieza o sistema que se analiza, el equipo de trabajo, la fecha de inicio y la fecha de finalización del trabajo y el responsable encargado del AMFE.
- **Función:** Esta primera columna de la tabla se rellena con todas las funciones medibles del sistema. Para poder rellenar esta tabla Antes de cumplimentar esta columna, es preciso realizar un diagrama de árbol de función en el cual se especifica las distintas funciones que deben cumplir la unidad, componente o subsistema, y de que? modo se va a cumplir dicha función. Así, se reduce hasta que se llegue a un nivel en el cual la función sea medible. Un ejemplo de árbol de funciones es el que se muestra a continuación, en la figura B.4.

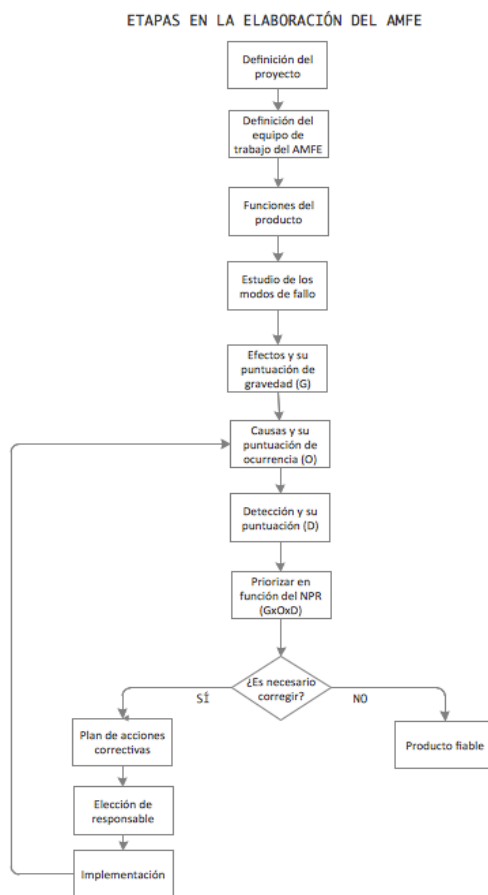


Figura 2.2: Etapas a seguir para la correcta ejecución de un AMFE completo

- **Modo de fallo:** Para cada una de las funciones medibles de la columna anterior, se debe indicar la forma de que no cumpla dicha función. Los modos de fallo pueden clasificarse en función de cómo funciona el sistema (de forma parcial, intermitente, erróneo o no funciona) o del modo en el que afecta al cliente (sin consecuencias, ligeras molestias, descontento, gran descontento o problemas de seguridad), por solo citar unos cuantos.
- **Efecto potencial de fallo:** En el caso de que suceda un modo potencial de fallo, es preciso indicar los efectos o consecuencias que se pueden dar. Un mismo modo de fallo puede dar lugar a varios efectos, y éstos pueden afectar al subsistema, al sistema en general, a las personas que lo utilizan o incluso puede incumplir alguna normativa o ley.
- **Gravedad:** Para cada uno de los efectos, se asigna una puntuación de gravedad de 1 a 10, siendo 1 si no tiene ningún efecto y 10 si el efecto crea peligro para los usuarios o el entorno. Estas calificaciones y los criterios para cada una de ellas se recogen en la tabla 2.1.

Para cada modo de fallo se apunta el valor del efecto más grave, ya que se asume que si ocurre el modo de fallo se producen todos los efectos indicados.

ANFE DE DISEÑO Número de ANFE: Modelo: Pág. 1 de xx Equipo: Fecha de inicio: xx/xx/xxxx - Fecha de finalización: xx/xx/xxxx Sistema: Responsable:

Función	Modo de fallo	Efecto potencial de fallo	Gr	Clas	Causa	Oc	Control	Det	NPR	Acciones recomendadas	Responsable. Fecha	Resultado				
												Acciones adoptadas	Gr	Oc	Det	NPR

Figura 2.3: Tabla AMFE genérica

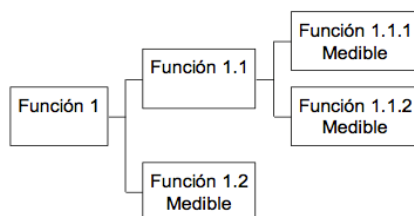


Figura 2.4: Ejemplo de árbol de funciones

- **Clasificación:** en esta columna se indica si el efecto potencial de fallo es potencialmente crítico o si es significativo. Por ello, este campo puede rellenarse con tres valores:
 - YC: Característica potencialmente crítica. Este valor sólo se indica si la columna de gravedad es de 9 o 10.
 - YS: Característica potencialmente significativa. Este valor se indica si la gravedad tiene un valor entre 5 a 8 y la ocurrencia (este parámetro se explica más adelante) es mayor o igual a 4.
- **Causa potencial de fallo:** para cada modo de fallo se analizan las causas que lo producen. Si se produce la causa, es innegable que se va a producir el modo

Puntuación	Efectos	Criterio: Gravedad del efecto
1	Ninguno	Sin efecto
2	Muy inferior	No es conforme el componente en cuanto a acabado y montado/ruidos y chirridos. Defecto notado sólo por clientes exigentes
3	Inferior	No es conforme el componente en cuanto a acabado y montado/ruidos y chirridos. Defecto experimentado por un clientes.
4	Muy bajo	No es conforme el componente en cuanto a acabado y montado/ruidos y chirridos. Defecto experimentado por la mayoría de los clientes.
5	Bajo	El componente/sistema funcionan pero algunos de los componentes de conveniencia/comodidad funcionan en un nivel reducido de rendimiento. El cliente experimenta algo de insatisfacción.
6	Moderado	El componente/sistema funciona, pero con algunos de los componentes de conveniencia/comodidad no. El cliente experimenta incomodidad.
7	Alto	Sistema/componente funciona, pero con un bajo rendimiento. Cliente insatisfecho.
8	Muy alto	Sistema/componente no funciona, con pérdida de la función principal.
9	Peligro con aviso	Puede poner en peligro el funcionamiento del sistema...incumplimiento de las directrices legales...con aviso.
10	Peligro sin aviso	Puede poner en peligro el funcionamiento del sistema...incumplimiento de las directrices legales...sin aviso.

Tabla 2.1: Tabla de puntuación de la gravedad

de fallo el cual, tal y como se ha indicado previamente, tendrá uno o varios efectos potenciales de fallo. Las causas de fallo se pueden obtener mediante herramientas como el Diagrama de Ishikawa, el Diagrama de Relaciones o el Método de los 5 Porqués. En el caso del presente trabajo, se emplearán, tal y como ya se ha comentado, los Diagramas de Ishikawa.

- **Ocurrencia:** para cada una de las causas encontradas, es preciso evaluar el número de veces que ésta puede darse. Al igual que en el caso de la Gravedad, se puntúa del 1 al 10 y se siguen los criterios de la tabla 2.2.

Puntuación	Probabilidad de fallo	Posible escala de fallos
1	Remota: Fallos improbables.	1 en 1500000
2	Baja: Relativamente pocos fallos.	1 en 150000
3		1 en 15000
4	Moderada: Fallos ocasionales.	1 en 2000
5		1 en 400
6		1 en 80
7	Alta: Fallos repetitivos	1 en 20
8		1 en 8
9	Muy alta: Fallo casi inevitable.	1 en 3
10		1 en 2

Tabla 2.2: Tabla de puntuación de la ocurrencia

Estos valores son subjetivos y dependen de la experiencia del equipo de trabajo. Conociendo estos valores, es posible obtener la probabilidad de que ocurra la causa del fallo y que ésta de lugar al modo de fallo, también conocida como coeficiente de frecuencia. Éste se calcula mediante la fórmula 2.1:

$$P(\text{causa} + \text{modo de fallo}) = P(\text{causa}) * P(\text{modo de fallo}) \quad (2.1)$$

Entendiendo como $P(\text{modo de fallo})$ a la probabilidad condicionada de que si se produce la causa, ésta de lugar al modo de fallo. El coeficiente de frecuencia puede reducirse modificando el diseño del sistema o mejorando el control del mismo.

- **Controles actuales de diseño:** en este campo se indican los controles que se emplean para detectar la causa o mecanismo de fallo. Existen dos tipos básicos de control de diseño:
 - **Prevención:** Previene que la causa/mecanismo de fallo o el modo de fallo pueda ocurrir o reduce su ocurrencia. Se indica con una "P".
 - **Detección:** Detecta la causa/mecanismo de fallo o el modo de fallo y produce la apertura de una acción correctiva. Se indica con una "D".
- **Detección:** Cada tipo de control de diseño tiene un grado de fiabilidad a la hora de detectar la causa o mecanismo de fallo. Al igual que ocurre con la Gravedad y la Ocurrencia, este parámetro se evalúa del 1 al 10, siguiendo las relaciones de tabla 2.3.

La calificación de detección puede reducirse mejorando la actividades de control de diseño. A partir de este parámetro es posible calcular la probabilidad de que un fallo llegue al cliente. Esta probabilidad se calcula multiplicando la probabilidad de que ocurra el fallo con la probabilidad de que no se detecte, tal y como muestran las fórmulas 2.2 y 2.3

$$P(\text{fallo llegue al cliente}) = P(\text{Ocurra}) * P(\text{No deteccion}) \quad (2.2)$$

Puntuación	Detección	Probabilidad de detección mediante control de diseño
1	Casi cierta.	Casi seguro que el control de diseño detecte una causa/mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
2	Muy alta.	Posibilidad muy alta de que el control de diseño detecte una causa/mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
3	Alta.	Mayor posibilidad de que el control de diseño detecte una causa/mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
4	Moderadamente alta.	Posibilidad moderadamente alta de que el control de diseño detecte una causa/-mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
5	Moderada.	Posibilidad moderada de que el control de diseño detecte una causa/mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
6	Baja.	Posibilidad baja de que el control de diseño detecte una causa/mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
7	Muy baja.	Posibilidad relativamente baja de que el control de diseño detecte una causa/-mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
8	Remota.	Posibilidad relativamente baja de que el control de diseño detecte una causa/-mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
9	Muy remota.	Mínimas posibilidades de que el control de diseño detecte una causa/mecanismo potencial y su subsecuente modo de fallo.
10	Máxima incertidumbre	El control de diseño no detectará y/o puede detectar un mecanismo/causa potencial ni el subsecuente modo de fallo. No existe un control de diseño.

Tabla 2.3: Tabla de puntuación de la detección

$$P(\text{fallollegualcliente}) = \text{Probabilidad}(\text{causa}) \times P(\text{modode fallo}) \times P(\text{NoDeteccion}) \quad (2.3)$$

- **Número de Probabilidad de Riesgo (NPR):** Este valor se obtiene de la multiplicación de las puntuaciones obtenidas en las columnas de Gravedad, Ocurrencia y Detección, tal y como se muestra en la ecuación 2.4.

$$NPR = Gravedad * Ocurrencia * Deteccion \quad (2.4)$$

Con este valor se priorizan las acciones recomendadas, dándole prioridad a las que corrigen o reducen modos de fallo con mayor NPR [12] . Sin embargo, es más recomendable realizar la priorización según el mayor valor de gravedad, ocurrencia y detección, en el orden enunciado y haciendo énfasis en la prevención antes que en la detección [10].

Un índice de menor importancia, pero que también puede calcularse y resulta de utilidad es la *Criticidad* (2.5), entendiéndose la misma como el producto de las puntuaciones de las columnas de Gravedad y Ocurrencia.

$$Criticidad = Gravedad * Ocurrencia \quad (2.5)$$

- **Acciones recomendadas:** en esta columna se indican las acciones que pueden aplicarse para eliminar o prevenir la causa o modo de fallo. Con estas medidas, se pretenden reducir los parámetros de gravedad y ocurrencia, así como aumentar la posibilidad de detectar la causa o modo de fallo. Debe tenerse en cuenta de que los valores de ocurrencia y detección son fácilmente remediabiles, pero no sucede lo mismo con la puntuación de gravedad: si se quiere reducir, es preciso modificar el diseño. En el suceso de que no se propongan acciones recomendadas, es preciso indicar explícitamente “Ninguna” ó “- - -”.
- **Responsable:** para cada acción recomendada, es necesario nombrar un responsable encargado de llevarla a cabo y una fecha límite para realizarla.
- **Resultado de las acciones:** en estas últimas columnas, se indican las acciones adoptadas, y la nueva puntuación de gravedad, ocurrencia y detección debido a dichas acciones, con el fin de comprobar la efectividad de las mismas. Hay que tener en cuenta que no todas las acciones recomendadas serán llevadas a la práctica, pero aún así pueden utilizarse estas columnas para informar de la conveniencia de adoptar estas acciones. Con los nuevos valores se calcula el NPR y se procede a evaluar los resultados.

2.2.3 Mejora de los diseños

Uno de los objetivos fundamentales del AMFE consiste en la detección de situaciones en las cuales se pueda mejorar el diseño de cierto sistema de modo que no se produzcan o que suceda el menor número posible de fallos en el mismo. La prioridad principal es reducir la gravedad de un modo de fallo, seguida de una reducción de la ocurrencia o las causas del mismo y, por último, la mejora de los controles o mecanismos de detección de las causas o modos de fallo.

La gravedad puede disminuirse, tal y como se comentó anteriormente, realizando una mejora del diseño. Al reducir la gravedad, se pueden evitar los efectos de ciertos modos de fallo, pudiendo eliminarse el modo de fallo por completo.

La ocurrencia se puede reducir de dos formas bien diferenciadas:

- Alterando el diseño actual, al igual que para disminuir la gravedad.
- Mejorando las especificaciones del sistema.

La detección se puede aumentar realizando acciones correctoras recomendadas, las cuales deben adoptarse en el siguiente orden:

1. Mejora o cambio del diseño del sistema o componente.
2. Mejora o cambio del proceso.
3. Aumentar la detección.

Además, también se puede corregir la detección añadiendo o mejorando los métodos de control de diseño.

Una vez explicado el funcionamiento y la forma de aplicar estas herramientas, se procede a su utilización en los siguientes capítulos.

EL CENTRO DE CONTROL LOCAL ACTUAL

En este capítulo se realiza un estudio detallado del Centro de Control Local (en adelante, CCL) empleado en la actualidad por el equipo de vuelo del *Servicio de Emergencias 112*, compuesto por miembros del *club de radiocontrol RC AYA*. Este estudio consistirá en un esquema del sistema, detallando cada una de sus partes, un esquema funcional, los diagramas de Ishikawa de los modos de fallo encontrados, la tabla AMFE realizada sobre el sistema y las recomendaciones propuestas para mejorar el sistema.

3.1 Esquema del Centro de Control Local

El sistema de control que se emplea en la actualidad es bastante básico, pero permite el control directo mediante un mando de radiocontrol por parte de un piloto, la recepción y análisis de la telemetría y la recepción y visualización de vídeo por parte del piloto y el equipo de vuelo. Este sistema se muestra en la figura 3.1. A continuación, se procede a explicar el funcionamiento general de cada una de los aspectos que componen el centro de control.

3.1.1 Emisión de datos de control

El control del VANT puede realizarse de dos formas distintas, ya sea de forma manual por un piloto certificado con un mando de radiocontrol o mediante la fijación de waypoints sobre la zona de vuelo, si bien se recomienda que siempre haya un piloto presente y que su criterio prime sobre cualquier otro factor [14] .

En el caso del Centro de Control objeto de estudio, el VANT se controla exclusivamente de forma manual, por lo que se conecta un mando de radiocontrol a una antena que emite los comandos de control a una frecuencia de 2.4GHz, con un rango máximo de 10 kilómetros, por lo que el piloto debe procurar no sobrepasar ese margen.

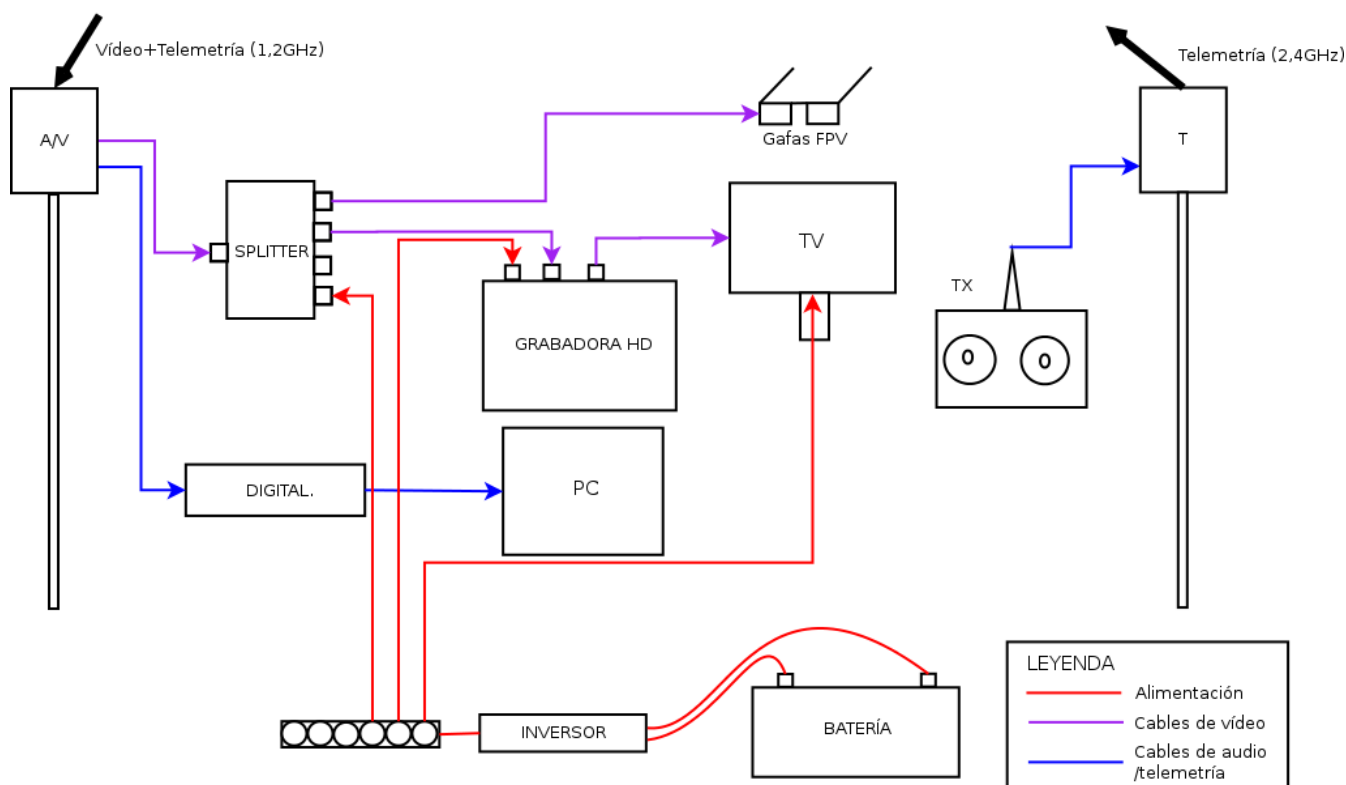


Figura 3.1: Diagrama del CCL actual

3.1.2 Recepción y análisis de telemetría

Por datos de telemetría se entiende toda medición tomada por sensores incorporados a la estructura del VANT y enviada al CCL. En el caso de estudio, la antena del VANT codifica todos los datos de telemetría como audio y los envía a la frecuencia de 1.2GHz. Estos datos se reciben en la antena de AV, se decodifican, se digitalizan y se envían a un portátil con el software necesario para la interpretación de los datos (generalmente, se emplean Mission Planner© y DJI NAZA Ground Station©).

3.1.3 Recepción y visualización de vídeo

El vídeo grabado por la cámara del morro del VANT es de vital importancia para el piloto y el resto del equipo de vuelo, puesto que si no se recibe, se corre el riesgo de no poder controlar correctamente el VANT, lo cual puede conllevar accidentes que perjudiquen vidas humanas o al propio VANT.

En el caso de estudio, el vídeo se transmite a la frecuencia de 1.2GHz desde el VANT hacia la antena AV. Una vez recibida la señal de vídeo, ésta se divide en un splitter de vídeo, del cual se usan dos salidas:

- Por un lado, la señal de vídeo de una de las salidas va directamente a unas gafas de vuelo en FPV (del inglés *First Person View*, *Vista en Primera Persona*), usadas por el piloto para controlar el VANT como si estuviese en su interior.
- Por otro lado, la señal de vídeo de la otra toma se conecta a una grabadora multimedia, donde se almacena una copia del vídeo recibido, ya que siempre debe quedar una grabación del vuelo efectuado para su posterior análisis. Además, se conecta una de las salidas de la grabadora a un televisor en el que el equipo de vuelo puede visualizar el vídeo capturado. En el caso de que fallen las gafas FPV del piloto o que sea incomodidad su utilización, éste debe usar esta pantalla para guiar el VANT.
- El resto de tomas del splitter quedan libres, pudiendo usarse para otros fines, como puede ser conectar otro monitor o llevar la señal de vídeo a un portátil, aunque generalmente no se emplean.

3.1.4 Sistema de alimentación

La mayoría de equipos mencionados anteriormente necesitan estar alimentados. Para ello, se emplea un sistema compuesto por una batería de 12 V/360 A y un inversor, de forma que se disponga de corriente alterna para alimentar los dispositivos, los cuales se conectan a una regleta.

3.2 Diagrama de funciones del Centro de Control Local

Una vez estudiada la estructura y funcionamiento general del sistema, es preciso extraer el diagrama de funciones, para así obtener las funciones más concretas posibles y encontrar los modos de fallo de cada una de ellas. El diagrama de funciones se muestra dividido en las figuras 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 para que se pueda visualizar con claridad y realizar los comentarios pertinentes.

3.2.1 Transmisión de datos de control

Tal y como se puede visualizar en la figura 3.2, se ha descompuesto el proceso de transmisión de datos de control hasta donde alcanzaban los conocimientos sobre el sistema. La transmisión de los datos de control no es compleja, por lo que se podrán extraer los modos de fallo con relativa facilidad.

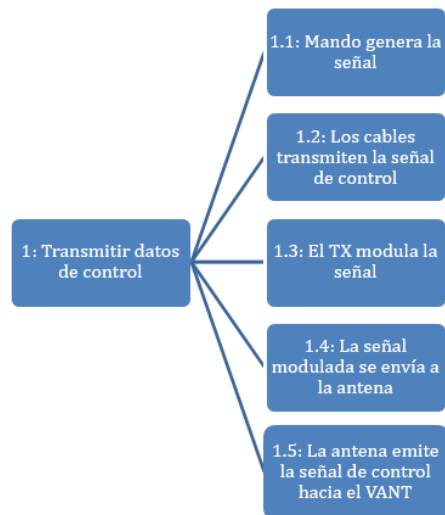


Figura 3.2: Diagrama de funciones del CCL (1)

3.2.2 Recepción de las señales de audio y vídeo

La segunda función principal que debe tener el CCL es la habilidad de recibir la señal de vídeo de la cámara situada en el morro del VANT y la telemetría de los sensores del VANT, la cual recordemos que se codifica como audio para enviarla junto con el vídeo ya mencionado. Así, ya quedan definidas dos funciones dentro de la principal, las cuales son la recepción de vídeo y la recepción de audio en la base de la antena. A continuación, las señales siguen los caminos planteados en el apartado 3.1.3. Cabe destacar que no se tiene en cuenta la propagación de las señales entre el VANT y la antena, puesto que se está realizando el análisis exclusivamente del CCL, y el VANT se considera externo al mismo.

3.2.3 Grabación y visionado del vídeo

Una vez recibida la señal de vídeo, ésta debe ser visualizada por el piloto y el resto del equipo de vuelo y grabada para su posterior revisión. Por ello, en esta función, se realiza la división entre visionado directo del piloto y grabación y visionado por parte del equipo de vuelo, tal y como se muestra en la figura 3.4. Luego se realiza una simple descomposición de cada uno de los procesos.

3.2.4 Visualización y almacenaje de datos de telemetría

En esta última parte del diagrama de funciones del CCL, se recoge la última gran función: la visualización y almacenaje de la telemetría. Al igual que el resto de funciones, se descompone con facilidad. La mencionada descomposición se puede visualizar en la figura 3.5.

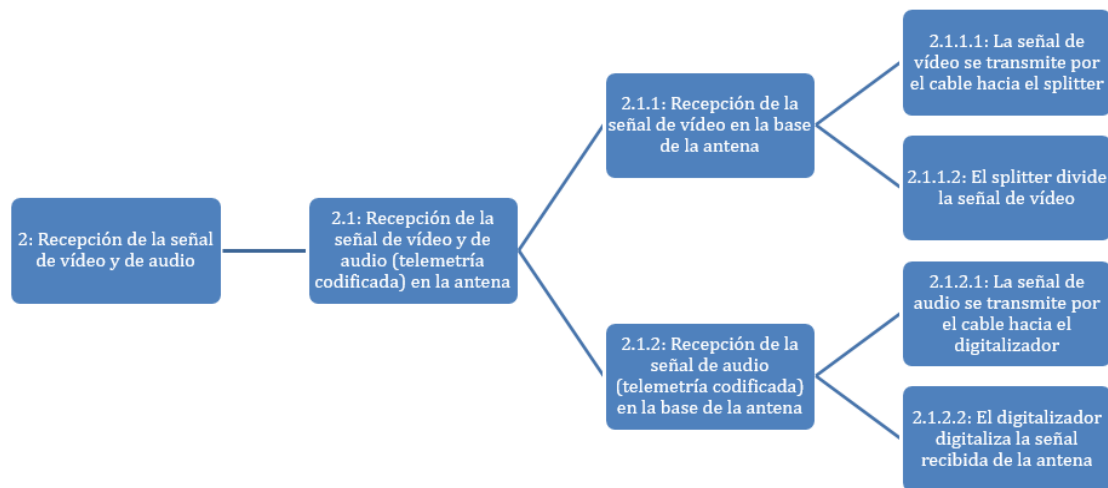


Figura 3.3: Diagrama de funciones del CCL (2)

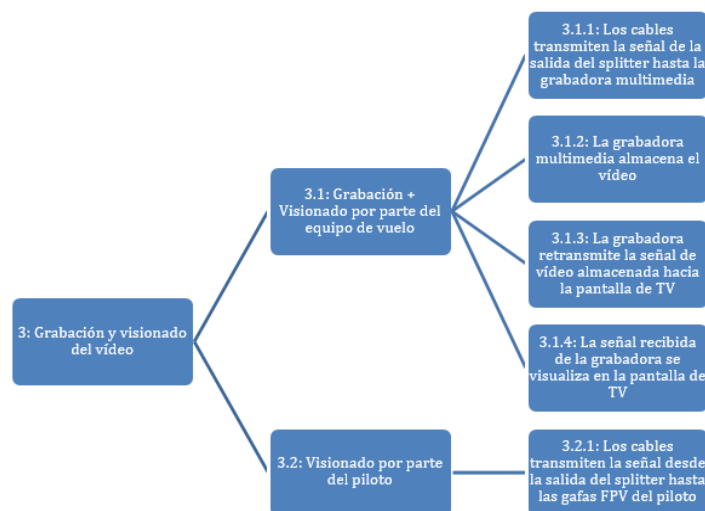


Figura 3.4: Diagrama de funciones del CCL (3)

3.3 Diagramas de Ishikawa

Una vez obtenido el Diagrama de Funciones, es preciso definir los modos de fallo que pueden darse en el sistema y las causas que los originan. En el caso de estudio, los modos de fallo detectados se listan a continuación:

- El mando de RC no genera señal de control.
- Los cables no transmiten la señal del mando.
- La antena de TX no emite la señal de control correctamente.

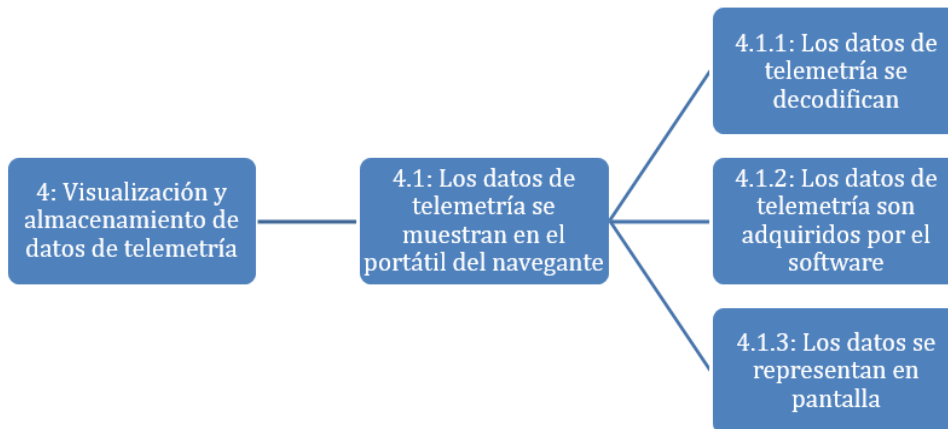


Figura 3.5: Diagrama de funciones del CCL (4)

- La antena A/V no recibe señal de vídeo.
- No se transmite señal de vídeo entre la antena y el splitter (o la señal es muy baja).
- No hay señal en las salidas del splitter o la hay, pero muy atenuada.
- La grabadora multimedia no almacena la señal de vídeo recibida.
- La señal de vídeo del splitter no llega a la grabadora.
- No se muestra imagen de vídeo en la pantalla.
- La gafas FPV del piloto no reciben señal de vídeo.
- Las gafas FPV del piloto reciben muy poca señal.
- Problemas con la captura de datos de telemetría.
- El portátil no se enciende.
- El digitalizador no transforma la señal.

A continuación, para cada uno de los modos de fallo mencionados, se realiza su diagrama de Ishikawa correspondiente. Para ello, tendremos en cuenta lo tratado en el capítulo *Marco teórico*, obteniendo los diagramas de las figuras 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19:

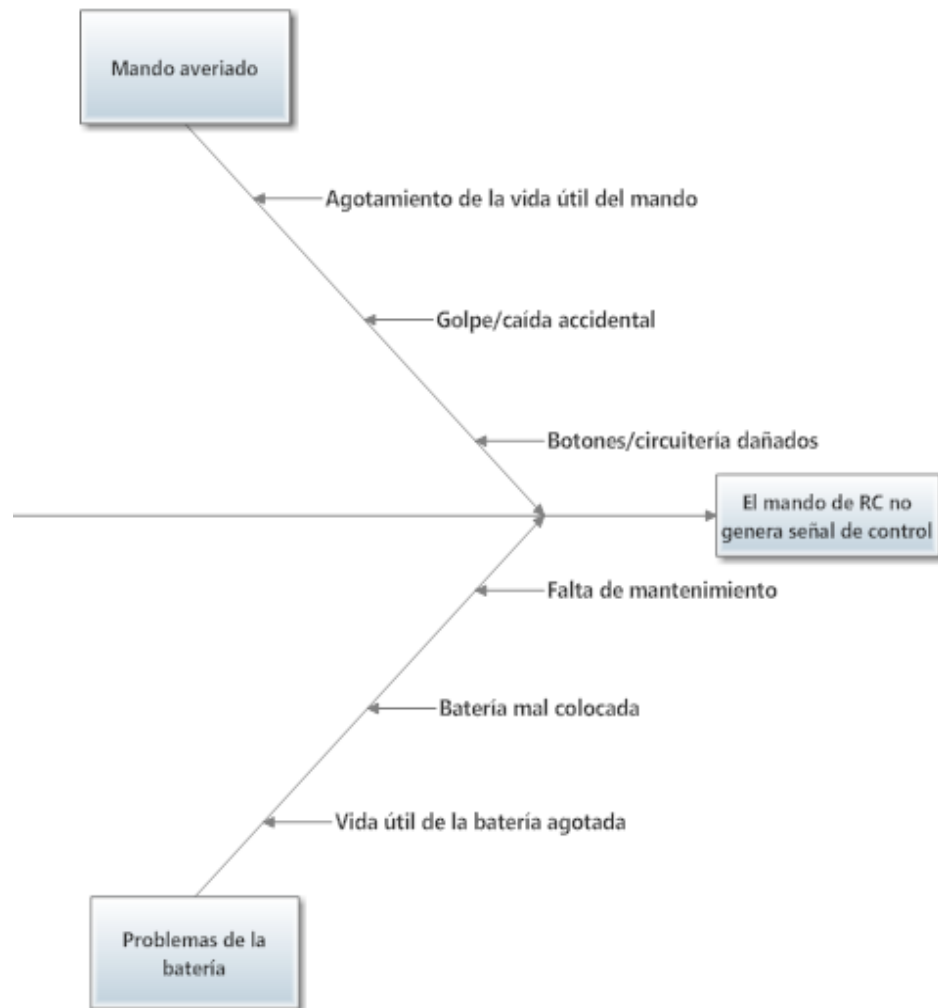


Figura 3.6: Diagrama de Ishikawa (1)

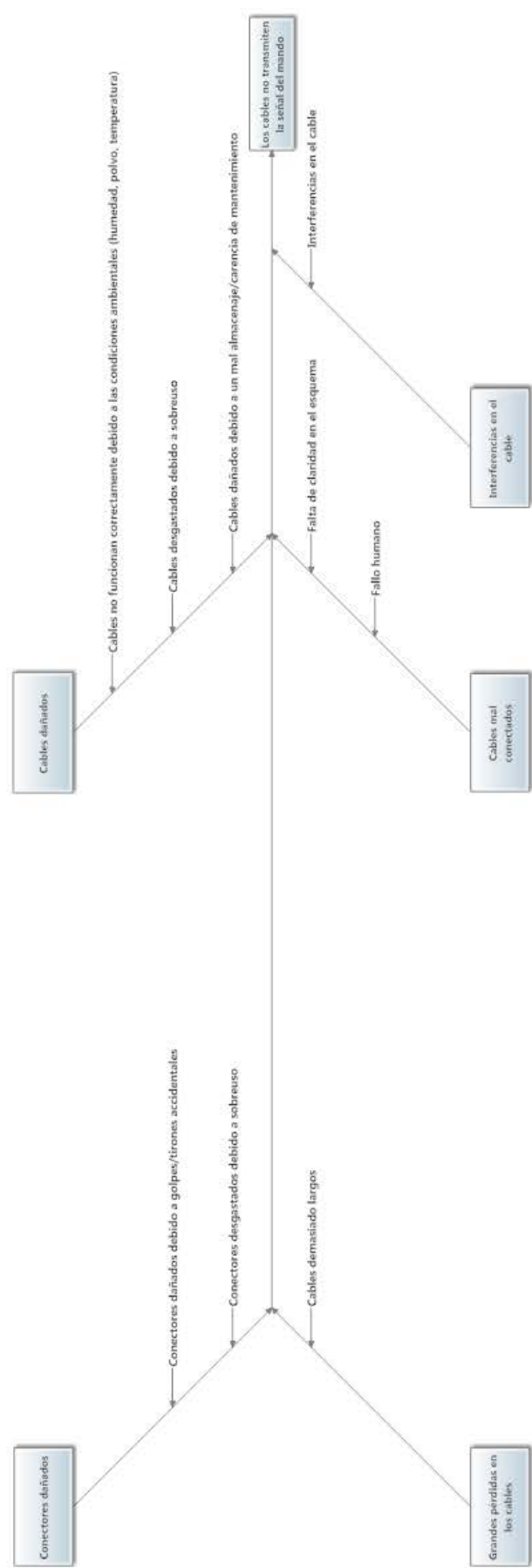


Figura 3.7: Diagrama de Ishikawa (2)

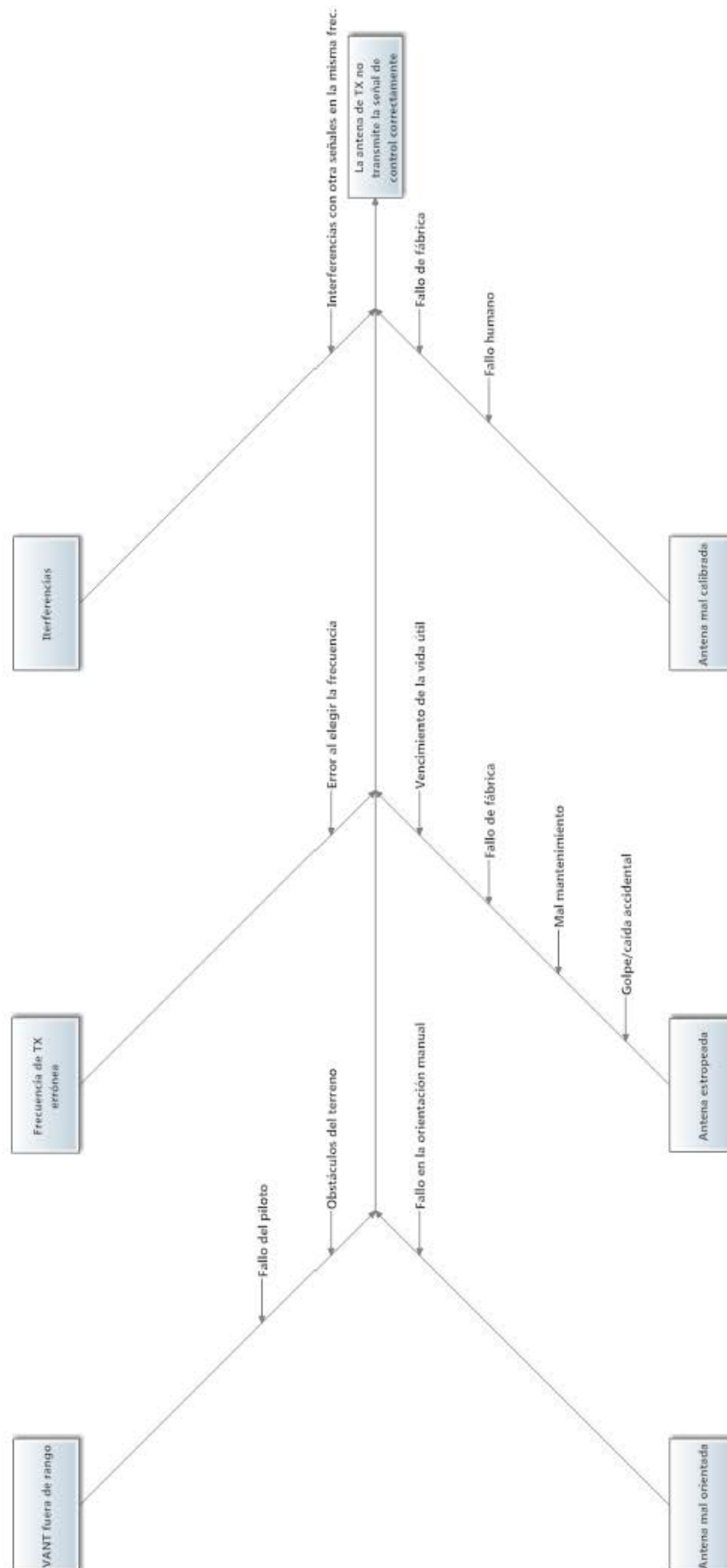


Figura 3.8: Diagrama de Ishikawa (3)

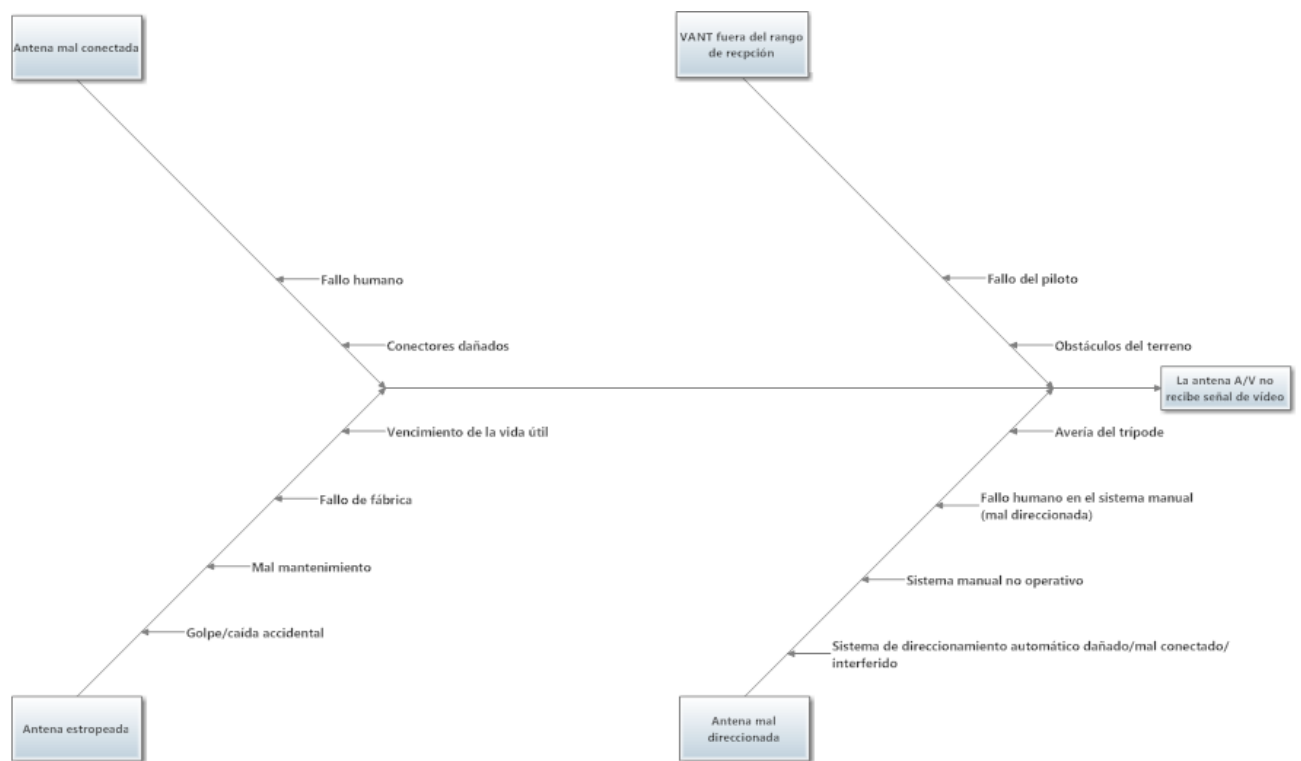


Figura 3.9: Diagrama de Ishikawa (4)

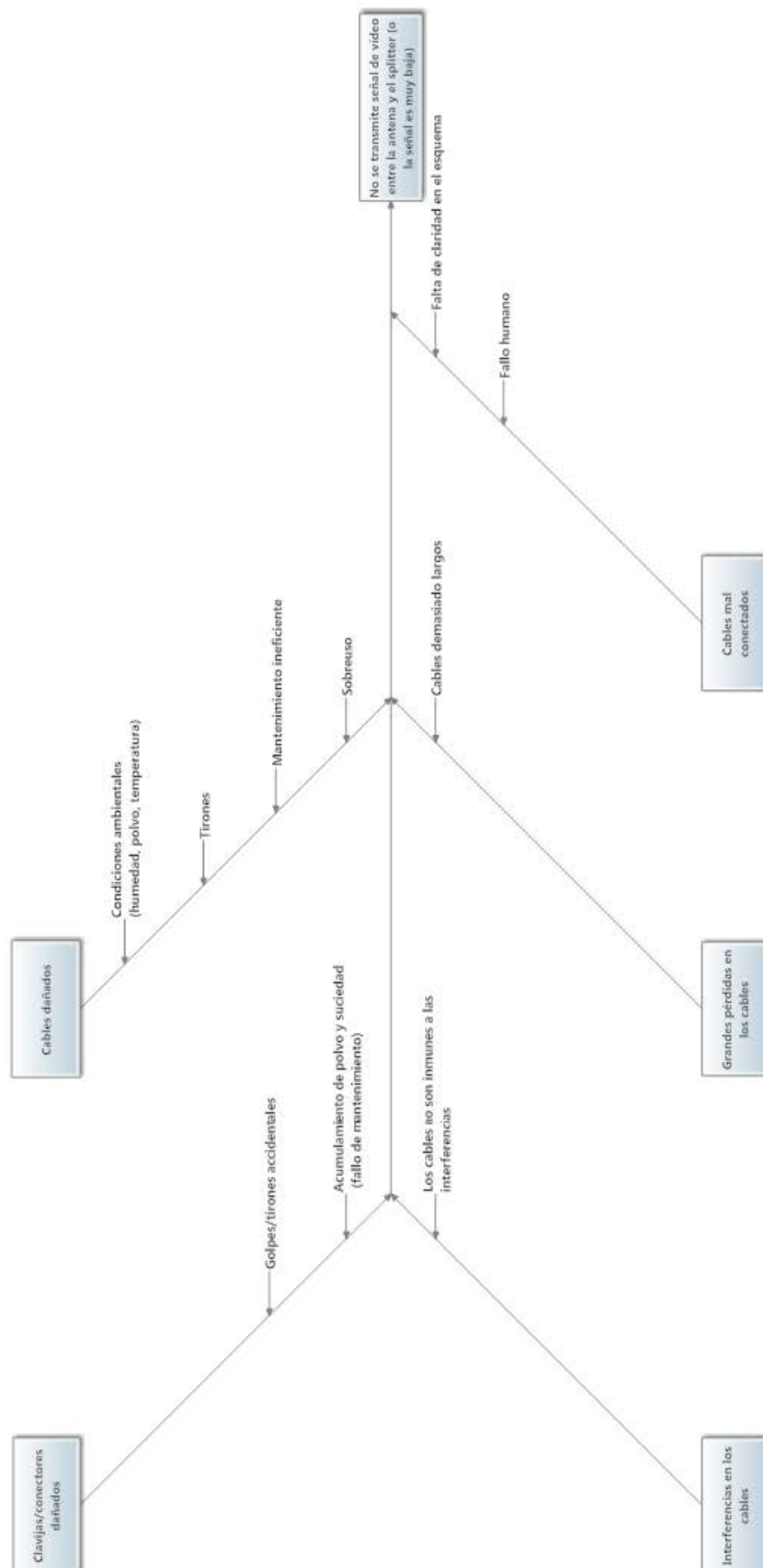


Figura 3.10: Diagrama de Ishikawa (5)

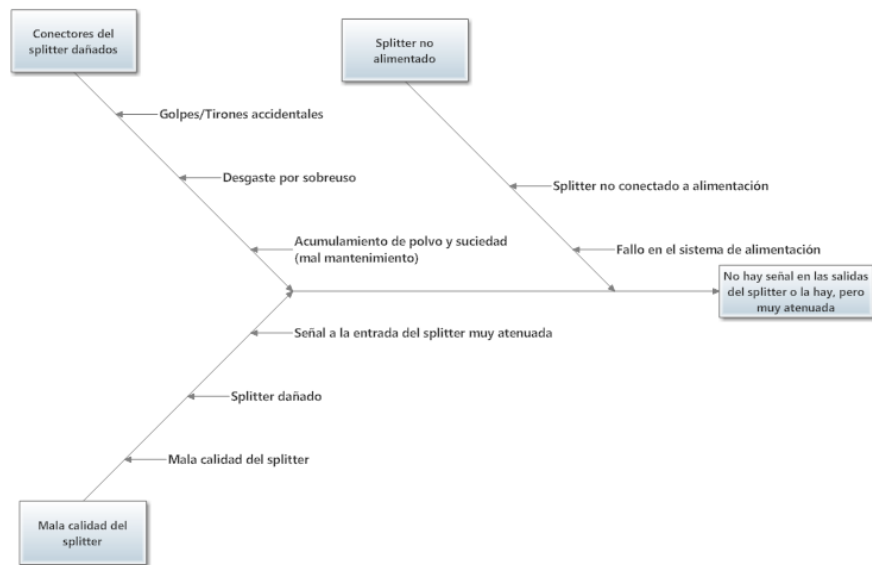


Figura 3.11: Diagrama de Ishikawa (6)

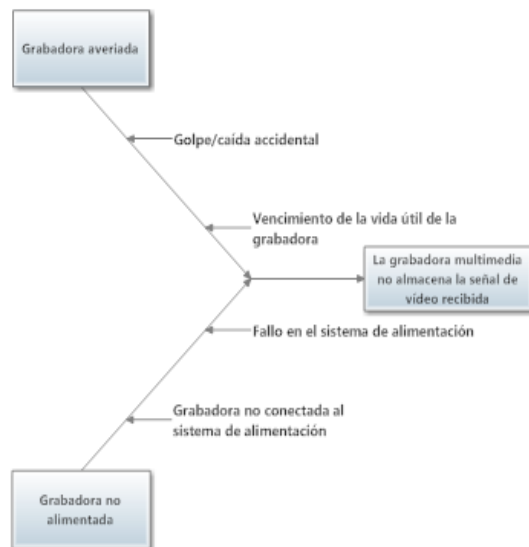


Figura 3.12: Diagrama de Ishikawa (7)

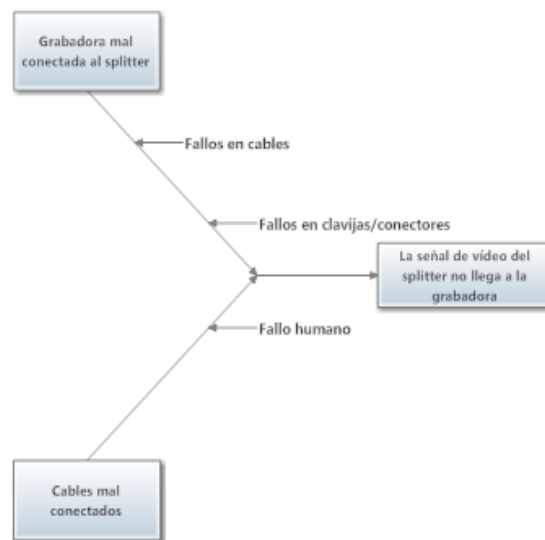


Figura 3.13: Diagrama de Ishikawa (8)

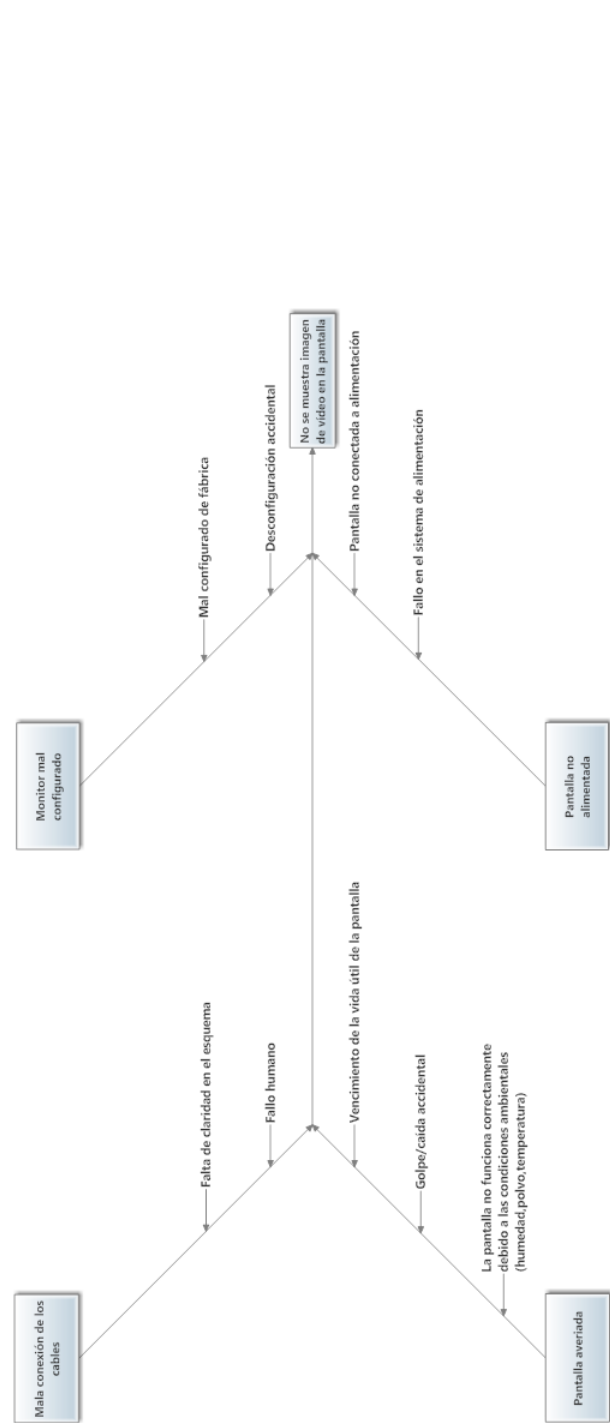


Figura 3.14: Diagrama de Ishikawa (9)

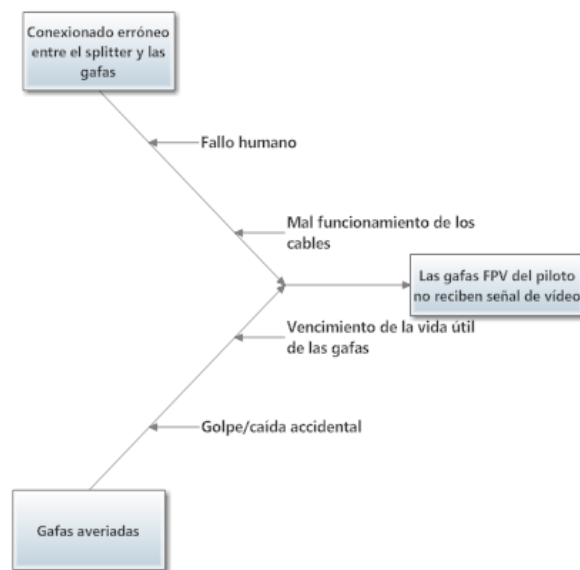


Figura 3.15: Diagrama de Ishikawa (10)

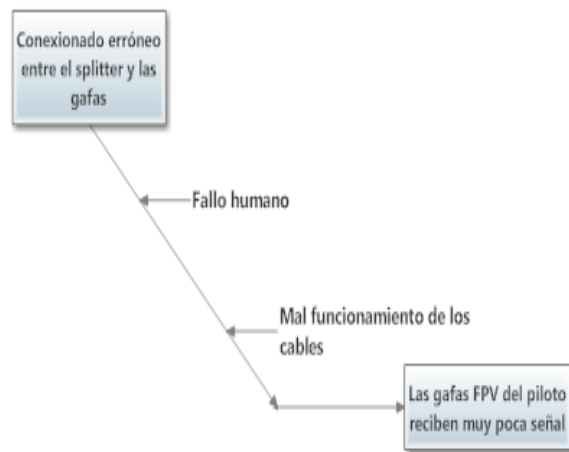


Figura 3.16: Diagrama de Ishikawa (11)

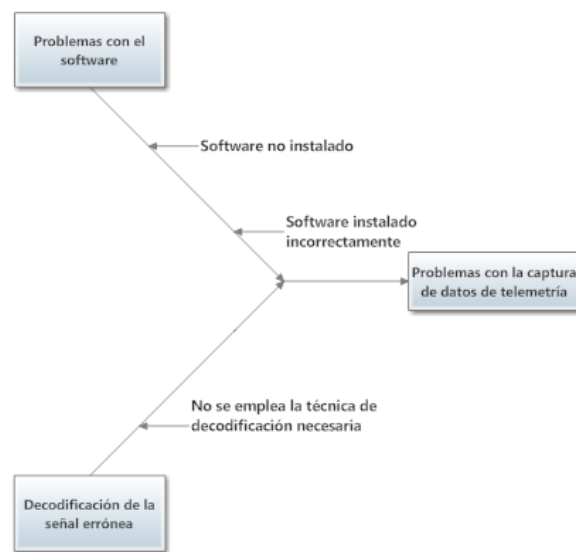


Figura 3.17: Diagrama de Ishikawa (12)

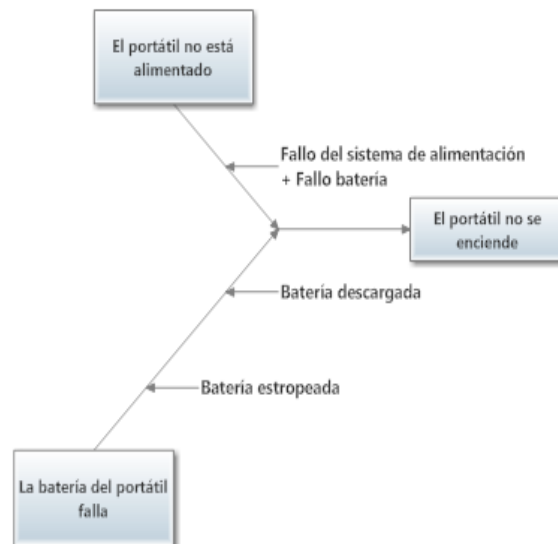


Figura 3.18: Diagrama de Ishikawa (13)



Figura 3.19: Diagrama de Ishikawa (14)

3.4 Tabla AMFE

Una vez elaborados los diagramas de Ishikawa, se procede a rellenar la tabla AMFE, teniendo en cuenta las consideraciones indicadas en el capítulo anterior (*Marco teórico*). Como criterio a la hora de reducir los NPR, se opta por decrementar el NPR de todos aquellos modos de fallo cuyo NPR sea mayor o igual a la moda estadística (el valor que aparece con una mayor frecuencia en una distribución de datos). En este caso, la moda es de 40, por lo que se le dará prioridad a todos aquellos modos de fallo con NPR mayor a 40, quedando a elección del responsable si reducir o no aquellos con valores iguales o inferiores.

La tabla AMFE resultante se puede encontrar en la *Parte IV. Apéndice A*. Si se aplicasen al sistema actual las medidas propuestas, el NPR de la mayoría de los modos de fallo se vería reducido a valores iguales o inferiores a 40, exceptuando contadas excepciones. Con los valores obtenidos, podemos marcar sobre el diagrama del sistema los puntos de mayor riesgo, tal y como se aprecia en la figura 3.20.

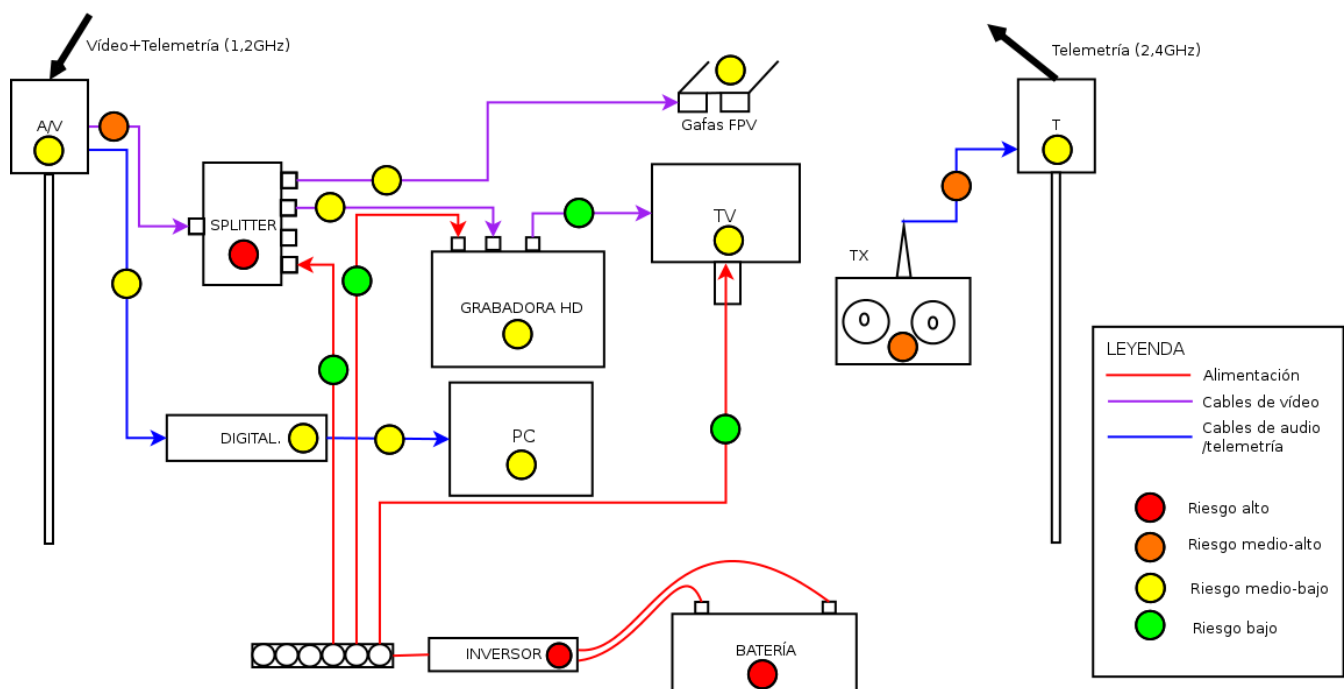


Figura 3.20: Diagrama de riesgo del CCL actual

En vista de los resultados obtenidos en la tabla, se deduce que para la mejora del Centro de Control Local es precisa la ejecución de las siguientes acciones:

- Reducir el número de conexiones manuales que debe realizar el equipo de vuelo. Esta medida conllevaría una mayor velocidad de montaje y puesta en marcha del sistema y una disminución de los fallos humanos cometidos al realizar el conexionado.

- Compactar los dispositivos en maletines. De esta forma, se consigue acortar la longitud de los cables necesarios para unir los dispositivos y resulta más sencillo el montaje del sistema, al agruparse los dispositivos en módulos de fácil ensamblado. Además, al encontrarse los aparatos empotrados en los maletines, éstos reciben un menor número de golpes accidentales.
- Es recomendable el uso de canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables. Dados los factores climáticos de la ubicación en la que nos encontramos (humedad, calima, altas temperaturas) y las situaciones en las que se usará el sistema (incendios y otros desastres naturales), es fundamental proteger los cables, para que el sistema pueda funcionar de forma óptima en cualquier situación.
- Es preciso realizar un control de calidad periódico de los cables y conectores para asegurar su correcto funcionamiento cuando sea necesario. Además, si es posible, también se debe realizar otra inspección antes de transportar el sistema a la zona de vuelo, para evitar fallos durante el vuelo.
- Indicar en el exterior de los maletines la vida útil de los componentes y la fecha de su primera utilización. De esta forma, es sencillo predecir la fecha aproximada en la que será necesario sustituir los componentes.
- Informar al equipo de vuelo responsable de las medidas de mantenimiento y almacenaje necesarias para que el sistema funcione de forma óptima y realizar un control de las mismas.
- Mejorar el sistema de alimentación, duplicando donde sea posible. En caso de que se produzca cualquier problema en el sistema de alimentación, éste debe arreglarse de forma rauda, o de lo contrario el CCL no podrá realizar ninguna de sus funciones. Por ello, es preciso que todo el sistema de alimentación (batería, inversor, regleta) esté duplicado.
- Utilizar cables apantallados en la medida de lo posible, para evitar cualquier problema derivado de las interferencias en el mismo.
- Buscar otras frecuencias en las que operar, ya que existen problemas de interferencias entre la señal GPS (necesaria para el sistema de orientación automática de la antena de vídeo) y la señal de vídeo.

Todos estos aspectos se tendrán en cuenta a la hora de mejorar el CCL, tal y como se podrá comprobar en el siguiente capítulo.

EL CENTRO DE CONTROL LOCAL MODIFICADO

En este capítulo se parte de las conclusiones extraídas del estudio realizado en el capítulo anterior, con el objetivo de hacer el Centro de Control Local lo más robusto y fiable posible. Por ello, en este capítulo se presentará el diagrama del sistema modificado, su diagrama de funciones, los diagramas de Ishikawa y una nueva tabla AMFE, para demostrar que el nuevo sistema que se plantea es más fiable y completo que el empleado en la actualidad.

4.1 Esquema del Centro de Control Local modificado

El nuevo sistema tiene todas las funcionalidades de su predecesor, así como otras nuevas. De forma general, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- El pilotaje del VANT o UAV se puede realizar de forma manual, mediante el mando de RC del piloto, o mediante el establecimiento de *waypoints* en el ordenador del navegante, pudiendo alternarse entre estos dos modos incluso a mitad del vuelo, simplemente cambiando la posición de un dial del mando. Así, se puede cambiar con facilidad entre los dos modos de vuelo, lo cual es bastante útil si se da el caso de que falle alguno de los dos. Además, aunque no es recomendable por motivos de seguridad y debido a la latencia, se deja la posibilidad de que el VANT/UAV sea controlado remotamente desde el Centro de Mando y Control. Tanto la antena primaria (la que transmite los comandos directos del mando del piloto) como la secundaria (la cual emite la señal de control vía waypoints y recibe la telemetría del VANT/UAV) operan a la frecuencia de 2.4GHz, y tienen un alcance de 2 kilómetros. Otra posibilidad para el sistema sería que los datos de telemetría se transmitieran en la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), lo cual podría aumentar el alcance hasta los 50 kilómetros.
- La señal de vídeo ahora es visualizada por el piloto (en las gafas FPV y en un monitor secundario) y el navegante (en su portátil). Además, se almacena una copia del vídeo recibido en la grabadora multimedia y se envía el vídeo al CMC

vía un enlace WiMAX. La señal de vídeo ahora se transmite a la frecuencia de 5.8GHz, asegurando de esta forma que no se producen las interferencias entre la señal de vídeo y la de GPS (a 1.5GHz). Si la señal de vídeo se transmite desde el VANT/UAV con una potencia de 500mW, el alcance de la señal será de 10 kilómetros. Si duplicamos la potencia (1W), se podrá recibir vídeo hasta a 50 kilómetros de distancia.

- Los datos de telemetría del VANT/UAV pueden visualizarse en los equipos del navegante, así como en el CMC, donde se reciben vía WiMAX.
- Se ha introducido en el esquema del CCL un módulo de comunicaciones de voz y SMS sobre la red *TETRA* (del inglés *TErrestrial Trunked RAdio*), para facilitar la coordinación entre el equipo del CCL, el del CMC y los de otros servicios de emergencias que se encuentren desplegados durante la situación de emergencia.
- Se han duplicado la batería y el inversor del sistema de alimentación principal, de forma que siempre esté activo uno de los dos, con el otro como sistema de reserva en caso de fallo.
- Todas estas funciones son posibles gracias al establecimiento de una red, creada mediante un switch y conversores USB/Ethernet, en la cual se comparten y se dirigen los paquetes de distinto tipo a sus respectivos destinos.

El sistema descrito en los puntos anteriores es el mostrado en el diagrama de la figura 4.1.

4.2 Diagrama de funciones del Centro de Control Local modificado

Una vez definidas las nuevas funcionalidades que tiene el sistema, es necesario definir el diagrama de funciones, al igual que se hizo con el sistema anterior, para poder realizar un estudio lo más detallado posible. El diagrama de funciones se ha dividido en cinco partes, para facilitar su visualización y análisis. Estas partes se muestran en las figuras 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6. A continuación se procederá al análisis individual de cada una de ellas.

4.2.1 Transmisión de datos de control

Ya que el control del VANT/UAV puede efectuarse de forma manual o mediante waypoints, es preciso definir dos funciones principales para referirnos a la transmisión de los datos de control en el sistema. A continuación, se detallan cada una de las dos subfunciones por separado.

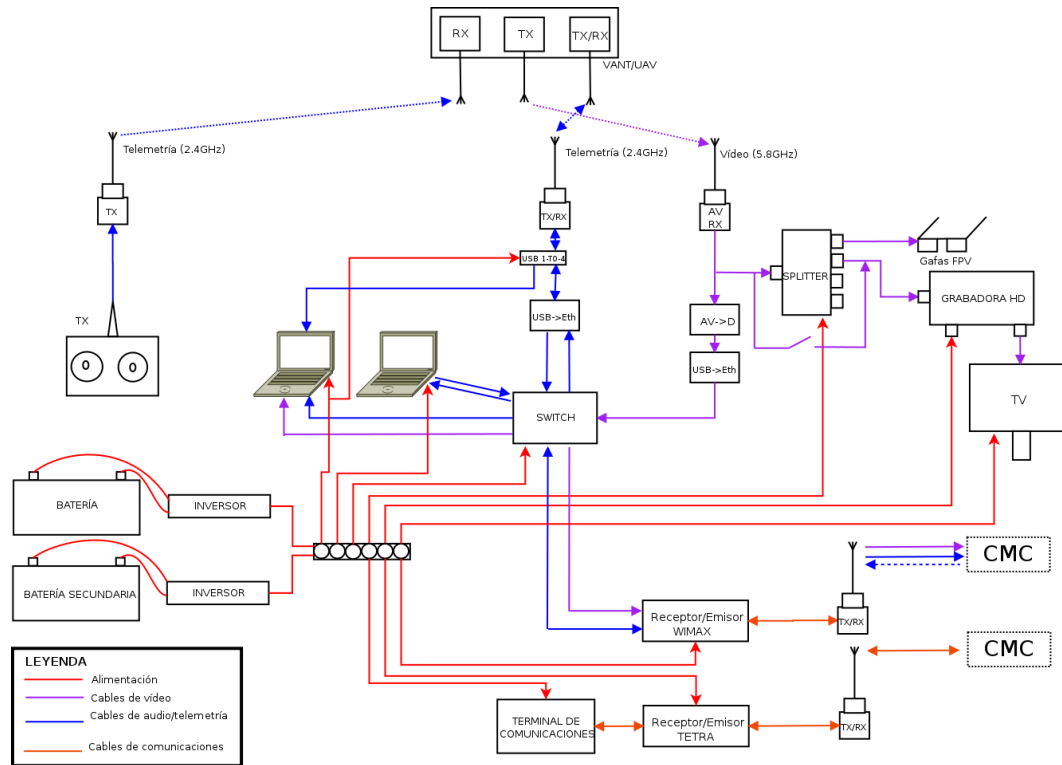


Figura 4.1: Diagrama del CCL modificado

4.2.1.1. Transmisión de datos de control del piloto

El proceso de transmisión de los datos de control manual comienza en el mando de RC del piloto, donde se genera la señal de control. Esta señal se propaga por el cable hasta llegar a la antena primaria, la cual la emite hacia el VANT/UAV a una frecuencia de 2.4GHz.

4.2.1.2. Transmisión de datos de control mediante waypoints

El sistema que permite el control mediante waypoints es un poco más complejo que el encargado del vuelo manual, pero se basa en el mismo principio: La señal de control se genera en el equipo del navegante, el cual fija la ruta mediante waypoints en el software (en concreto, el equipo a utilizar es el *PC Ground Station*, desarrollado por *DJI* específicamente para el control de VANTs y UAVs, el cual incluye software propio para fijar rutas por waypoints, recibir telemetría, etc). La señal de control generada se transmite por un cable Ethernet hacia el switch, el cual se encarga de retransmitirla hacia la antena secundaria. Como la antena secundaria sólo cuenta con conector USB, es preciso usar un conversor USB/GigabitEthernet para que se puedan emitir los datos. Finalmente, la señal de control se emite desde la antena a la frecuencia de 2.4GHz.

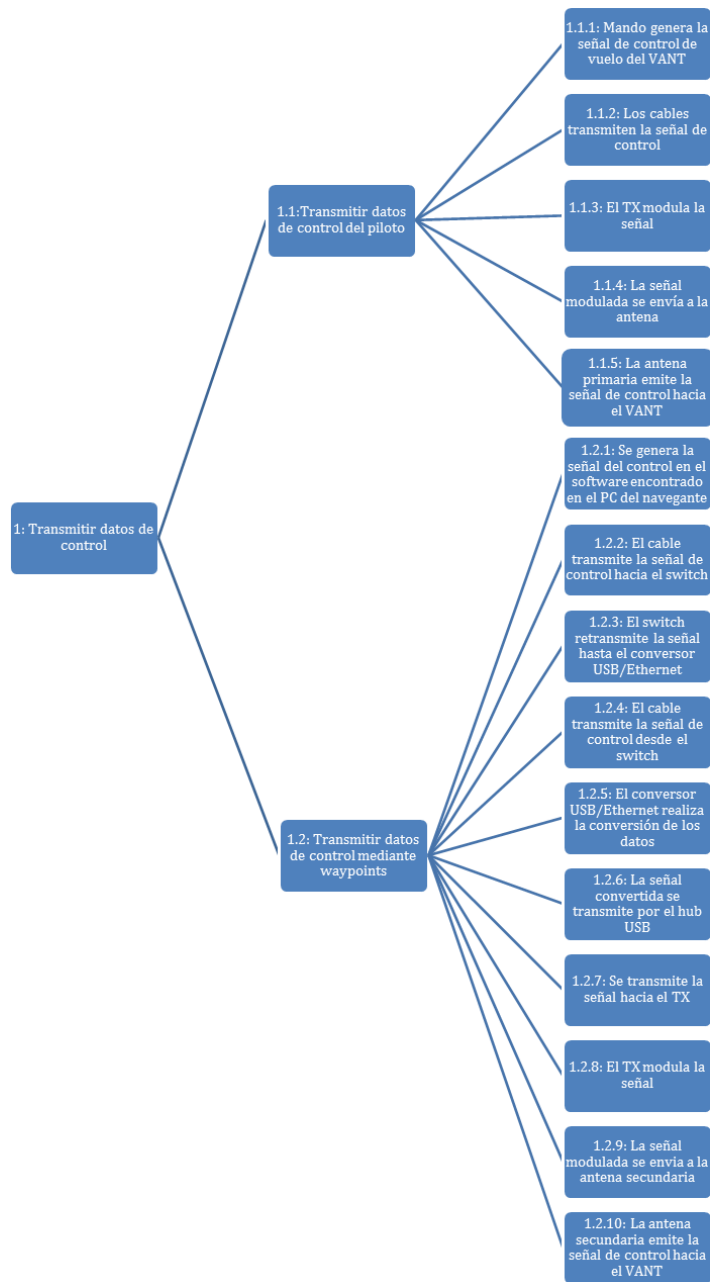


Figura 4.2: Diagrama de Funciones del CCL renovado (1)

4.2.2 Recepción y visualización de la señal de vídeo

La señal de vídeo que captura y transmite el VANT/UAV se recibe en la antena de vídeo. A partir de ese punto, toma varios caminos muy diferenciados (visibles en la figura 4.3), que es recomendable tratar por separado.

4.2.2.1. Visualización directa de la señal y grabación

La señal recibida de la antena de vídeo se transmite hacia el splitter de vídeo, en el cual la señal se divide entre dos tomas:

- La señal a la salida de la primera toma va directamente a las gafas FPV del piloto, al igual que sucedía en el CCL original.
- La señal a la salida de la segunda toma va a la grabadora multimedia, de forma que se almacene una grabación de todo el vídeo. La grabadora retransmite la señal de vídeo guardada a la pantalla secundaria del piloto, la cual puede usar si experimenta incomodidad con las gafas FPV.

Cabe destacar que, dado que el switch puede fallar en ocasiones, se introduce al sistema un *bypass de vídeo*, de forma que si el splitter falla, la señal de vídeo vaya directamente a la grabadora y a la pantalla, de forma que se almacene y se pueda visualizar.

4.2.2.2. Visualización por parte del navegante y el equipo del CMC

En este caso, la señal recibida en la antena de vídeo se digitaliza y se convierte mediante un conversor USB/Ethernet para difundirla por la red hacia el switch. El switch se encarga de retransmitir la señal hacia el ordenador del navegante y hacia el módulo WiMAX, de forma que se pueda enviar el vídeo hacia el CMC.

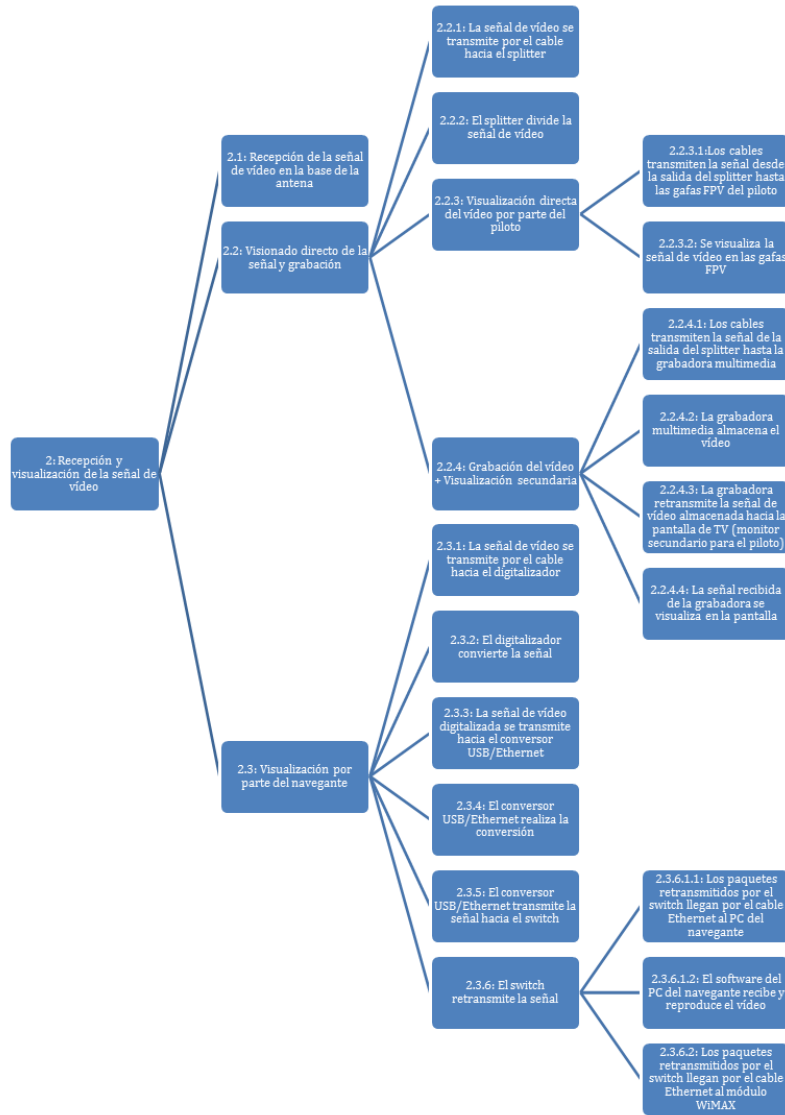


Figura 4.3: Diagrama de Funciones del CCL renovado (2)

4.2.3 Recepción, almacenamiento y visualización de datos de telemetría

La señal de telemetría recibida en la antena secundaria se propaga por el cable USB hacia un hub USB. Ahí, la señal toma varios caminos para su distribución:

- Por un lado, la señal va directamente desde el hub hacia el portátil del navegante, mediante un cable USB. Los datos recibidos se analizan en varios programas instalados en el portátil, entre los que se encuentran *Google Earth*©, *Mission Planner*©, y el software propio de DJI-NAZA.
- Por otro lado, la señal de otra de las salidas del hub se transmite por un cable USB hacia un conversor/Ethernet, el cual convierte al estándar Ethernet y transmite los datos hacia el switch, el cual se encarga de emitirlos hacia los portátiles del navegante y hacia el módulo WiMAX.

El diagrama de esta función se encuentra detallado en la figura 4.4.

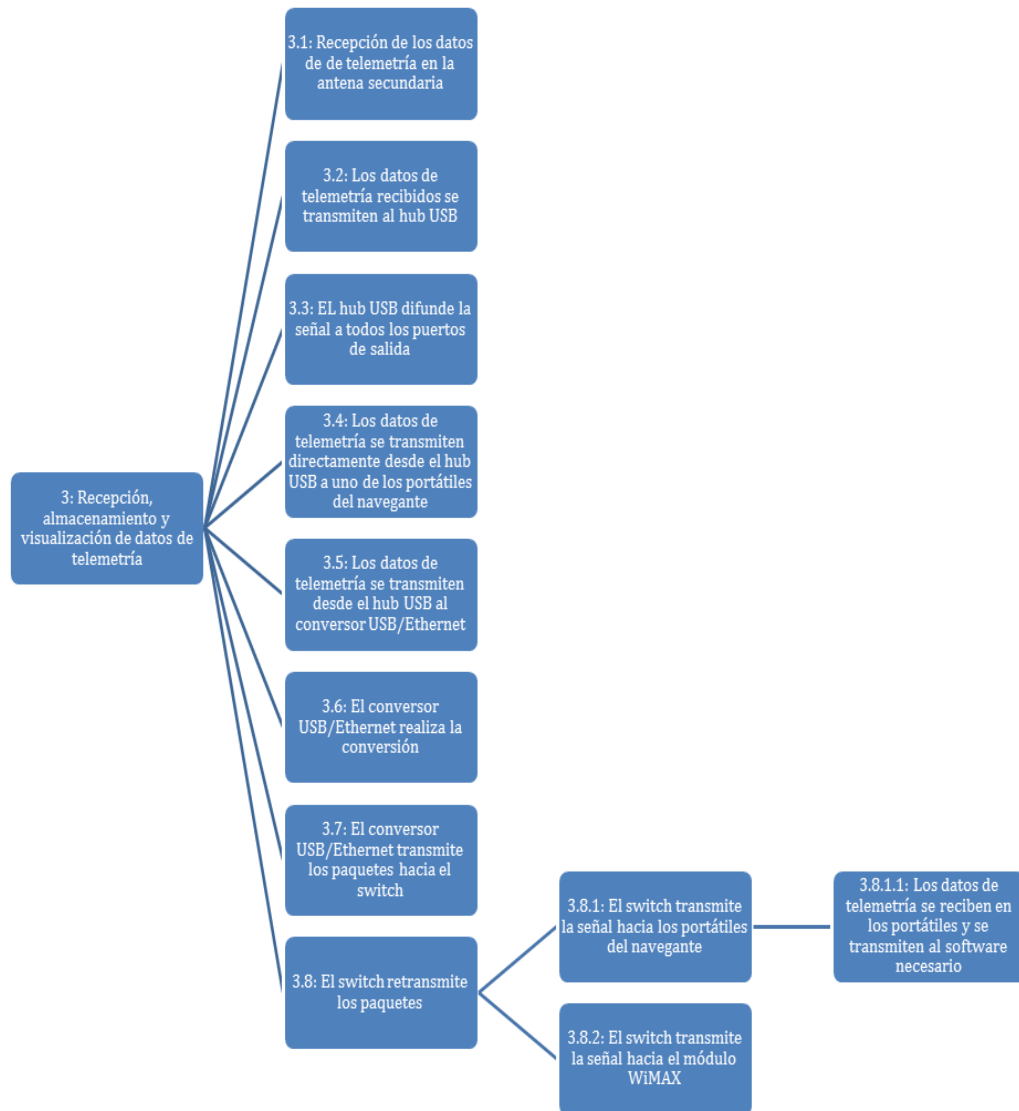


Figura 4.4: Diagrama de Funciones del CCL modificado (3)

4.2.4 Comunicaciones de voz y SMS con el CMC

Esta función es relativamente simple, ya que solo consiste en la emisión de mensajes de voz y de texto en la terminal de comunicaciones, su codificación y su transmisión por los cables hasta la antena, desde donde se emiten hacia el CMC. El proceso de recepción es el mismo pero a la inversa. El diagrama de la función se encuentra en la figura 4.5.

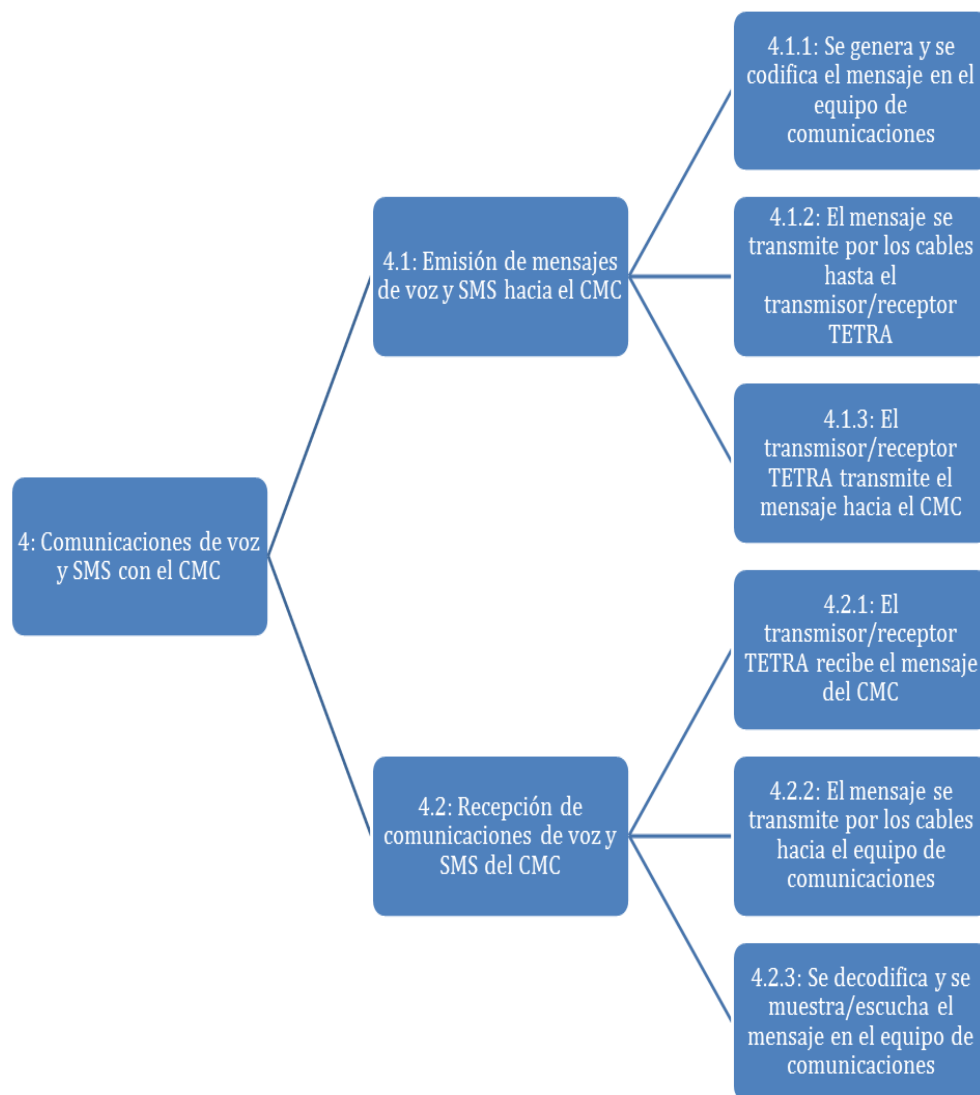


Figura 4.5: Diagrama de Funciones del CCL modificado (4)

4.2.5 Comunicaciones de datos vía WiMAX

Las comunicaciones con el CMC se realizan a través de la estación base WiMAX ARBA MOB-BS-500, una estación móvil capaz de proporcionar 35 Mbps netos en

canales de 10 MHz, a una frecuencia a elegir ((5.4 GHz, 5.8 GHz ó 3.5 GHz). Para soportar la comunicación entre el CCL y el CMC en zonas de gran relieve, se añaden al sistema dos estaciones repetidoras en zonas intermedias entre los dos centros. El diagrama se muestra en la figura 4.6.

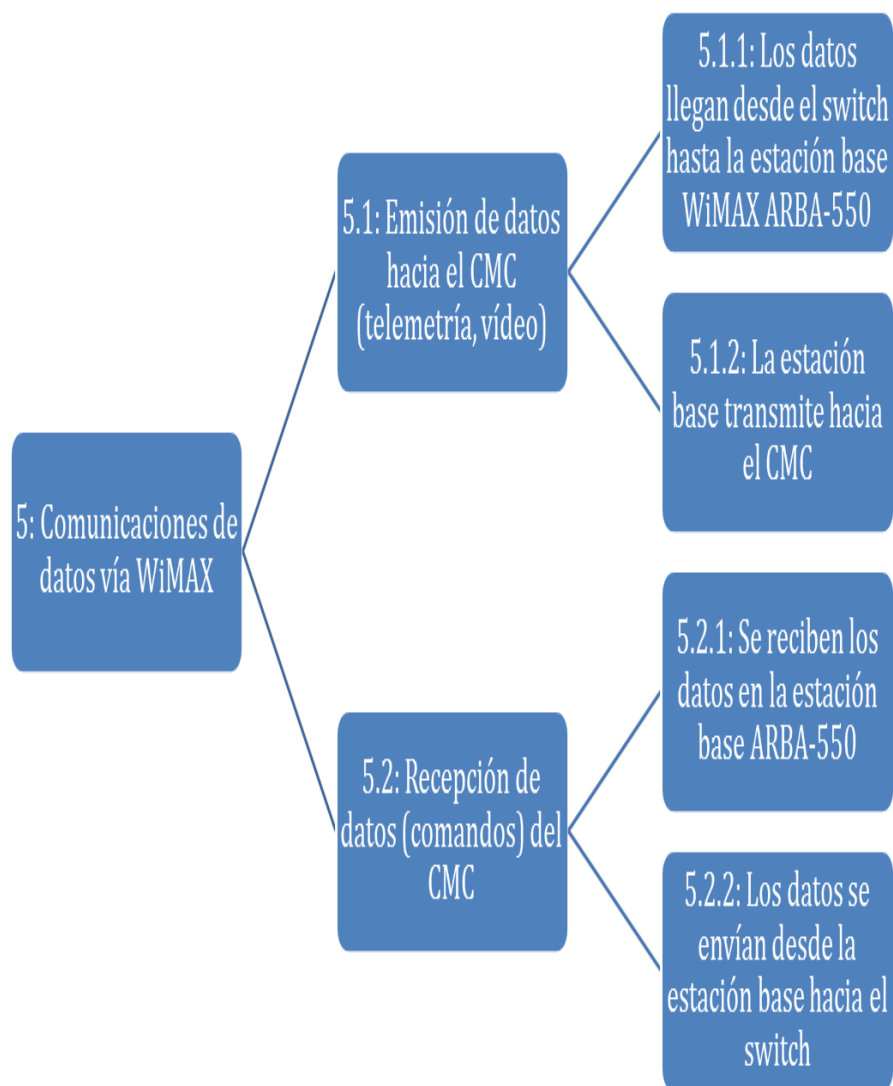


Figura 4.6: Diagrama de Funciones del CCL modificado (5)

4.3 Diagramas de Ishikawa

Una vez obtenido el Diagrama de Funciones, es preciso definir los modos de fallo que pueden darse en el sistema y las causas que los originan. En el caso del sistema modificado, los modos de fallo detectados se listan a continuación:

- El mando no genera señal de control.
- Los cables no transmiten la señal del mando.
- La antena de TX no transmite la señal de control correctamente.
- No se puede trazar una ruta mediante waypoints en el Mission Planner/SW similar.
- Portátil no alimentado.
- Los cables no transmiten la señal de control hacia/desde el switch.
- El switch no funciona correctamente/no funciona.
- Los cables no transmiten la señal de control hacia/desde el switch.
- El conversor USB/Ethernet no realiza la conversión/ la realiza erróneamente.
- El cable USB transmite erróneamente/no transmite la señal desde el conversor hacia el TX.
- La antena secundaria no transmite la señal de control correctamente.
- La antena AV no recibe la señal de vídeo del VANT/UAV.
- La señal de vídeo no se transmite por el cable hacia el splitter.
- No hay señal en las salidas del splitter, o la hay, pero muy atenuada.
- Las gafas FPV del piloto no reciben señal de vídeo.
- Las gafas FPV del piloto reciben muy poca señal de vídeo.
- La señal de vídeo del splitter no llega a la grabadora.
- La grabadora multimedia no almacena la señal de vídeo recibida.
- No se muestra la imagen de vídeo en la pantalla.
- La señal de vídeo no se transmite por el cable hacia el digitalizador.
- La señal de vídeo no se digitaliza.
- La señal de vídeo digitalizada no se transmite por el cable hacia el conversor USB/Ethernet.
- Los cables no transmiten la señal desde el switch hasta el PC del navegante.
- El software del PC del navegante no es capaz de decodificar/reproducir el vídeo.
- No se reciben datos de telemetría en la antena secundaria.
- No se transmite desde la base de la antena secundaria hasta el hub USB.

- El hub USB no se encuentra operativo.
- No llega señal desde el hub USB hasta el conversor USB/Ethernet.
- No llegan datos de telemetría por el cable USB a los portátiles del navegante.
- No se genera/recibe el mensaje en el terminal de comunicaciones.
- Los mensajes de voz/SMS no se propagan por los cables.
- El transmisor/receptor TETRA no envía/recibe el mensaje.
- No se transmiten paquetes de datos entre el switch y la estación base WiMAX.
- La estación base no transmite la señal hacia el CMC.
- La estación base no recibe señal del CMC.

Al igual que en el caso del CCL que se emplea en la actualidad, se realiza un diagrama de Ishikawa para cada uno de los modos de fallo. Para ello, tendremos en cuenta lo tratado en el capítulo *Marco teórico*, obteniendo los diagramas mostrados en las figuras 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.39, 4.40, 4.41.

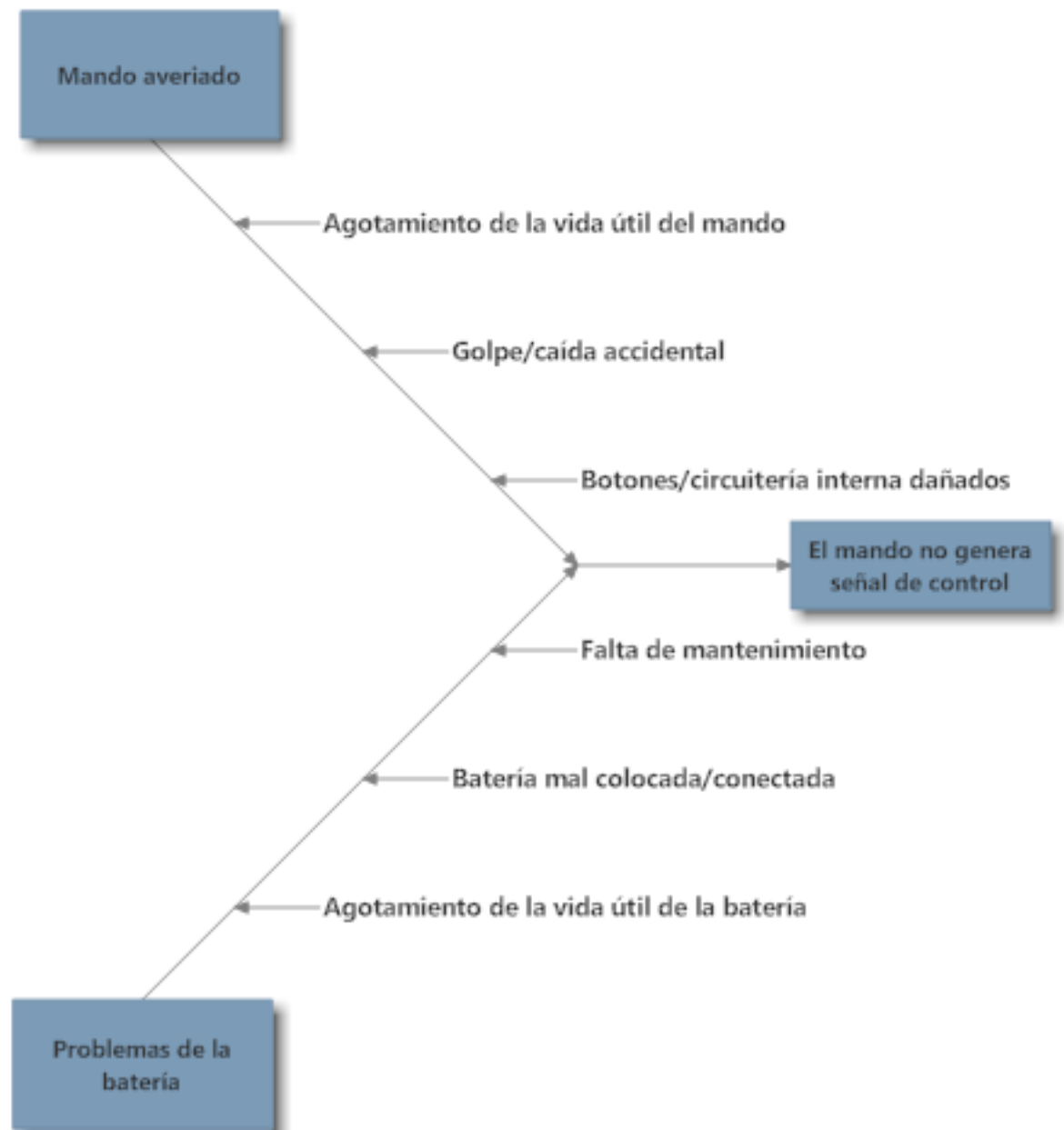


Figura 4.7: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (1)

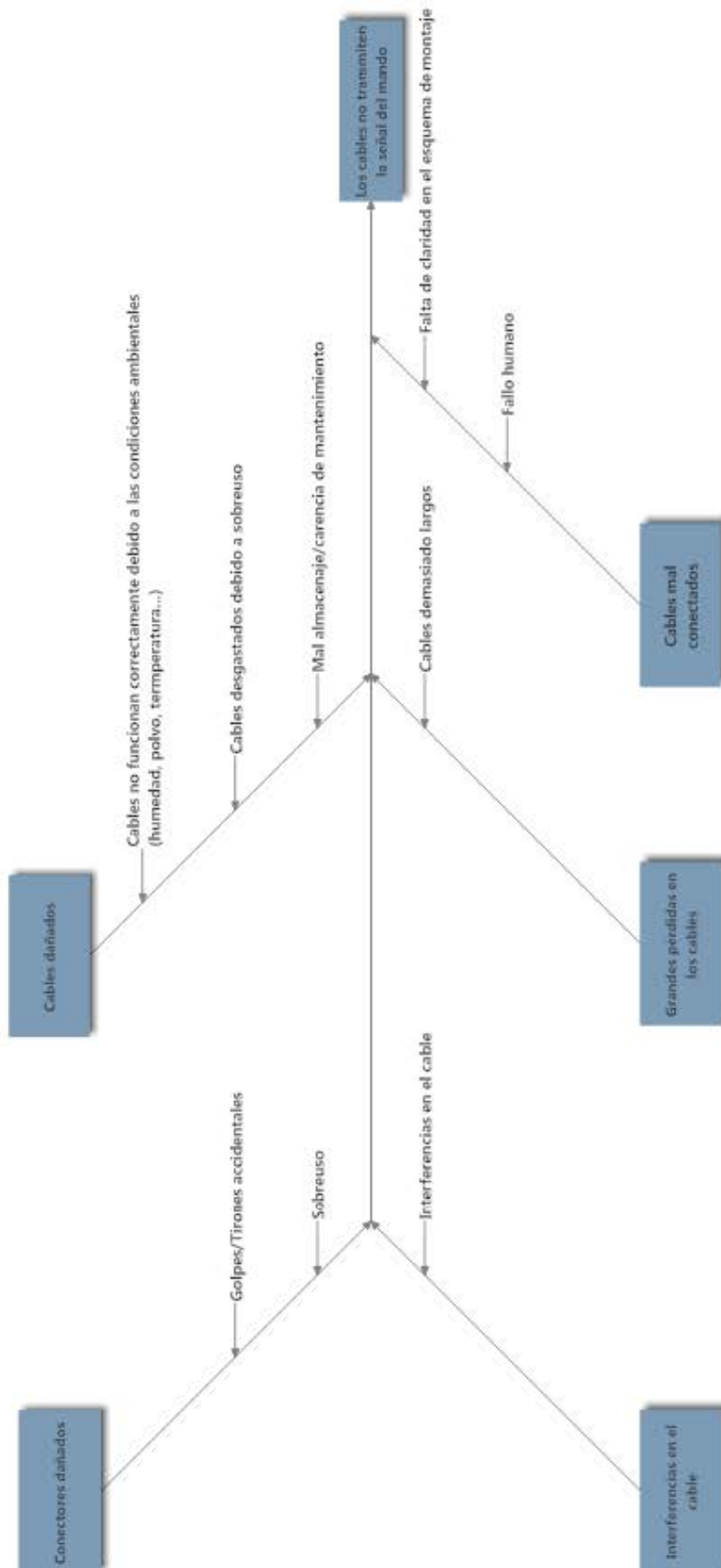


Figura 4.8: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (2)

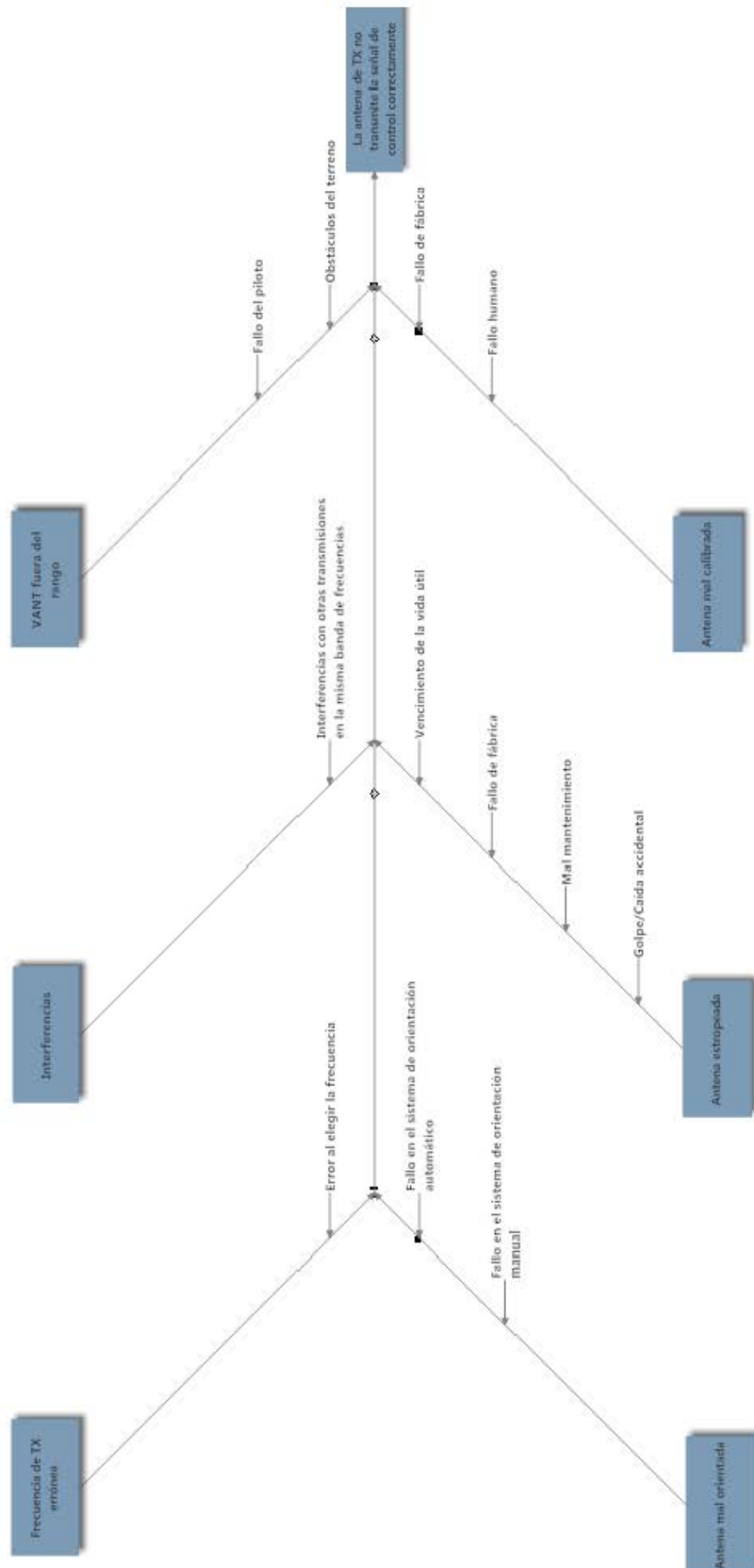


Figura 4.9: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (3)

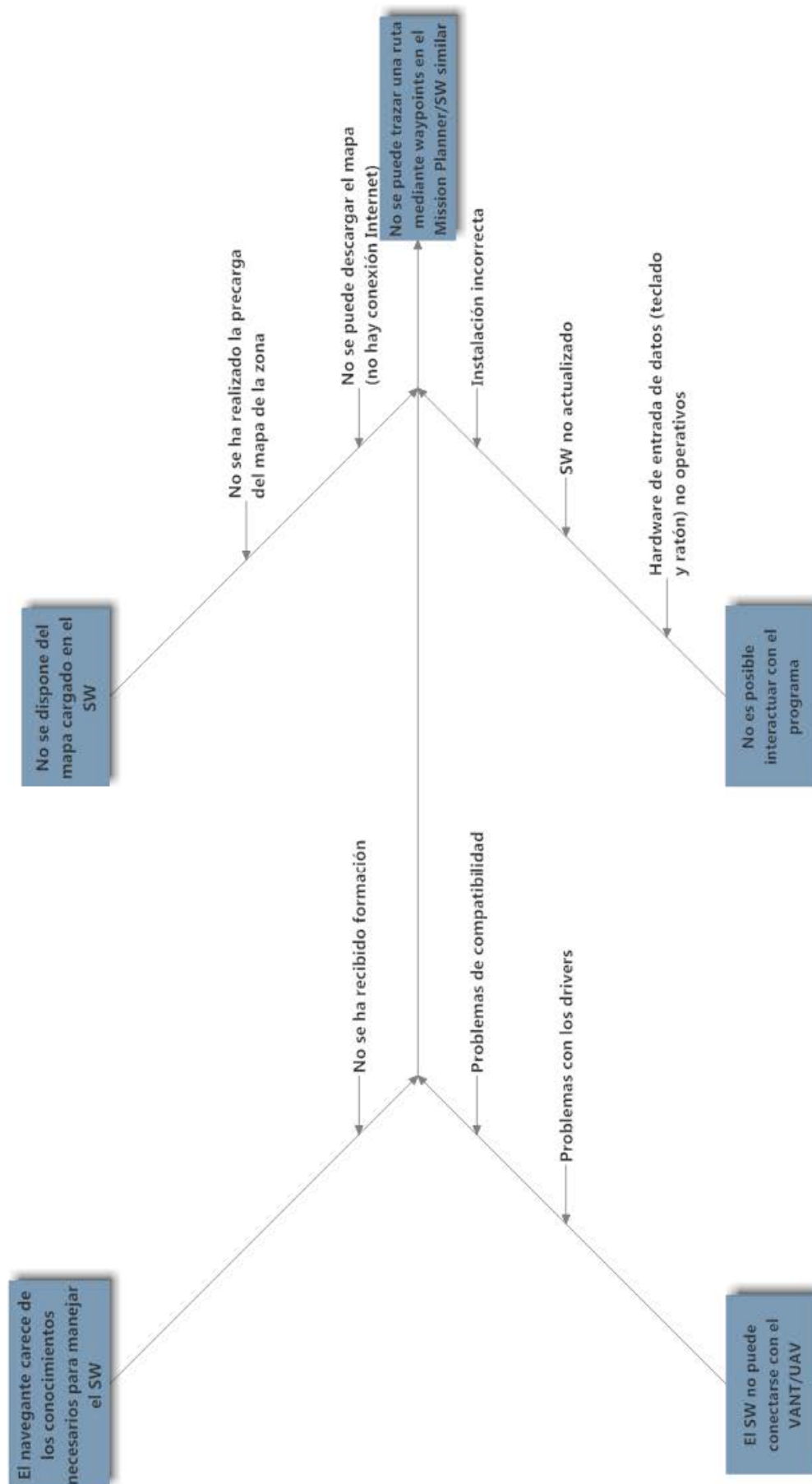


Figura 4.10: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (4)

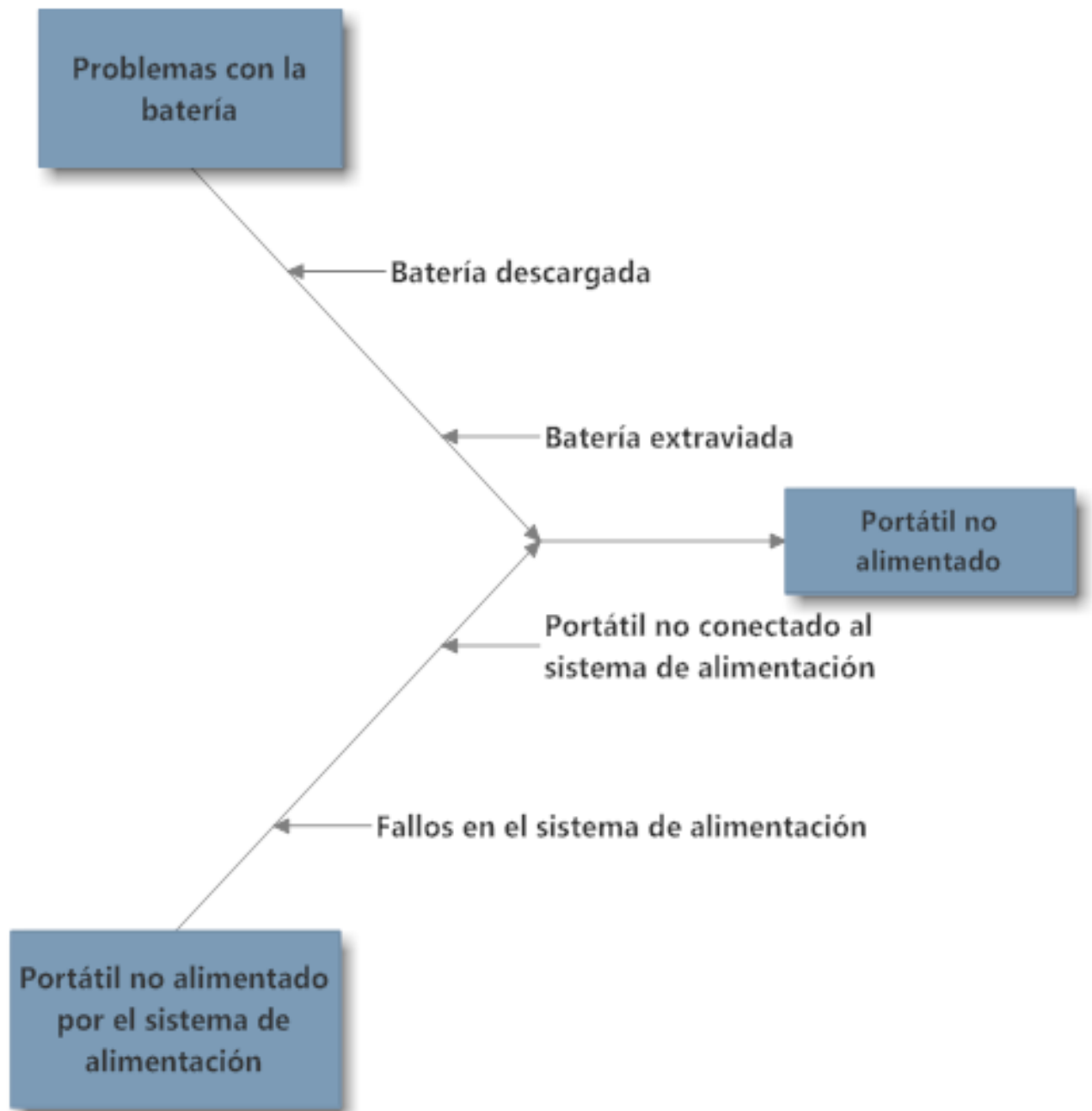


Figura 4.11: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (5)

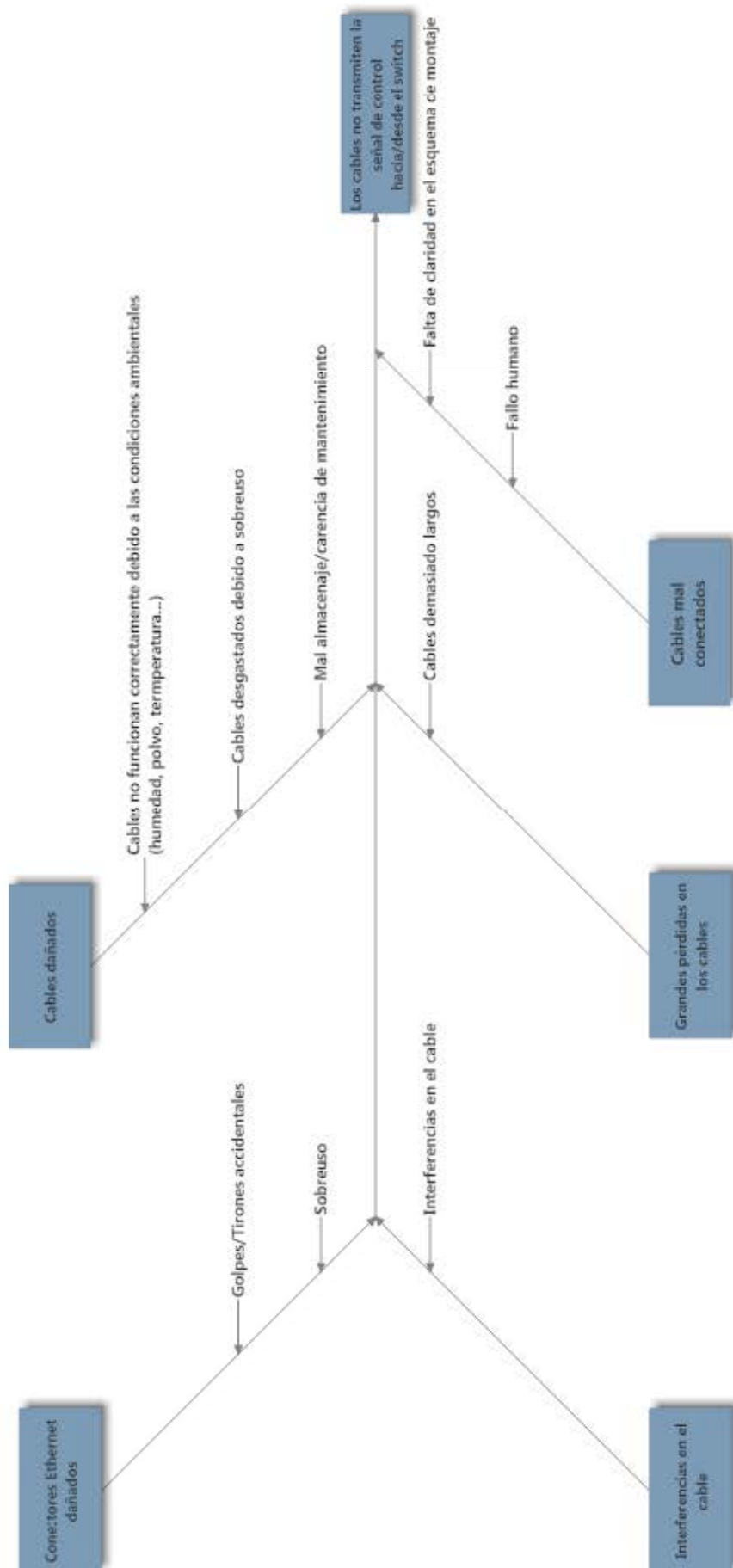


Figura 4.12: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (6)

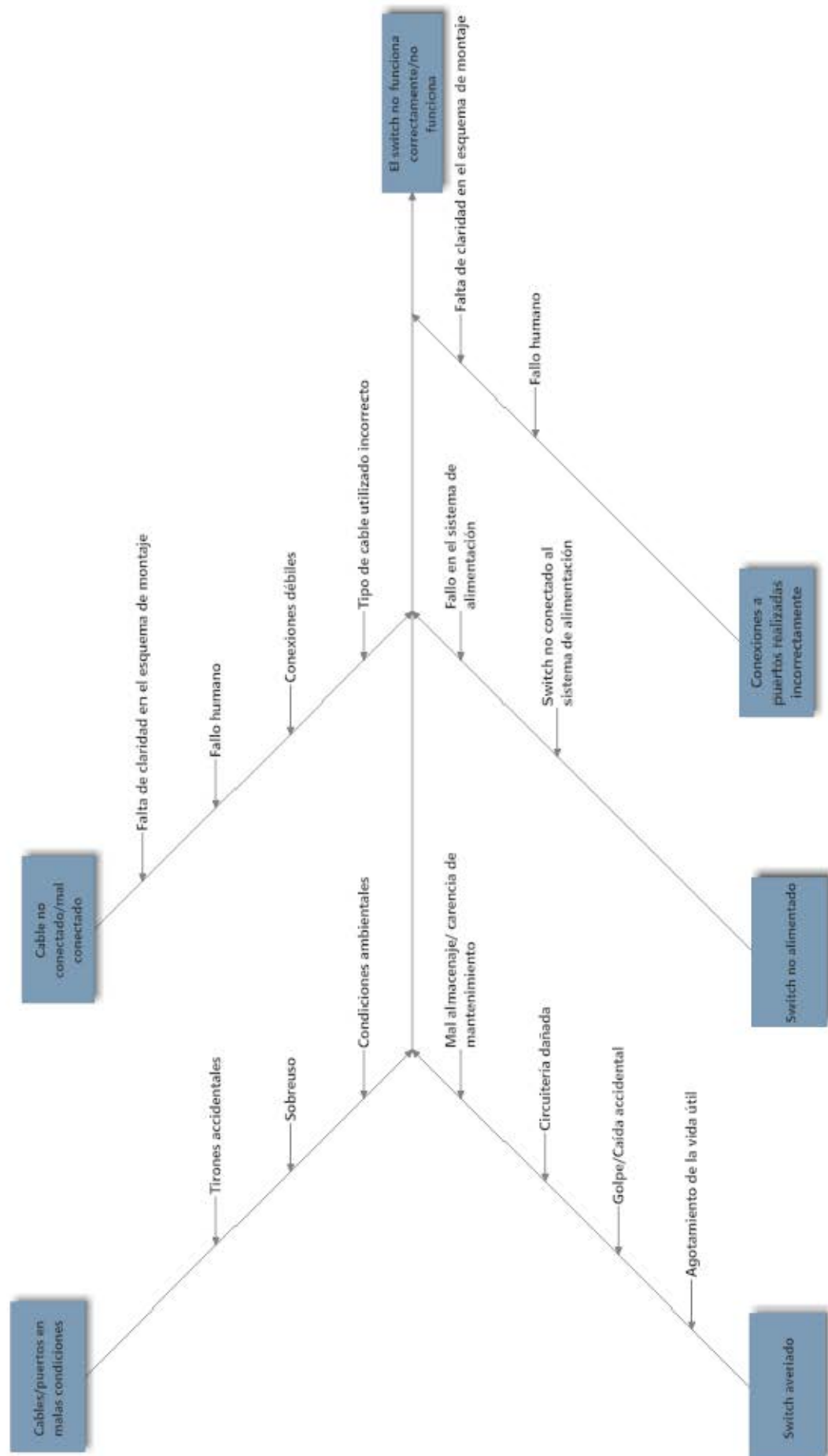


Figura 4.13: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (7)

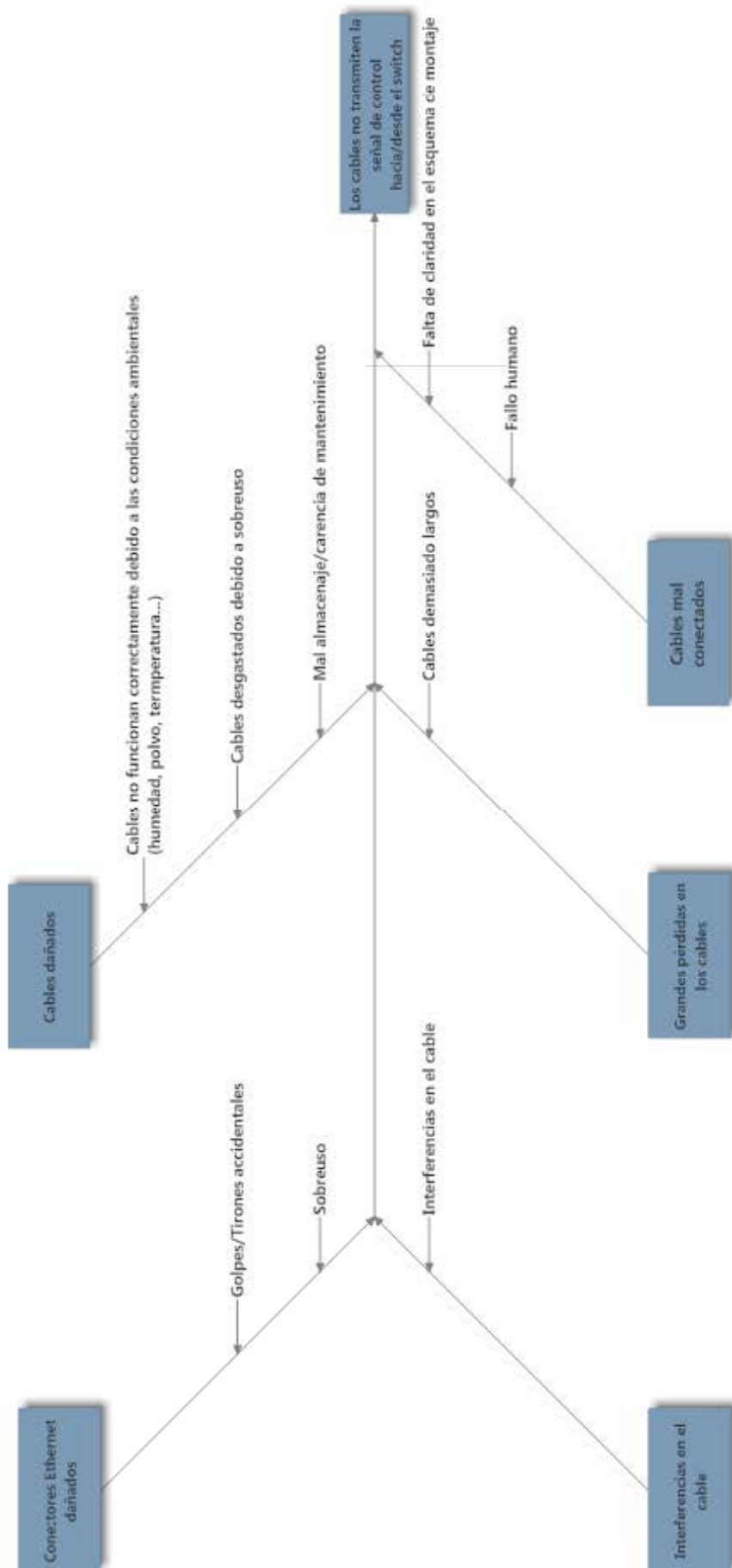


Figura 4.14: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (8)

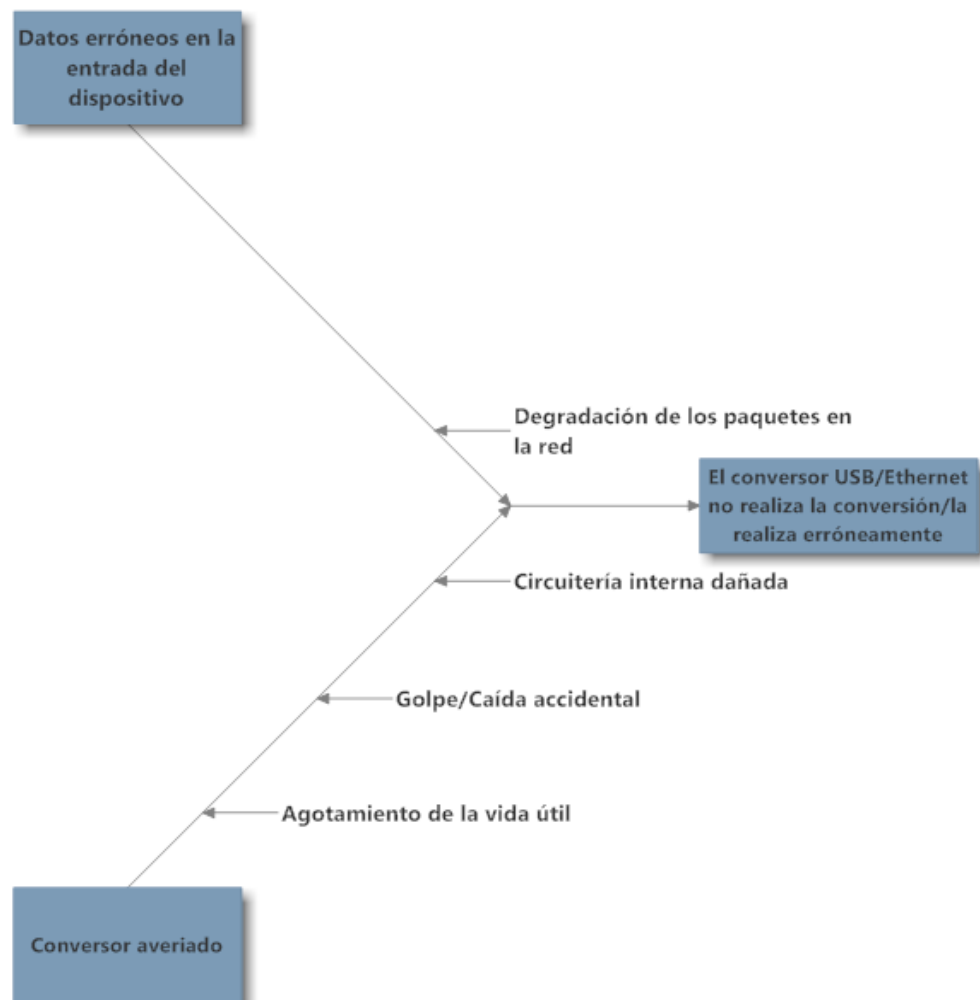


Figura 4.15: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (9)

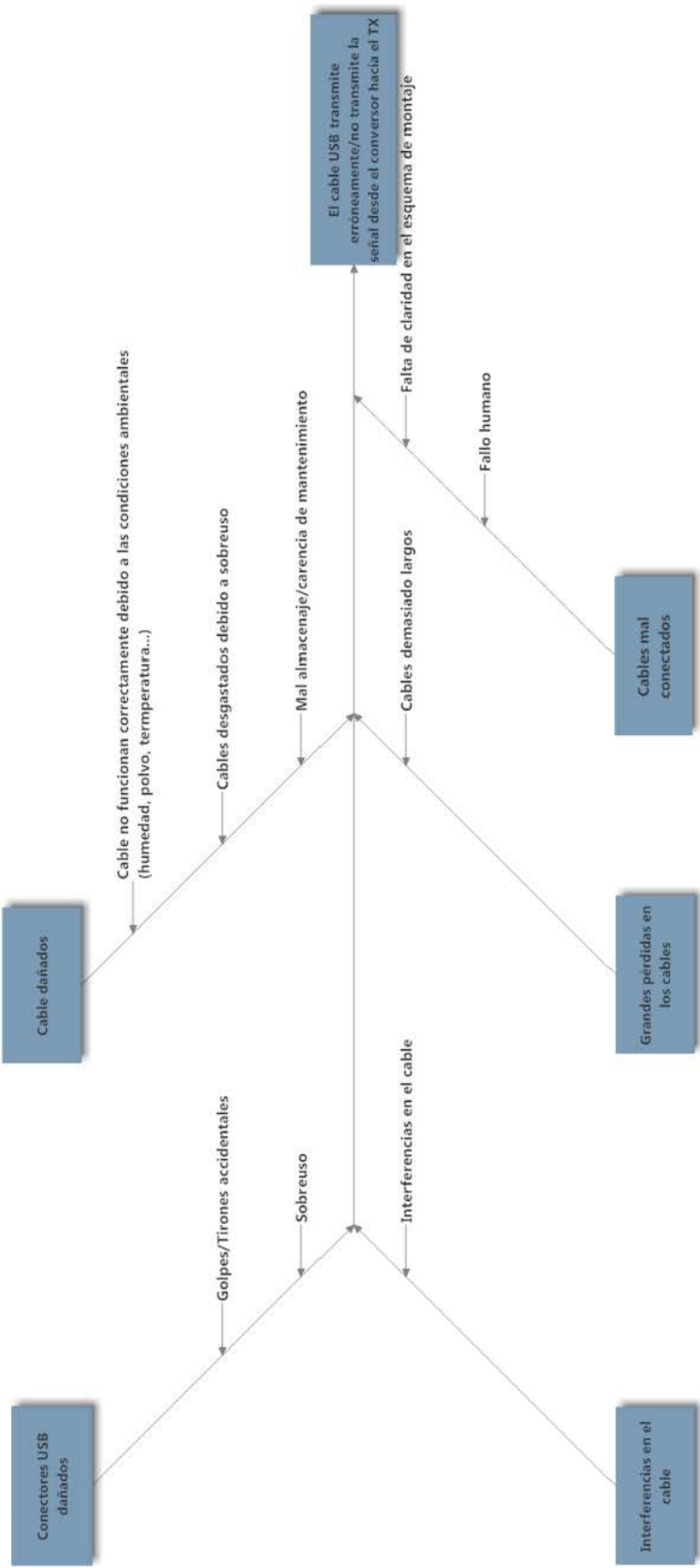


Figura 4.16: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (10)

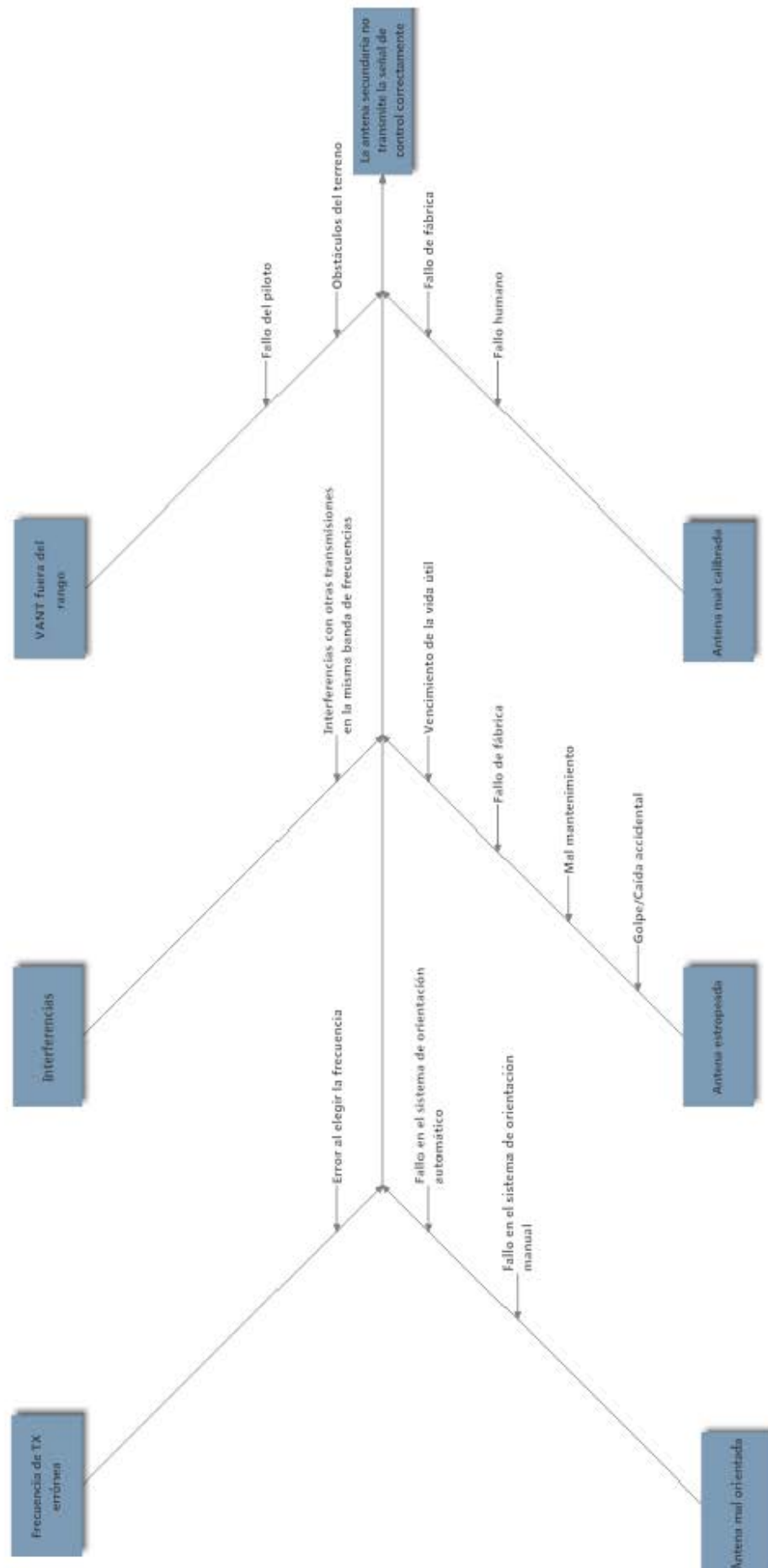


Figura 4.17: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (11)

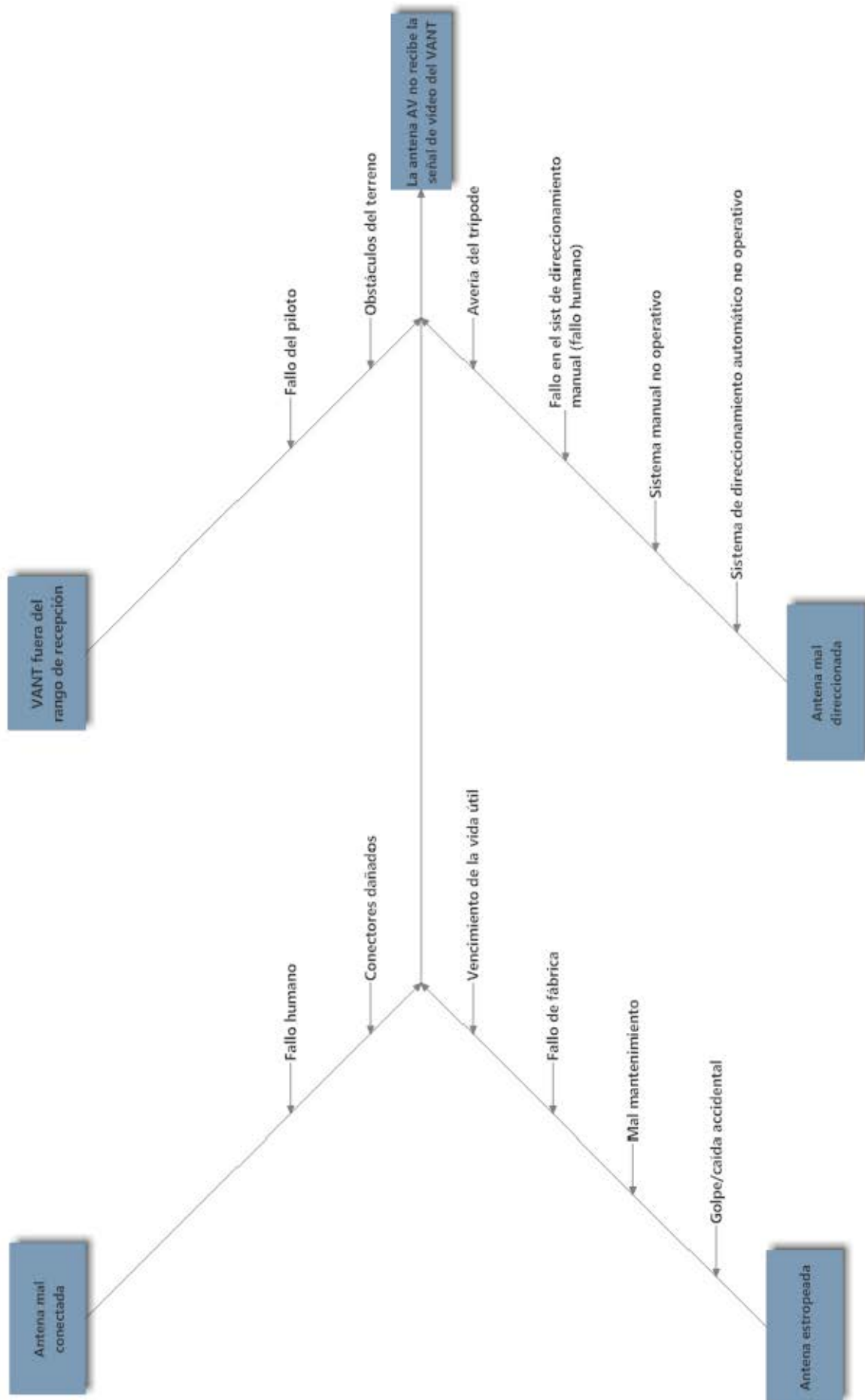


Figura 4.18: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (12)

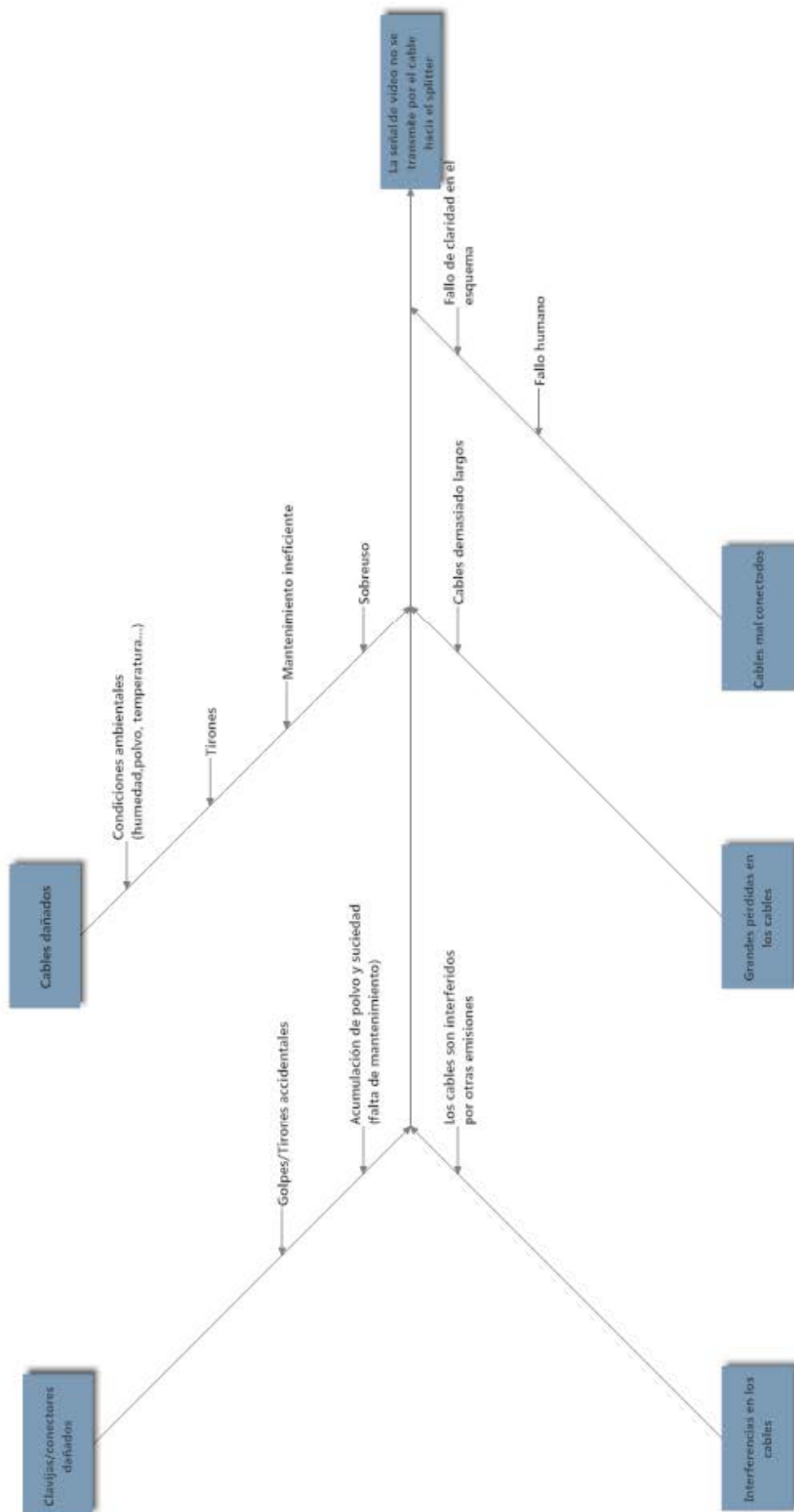


Figura 4.19: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (13)

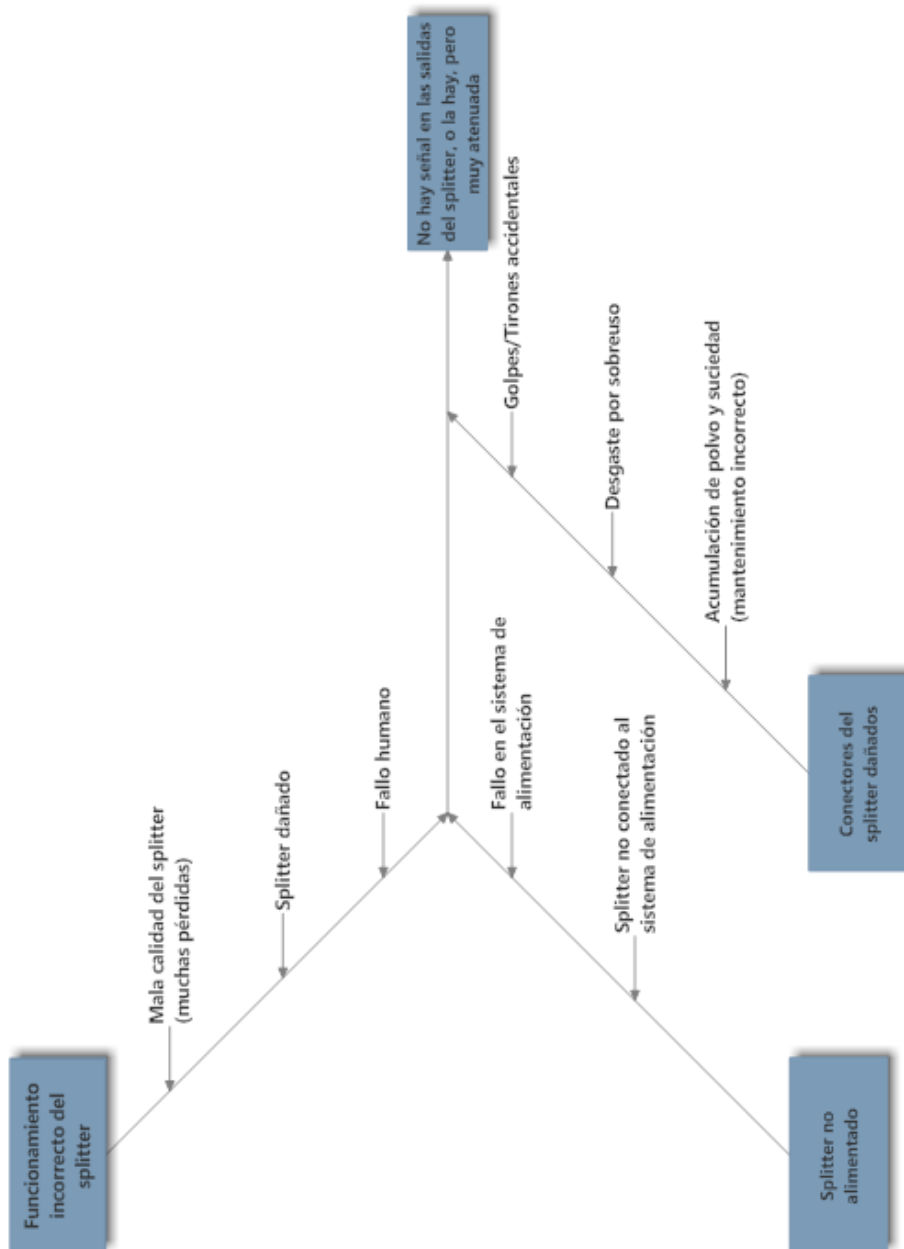


Figura 4.20: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (14)

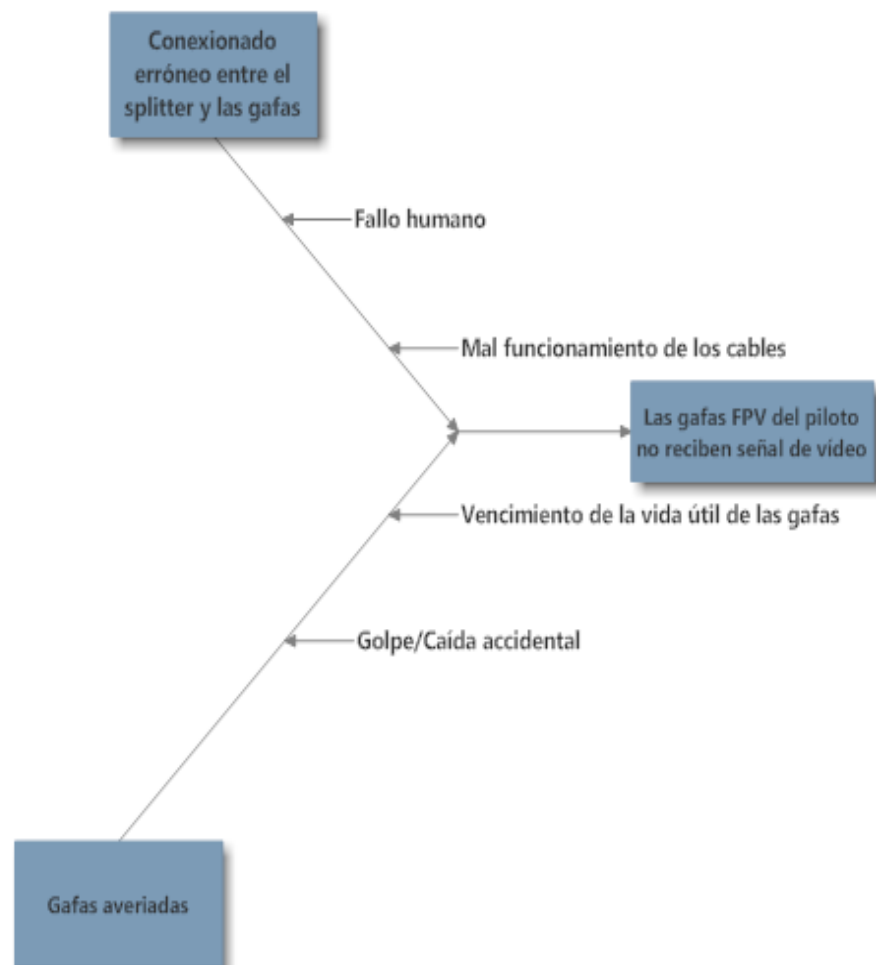


Figura 4.21: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (15)

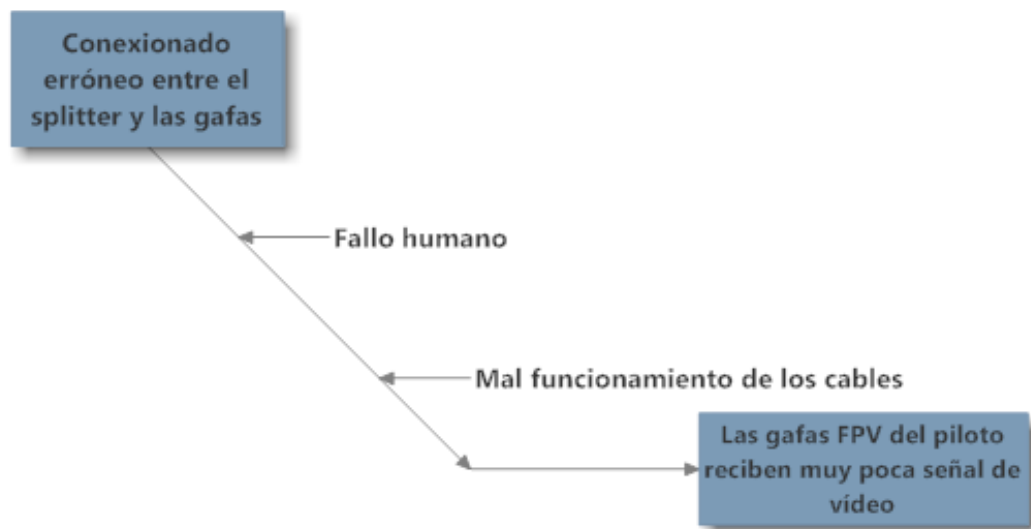


Figura 4.22: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (16)

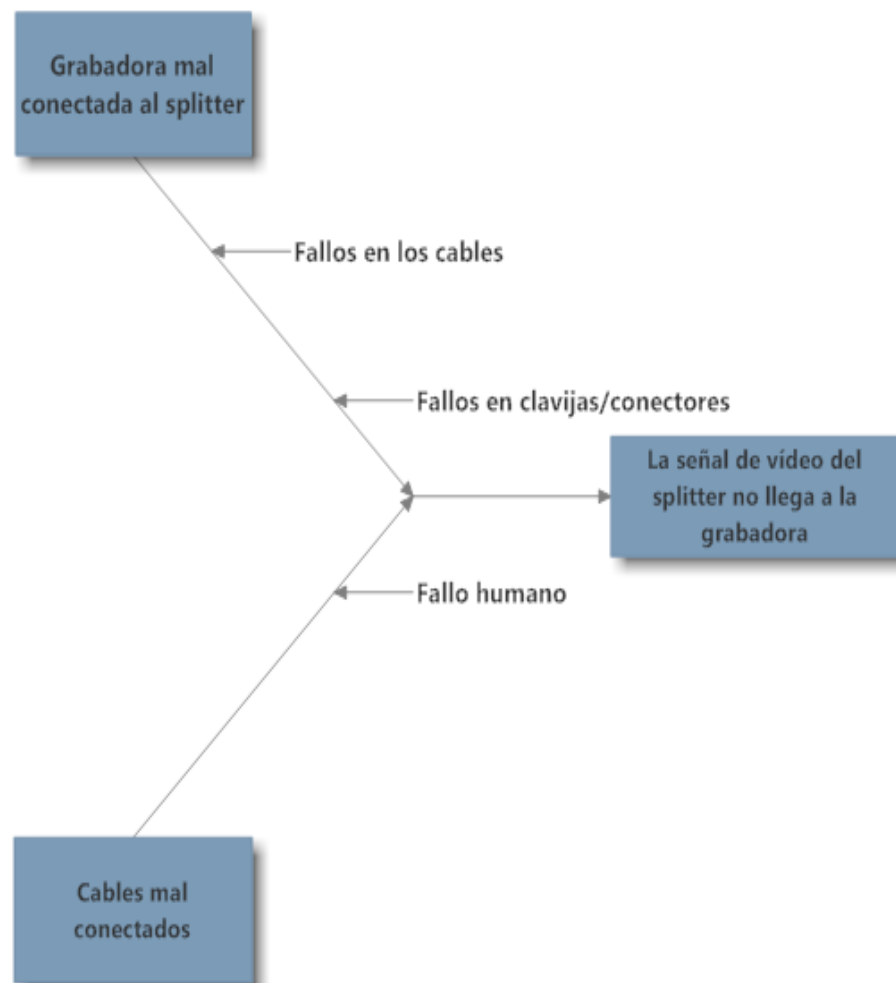


Figura 4.23: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (17)

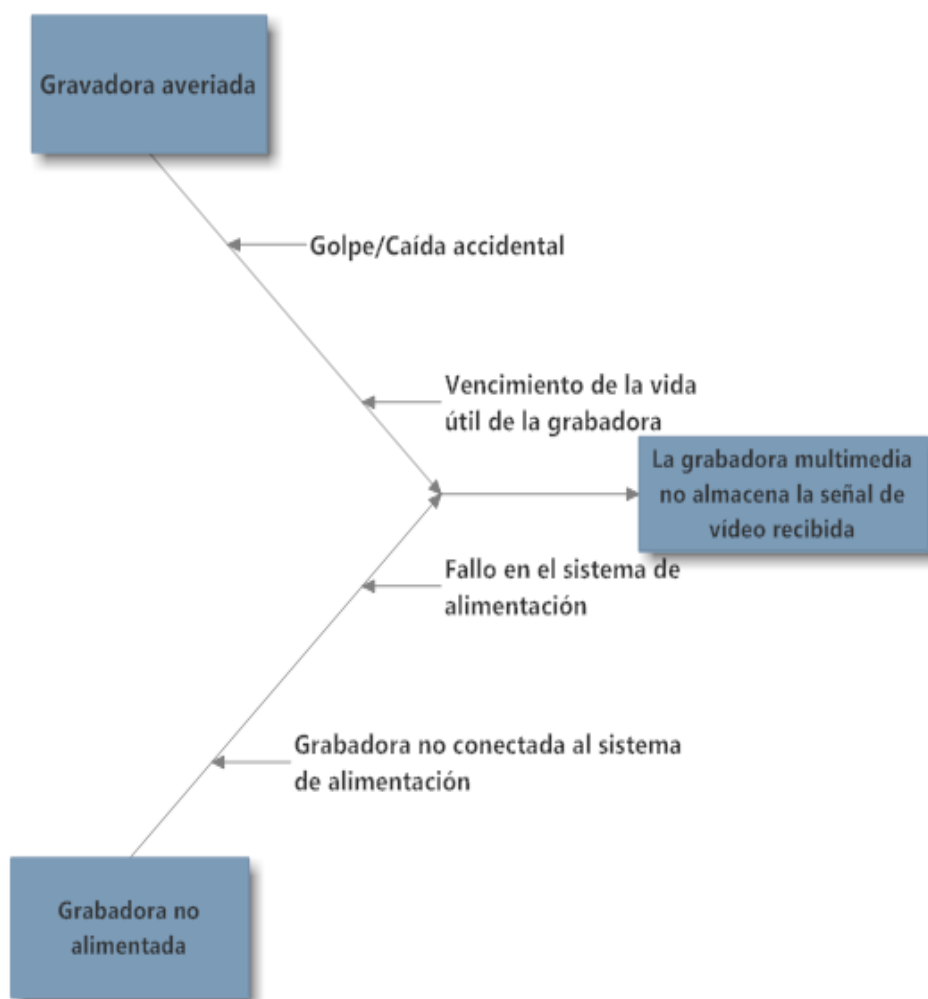


Figura 4.24: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (18)

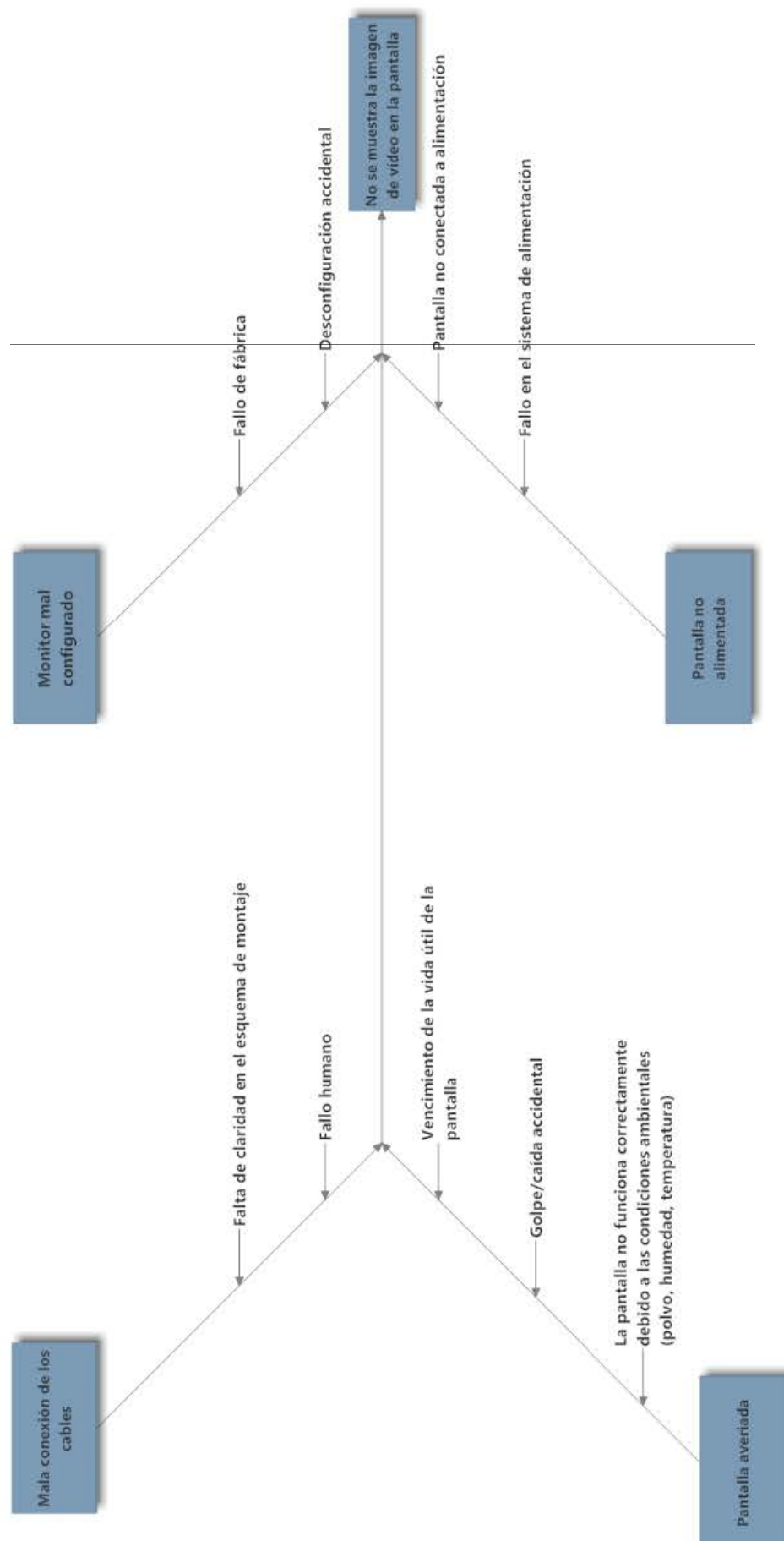


Figura 4.25: Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (19)

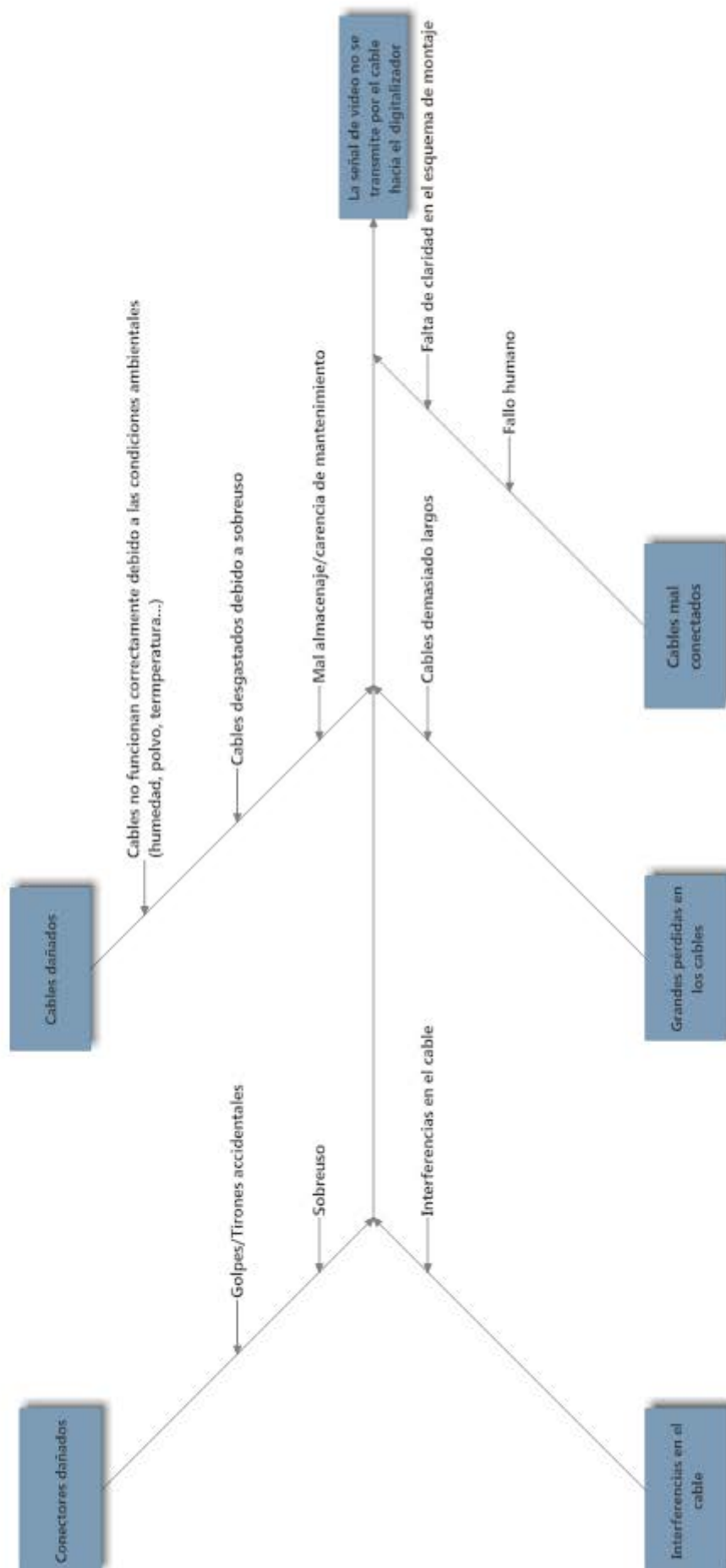


Figura 4.26: Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (20)

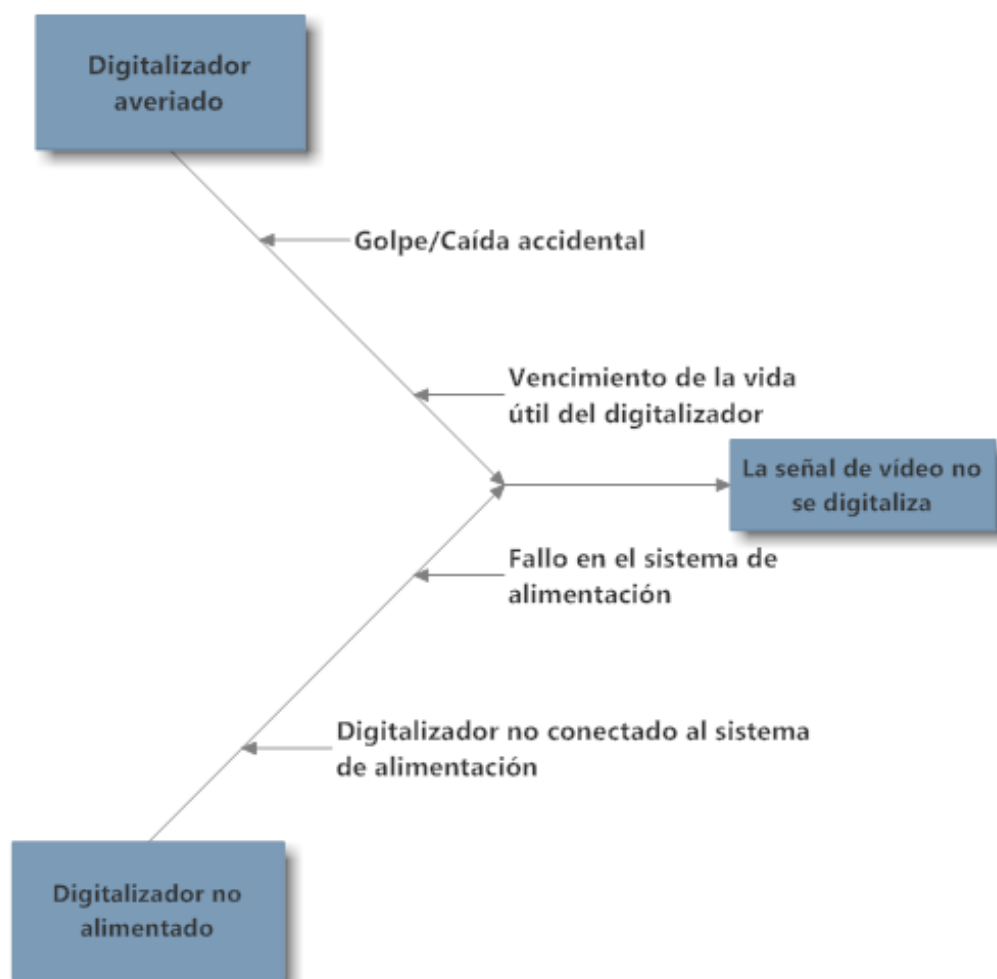


Figura 4.27: Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (21)

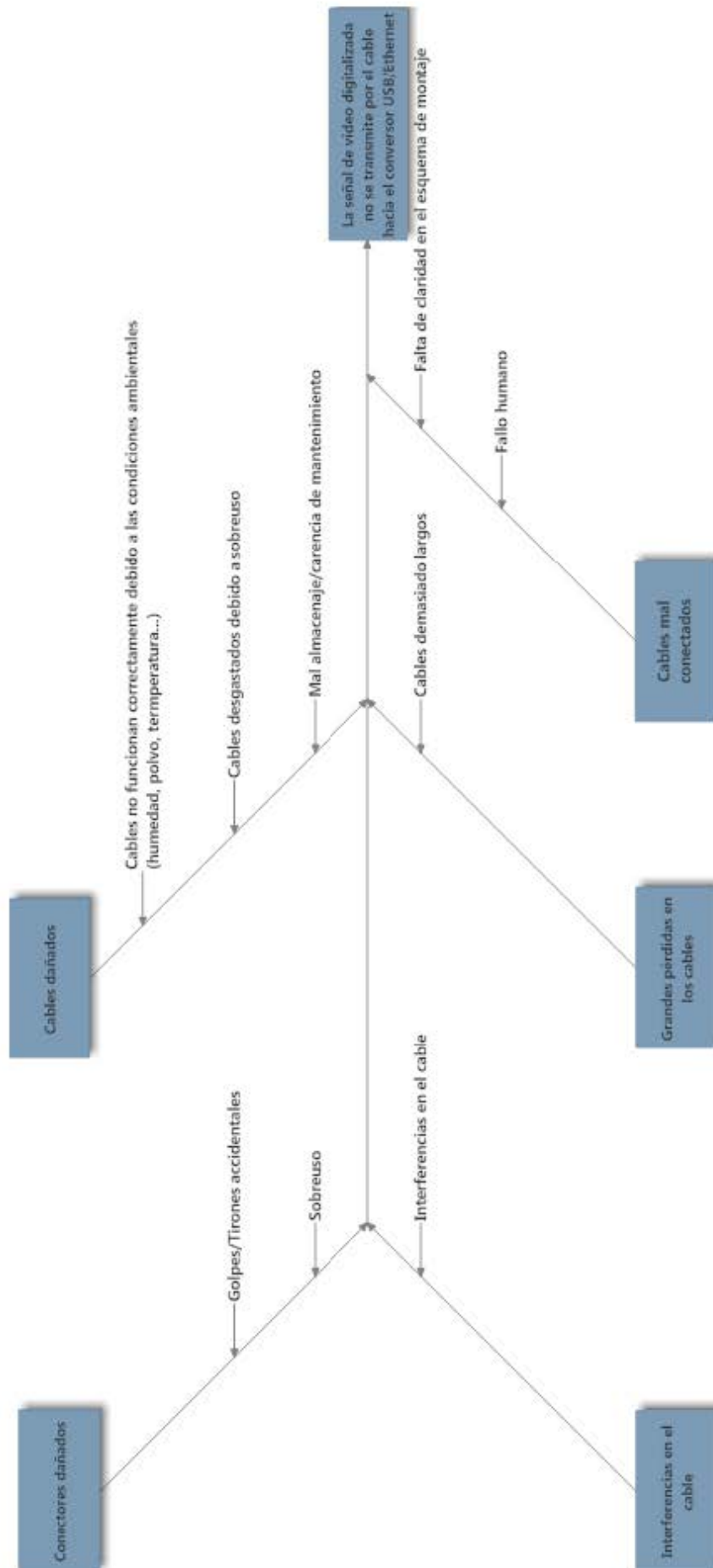


Figura 4.28: Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (22)

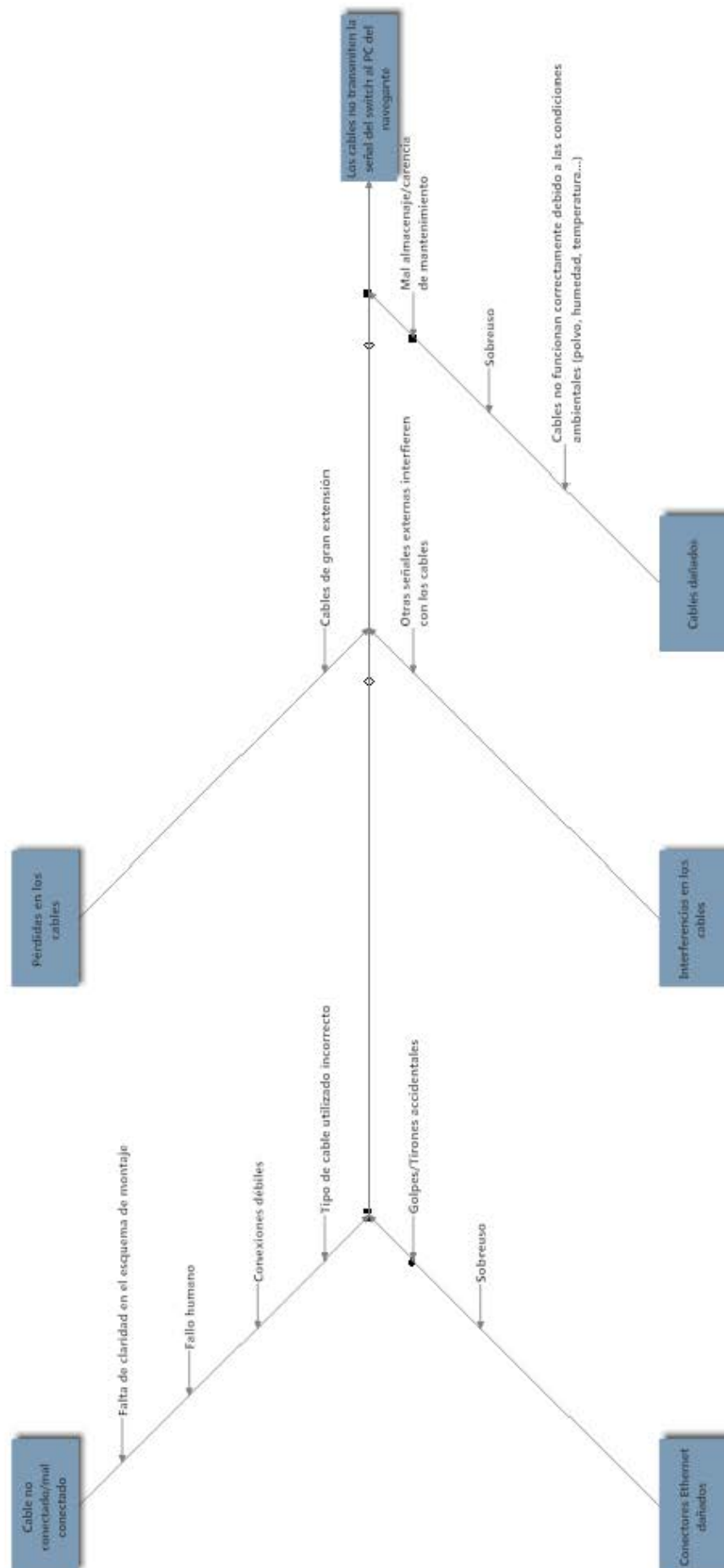


Figura 4.29: Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (23)

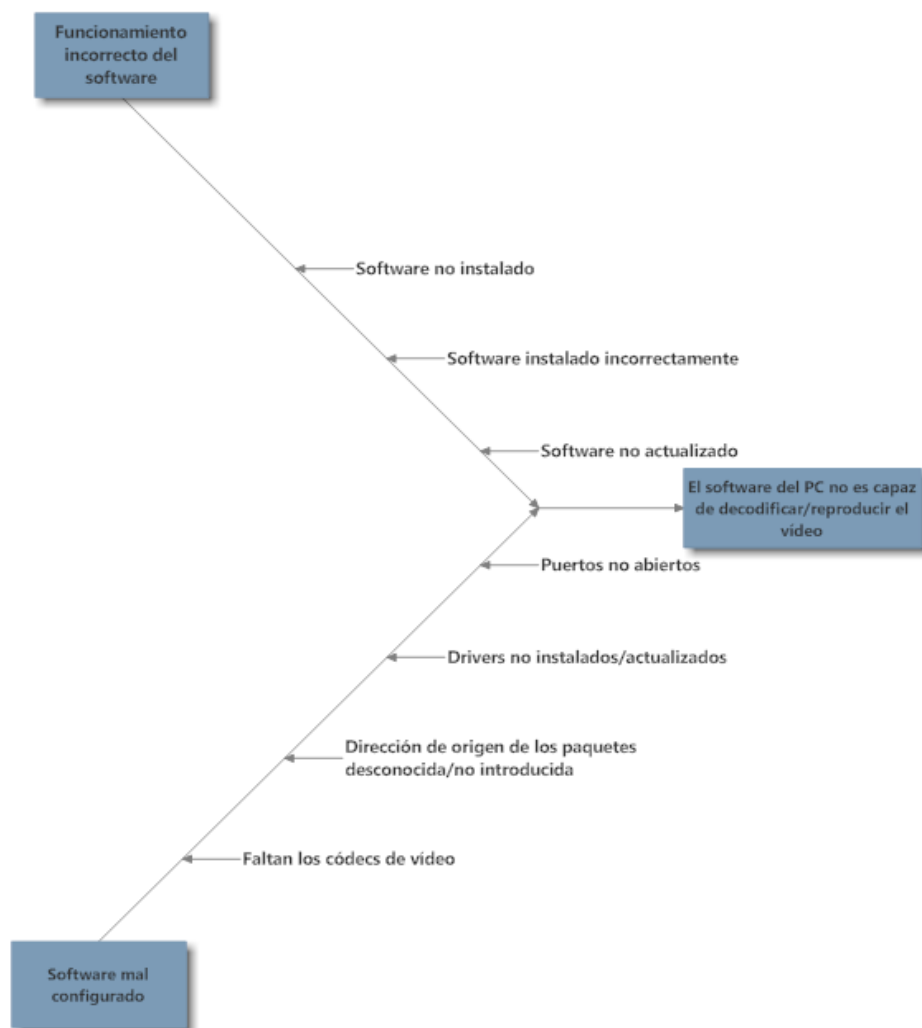


Figura 4.30: Diagrama de Ishikawa del CCL renovado (24)

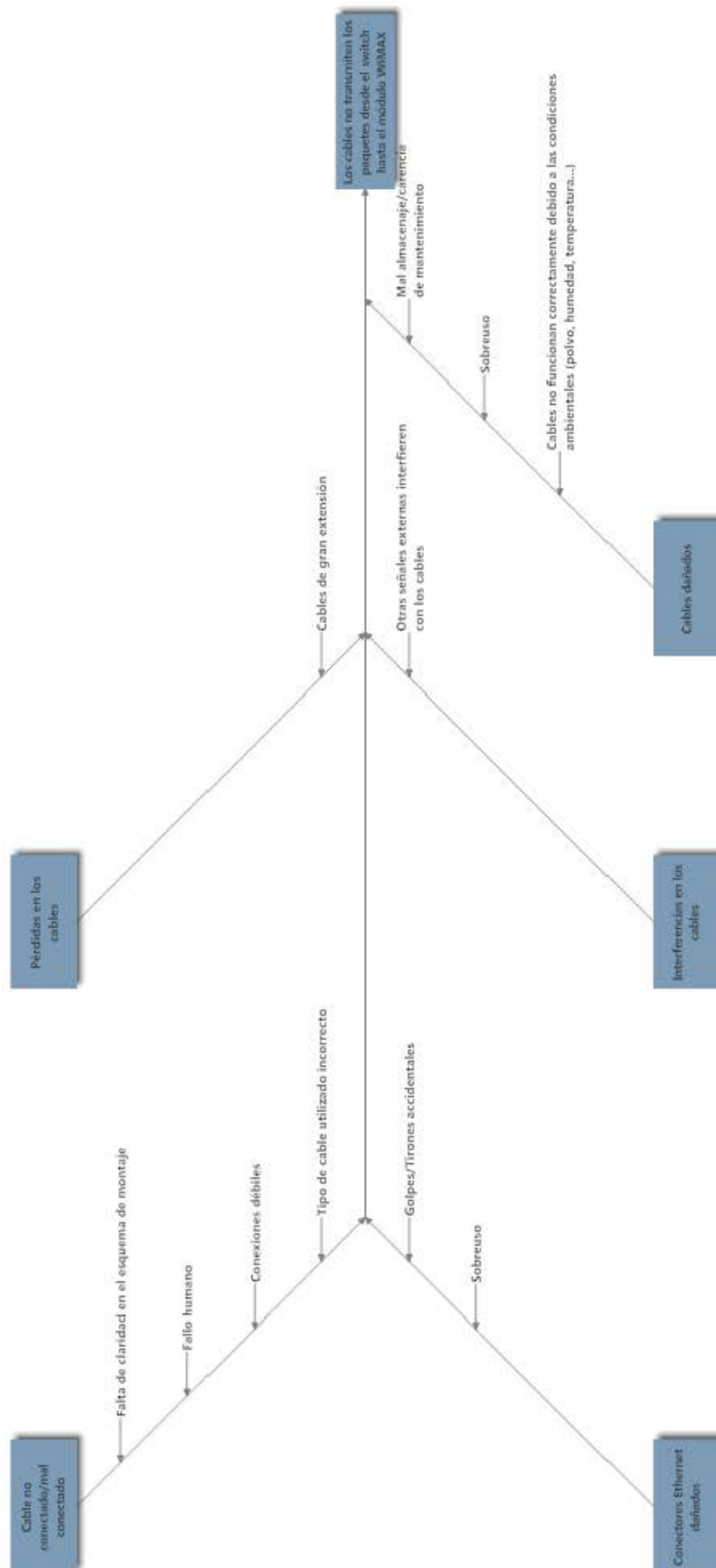


Figura 4.31: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (25)

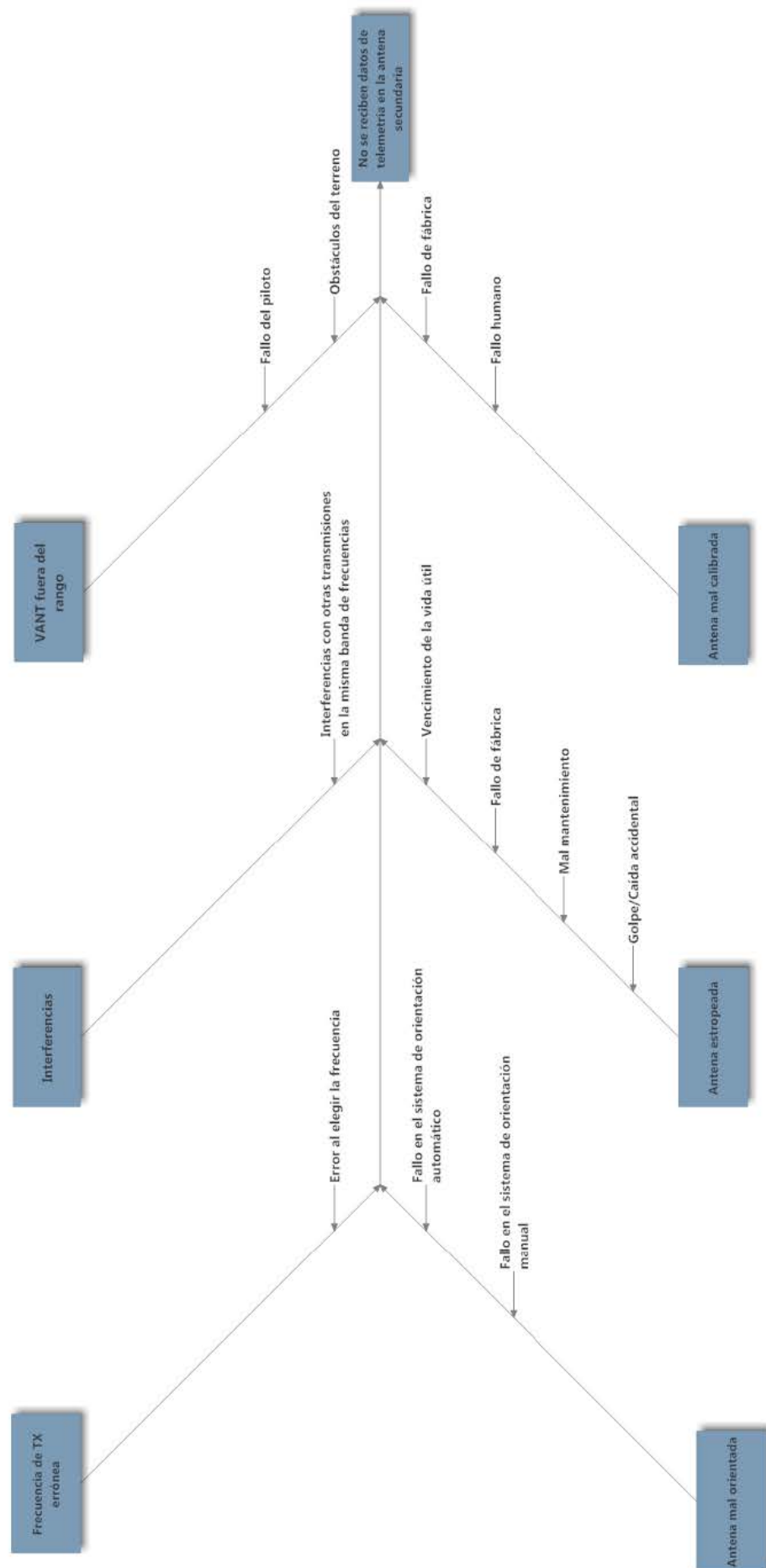


Figura 4.32: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (26)

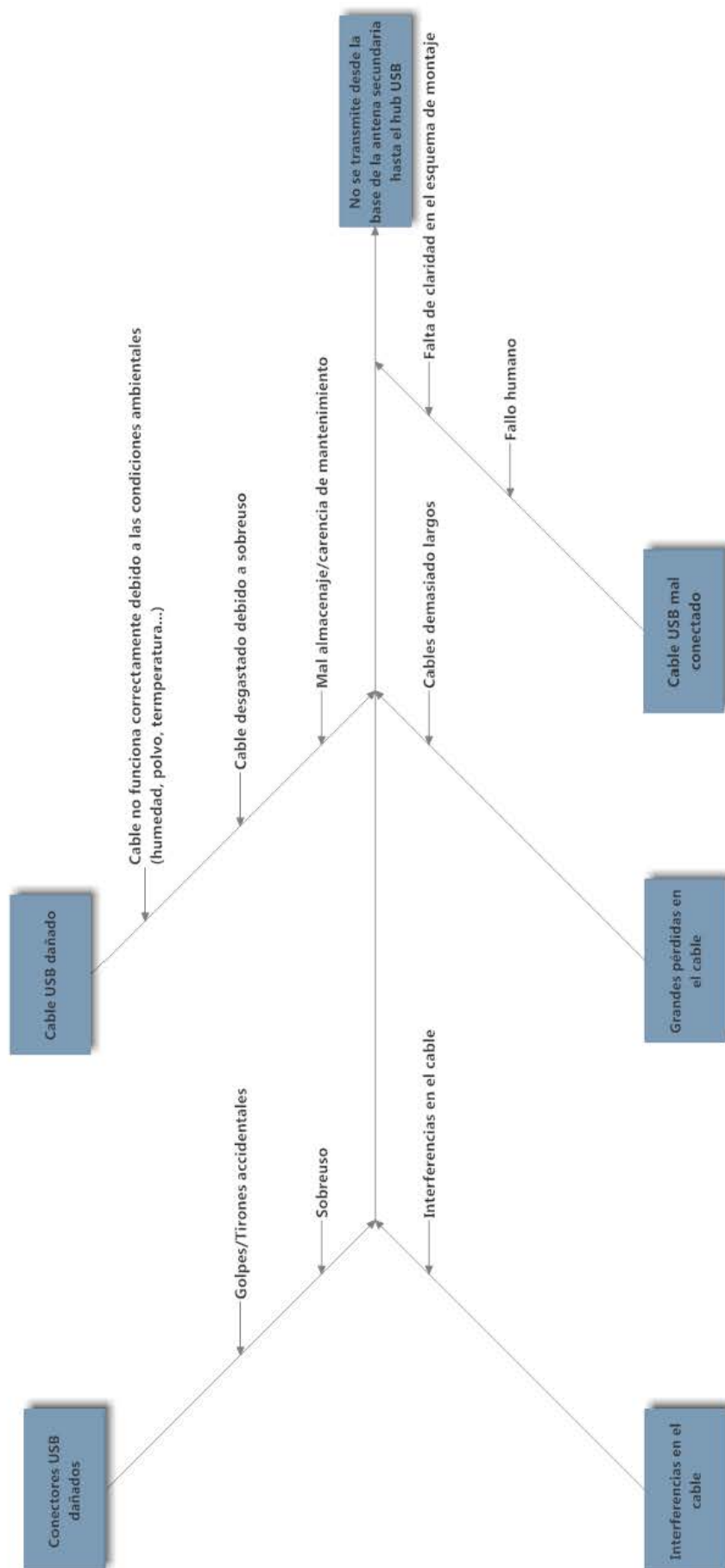


Figura 4.33: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (27)

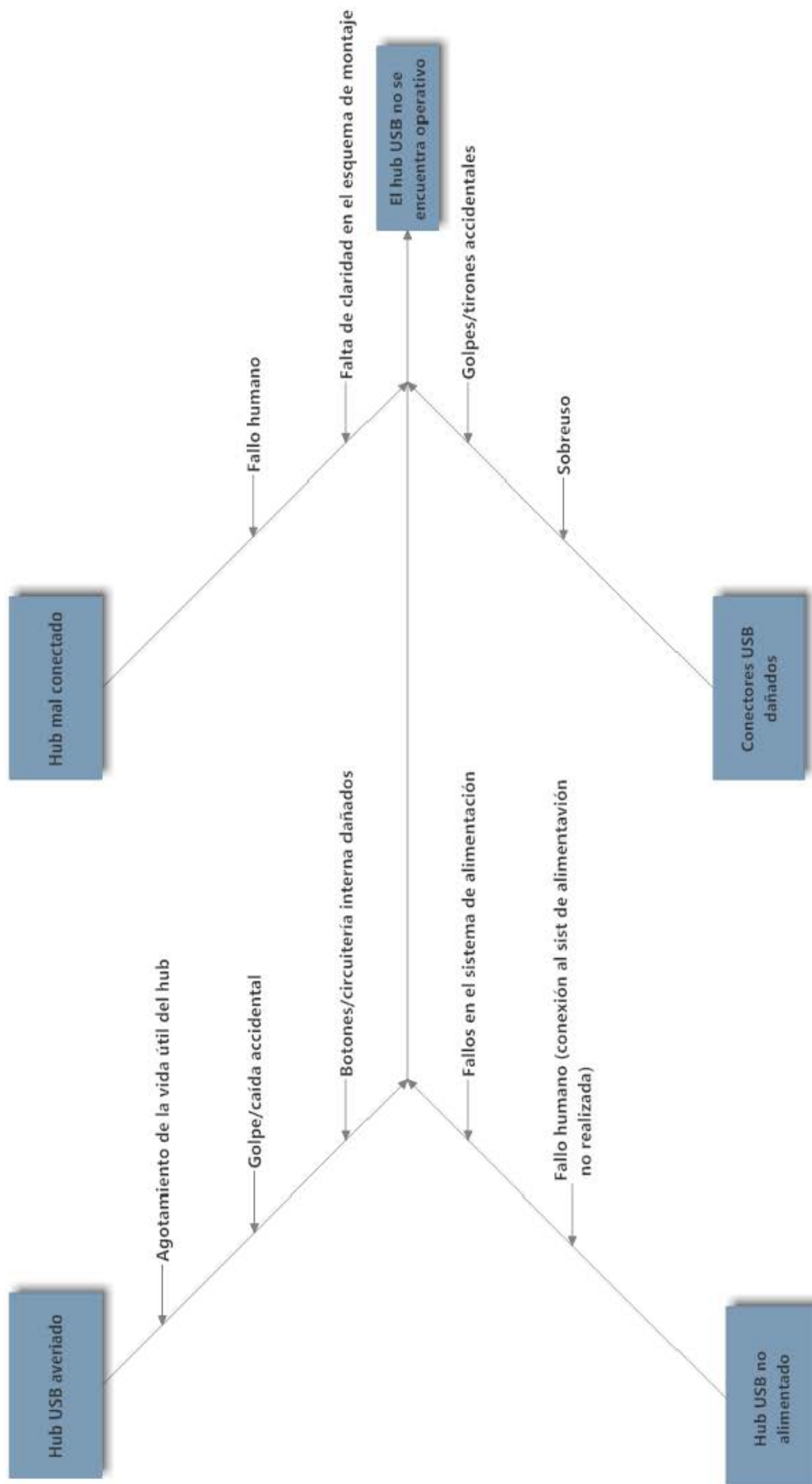


Figura 4.34: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (28)

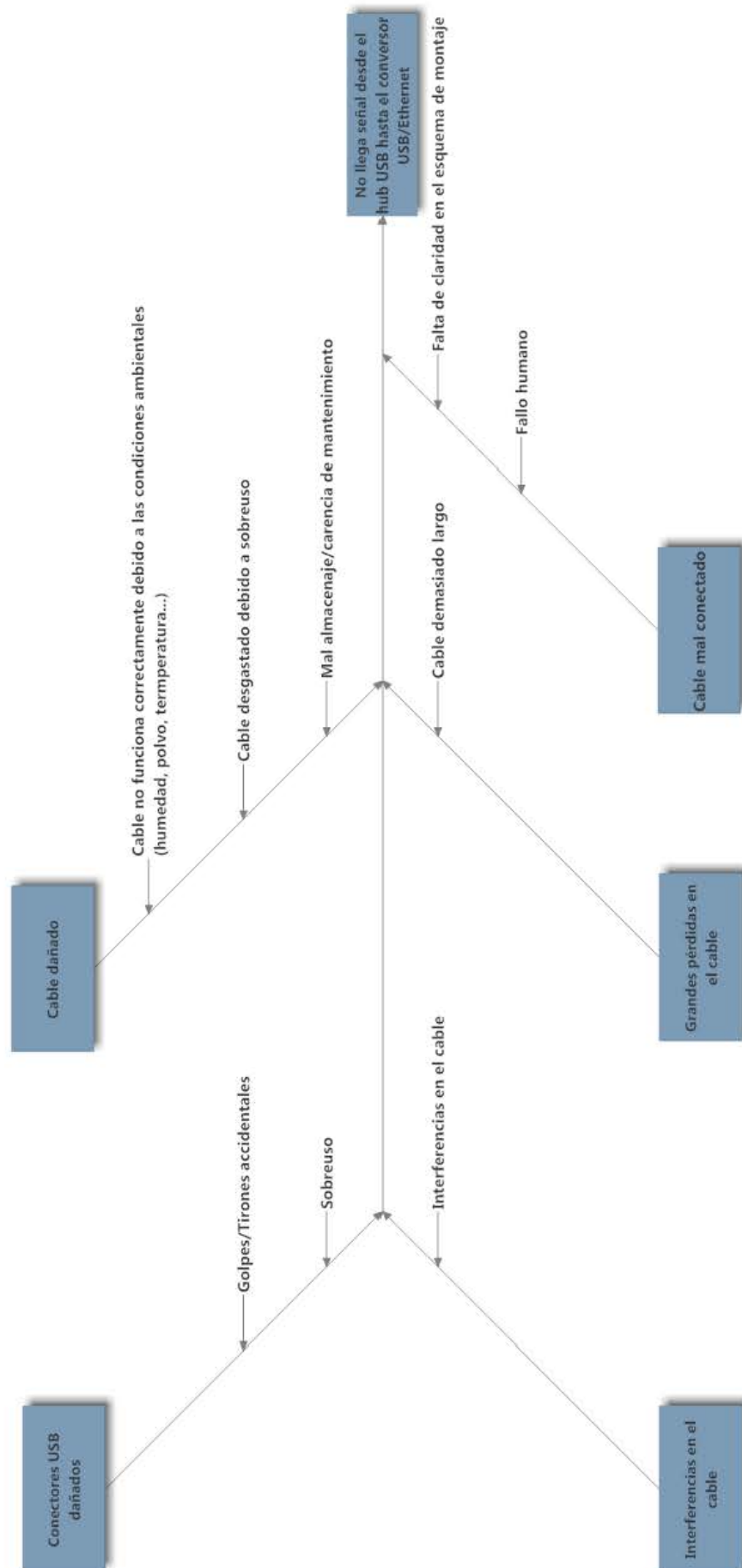


Figura 4.35: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (29)

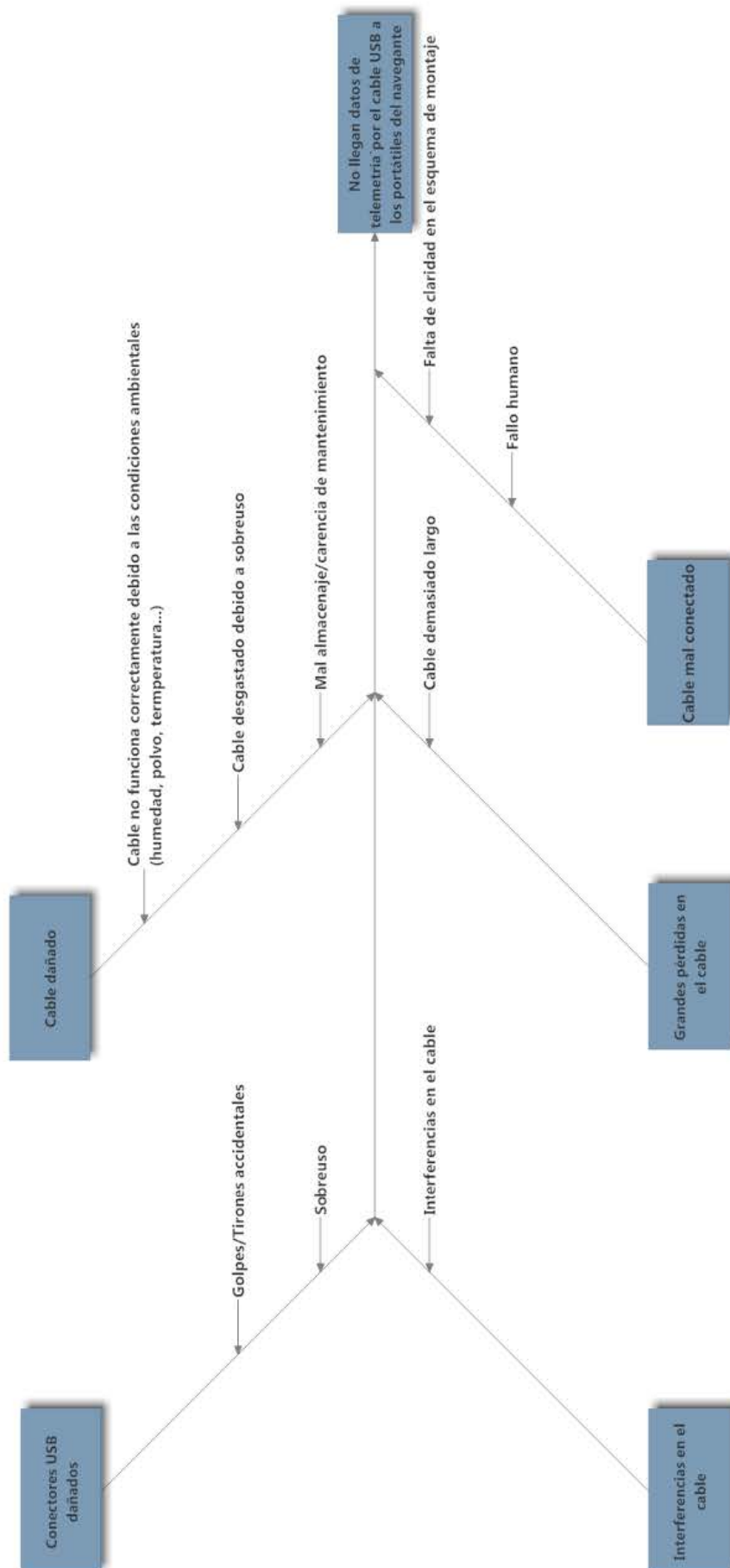


Figura 4.36: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (30)

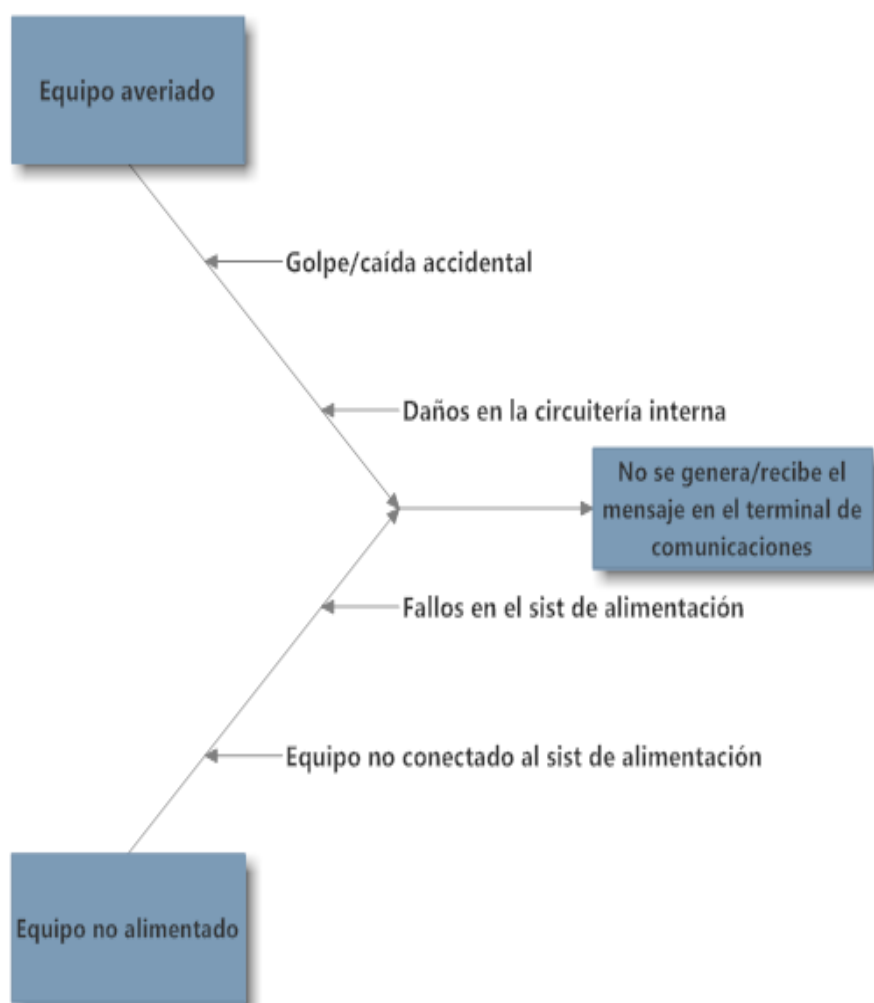


Figura 4.37: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (31)

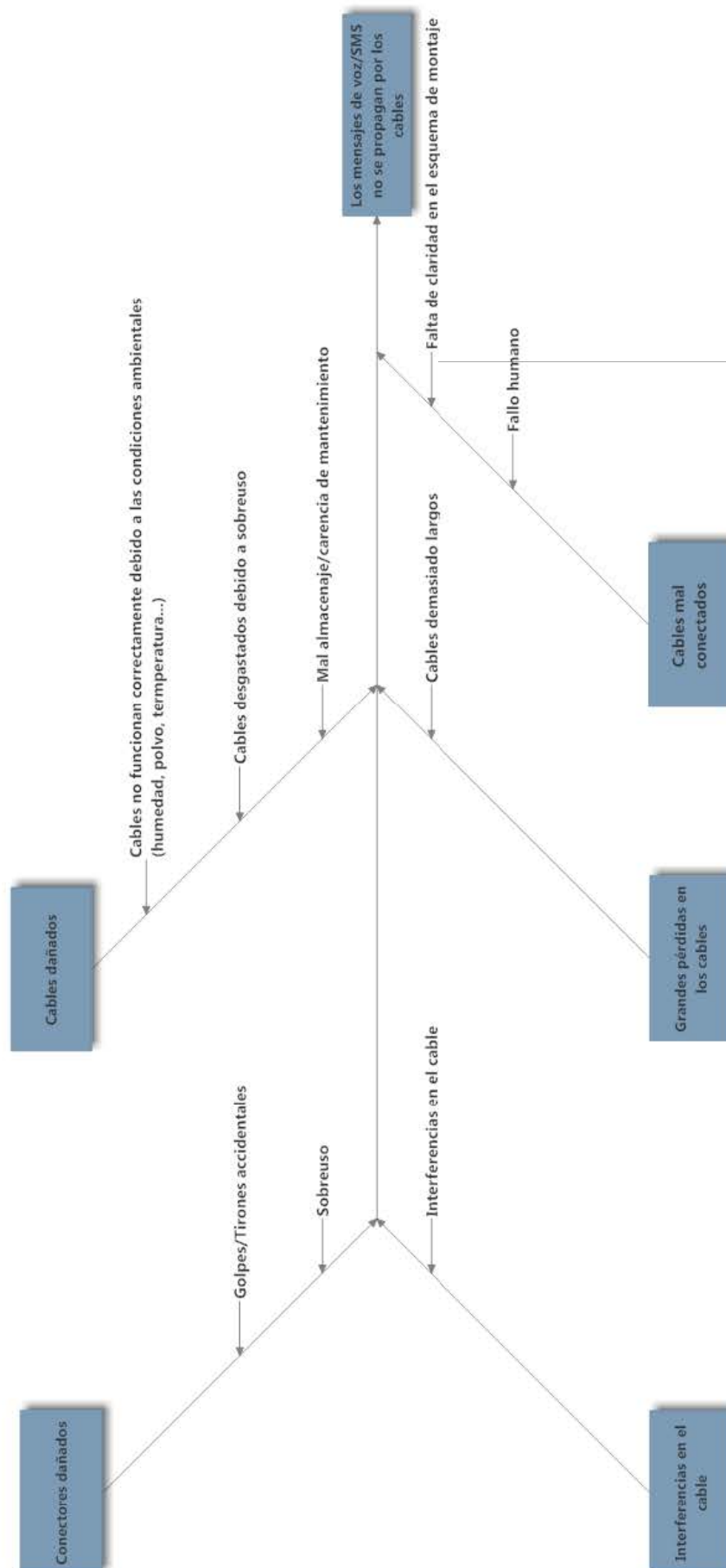


Figura 4.38: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (32)

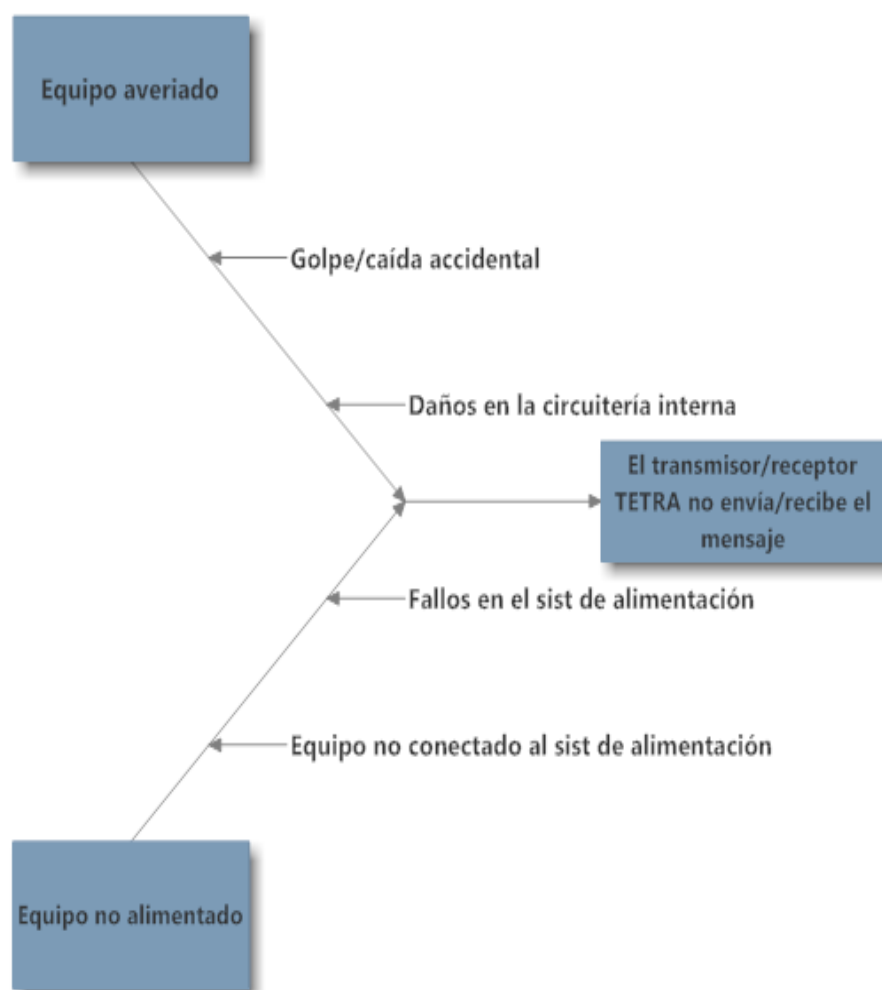


Figura 4.39: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (33)

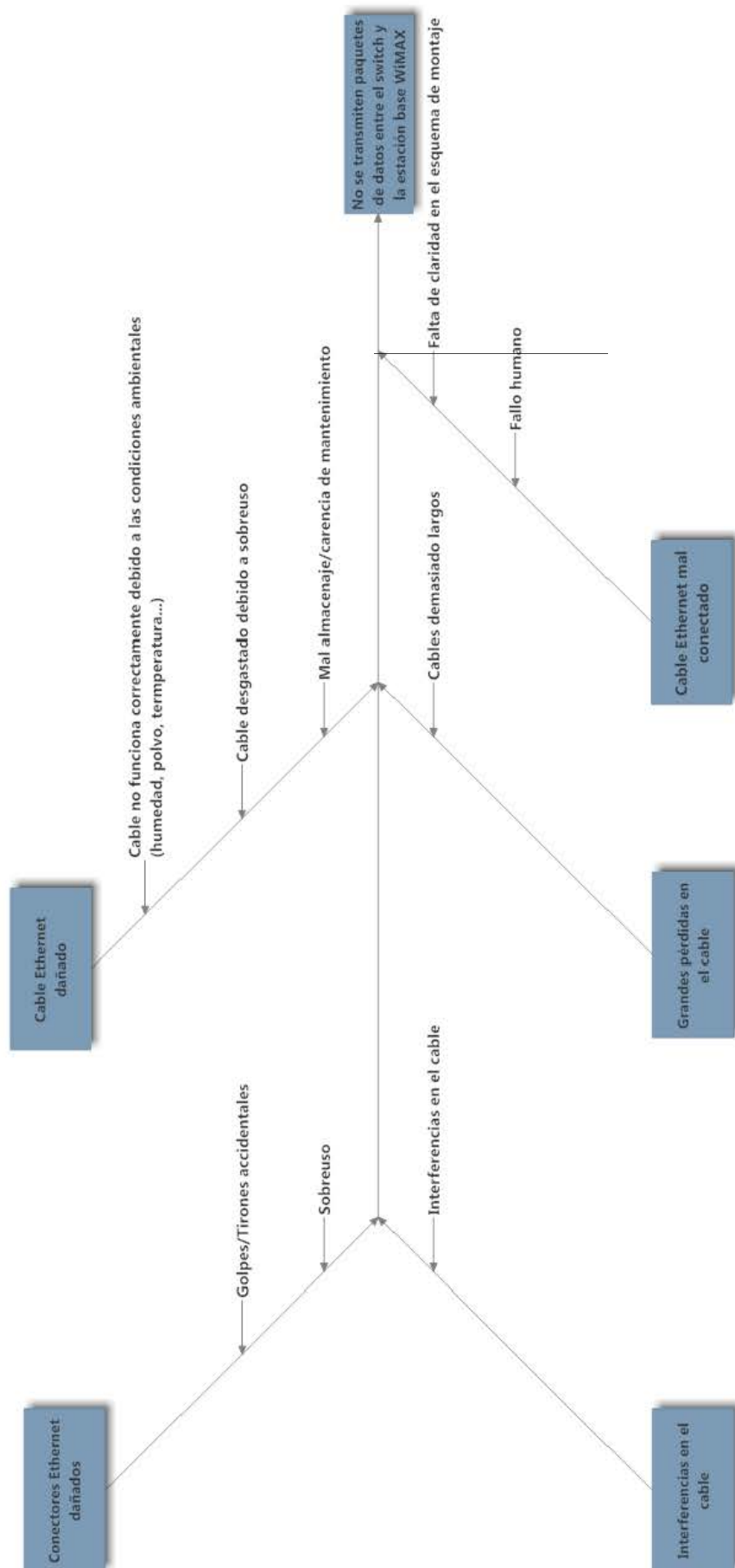


Figura 4.40: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (34)

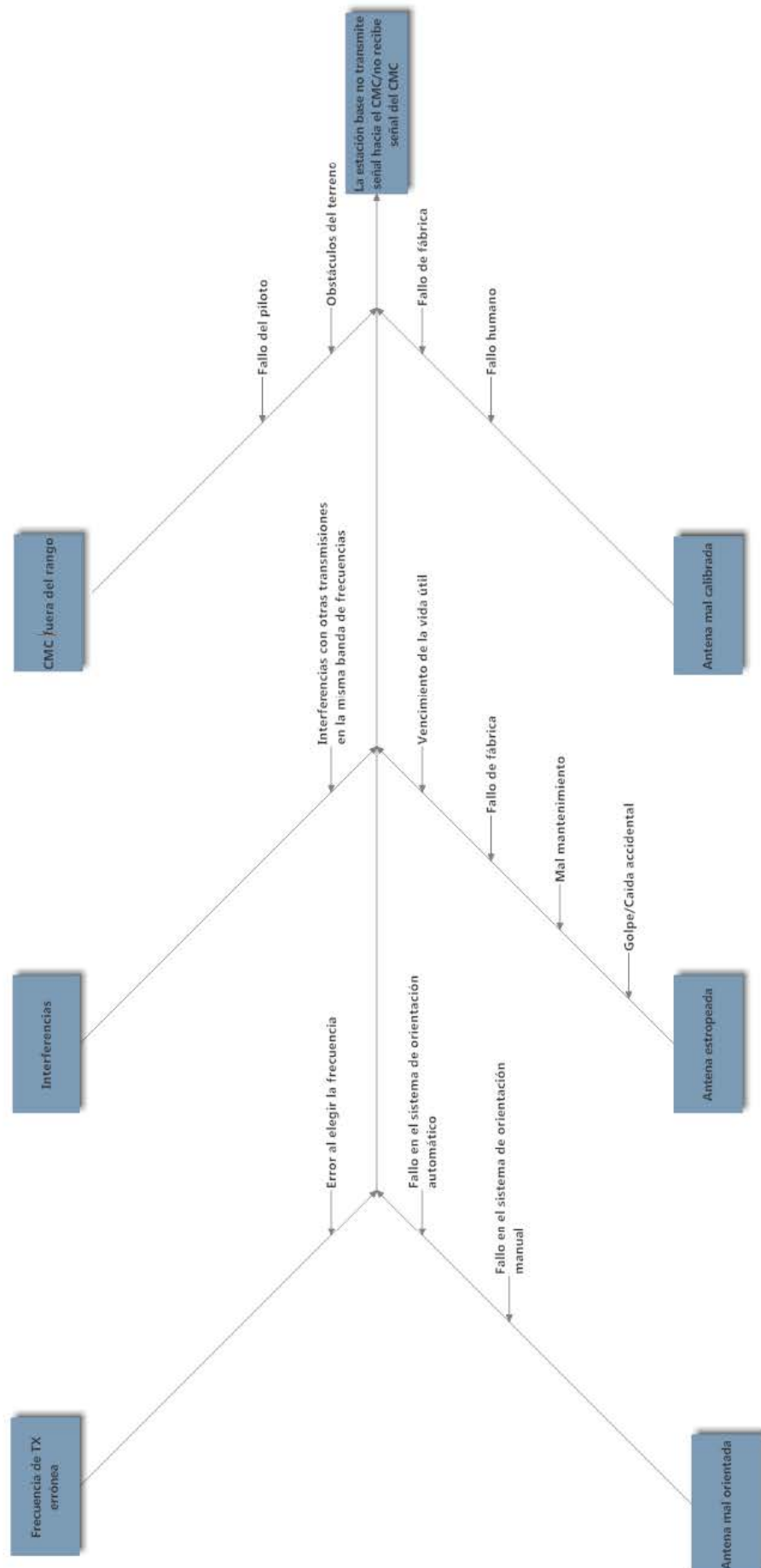


Figura 4.41: Diagrama de Ishikawa del CCL modificado (35)

A partir de los diagramas de Ishikawa obtenidos, se procede a la elaboración de la tabla AMFE del sistema.

4.4 Tabla AMFE

Teniendo en cuenta los criterios tratados en el *Marco teórico* y tomando en consideración las calificaciones dadas en la tabla AMFE del CCL actual, se procede a la elaboración de la tabla AMFE del CCL modificado. Esta tabla es un poco más compleja que la anterior, ya que el sistema cumple un mayor número de funciones y, por lo tanto, es preciso evaluar una cantidad mayor de modos de fallo.

La tabla obtenida se muestra en la *Parte IV. Apéndice B*. Como se puede observar, los modos de fallo tienen números de probabilidad de riesgo menores a los obtenidos en la tabla anterior. Esto es en gran parte debido a que se han conseguido reducir las calificaciones de Ocurrencia y Detección con las medidas correctoras propuestas tras la elaboración de la primera tabla. Medidas como la reducción de conexiones manuales necesarias, la compactación de dispositivos y conexiones en maletines y la colocación de pegatinas indicativas del conexionado y la vida útil de los componentes, reducen en gran medida el NPR de cada modo y causa de fallo.

En la tabla anterior, la moda estadística del NPR era de 40; en este caso, es de 32, con un número muy reducido de causas con NPR superior, y sólo en un caso superior a 40. Ese resultado es el de que se produzca el agotamiento de la batería del mando durante el vuelo, evento que tiene mucha ocurrencia, pero con fácil solución: simplemente es necesario que se pase a controlar el VANT/UAV mediante waypoints hasta que se reemplace la batería, lo cual se puede realizar en menos de un minuto, siempre y cuando haya baterías de repuesto disponibles (recomendación indicada en el propio AMFE). Con los valores obtenidos, podemos marcar sobre el diagrama del sistema los puntos de riesgo, tal y como se aprecia en la figura 4.42.

4.5 Recomendaciones para la estructuración del sistema

A la hora de realizar el diseño y montaje del CCL propuesto, se recomienda tomar las siguientes medidas:

- Compactar las distintas partes del sistema en maletines de la forma que se detalla a continuación:

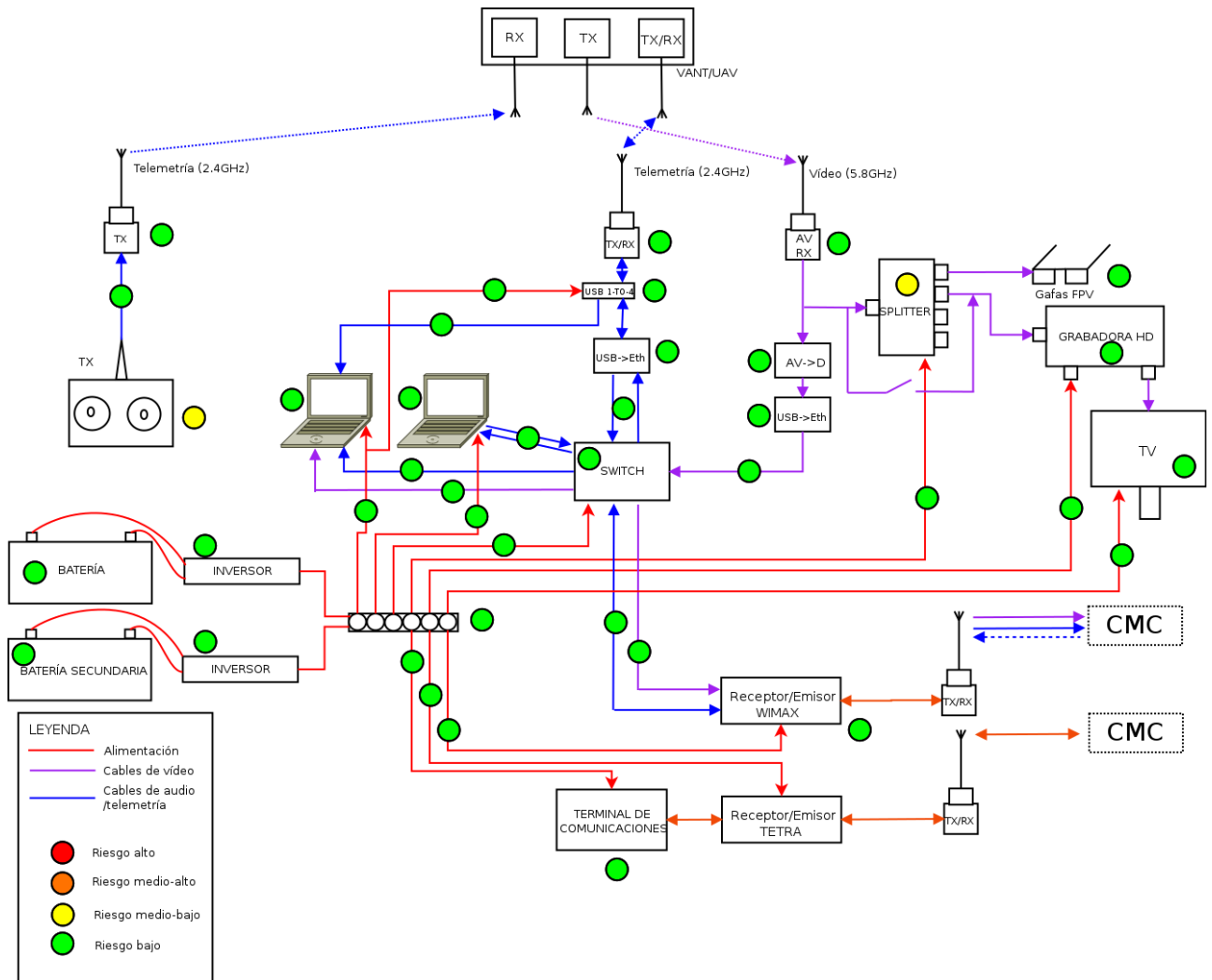


Figura 4.42: Diagrama de riesgo del CCL modificado

- **Maletín 1:** Incluye splitter de vídeo, grabadora multimedia, gafas FPV, pantalla secundaria, digitalizador de vídeo, un adaptador USB 3.0-Gigabit Ethernet y todas las conexiones necesarias entre estos dispositivos, lo más compactadas que sea posible. Tener en cuenta el *bypass de vídeo* que se propone en las especificaciones. Como conectores externos, debería tener al menos los conectores para la antena, un conector de alimentación, y una clavija Gigabit Ethernet.
- **Maletín 2:** Incluye hub USB, un adaptador USB 3.0-Gigabit Ethernet, un switch Gigabit Ethernet y todas las conexiones necesarias entre estos dispositivos, lo más compactadas que sea posible. Como conectores externos, debería tener al menos los conectores para la antena secundaria, un conector de alimentación, un conector USB y cuatro conectores Gigabit Ethernet.
- **Maletín 3:** Incluye los dos equipos *NAZA- DJI Ground Station*, los dos portátiles, el mando de RC del piloto y todas las conexiones necesarias

para estos dispositivos, lo más compactadas que sea posible. Como conectores externos, al menos debe contar con un conector para la antena primaria, un conector USB, dos conectores Gigabit Ethernet y un conector de alimentación.

- **Maletín 4:** Incluye el equipo de comunicaciones TETRA y todas las conexiones necesarias, lo más compactadas posible.
- **Maletín 5:** Este maletín incluye el sistema de alimentación en general. Por ello, incluye dos baterías, dos inversores, dos regletas y todas las conexiones necesarias. En cuanto a conectores, al menos debe tener disponibles las distintas tomas para alimentar al resto de maletines.

Todos los maletines deben ser herméticos y estar bien refrigerados, de forma que no se acumule polvo y suciedad en su interior o se produzcan sobrecalentamientos que dañen los dispositivos. Además, en los maletines se deben indicar los conectores disponibles y a dónde se conectan, así como la vida útil y la fecha de primer uso de los dispositivos contenidos en su interior y las medidas de mantenimiento que hay que aplicar.

El sistema resultante, compuesto por los maletines, las antenas y la estación base WiMAX, se estructuraría y se conectaría de la forma mostrada en el diagrama de la figura 4.43.

- Las conexiones externas entre los maletines deben ir por canalizaciones refrigeradas y que protejan el cable de interferencias.
- Es recomendable que la mayoría de los cables empleados sean apantallados, para evitar problemas de interferencias en los cables.

4.6 Recomendaciones para la utilización del sistema

Una vez el sistema esté listo para su uso en vuelos, es preciso establecer unas guías de operación, de forma que el sistema funcione correctamente cuando sea necesaria su utilización. Estas sugerencias se exponen a continuación:

- Se deben realizar comprobaciones periódicas del sistema en general, y, particularmente, de cables, conectores y baterías.
- Siempre se debe realizar una doble comprobación del estado de cables y conectores durante el montaje del sistema. Además, es preciso comprobar que, una vez montado el sistema, no queden cables sueltos o conexiones débiles en los maletines.
- Mover siempre los maletines con cuidado y colocarlos sobre una superficie plana y que soporte el peso de los mismos.

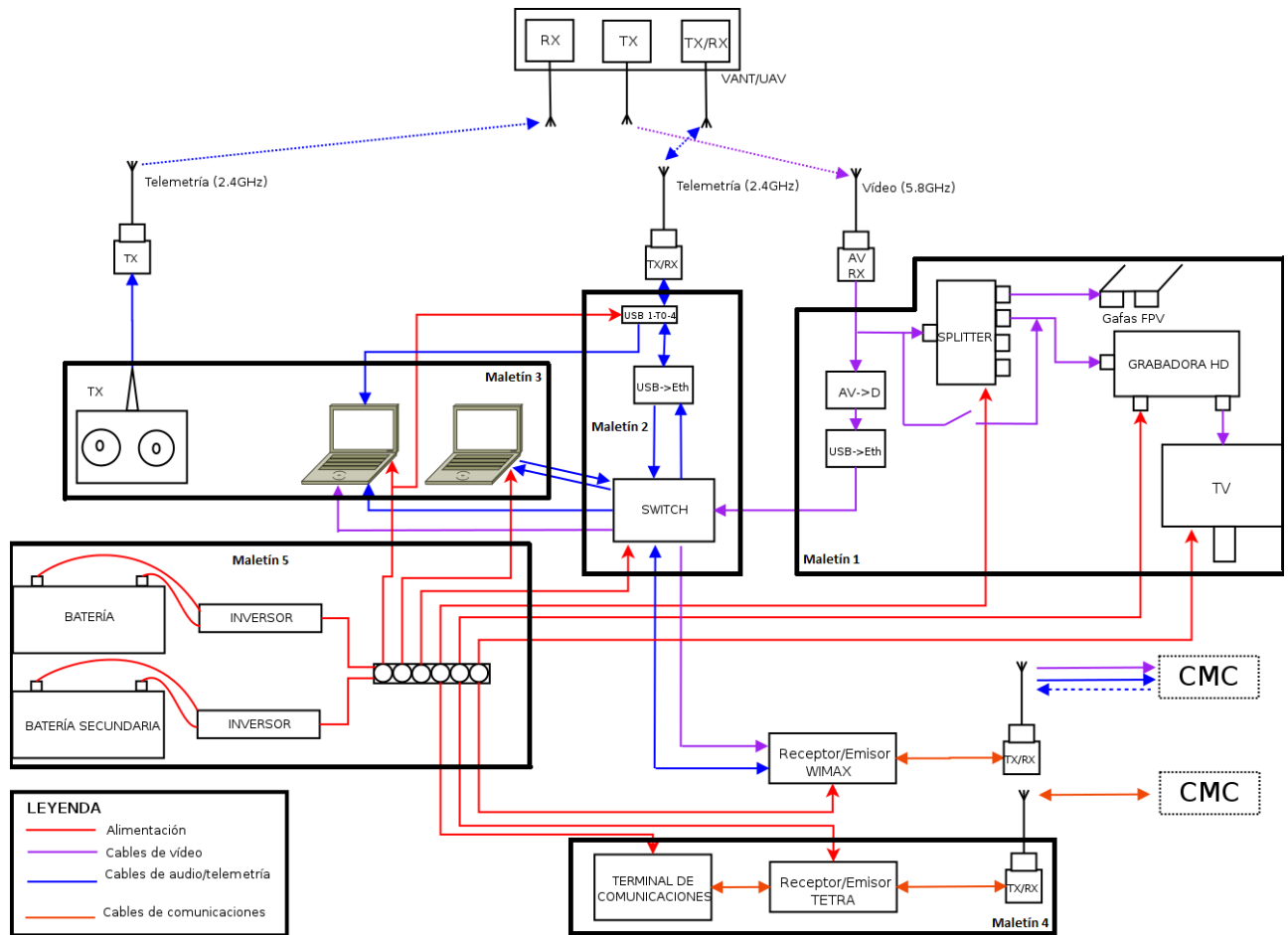


Figura 4.43: Diagrama de la estructuración en maletines y conexiones

- Los miembros del equipo de vuelo encargados del montaje del mismo deben observar las pegatinas de cada uno de los maletines, para comprobar que todos los dispositivos pueden operar apropiadamente y que las conexiones realizadas de forma manual son correctas.
- Mantener las antenas separadas al menos una distancia de 1-2 metros entre sí, para evitar problemas de interferencias o que se produzcan problemas en su orientación.
- Comprobar que todos los sistemas se encuentran operativos y funcionando correctamente antes del despegue del VANT/UAV.
- Si el CCL se establece en una zona con poca cobertura debido a la orografía del terreno y no se puede comunicar el equipo de tierra con el CMC (ya sea por WiMAX o TETRA), se debe colocar un repetidor en el punto más elevado cercano, para que se pueda establecer la comunicación.

Con estas medidas, sumadas a las que emplea el equipo de vuelo del club RC-AYA, se puede garantizar el correcto funcionamiento del Centro de Control Local

modificado que se propone en el presente Trabajo Fin de Grado. Asimismo, si se siguen las recomendaciones de estructuración y uso indicadas, se puede garantizar que el sistema será más fiable y robusto que su predecesor.

CONCLUSIONES Y MEJORAS

En este capítulo se realizará una revisión a los objetivos que se pretendían alcanzar y se indicarán los conseguidos. Además, se comentarán posibles vías de mejora del trabajo que no se han podido desarrollar, ya sea por falta de tiempo o medios.

5.1 Conclusiones

Los objetivos que se habían fijado al comienzo del presente Trabajo Fin de Grado son los siguientes:

1. El estudio del montaje del sistema de control a nivel funcional.
2. Análisis AMFE del sistema.
3. Rediseño del sistema teniendo en consideración el análisis obtenido.
4. Especificación de los equipos necesarios y montaje del sistema.
5. Realización de un AMFE del nuevo sistema.
6. Ejecución de las modificaciones pertinentes en el sistema.
7. Evaluación de resultados obtenidos sobre un prototipo.

De estos objetivos, se han completado todos a excepción del último, debido a falta de presupuesto para el montaje del sistema propuesto. A pesar de ello, se deja todo dispuesto para que, cuando se disponga de los medios necesarios, un ingeniero de diseño pueda montar el sistema, siguiendo los resultados y recomendaciones propuestas en el presente trabajo.

5.2 Mejoras

Algunas de las formas de mejorar el funcionamiento del sistema propuesto consisten en la utilización de equipos de mayor calidad (mejor mando de RC, splitter de vídeo, etc) y en la aplicación de sistemas redundantes (como, por ejemplo, incluir un segundo switch que soporte la red en caso de fallo del principal). Sin embargo, estas mejoras implican un mayor coste, y tampoco mejoran en gran medida el rendimiento general del sistema. De esta forma, podemos concluir que el sistema, si bien es mejorable, cumple con los requisitos de funcionamiento y seguridad necesarios para su aplicación en el sector de emergencias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Unmanned Aircraft Systems(UAS) Roadmap, 2005-2030*.
Cambone, S.A.; Krieg, K.J.; Pace, P.; Wells II, L.
Department of Defense, United States of America, 2005.
http://www.fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf
Consultado Marzo 2014.
- [2] *UAVs and UCAVs: Developments in the European Union*.
Wezeman, S.; Quille, G.
European Parliament, Brussels, October 2007.
http://www.sipri.org/research/armaments/transfers/publications/other_sipri_publ/20071000
Consultado Marzo 2014.
- [3] *The Emergence of Mini UAVs for Military Applications*.
Coffey, T.;Montgomery, J.A.
Defense Horizons, no. 22, Diciembre 2002.
mercury.ethz.ch/serviceengine/.../DH22.pdf
Consultado Marzo 2014.
- [4] *Pastor avanza que se trabaja en la elaboración de un real decreto que regulará el uso de “drones”*.
http://www.fomento.gob.es/mfom/lang_castellano/gabinete_comunicacion/noticias1
Consultado Mayo 2014.
- [5] *Cuenta atrás para el despegue de los drones en España*.
http://economia.elpais.com/economia/2014/05/12/actualidad/1399892312_502295.html
Consultado Mayo 2014.
- [6] *Fomento aclara los requisitos necesarios para poder pilotar un dron*. <http://www.infouas.com/fomento-aclara-los-requisitos-necesarios-para-poder-pilotar-un-drone/>
Consultado Mayo 2014.
- [7] *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa*.
Ishikawa,Kaoru.Traducción de Cárdenes,M.
Editorial Norma, 1986. books.google.es/books?isbn=9580470405
Consultado Marzo/Abril 2014.
- [8] *The Legacy Of Ishikawa*.
Watson, Greg.
Abril 2004

- http://www.gregoryhwatson.eu/images/6-QP_Watson_-_April2004_-_Legacy_of_Ishikawa.pdf
Consultado Marzo/Abril 2014.
- [9] *Kaoru Ishikawa: What He thought and Achieved, A Basis for Further Research.*
Kondo, Yoshio.
Julio 1994.
asq.org/qic/display-item/?item=12058
Consultado Marzo/Abril 2014.
- [10] *Métodos Cualitativos y Cuantitativos en Fiabilidad I. Tema 1: Métodos cualitativos en Fiabilidad.*
Sanz Juan, J.M.
Parte del temario de la *Maestría Universitaria en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo (VII edición)*. ULPGC
Septiembre 2013.
Consultado Marzo/Abril 2014.
- [11] *History of the FMEA.*
Smith, M.
Abril 2013.
<http://elsmar.com/FMEA/sld011.htm>
Consultado Marzo/Abril 2014.
- [12] *Análisis del Modo y Efecto de Falla (PFMEA).*
Reyes Aguilar, P.
Febrero 2007.
www.icicm.com/files/PFMEA.doc
Consultado Marzo/Abril 2014.
- [13] *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).*
Bower, J.
Enero 2010.
<http://www.slideshare.net/bowerj/fmea-introductionppt>
Consultado Marzo/Abril 2014.
- [14] *Los sistemas no tripulados.*
Fernández Merino, F.
Ministerio de Defensa. Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional.
Marzo 2012.
dialnet.unirioja.es/descarga/libro/550513.pdf
Consultado Abril 2014.
- [15] *Mission Planner Overview.*
<http://planner.ardupilot.com/wiki/mission-planner-overview/>.
Consultado Abril 2014.

Parte II

Pliego de condiciones

PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Los recursos empleados para el desarrollo del presente Trabajo Fin de Grado son:

- **Ordenador personal** En él hemos llevado a cabo el diseño del Centro de Control Local modificado, realizado los Análisis Modales de Fallos y Efectos (AMFEs) tanto del CCL empleado en la actualidad como del modificado, la “digitalización” de los diagramas de funciones y los diagramas de Ishikawa hechos a mano y la redacción y maquetación del documento. Las características técnicas del equipo son las siguientes:
 - Procesador Intel Core i7-3520M a 2,9GHz (4 núcleos)
 - 8GB de memoria RAM
 - Disco Duro de 750GB
 - Sistemas Operativos: Windows 7 Ultimate 64 bits, Mac OS X Mavericks.
- **Microsoft Office Word 2013** Aplicación de la suite ofimática Microsoft Office utilizada para la redacción de los informes de seguimiento del presente TFG, así como para la “digitalización” de los diagramas de funciones elaborados.
- **Microsoft Office Excel 2013** Aplicación de la suite ofimática Microsoft Office utilizada para la elaboración de las tablas AMFE.
- **Microsoft Office Power Point 2013** Aplicación de la suite ofimática Microsoft Office utilizada para la elaboración de la presentación del presente trabajo.
- **Smart Draw CI** Aplicación de diseño de diagramas de distinto tipo, empleada para la “digitalización” de los diagramas de Ishikawa elaborados.
- **Inkspace v0.48.4** Aplicación de diseño gráfico vectorial utilizada para la creación de gráficas de esta memoria.
- **Dia** Aplicación de diseño empleada para la elaboración de los diagramas de los CCL actual y modificado, así como de los diagramas de riesgo.
- **WinEdt** Editor y procesador de textos $\text{L}^{\text{T}}\text{E}^{\text{X}}$ para la redacción de la memoria del TFG.

Los recursos necesarios para el montaje del CCL modificado que se propone como sistema final del presente TFG son los siguientes:

- **Mando de RC TX FUTABA T9CP 2.4GHz** para el control directo del VANT/UAV por parte del piloto.
- **Dos antenas de 2,4GHz Interline Panel 17** para envío y recepción de telemetría.
- **Un equipo PC Ground Station de DJI-NAZA** para visualización de datos y vídeo y control remoto del navegante.
- **Dos portátiles Acer Travelmate P253** para manejar el software de PC Ground Station, Mission Planner, VLC Media Player y más programas similares. Se ha elegido este modelo de portátil por sus prestaciones (las cuales se adecúan a los requisitos del fabricante de la Ground Station) y debido a que la marca tiene servicio técnico en las Islas Canarias, detalle muy importante por si fueran necesarias reparaciones inmediatas.
- **Dos Adaptadores USB 3.0-Gigabit Ethernet DUB-1312 de D-Link** para realizar conversiones rápidas entre estándares y transmitir archivos (datos de telemetría y vídeo) con fluidez.
- **Un switch de red con 8 puertos Gigabit modelo Linksys SE2800-EU o similar** para establecer la red de transferencia de archivos, y que los flujos de datos sean lo más fluidos posibles.
- **Un hub USB 3.0 1-4 marca Inatek o similar** para la difusión de los datos recibidos en la antena de telemetría.
- **Una antena de panel de 5.8 GHz (19dBi) de Laird Technologies o similar** para recibir la señal de vídeo.
- **Un conversor de vídeo digital Sabrent USB-AVCPT A/V-to-USB 2.0 o similar** para convertir la señal de vídeo analógica a digital.
- **Un splitter de vídeo modelo Air Space CD104 o similar** para distribuir la señal de vídeo recibida.
- **Gafas FPV modelo EVG920V o similar** para la visualización en FPV por parte del piloto.
- **Una grabadora de vídeo Best Buy Easy Player Media Recording WiFi o similar** para almacenar una copia del vídeo recibido y retransmitirlo a la pantalla secundaria del piloto.
- **Una pantalla de vídeo genérica** para uso del piloto como monitor secundario.

- **Dos baterías de 12V/360A genéricas** para alimentar los sistemas. Una será la batería principal y la otra la de reserva.
- **Dos inversores CC/CA 1000W 12/220V de la marca NORU o similar** para convertir la corriente continua de las baterías en corriente alterna que alimente los dispositivos. Al igual que con las baterías, uno será el primario y el otro será el de reserva.
- **Una regleta genérica** para conectar las tomas de alimentación de los distintos maletines.
- **Un equipo de comunicaciones TETRA Motorola MTP850** para la emisión y recepción de mensajes de voz y SMS hacia/desde el CMC.
- **Una estación base WiMAX ARBA MOB-BS-500** para la emisión de recepción de datos hacia/desde el Centro de Mando y Control.
- **Cables de alimentación.**
- **Cables USB 3.0 y 2.0.**
- **Cables RCA.**
- **Cables Gigabit Ethernet.**
- **Cinco maletines resistentes y estancos modelo Nanuk 945 o similar.**
- **El software Mission Planner.**
- **El software propio de DJI-NAZA.**
- **El software de reproducción y streaming de vídeo VLC o similar.**

Se puede encontrar un presupuesto estimado del coste de todos estos componentes en la Parte IV: Anexo C. Este presupuesto no se incluye al presupuesto del trabajo ya que no se ha podido realizar el montaje del sistema propuesto por falta de medios.

Una vez realizado el montaje del sistema, se debe cumplir con la *Ley de Seguridad Aérea* y la *Ley de Navegación Aérea*, así como seguir las normativas y recomendaciones de la *Real Federación Aeronáutica Española*. También será preciso seguir el proceso de elaboración de la nueva normativa que está redactando el Ministerio de Fomento en la actualidad.

Parte III

Presupuesto

PRESUPUESTO

Introducción

En este capítulo se estimarán los gastos generados por el Trabajo Fin de Grado presentado en esta memoria. Este presupuesto se ha obtenido según las indicaciones del COITT (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación) y la Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación. Asimismo, el presupuesto presentado se divide en las siguientes partes:

- Tarifa de honorarios por tiempo empleado.
- Amortización de los medios empleados.
- Coste de acceso a Internet.
- Redacción de la documentación.
- Derechos de visado.
- Gastos de tramitación e envío.

Tarifa de honorarios por tiempo empleado

Este concepto contabiliza los gastos correspondientes a la mano de obra, según el salario correspondiente a la hora de trabajo de un ingeniero, en base a la siguiente relación propuesta por el COITT en la “Propuesta de Baremos Orientativos para el Cálculo de Honorarios”¹. Según estos datos:

$$H = (14,48 \times Hn) + (20,27 \times He)$$

Siendo:

- **H**: Honorarios.
- **Hn**: Honorarios en jornada laboral normal.

¹Dirección web: <http://www.coitt.es>

- **He:** Honorarios fuera de la jornada laboral normal.

En el proyecto presentado en esta memoria, se ha empleado un periodo de 4 meses de trabajo, realizados por un graduado en Ingeniería en Tecnología de la Telecomunicación, equivalente a un Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones, especializado en la mención de *Sistemas Electrónicos*, trabajando 6 horas diarias, en horario laboral normal y sin contar días festivos o fines de semana.

Distribución de la temporización del proyecto

El proyecto se divide en cinco etapas bien diferenciadas, que se pasan a definir:

Documentación

Esta primera etapa comprende el tiempo empleado en la recopilación de la información necesaria para alcanzar los conocimientos necesarios para la realización de la aplicación. El tiempo empleado ha sido dedicado a la búsqueda de información y estudio de:

- El entorno de diseño lógico de documentos L^AT_EX.
- Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT).
- Estudio del mercado de sistemas de control para VANT.
- Diagramas de Ishikawa.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE).

Estudio del sistema de control local de vuelo para VANT empleado en la actualidad

Este apartado está dedicado al estudio del Centro de Control Local que utiliza el *Servicio de Emergencias 112*. Para ello, es necesario reunirse con el equipo de vuelo, visualizar el sistema montado y extraer el diagrama del mismo.

Realización del AMFE del CCL actual

En esta etapa se realiza el Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema estudiado en la tarea anterior. Para ello, primero se deberá extraer el diagrama de funciones del sistema y estudiar sus modos de fallo mediante diagramas de Ishikawa, para a continuación rellenar la tabla AMFE correspondiente.

Rediseño y AMFE del sistema teniendo en cuenta el AMFE obtenido

En esta etapa se realiza un rediseño del CCL, con la premisa de mejorar su funcionalidad a la vez que se intenta mejorar su robustez y seguridad. Para ello, después de realizar el diseño, se aplican las técnicas AMFE para evaluar su seguridad. Una vez completado este análisis, se extraen una serie de recomendaciones de cara al montaje y utilización del sistema, de forma que se cumpla con lo evaluado.

Redacción de la memoria final del TFG

De forma paralela a las anteriores etapas se realiza otra, la redacción de la memoria final del TFG, la cual consiste en la elaboración de la memoria final del trabajo realizado. Este último punto se contempla en la sección *Redacción del proyecto*.

Cálculo de tarifa de honorarios por tiempo empleado

En la tabla 1 se detalla el tiempo empleado para cada una de las etapas anteriormente descritas y se realiza el cálculo de los honorarios.

Etapas	Horas laborales	Honorarios
Documentación	40	579.2 €
Estudio del sistema de control local de vuelo para VANT empleado en la actualidad	40	579.2 €
Realización del AMFE del CCL actual	20	289.6 €
Rediseño y AMFE del sistema teniendo en cuenta el AMFE obtenido	130	1882.4 €
Redacción de la memoria final del TFG	70	1013.6 €
Total		4344,00 €

Tabla 1: Honorarios por tiempo empleado

Por lo que sumadas cada una de las etapas, el cálculo de honorarios por tiempo empleado asciende a CUATRO MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS.

Amortización de los medios empleados

Dentro de este concepto se considera tanto la amortización del *hardware* como del *software* empleado en la realización del presente proyecto. De este modo se

estipula el coste de amortización para un período de 3 años, utilizando un sistema de amortización lineal o constante. En este sistema, se supone que el inmovilizado material se deprecia de forma constante a lo largo de su vida útil. La cuota de amortización anual se calcula haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{V_{ad}-V}{N}$$

Donde:

- **C**: Cuota de amortización anual.
- **V_{ad}**: Valor de la adquisición.
- **V**: Valor residual.
- **N**: Número de años de vida útil de la adquisición.

Siendo el valor residual el valor teórico que se supone tendrá el elemento en cuestión después de su vida útil, teniendo en cuenta los índices de depreciación actual. En el caso del *hardware* y del *software* son 3 años (al 33 % de depreciación máximo por año).

Debido a que el proyecto se ha elaborado en un periodo inferior a 3 años, que es el periodo en que se calcula la amortización de los materiales, se realizará una amortización equiparable al periodo de duración del mismo. Según esto, se obtienen los gastos expuestos en la tabla 2.

Por lo tanto, el coste total de los medios empleados para la elaboración del trabajo asciende a la cantidad de CIENTO SETENTA EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS DE EURO.

Coste de acceso a Internet

Para la conexión a Internet se dispone de una solución ADSL a 20Mbps, cuyo coste mensual es de 35,00 euros. Debido a que se ha usado dicha conexión durante cada uno de las etapas de creación del trabajo (4 meses), el coste de acceso a Internet se traduce a un total de CIENTO CUARENTA EUROS.

Descripción	Valor de adquisición	Tiempo de uso	Coste anual	Total
Ordenador Portátil MacBook Pro 13", i7-3520M 2,9GHz, 8 GB de RAM	1.200,00 €	4 meses	400,00 €	133,33 €
Licencia de Microsoft Windows 7 Ultimate 64 bits SP1	172,69 €	4 meses	57,56 €	19,18 €
Licencia de Microsoft Office 2013 Paquete Hogar y Estudio	88,25 €	4 meses	29,41 €	9,80 €
El software Smart Draw CI	72,72 €	4 meses	24,24 €	8,08 €
El software Inkspace v0.48.4	00,00 €	2 meses	00,00 €	00,00 €
El software Dia	00,00 €	2 meses	00,00 €	00,00 €
El software WinEdt	00,00 €	4 meses	00,00 €	00,00 €
Total	1.533,66 €	-	511,21	170,39 €

Tabla 2: Precios y costes de amortización de los medios empleados

Redacción de la documentación

Haciendo uso del punto 1 de la recomendación del COITT, que hace referencia al valor monetario de la redacción de proyectos y trabajos en general, se aplicará la fórmula siguiente para determinar el coste asociado a la redacción de la memoria del proyecto:

$$R = 0,05 \times P \text{ Siendo:}$$

- **R:** Coste de la redacción.
- **P:** Presupuesto.

El valor de P se obtiene sumando los costes de las secciones anteriores tal y como muestra la tabla 3. De este modo, se obtiene que:

$$R = 0,05 \times 20.004,80 = 1.000,24 \text{ €}$$

De esta forma, tenemos que

$$R = 0,05 \times 4.654,39 = 232,72 \quad (1)$$

Concepto	Coste
Tarifa de honorarios por tiempo empleado	4344,00 €
Amortización del material	170,39 €
Coste de acceso a Internet	140,00 €
Total	4654,39 €

Tabla 3: Precios y costes de la ejecución del proyecto más la amortización y acceso a Internet

Concepto	Coste
Redacción del proyecto	232,72 €
Papel de impresión	5,00 €
Costes de impresión a color	1,50 €
Coste de impresión con tinta negra	9,55 €
Encuadernación	3,00 €
Tres CDs de 700MB	2,00 €
Total	253,77 €

Tabla 4: Coste final de redacción del proyecto

Al coste de redacción obtenido hasta el momento se le deben añadir otros gastos, quedando así el importe final de redacción del proyecto como se describe en la tabla 4.

Por lo tanto la redacción total del proyecto asciende a un total de DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS Y SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.

Derechos de visado

El COITT establece que los derechos de visado para proyectos de *Integración de Sistemas, Equipos y Aplicaciones Electrónicas y Redes y Aplicaciones Telemáticas* (entre los que se incluyen centros de telemando y telecontrol) en el año 2014 se calculan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V = 0,0035 \times P \times C \quad (2)$$

Siendo:

- **V**: Coste del visado.
- **P**: Presupuesto.
- **C**: Coeficiente reductor en función del presupuesto.

El valor del coeficiente se obtiene de la tabla 5, mientras que el valor de P es el valor total del presupuesto, que se pasa a calcular en la tabla 6.

Coste del presupuesto (€)	Factor de Correlación (C)
Hasta 30.050	1
Exceso de 30.050 hasta 60.101	0.9
Exceso de 60.101 hasta 90.151	0.8
Exceso de 90.151 hasta 120.202	0.7
Exceso de 120.202 hasta 150.253	0.65
Exceso de 150.253 hasta 300.506	0.60
Exceso de 300.506 hasta 450.759	0.55
Exceso de 450.759 hasta 601.012	0.50
Exceso de 601.012 hasta 901.518	0.45
Exceso de 901.518 hasta 1.202.024	0.40
Exceso de 1.202.024 hasta 1.803.036	0.35
Exceso de 1.803.036 hasta 2.404.048	0.30
Exceso de 2.404.048 hasta 3.005.060	0.25
Exceso de 3.005.060 hasta 6.010.121	0.20
Exceso de 6.010.121 hasta 12.020.242	0.15
Exceso de 12.020.242 hasta 24.040.484	0.10
Exceso de 24.040.484 en adelante	0.05

Tabla 5: Tabla de coeficientes para el cálculo del visado

Concepto	Coste
Coste del tiempo empleado en la ejecución, amortización y acceso a Internet	4654,39 €
Redacción del proyecto	253,77 €
Total	4.908,16 €

Tabla 6: Cálculo total P para el cálculo del visado (Presupuesto base)

Por lo tanto, el valor del visado será de:

$$V = 0,0035 \times 4.908,16 \times 1 = 17,18 \text{ €}$$

Los costes de derechos de visado del proyecto ascienden a un total de DIECISIETE EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS DE EURO.

Gastos de tramitación y envío

Los gastos de tramitación y envío según la tarifa asciende a SEIS EUROS por cada documento visado de forma telemática.

Presupuesto antes de impuestos

Sumando todos los conceptos calculados hasta el momento, se obtiene el presupuesto, sin incluir los impuestos, que se muestra en la tabla 7.

Concepto	Coste
Presupuesto base	4.908,16 €
Derechos de visado	17,18 €
Gastos de tramitación y envío	6,00 €
Total	4.931,14 €

Tabla 7: Presupuesto total sin impuestos

El presupuesto calculado, antes de incluir los impuestos, asciende a CUATRO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS DE EURO.

Presupuesto incluyendo impuestos

Al presupuesto calculado anteriormente hay que incluirle un 7 % de IGIC obteniendo el coste del presupuesto final (tabla 8).

Concepto	Coste
Total (sin IGIC)	4.931,14
IGIC (7 %)	345,18
Total	5.276,32€

Tabla 8: Presupuesto total

Por tanto, el presupuesto total, incluyendo impuestos, asciende a la cantidad de CINCO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS

CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS DE EURO.

Las Palmas de Gran Canaria, a 6 de Junio de 2014

Fdo: El/la autor/a

Parte IV

Anexos

ANEXO: TABLA AMFE DEL CCL ACTUAL

Las imágenes que se muestran a continuación son capturas de la tabla AMFE realizada para el Centro de Control Local que emplea el Servicio de Emergencias 112 en la actualidad. La tabla ha sido realizada en Excel, guardada bajo el nombre *Tabla AMFE CCL Actualv2.0*, y se puede encontrar en el CD entregado junto con la memoria del proyecto.

AMFE DE DISEÑO
Número de AMFE: 0001
Modelo: Centro de Control Local actual
Pág. 1 de 1
Equipo:
Fecha de inicio: 07/04/2014 - Fecha de finalización: 16/04/2014
Sistema: Centro de Control Local para VANT
Responsable: Mario San Miguel Montesdeoca

Función	Modo de fallo	Efecto potencial de fallo	Gr	Clas	Causa	Oc	Control	Det	NPR	Acciones recomendadas	Responsable, Fecha	Resultado			
												Acciones adoptadas	Gr	Oc	Det NPR
1.1: Mando genera la señal de control de vuelo del VANT		Pérdida de control del VANT	10	YC	Agotamiento de la vida útil del mando	3	Prevención: El fabricante indica la vida útil del dispositivo en el manual	7	210	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	Mario San Miguel, 16/04/2014	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	10	3	2 60
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Mando averiado debido a golpe/caída accidental	3	Prevención: El mando se mantiene en un recipiente hermético resistente a golpes	4	120	Mejorar la técnica de almacenaje, así como tratar de empotrar el mando en algún tipo de maletín	Mario San Miguel, 16/04/2014	Mejorar la técnica de almacenaje, así como tratar de empotrar el mando en algún tipo de maletín	10	2	4 80
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Mando averiado debido a daños en los botones/circuitería	3	Detección: Prueba de los botones previa al vuelo	2	60	Comprobación del mando previa a la salida al campo de vuelo	El equipo de vuelo, 16/04/2014	Comprobación del mando previa a la salida al campo de vuelo	10	3	1 30
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Agotamiento de la vida útil de la batería	7	Prevención: El fabricante indica el número de veces que se puede recargar la batería	7	490	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y el número máximo de recargas	Mario San Miguel, 16/04/2014	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y el número máximo de recargas	10	7	2 140
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Batería mal colocada/conectada	2	Detección: El piloto detecta que el mando no se enciende	1	20	-----	-----	-----	10	2	1 20
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Falta de mantenimiento de la batería (acumulamiento de suciedad, pérdidas...)	5	Prevención: El fabricante indica las técnicas de mantenimiento de la batería	7	350	Realizar una lectura del datasheet de la batería	El equipo de vuelo, 16/04/2014	Realizar una lectura del datasheet de la batería	10	3	3 90

Figura A.1: Tabla AMFE del CCL actual (1)

1.2: Los cables transmiten la señal de control	Los cables no transmiten la señal del mando	Pérdida de control del VANT	10	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal no llega bien al VANT	4	80	Usar canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	Mario San Miguel. 16/04/2014	Usar canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	10	1	4	40	
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal no llega bien al VANT	4	120	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	10	2	2	40	
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	3	Detección: El equipo de vuelo observa que los cables no se encuentran en buen estado	3	90	Mejorar las técnicas de almacenaje	Mario San Miguel. 16/04/2014	Mejorar las técnicas de almacenaje	10	2	2	40	
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Conectores dañados debido a golpes/tirones accidentales	6	Detección: El equipo de vuelo observa que los conectores no se encuentran en buen estado	3	180	Reducir la longitud de los cables y el número de cables expuestos al aire	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir la longitud de los cables y el número de cables expuestos al aire	10	2	2	40	
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Conectores desgastados debido a sobreuso	4	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal no llega bien al VANT	4	160	Realizar una inspección previa a los conectores previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los conectores previa la salida al vuelo	10	3	2	60	
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevención: El equipo de vuelo detecta que el cable es demasiado largo	1	10	-----	-----	-----	-----	10	1	1	10
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	5	Detección: El equipo de vuelo se percata del fallo al revisar el sistema	7	350	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	10	1	7	70	
		Pérdida de control del VANT	10	YC	Interferencias en el cable	4	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal no llega bien al VANT	4	160	Usar cables apantallados (blindados)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Usar cables apantallados (blindados)	10	1	4	40	

Figura A.2: Tabla AMFE del CCL actual (2)

1.5: La antena emite la señal de control hacia el VANT	Pérdida de control del VANT	10	YC	Banda de frecuencia de TX errónea (mal escogida)	2	Prevenición: El equipo de vuelo conoce y ajusta el sistema a la frecuencia adecuada	2	40	Estudiar el datasheet de la antena receptora del VANT para ver las frecuencias con mejor transmisión	Mario San Miguel. 16/04/2014	Estudiar el datasheet de la antena receptora del VANT para ver las frecuencias con mejor transmisión	10	1	2	20
	Pérdida de control del VANT	10	YC	Antena mal calibrada	1	Detección: El equipo de vuelo observa que la señal no se emite correctamente	2	20				10	1	2	20
	Pérdida de control del VANT	10	YC	Antena estropeada debido a golpe/caída accidental	3	Prevenición: Las antenas se almacenan y transportan con precaución	3	90	Mejorar la técnica de almacenaje	Mario San Miguel. 16/04/2014	Mejorar la técnica de almacenaje	10	1	3	30
	Pérdida de control del VANT	10	YC	Antena estropeada debido a que se ha realizado un mal mantenimiento	3	Prevenición: El fabricante indica medidas de mantenimiento	7	210	Realizar una lectura del datasheet de la antena	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una lectura del datasheet de la antena	10	2	2	40
	Pérdida de control del VANT	10	YC	Antena estropeada debido a fallos de fábrica	1	Detección: El fabricante realiza test a las antenas para garantizar su correcto funcionamiento	2	20				10	1	2	20
	Pérdida de control del VANT	10	YC	Vida útil de la antena agotada	1	Prevenición: El fabricante indica la vida útil aproximada de la antena	7	70	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	Mario San Miguel. 16/04/2014	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	10	1	2	20
	Pérdida de control del VANT	10	YC	Antena mal orientada	3	Detección: El equipo de vuelo observa que la antena sigue en todo momento el movimiento del VANT	1	30				10	3	1	30
	Pérdida de control del VANT	10	YC	VANT fuera del rango de la antena	4	Prevenición: El piloto procura no alejar el VANT del CCL más allá del rango de la antena	2	80	Valorar la posibilidad de incorporar un avisador que indique cuando se alcanza una distancia de seguridad	Mario San Miguel. 16/04/2014	Valorar la posibilidad de incorporar un avisador que indique cuando se alcanza una distancia de seguridad	10	3	1	30
	Pérdida de control del VANT	10	YC	Interferencias con otras emisiones/bandas de frecuencia	6	Prevenición: El equipo de vuelo conoce y ajusta el sistema a la frecuencia adecuada donde no se producen interferencias	3	180	Buscar una frecuencia de poco uso y que permita transmitir correctamente	Mario San Miguel. 16/04/2014	Buscar una frecuencia de poco uso y que permita transmitir correctamente	10	3	2	60

Figura A.3: Tabla AMFE del CCL actual (3)

	El equipo de vuelo no visualiza vídeo ni recibe telemetría	10	YS	Antena mal conectada por el equipo de vuelo	6	Detección: Prueba de visionado de la imagen previa al vuelo	2	120	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	10	1	2	20
	El equipo de vuelo no visualiza vídeo ni recibe telemetría	10	YS	Conectores de la antena dañados	3	Detección: Prueba de visionado de la imagen previa al vuelo	2	60	Realizar una inspección previa a los conectores previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los conectores previa la salida al vuelo	10	3	2	60
	El equipo de vuelo no visualiza vídeo ni recibe telemetría	10	YS	Antena mal direccionada debido a fallos en el sistema de direccionamiento automático	8	Detección: se observa que la antena no sigue el movimiento del VANT	1	80	El sistema de direccionamiento automático se orienta por GPS, el cual interfiere con la antena A/V. Buscar alternativas para evitar las interferencias	Mario San Miguel. 16/04/2014	El sistema de direccionamiento automático se orienta por GPS, el cual interfiere con la antena A/V. Buscar alternativas para evitar las interferencias	10	3	1	30
	El equipo de vuelo no visualiza vídeo ni recibe telemetría	10	YS	Antena mal direccionada debido a que no se puede orientar de forma manual	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que no se puede direccionar la antena	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
2.1: Recepción de la señal de vídeo y de audio (telemetría codificada) en la antena	La antena A/V no recibe señal	10	YS	Antena mal direccionada por el encargado de su orientación	4	Detección: Se observa a simple vista que la orientación es incorrecta	1	40	-----	-----	-----	10	4	1	40

Figura A.4: Tabla AMFE del CCL actual (4)

2.1: Recepción de la señal de video y de audio (telemetría codificada) en la antena	La antena A/V no recibe señal	El equipo de vuelo no visualiza video ni recibe telemetría	10	YS	Antena mal direccionada por el encargado de su orientación	4	Detección: Se observa a simple vista que la orientación es incorrecta	1	40	-----	-----	-----	10	4	1	40
		El equipo de vuelo no visualiza video ni recibe telemetría	10	YS	Antena mal direccionada debido a fallos en el tripode	3	Detección: Comprobación del correcto funcionamiento del tripode	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
		El equipo de vuelo no visualiza video ni recibe telemetría	10	YS	Antena estropeada debido a que se ha realizado un mal mantenimiento	2	Prevención: El fabricante indica medidas de mantenimiento	7	140	Realizar una lectura del datasheet de la batería	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una lectura del datasheet de la batería	10	2	2	40
		El equipo de vuelo no visualiza video ni recibe telemetría	10	YS	Antena estropeada debido a fallos de fábrica	1	Detección: El fabricante realiza test a las antenas para garantizar su correcto funcionamiento	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
		El equipo de vuelo no visualiza video ni recibe telemetría	10	YS	VANT fuera del rango de la antena	4	Prevención: El piloto procura no alejar el VANT del CCL más allá del rango de la antena	2	80	Valorar la posibilidad de incorporar un avisador que indique cuando se alcanza una distancia de seguridad	Mario San Miguel. 16/04/2014	Valorar la posibilidad de incorporar un avisador que indique cuando se alcanza una distancia de seguridad	10	3	1	30

Figura A.5: Tabla AMFE del CCL actual (5)

2.1.1: La señal de video se transmite por el cable hacia el splitter	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video no es buena	4	80	Usar canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	Mario San Miguel. 16/04/2014	Usar canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	10	1	4	40
	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Cables desgastados debido a sobreuso	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video no es buena	4	120	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	10	2	2	40
	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Detección: El equipo de vuelo observa que los cables no se encuentran en buen estado	3	60	Mejorar las técnicas de almacenaje	Mario San Miguel. 16/04/2014	Mejorar las técnicas de almacenaje	10	1	2	20
	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Conectores dañados debido a golpes/tirones accidentales	6	Detección: El equipo de vuelo observa que los conectores no se encuentran en buen estado	3	180	Reducir la longitud de los cables y el número de cables expuestos al aire	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir la longitud de los cables y el número de cables expuestos al aire	10	1	3	30
	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Conectores desgastados debido a sobreuso	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video no es buena	4	120	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	10	2	2	40
No se transmite señal de video entre la antena y el splitter (o la señal es muy baja)															

Figura A.6: Tabla AMFE del CCL actual (6)

2.1.1.1: La señal de video se transmite por el cable hacia el splitter	No se transmite señal de video entre la antena y el splitter (o la señal es muy baja)	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Conectores dañados debido a golpes/tirones accidentales	6	Detección: El equipo de vuelo observa que los conectores no se encuentran en buen estado	3	180	Reducir la longitud de los cables y el número de cables expuestos al aire	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir la longitud de los cables y el número de cables expuestos al aire	10	1	3	30
		Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Conectores desgastados debido a sobreuso	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video no es buena	4	120	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	10	2	2	40
		Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Detección: El equipo de vuelo detecta que el cable es demasiado largo	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
		Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Cables mal conectados debido a fallo humano	5	Detección: El equipo de vuelo se percata del fallo al revisar el sistema	7	350	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	10	1	7	70
		Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Interferencias en el cable	4	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video no es buena	4	160	Usar cables apantallados (blindados)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Usar cables apantallados (blindados)	10	1	4	40

Figura A.7: Tabla AMFE del CCL actual (7)

2.1.1.2: El splitter divide la señal	No hay señal en las salidas del splitter	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Splitter no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: El equipo de vuelo se percató de fallo al montar y chequear el sistema	1	30	-----	-----	10	3	1	30
		Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Splitter no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	3	Detección: El equipo de vuelo se percató de que algo falla en el sistema de alimentación	2	60	Compactar el sistema de alimentación, duplicando a ser posible. Hacerlo plug&play	Mario San Miguel. 16/04/2014	10	2	2	40
		Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Splitter dañado	2	Detección: El equipo de vuelo se percató de que no hay señal de video	1	20	-----	-----	10	2	1	20
	2.1.1.2: El splitter divide la señal	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Conectores del splitter dañados debido a golpes/tirones accidentales	6	Prevención: El equipo de vuelo procura tratar el splitter con cuidado	3	180	Mejorar las técnicas de almacenaje	Mario San Miguel. 16/04/2014	10	1	3	30
		Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Conectores del splitter dañados debido a sobreuso	3	Detección: El equipo de vuelo se percató del desgaste de los conectores	4	120	Realizar una inspección periódica a los conectores	El equipo de vuelo. 16/04/2014	10	3	1	30
		Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Acumulamiento de polvo y suciedad en los conectores del splitter (falta de mantenimiento)	4	Detección: El equipo de vuelo se percató del mal estado de los conectores	3	120	Leer el datasheet del splitter para buscar las medidas de mantenimiento y aplicarlas	El equipo de vuelo. 16/04/2014	10	2	1	20

Figura A.8: Tabla AMFE del CCL actual (8)

2.1.1.2: El splitter divide la señal	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Conectores del splitter dañados debido a sobreuso	3	Detección: El equipo de vuelo se percata del desgaste de los conectores	4	120	Realizar una inspección periódica a los conectores	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección periódica a los conectores	10	3	1	30
	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Acumulamiento de polvo y suciedad en los conectores del splitter (falta de mantenimiento)	4	Detección: El equipo de vuelo se percata del mal estado de los conectores	3	120	Leer el datasheet del splitter para buscar las medidas de mantenimiento y aplicarlas	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Leer el datasheet del splitter para buscar las medidas de mantenimiento y aplicarlas	10	2	1	20
	Ni el piloto ni el resto del equipo visualizan el video grabado por el VANT	10	YS	Señal a la entrada del splitter muy atenuada	4	Detección: El equipo de vuelo se percata de que no hay señal de video	1	40	Valorar la posibilidad de introducir un amplificador de señal a la entrada del splitter	Mario San Miguel. 16/04/2014	Valorar la posibilidad de introducir un amplificador de señal a la entrada del splitter	10	2	1	20
	La calidad de la señal de video que se visualiza es menor	7	YS	Mala calidad del splitter (muchas pérdidas)	8	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video recibida es débil	2	112	Cambiar el splitter a uno de mejor calidad, con menos pérdidas	Mario San Miguel. 16/04/2014	Cambiar el splitter a uno de mejor calidad, con menos pérdidas	7	3	2	42
	La calidad de la señal de video que se visualiza es menor	7	YS	Splitter dañado	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video recibida es débil	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
	La calidad de la señal de video que se visualiza es menor	7	YS	Señal a la entrada del splitter muy atenuada	4	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video recibida es débil	2	56	Valorar la posibilidad de introducir un amplificador de señal a la entrada del splitter	Mario San Miguel. 16/04/2014	Valorar la posibilidad de introducir un amplificador de señal a la entrada del splitter	7	2	1	14
Señal en las salidas del splitter muy atenuada															

Figura A.9: Tabla AMFE del CCL actual (9)

2.1.2.1. La señal de audio se transmite por el cable hacia el digitalizador (o la señal es muy baja)	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la telemetría es errónea	4	64	Usar canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	Mario San Miguel. 16/04/2014	Usar canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	8	1	4	32
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Cables desgastados debido a sobreuso	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la telemetría es errónea	3	72	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	8	2	2	32
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Detección: El equipo de vuelo observa que los cables no se encuentran en buen estado	3	48	Mejorar las técnicas de almacenaje	Mario San Miguel. 16/04/2014	Mejorar las técnicas de almacenaje	8	1	3	24
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Conectores desgastados debido a sobreuso	3	Detección: El equipo de vuelo observa que los conectores no se encuentran en buen estado	3	72	Realizar una inspección previa a los conectores previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los conectores previa la salida al vuelo	8	2	2	32
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Detección: El equipo de vuelo detecta que el cable es demasiado largo	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Cables mal conectados debido a fallo humano	3	Detección: El equipo de vuelo se percata del fallo al revisar el sistema	7	168	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	8	1	7	56
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Interferencias en el cable	4	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la telemetría es errónea	3	96	Usar cables apantallados (blindados)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Usar cables apantallados (blindados)	8	1	3	24

Figura A.10: Tabla AMFE del CCL actual (10)

2.1.2.2.- El digitalizador digitaliza la señal recibida de la antena	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Digitalizador averiado debido a golpe/caída accidental	4	Prevenición: El digitalizador se almacena y transporta con cuidado y en su correspondiente caja	4	128	Mejorar la técnica de almacenaje	8	1	3	24
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Agotamiento de la vida útil del digitalizador	2	Prevenición: El fabricante indica la vida útil del dispositivo en el manual	7	112	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	8	2	2	32
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Digitalizador no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	5	Detección: El equipo de vuelo se percata del fallo al montar y chequear el sistema	1	40	-----	8	5	1	40
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Digitalizador no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que algo falla en el sistema de alimentación	2	48	Compactar el sistema de alimentación, duplicando a ser posible. Hacerlo plug&play	8	1	2	16

Figura A.11: Tabla AMFE del CCL actual (11)

3.1.1: Los cables transmiten la señal de la salida del splitter hasta la grabadora multimedia	La señal de video del splitter no llega a la grabadora	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YS	Grabadora mal conectada al splitter debido a fallos en cables/conectores	3	Detección: El equipo de vuelo se percata del fallo al montar y chequear el sistema	1	24	-----	-----	8	3	1	24
		No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YS	Grabadora mal conectada al splitter debido a un error en el conexiado de los cables	6	Detección: El equipo de vuelo realiza una revisión de los conexiados previos al vuelo	2	96	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	Mario San Miguel. 16/04/2014	8	2	2	32
3.1.2: La grabadora multimedia almacena el video	La grabadora no almacena la señal de video	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YS	Grabadora averiada debido a golpe/caída accidental	4	Prevención: La grabadora se almacena y transporta con cuidado y en su correspondiente caja	4	128	Mejorar la técnica de almacenaje, así como tratar de empotrar la grabadora y su mando en algún tipo de maletín	Mario San Miguel. 16/04/2014	8	1	4	32
		No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YS	Agotamiento de la vida útil de la grabadora	2	Prevención: El fabricante indica la vida útil del dispositivo en el manual	7	112	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	Mario San Miguel. 16/04/2014	8	2	2	32
3.1.3: La grabadora retransmite la señal de video almacenada hacia la pantalla de TV	La grabadora no almacena la señal de video	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YS	Grabadora no alimentada debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	5	Detección: El equipo de vuelo se percata del fallo al montar y chequear el sistema	1	40	-----	-----	8	5	1	40
		No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YS	Grabadora no alimentada debido a fallos en el sistema de alimentación	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que algo falla en el sistema de alimentación	2	48	Compactar el sistema de alimentación, duplicando a ser posible. Hacerlo plug&play	Mario San Miguel. 16/04/2014	8	1	2	16
		El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YS	Pantalla mal conectada debido a fallo humano al realizar el conexiando	5	Detección: El equipo de vuelo se percata de que no se visualiza video en la pantalla	1	40	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	Mario San Miguel. 16/04/2014	8	2	1	16
		El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YS	Pantalla mal conectada debido a fallos en los cables	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que no se visualiza video en la pantalla	1	24	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	8	2	1	16

Figura A.12: Tabla AMFE del CCL actual (12)

3.1.4: La señal recibida de la grabadora se visualiza en la pantalla de TV	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	YS	Pantalla averiada debido a golpe/caída accidental	4	Prevención: La pantalla se almacena y transporta con cuidado y en su correspondiente caja	4	128	Mejorar la técnica de almacenaje, así como tratar de empotrar la pantalla en algún tipo de maletín	8	1	4	32
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	YS	Vencimiento de la vida útil de la pantalla	2	Prevención: El fabricante indica la vida útil del dispositivo en el manual	7	112	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	8	2	2	32
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	YS	La pantalla no funciona correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la imagen de video visualizada no es buena	2	32	-----	8	2	2	32
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	YS	Pantalla no alimentada debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	5	Detección: El equipo de vuelo se percata del fallo al montar y chequear el sistema	1	40	-----	8	5	1	40
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	YS	Pantalla no alimentada debido a fallos en el sistema de alimentación	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que algo falla en el sistema de alimentación	3	72	Compactar el sistema de alimentación, duplicando a ser posible. Hacerlo plug&play	8	1	3	24

Figura A.13: Tabla AMFE del CCL actual (13)

3.1.4: La señal recibida de la grabadora se visualiza en la pantalla de TV	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YS	Pantalla no alimentada debido a fallos en el sistema de alimentación	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que algo falla en el sistema de alimentación	3	72	Compactar el sistema de alimentación, duplicando a ser posible. Hacerlo plug&play	8	1	3	24
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YS	Monitor mal configurado de fábrica	2	Prevención: El fabricante testea los monitores	2	32		8	2	2	32
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YS	Monitor accidentalmente desconfigurado por algún miembro del equipo de vuelo	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la pantalla está desconfigurada	1	16		8	2	1	16
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YS	Mal conexionado entre la grabadora y la pantalla debido a fallo humano	6	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la imagen de video visualizada no es buena/no hay imagen de video	1	48	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	8	2	1	16
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YS	Mal conexionado entre la grabadora y la pantalla debido a mal funcionamiento de los cables	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la imagen de video visualizada no es buena/no hay imagen de video	2	48	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	8	2	1	16

Figura A.14: Tabla AMFE del CCL actual (14)

3.2.1: Los cables transmiten la señal desde la salida del splitter hasta las gafas FPV del piloto	El piloto vuela a ciegas	10	YC	Mal conexionado entre el splitter y las gafas debido a fallo humano	6	Detección: El piloto detecta que no recibe señal de video	1	60	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	10	2	1	20
	El piloto vuela a ciegas	10	YC	Mal conexionado entre el splitter y las gafas debido a mal funcionamiento de los cables	3	Detección: El piloto detecta que no recibe señal de video	1	30	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	10	2	1	20
	El piloto vuela a ciegas	10	YC	Gafas averiadas debido a golpe/caída accidental	4	Prevención: Las gafas se almacenan y transportan con cuidado y en su correspondiente caja	3	120	Mejorar la técnica de almacenaje	Mario San Miguel. 16/04/2014	Mejorar la técnica de almacenaje	10	1	3	30
	El piloto vuela a ciegas	10	YC	Vencimiento de la vida útil de las gafas	3	Prevención: El fabricante indica a vida útil del dispositivo en el manual	7	210	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	Mario San Miguel. 16/04/2014	Colocar una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	10	3	2	60
4.1: Los datos de telemetría se muestran en el portátil del navegante	El piloto tiene problemas en el control del VANT	7	YS	Mal conexionado entre el splitter y las gafas debido a fallo humano	6	Detección: El piloto detecta que la señal de video recibida no es buena	2	84	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	Mario San Miguel. 16/04/2014	Reducir el número de conexiones que deben hacerse manualmente (compactar el sistema)	7	2	2	28
	El piloto tiene problemas en el control del VANT	7	YS	Mal conexionado entre el splitter y las gafas debido a mal funcionamiento de los cables	3	Detección: El piloto detecta que la señal de video recibida no es buena	2	42	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	El equipo de vuelo. 16/04/2014	Realizar una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	7	2	2	28
	No se dispone del software de captura de datos necesario	8	YS	Software no instalado/instalado erróneamente	2	Prevención: El equipo de vuelo comprueba el portátil antes de llevarlo al campo de vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	Los datos de telemetría recibidos están codificados erróneamente	8	YS	Decodificación de la señal errónea	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que los datos decodificados son incorrectos	2	48	Revisar la técnica de codificación empleada	Mario San Miguel. 16/04/2014	Revisar la técnica de codificación empleada	8	2	2	32
El portátil no se enciende	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Portátil no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	5	Detección: El equipo de vuelo se percata del fallo al montar y chequear el sistema	1	40	-----	-----	-----	8	5	1	40
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Portátil no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que algo falla en el sistema de alimentación	3	72	Compactar el sistema de alimentación, duplicando a ser posible. Hacerlo plug&play	Mario San Miguel. 16/04/2014	Compactar el sistema de alimentación, duplicando a ser posible. Hacerlo plug&play	8	1	3	24
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Portátil no alimentado y sin batería	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que el portátil no se enciende	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
	No se pueden visualizar datos de telemetría	8	YS	Portátil no alimentado y sin batería	3	Detección: El equipo de vuelo se percata de que el portátil no se enciende	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24

Figura A.15: Tabla AMFE del CCL actual (15)

ANEXO: TABLA AMFE DEL CCL MODIFICADO

Las imágenes que se muestran a continuación son capturas de la tabla AMFE realizada para el Centro de Control Modificado que se propone como alternativa al empleado por el *Servicio de emergencias 112* en la actualidad. La tabla ha sido realizada en Excel, guardada bajo el nombre *Tabla AMFE CCL Modificadov2.0*, y se puede encontrar en el CD entregado junto con la memoria del proyecto.

AMFE DE DISEÑO
Número de AMFE: 0002
Modelo: Centro de Control Local Renovado
Pág. 1 de 1
Equipo: Mario San Miguel, Ricardo Aguzzo
Fecha de inicio: 08/05/2014 - Fecha de finalización: 13/05/2014
Sistema: Centro de Control Local para VANT y UAV
Responsable: Mario San Miguel Montesdeoca

Función	Modo de fallo	Efecto potencial de fallo	Gr	Clas	Causa	Oc	Control	Det	NPR	Acciones recomendadas	Responsable, Fecha	Resultado				
												Acciones adoptadas	Gr	Oc	Det	NPR
1.1.1: El mando genera la señal de control del VANT/UAV	El mando de RC no genera señal de control	Pérdida de control del VANT	10	YS	Agotamiento de la vida útil del mando	2	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Mando averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevenición: El mando se transporta en un maletín hermético	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Mando averiado debido a daños en los botones/circuitería	3	Detección: se realiza una comprobación del mando previa a la salida al campo de vuelo	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Agotamiento de la vida útil de la batería durante el vuelo	5	Prevenición: Se coloca en cada batería una pegatina con la fecha del primer uso y el número máximo de recargas. Siempre hay baterías de repuesto	1	50	Cuando se agote la batería del mando, que automáticamente se cambie a modo de vuelo por waypoints hasta que se reemplaze la batería	El equipo de vuelo 12/05/2014	Implementar el cambio directo a vuelo automático en caso de fallar la batería del mando	10	3	1	30
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Batería mal colocada/conectada	2	Detección: El piloto detecta que el mando no se enciende	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Falta de mantenimiento de la batería (acumulamiento de suciedad, pérdidas...)	3	Prevenición: el equipo de vuelo realiza una lectura del datasheet del fabricante y actúa en consecuencia	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30

Figura B.1: Tabla AMFE del CCL modificado (1)

1.1.2: Los cables transmiten la señal de control 1.2.7: Se transmite la señal convertida hacia el TX	Los cables no transmiten la señal	Pérdida de control del VANT	10	YS	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	1	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables superficiales previa la salida a la zona de vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Conectores dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Conectores desgastados debido a sobreuso	3	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines y no es preciso hacerlas manualmente	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables apantallados	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
		Pérdida de control del VANT	10	YS	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables apantallados	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20

Figura B.2: Tabla AMFE del CCL modificado (2)

1.1.5: La antena primaria emite la señal de control hacia el VANT 1.2.10: La antena secundaria emite la señal de control hacia el VANT	Pérdida de control del VANT	10	YS	Banda de frecuencia de TX errónea (mal escogida)	1	Prevención: El sistema se encuentra ajustado para funcionar a la frec lo más óptima posible	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
	Pérdida de control del VANT	10	YS	Antena mal calibrada	1	Prevención: El sistema se testa intensivamente previamente a su utilización en vuelos	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
	Pérdida de control del VANT	10	YS	Antena estropeada debido a golpe/caída accidental	1	Prevención: Las antenas se almacenan y transportan con precaución en recipientes herméticos y resistentes	3	30	-----	-----	-----	10	1	3	30
	Pérdida de control del VANT	10	YS	Antena estropeada debido a que se ha realizado un mal mantenimiento	2	Prevención: Se conocen las técnicas de mantenimiento propuestas y se ejecutan	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Pérdida de control del VANT	10	YS	Antena estropeada debido a fallos de fábrica	1	Detección: El fabricante realiza test a las antenas para garantizar su correcto funcionamiento	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
	Pérdida de control del VANT	10	YS	Vida útil de la antena agotada	1	Prevención: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
	Pérdida de control del VANT	10	YS	Antena mal orientada	2	Detección: El equipo de vuelo observa que la antena sigue en todo momento el movimiento del VANT	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Pérdida de control del VANT	10	YS	VANT fuera del rango de la antena	3	Prevención: El software indica cuando el VANT se acerca a la distancia máxima. Además, el piloto procura no alejar el VANT del CCL más allá del rango de la antena	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
	Pérdida de control del VANT	10	YS	Interferencias con otras emisiones/bandas de frec	3	Prevención: Se prepara el sistema para funcionar en un rango de frecuencia con pocas interferencias	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
	Pérdida de control del VANT	10	YS	Interferencias con otras emisiones/bandas de frec	3	Prevención: Se prepara el sistema para funcionar en un rango de frecuencia con pocas interferencias	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30

Figura B.3: Tabla AMFE del CCL modificado (3)

1.2.1. Se genera la señal de control en el software encontrado en el PC del navegante	No se puede trazar una ruta mediante waypoints en el Mission Planner	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	No se ha realizado una pre-carga del mapa de la zona de vuelo en el software previa a la salida a la zona	4	Prevención: Se tiene en una carpeta el archivo de todos los mapas de la región, preparados para pre-cargarse	1	24	-----	-----	-----	6	4	1	24
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	No se tiene el mapa pre-cargado ni en los archivos, y no hay conexión a Internet para descargarlo	3	Detección: El navegante se percata de que no dispone del mapa de la zona	1	18	-----	-----	-----	6	3	1	18
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	El navegante carece de los conocimientos necesarios para trazar la ruta	1	Prevención: El equipo de vuelo tiene una formación especializada	1	6	-----	-----	-----	6	1	1	6
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	El software no puede conectarse con el VANT/UAV debido a problemas con los drivers	2	Prevención: antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (drivers, compatibilidad...)	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	El software no puede conectarse con el VANT/UAV debido a problemas de compatibilidad	2	Prevención: Antes del montaje del sistema se comprueba que todos los equipos son compatibles entre sí	1	12	-----	-----	-----	6	2	1	12
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	No es posible interactuar con el programa ya que no se ha instalado correctamente	1	Prevención: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	1	6	-----	-----	-----	6	1	1	6

Figura B.4: Tabla AMFE del CCL modificado (4)

1.2.1: Se genera la señal de control en el software encontrado en el PC del navegante	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	No es posible interactuar con el programa ya que no se ha instalado correctamente	1	Prevenición: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	1	6	-----	-----	6	1	1	6
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	No es posible interactuar con el programa ya que no está actualizado	2	Prevenición: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	1	12	-----	-----	6	2	1	12
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	No es posible interactuar con el programa ya que el hardware de entrada de datos (teclado y ratón) no está operativo/no se detecta	2	Prevenición: el fabricante de los equipos realiza test antes de su puesta a la venta	2	24	-----	-----	6	2	2	24
	No se pueden fijar rutas o ver datos de telemetría	8	YC	Portátil no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	2	Prevenición: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	16	-----	-----	8	2	1	16
	Portátil no alimentado	8	YC	Portátil no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el portátil y el del sistema de alimentación no está conectada	1	24	-----	-----	8	3	1	24
Portátil no alimentado	No se pueden fijar rutas o ver datos de telemetría	8	YC	Portátil sin batería/batería descargada	2	Prevenición: Comprobación de la batería previa a la salida antes del vuelo	2	32	-----	-----	8	2	2	32

Figura B.5: Tabla AMFE del CCL modificado (5)

1.2.2: El cable transmite la señal de control hacia el switch. 1.2.4: El cable transmite la señal de control desde el switch.	No se transmiten los paquetes de/desde el switch	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	Y5	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	1	Prevención: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	12	-----	-----	-----	6	1	2	12
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	Y5	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevención: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	Y5	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevención: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	1	12	-----	-----	-----	6	2	1	12
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	Y5	Conectores Ethernet dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevención: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	Y5	Conectores Ethernet desgastados debido a sobreuso	3	Prevención: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	18	-----	-----	-----	6	3	1	18
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	Y5	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevención: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	6	-----	-----	-----	6	1	1	6

Figura B.6: Tabla AMFE del CCL modificado (6)

1.2.2: El cable transmite la señal de control hacia el switch. 1.2.4: El cable transmite la señal de control desde el switch.	No se transmite los paquetes de/desde el switch	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Conectores Ethernet dañados debido a golpes/troncos accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	24	-----	-----	6	2	2	24
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Conectores Ethernet desgastados debido a sobreuso	3	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	18	-----	-----	6	3	1	18
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	6	-----	-----	6	1	1	6
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	24	-----	-----	6	2	2	24
		No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	12	-----	-----	6	1	2	12

Figura B.7: Tabla AMFE del CCL modificado (7)

El switch no funciona correctamente/ no funciona	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Cable mal conectado debido a falta de claridad en el esquema de montaje	2	Prevenición: Las pocas conexiones que hay que realizar manualmente están claramente señaladas y son de fácil unión	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Cable mal conectado debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesitan se encuentran compactadas en los malletines, y las restantes son de fácil conexión	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Conexiones débiles en el switch	2	Detección: Comprobación de que todos los conectores están bien encajados previa al vuelo	1	12	-----	-----	-----	6	2	1	12
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	El tipo de cable empleado no es el correcto	1	Prevenición: Se conocen los cables externos necesarios en el sistema, y éstos están perfectamente etiquetados	1	6	-----	-----	-----	6	1	1	6
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Puertos en malas condiciones debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: El switch se mantiene en un recipiente hermético, libre de polvo y suciedad	1	12	-----	-----	-----	6	2	1	12
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Puertos en malas condiciones debido a sobreesfuerzo	3	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los malletines previa la salida a la zona de vuelo	2	36	-----	-----	-----	6	3	2	36
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Puertos en malas condiciones debido a tirones accidentales de los cables	3	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesitan se encuentran compactadas en los malletines	2	36	-----	-----	-----	6	3	2	36
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Agotamiento de la vida útil del switch	3	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil	2	36	-----	-----	-----	6	3	2	36
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Agotamiento de la vida útil del switch	3	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil	2	36	-----	-----	-----	6	3	2	36
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Agotamiento de la vida útil del switch	3	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil	2	36	-----	-----	-----	6	3	2	36
1.2.3; El switch retransmite los paquetes															

Figura B.8: Tabla AMFE del CCL modificado (8)

1.2.3: El switch retransmite los paquetes	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Agotamiento de la vida útil del switch	3	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	36	-----	-----	-----	6	3	2	36
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Switch averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevenición: El switch se transporta en un maletín hermético	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Switch averiado debido a daños en su circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Switch averiado debido a mal almacenaje/carencia de mantenimiento (acumulamiento de polvo y suciedad...)	3	Prevenición: El switch se mantiene en las condiciones lo más óptimas posibles	1	18	-----	-----	-----	6	3	1	18
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Switch no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	2	Prevenición: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	12	-----	-----	-----	6	2	1	12
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Switch no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín del switch y el sistema de alimentación no está conectada	1	18	-----	-----	-----	6	3	1	18
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Conexiones a los puertos del switch realizadas incorrectamente debido a fallos en el esquema de montaje	1	Prevenición: Las pocas conexiones que hay que realizar manualmente están claramente señaladas y son de fácil unión	2	12	-----	-----	-----	6	1	2	12
	Switch mal conectado	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Conexiones a los puertos del switch realizadas incorrectamente debido a fallos humanos	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	24	-----	-----	-----	6	2	2

Figura B.9: Tabla AMFE del CCL modificado (9)

1.2.5: El conversor USB/Ethernet realiza la conversión de los datos	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Agotamiento de la vida útil del conversor USB/Ethernet	2	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Conversor averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevenición: El conversor USB/Ethernet se transporta en un maletín hermético	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Conversor averiado debido a daños en su circuitería interna	3	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	36	-----	-----	-----	6	3	2	36
	No se puede fijar rutas automatizadas (el vuelo debe ser manual en todo momento)	6	YS	Los paquetes que llegan al conversor están muy degradados	3	Prevenición: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	2	36	-----	-----	-----	6	3	2	36

Figura B.10: Tabla AMFE del CCL modificado (10)

2.1: Recepción de la señal de vídeo en la antena AV	La antena AV no recibe señal de vídeo del VANT/UAV	No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	Antena mal conectada por el equipo de vuelo	2	Prevención: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	Conectores de la antena dañados	2	Prevención: se realiza una inspección previa a los conectores de la antena previa la salida a la zona de vuelo	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	Antena mal direccionada debido a fallos en el sistema de direccionamiento automático	2	Prevención: Al modificarse la frecuencia de emisión del vídeo, ya no hay interferencias con el GPS	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	Antena mal direccionada debido a que no se puede orientar de forma manual	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que no se puede direccionar la antena	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	Antena mal direccionada por el encargado de la orientación manual	2	Detección: Se observa a simple vista que la orientación es incorrecta	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	Antena mal direccionada debido a fallos en el trípode	3	Detección: Comprobación del correcto funcionamiento del trípode	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	Antena estropeada debido a que se ha realizado un mal mantenimiento	2	Prevención: La antena se mantiene en las condiciones más óptimas posibles	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	Antena estropeada debido a fallos de fábrica	1	Detección: El fabricante realiza test a las antenas para garantizar su correcto funcionamiento	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	VANT fuera del rango de la antena	2	Prevención: El software indica cuando el VANT se acerca a la distancia máxima. Además, el piloto procura no alejar el VANT del OCL más allá del rango de la antena	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		No se puede visualizar o grabar vídeo en el OCL o en el CMC	10	YC	VANT fuera del rango de la antena	2	Prevención: El software indica cuando el VANT se acerca a la distancia máxima. Además, el piloto procura no alejar el VANT del OCL más allá del rango de la antena	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20

Figura B.11: Tabla AMFE del CCL modificado (11)

2.2.1: La señal de video se transmite por el cable hacia el splitter	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	3	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Conectores dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Conectores desgastados debido a sobreuso	3	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20

Figura B.12: Tabla AMFE del CCL modificado (12)

2.2.2. El splitter divide la señal de video	No hay señal en las salidas del splitter	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Splitter no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el malletin del splitter y el del sistema de alimentación no está conectada	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
		El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Splitter no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	2	Prevención: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Splitter dañado	2	Prevención: se coloca un bypass de video que lleva la señal directamente a la grabadora, sin que pase por el splitter, asegurando que al menos se graba y se visualiza el video en la pantalla secundaria	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Señal en las salidas del splitter muy atenuada	El equipo de vuelo no visualiza o graba video	10	YC	Señal a la entrada del splitter muy atenuada	2	Detección: Se observa que la señal recibida está muy atenuada	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		La calidad de la señal de video que se visualiza/graba es menor	7	YS	Mala calidad del splitter (muchas pérdidas)	2	Prevención: Se opta por cambiar el splitter por uno con menos pérdidas	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
		La calidad de la señal de video que se visualiza/graba es menor	7	YS	Splitter dañado	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video recibida es débil	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
	Señal en las salidas del splitter muy atenuada	La calidad de la señal de video que se visualiza/graba es menor	7	YS	Señal a la entrada del splitter muy atenuada	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video recibida es débil	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
		La calidad de la señal de video que se visualiza/graba es menor	7	YS	Señal a la entrada del splitter muy atenuada	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video recibida es débil	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
		La calidad de la señal de video que se visualiza/graba es menor	7	YS	Señal a la entrada del splitter muy atenuada	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video recibida es débil	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
		La calidad de la señal de video que se visualiza/graba es menor	7	YS	Señal a la entrada del splitter muy atenuada	2	Detección: El equipo de vuelo se percata de que la señal de video recibida es débil	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28

Figura B.13: Tabla AMFE del CCL modificado (13)

2.2.3.1: Los cables transmiten la señal de vídeo desde la salida del splitter hasta las gafas del piloto	El piloto no puede visualizar el vídeo en FPV, y debe fijarse en la pantalla secundaria	7	YS	Mal conexionado entre el splitter y las gafas debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
	El piloto no puede visualizar el vídeo en FPV, y debe fijarse en la pantalla secundaria	7	YS	Mal conexionado entre el splitter y las gafas debido a mal funcionamiento de los cables	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
	El piloto no puede visualizar el vídeo en FPV, y debe fijarse en la pantalla secundaria	7	YS	Gafas averiadas debido a golpe/caída accidental	2	Prevenición: Las gafas se almacenan y transportan con cuidado y en su correspondiente maletín	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
	El piloto no puede visualizar el vídeo en FPV, y debe fijarse en la pantalla secundaria	7	YS	Vencimiento de la vida útil de las gafas	2	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	28	-----	-----	-----	7	2	2	28
Las gafas FPV del piloto reciben muy poca señal	El piloto puede visualizar el vídeo en FPV, pero es mejor si se fija en la pantalla secundaria	6	YS	Mal conexionado entre el splitter y las gafas debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
	El piloto puede visualizar el vídeo en FPV, pero es mejor si se fija en la pantalla secundaria	6	YS	Mal conexionado entre el splitter y las gafas debido a mal funcionamiento de los cables	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	24	-----	-----	-----	6	2	2	24
La señal de vídeo del splitter no llega a la grabadora	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YC	Grabadora mal conectada al splitter debido a fallos en cables/conectores	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YC	Grabadora mal conectada al splitter debido a un error en el conexionado de los cables	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32

Figura B.14: Tabla AMFE del CCL modificado (14)

2.2.4.2: La grabadora multimedia almacena el video	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YC	Grabadora averiada debido a golpe/caída accidental	1	Prevención: Las gafas se almacenan y transportan con cuidado y en su correspondiente maletín	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16
	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YC	Agotamiento de la vida útil de la grabadora	2	Prevención: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YC	Grabadora no alimentada debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín de la grabadora y el del sistema de alimentación no está conectada	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
2.2.4.3: La grabadora retransmite la señal de video almacenada hacia la pantalla de TV (monitor secundario para el piloto)	No se almacena una grabación del vuelo del VANT	8	YC	Grabadora no alimentada debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevención: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YC	Pantalla mal conectada debido a fallo humano al realizar el conexionado	2	Prevención: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	El equipo de vuelo no visualiza el video almacenado en la grabadora	8	YC	Pantalla mal conectada debido a fallos en los cables	2	Prevención: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32

Figura B.15: Tabla AMFE del CCL modificado (15)

2.2.4.4: La señal recibida de la grabadora se visualiza en pantalla	No se muestra la imagen de video en la pantalla secundaria	El piloto no puede visualizar el video en la pantalla secundaria. Si también fallan las gafas FPV, vuela a ciegas	10	YC	Pantalla averiada debido a golpe/caída accidental	2	Prevención: La pantalla se almacena y transporta con cuidado y en su correspondiente maletín	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		El piloto no puede visualizar el video en la pantalla secundaria. Si también fallan las gafas FPV, vuela a ciegas	10	YC	Vencimiento de la vida útil de la pantalla	1	Prevención: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
		El piloto no puede visualizar el video en la pantalla secundaria. Si también fallan las gafas FPV, vuela a ciegas	10	YC	La pantalla no funciona correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	3	Prevención: La pantalla se mantiene en un maletín sellado y lo más aislado del exterior posible	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
		El piloto no puede visualizar el video en la pantalla secundaria. Si también fallan las gafas FPV, vuela a ciegas	10	YC	Pantalla no alimentada debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín de la grabadora y el del sistema de alimentación no está conectada	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
		El piloto no puede visualizar el video en la pantalla secundaria. Si también fallan las gafas FPV, vuela a ciegas	10	YC	Pantalla no alimentada debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevención: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10

Figura B.16: Tabla AMFE del CCL modificado (16)

2.3.1: La señal de vídeo se transmite por el cable hacia el digitalizador	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Conectores desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20

Figura B.17: Tabla AMFE del CCL modificado (17)

2.3.2: El digitalizador convierte la señal	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Digitalizador averiado debido a golpe/calda accidental	2	Prevenición: La pantalla se almacena y transporta con cuidado y en su correspondiente maletín	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Agotamiento de la vida útil del digitalizador	2	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Digitalizador no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el digitalizador y el maletín del sistema de alimentación no está conectada	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Digitalizador no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevenición: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10

Figura B.18: Tabla AMFE del CCL modificado (18)

2.3.3: La señal de video digitalizada se transmite hacia el convertidor USB/Ethernet	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Conectores USB dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Conectores USB desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el CMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC												

Figura B.19: Tabla AMFE del CCL modificado (19)

2.3.4: El convertidor USB/Ethernet realiza la conversión	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Agotamiento de la vida útil del convertidor USB/Ethernet	2	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Convertidor averiado debido a golpes/caída accidental	1	Prevenición: El mando se transporta en un maletín hermético	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Convertidor averiado debido a daños en su circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Los paquetes que llegan al convertidor están muy degradados	2	Prevenición: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20

Figura B.20: Tabla AMFE del CCL modificado (20)

2.3.5: El conversor USB/Ethernet transmite los paquetes hacia el switch El conversor USB/Ethernet no transmite los paquetes por el cable hacia el switch	Ni el navegante ni el OMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevencción: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el OMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevencción: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el OMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevencción: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el OMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Conectores Ethernet dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevencción: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el OMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Conectores Ethernet desgastados debido a sobreuso	2	Prevencción: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el OMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevencción: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
	Ni el navegante ni el OMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevencción: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el OMC reciben el video grabado por el VANT	10	YC	Interferencias en el cable	1	Prevencción: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20

Figura B.21: Tabla AMFE del CCL modificado (21)

El switch no funciona correctamente/ no funciona	Ni el navegante ni el OMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cable mal conectado debido a falta de claridad en el esquema de montaje	2	Prevenición: Las pocas conexiones que hay que realizar manualmente están claramente señaladas y son de fácil unión	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el OMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cable mal conectado debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el OMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Conexiones débiles en el switch	2	Detección: Comprobación de que todos los conectores están bien encajados previa al vuelo	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el OMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	El tipo de cable empleado no es el correcto	1	Prevenición: Se conocen los cables externos necesarios en el sistema, y éstos están perfectamente etiquetados	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
	Ni el navegante ni el OMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Puntos en malis condiciones debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: El switch se mantiene en un recipiente hermético, libre de polvo y suciedad	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el OMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Puntos en malis condiciones debido a sobrecarga	3	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida a la zona de vuelo	1	30	-----	-----	-----	10	3	1	30
	Ni el navegante ni el OMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Puntos en malis condiciones debido a tirones accidentales de los cables	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el OMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Agotamiento de la vida útil del switch	1	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
2.3.6: El switch retransmite la señal															

Figura B.22: Tabla AMFE del CCL modificado (22)

2.3.6: El switch retransmite la señal	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Agotamiento de la vida útil del switch	1	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Switch averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevenición: El mando se transporta en un maletín hermético	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Switch averiado debido a daños en su circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Switch averiado debido a mal almacenaje (carencia de mantenimiento (acumulamiento de polvo y suciedad...))	2	Prevenición: El switch se mantiene en las condiciones lo más óptimas posibles	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Switch no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevenición: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Switch no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	2	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín del switch y el sistema de alimentación no está conectada	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Conexiones a los puertos del switch realizadas incorrectamente debido a fallos en el esquema de montaje	2	Prevenición: Las pocas conexiones que hay que realizar manualmente están claramente señaladas y son de fácil unión	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
	Switch mal conectado			Conexiones a los puertos del switch realizadas incorrectamente debido a fallos humanos	1	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC												
	Ni el navegante ni el CMC reciben el vídeo grabado por el VANT	10	YC												

Figura B.23: Tabla AMFE del CCL modificado (23)

2.3.6.1.1: Los paquetes retransmitidos por el switch llegan por el cable Ethernet al PC del navegante.	El navegante no recibe el video grabado por el VANT	8	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevencción: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	El navegante no recibe el video grabado por el VANT	8	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevencción: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	El navegante no recibe el video grabado por el VANT	8	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevencción: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	El navegante no recibe el video grabado por el VANT	8	YC	Conectores Ethernet dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevencción: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	El navegante no recibe el video grabado por el VANT	8	YC	Conectores Ethernet desgastados debido a sobreuso	2	Prevencción: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
	El navegante no recibe el video grabado por el VANT	8	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevencción: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
	El navegante no recibe el video grabado por el VANT	8	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevencción: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	El navegante no recibe el video grabado por el VANT	8	YC	Interferencias en el cable	1	Prevencción: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16

Figura B.24: Tabla AMFE del CCL modificado (24)

2.3.6.12: El software del PC del navegante recibe y reproduce el vídeo	El navegante no visualiza el vídeo grabado por el VANT	8	YC	Software de reproducción de vídeo en streaming no instalado	1	Prevención: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	1	8	-----	-----	-----	0	1	1	8
	El navegante no visualiza el vídeo grabado por el VANT	8	YC	Software de reproducción de vídeo en streaming instalado incorrectamente	1	Prevención: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	1	8	-----	-----	-----	0	1	1	8
	El navegante no visualiza el vídeo grabado por el VANT	8	YC	Software de reproducción de vídeo en streaming no actualizado	2	Prevención: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	1	16	-----	-----	-----	0	2	1	16
	El navegante no visualiza el vídeo grabado por el VANT	8	YC	Software mal configurado: Dirección de origen de los paquetes no conocida/no introducida	2	Prevención: La dirección IP del switch ya está introducida en el software	2	32	-----	-----	-----	0	2	2	32
	El navegante no visualiza el vídeo grabado por el VANT	8	YC	Software mal configurado: puertos no abiertos	2	Prevención: Antes del primer uso del sistema, se configuran los equipos para que todo funcione a la perfección	1	16	-----	-----	-----	0	2	1	16
	El navegante no visualiza el vídeo grabado por el VANT	8	YC	Software mal configurado: Drivers no instalados/actualizados	1	Prevención: Antes del primer uso del sistema, se configuran los equipos para que todo funcione a la perfección	1	8	-----	-----	-----	0	1	1	8
	El navegante no visualiza el vídeo grabado por el VANT	8	YC	Software mal configurado: faltan los codecs de vídeo	1	Prevención: Antes del primer uso del sistema, se configuran los equipos para que todo funcione a la perfección	1	8	-----	-----	-----	0	1	1	8

Figura B.25: Tabla AMFE del CCL modificado (25)

2.3.6.2: Los paquetes transmitidos por el switch llegan por el cable Ethernet al módulo WIMAX	El cable Ethernet no funciona correctamente	El OMC no recibe el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		El OMC no recibe el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		El OMC no recibe el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		El OMC no recibe el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Conectores Ethernet dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		El OMC no recibe el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Conectores Ethernet desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		El OMC no recibe el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
		El OMC no recibe el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		El OMC no recibe el vídeo grabado por el VANT	10	YC	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	20	-----	-----	-----	10	1	2	20

Figura B.26: Tabla AMFE del CCL modificado (26)

3.1. Recepción de los datos de telemetría en la antena secundaria	La antena secundaria no recibe señal de telemetría del VANT/UAV	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Antena mal conectada por el equipo de vuelo	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Conectores de la antena dañados	1	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores de la antena previa la salida a la zona de vuelo	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Antena mal direccionada debido a fallos en el sistema de direccionamiento automático	1	Prevenición: Al modificarse la frecuencia de emisión del vídeo, ya no hay interferencias con el GPS	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Antena mal direccionada debido a que no se puede orientar de forma manual	1	Detección: El equipo de vuelo se percata de que no se puede direccionar la antena	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Antena mal direccionada por el encargado de su orientación	2	Detección: Se observa a simple vista que la orientación es incorrecta	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Antena mal direccionada debido a fallos en el tripode	3	Detección: Comprobación del correcto funcionamiento del tripode	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Antena estropeada debido a que se ha realizado un mal mantenimiento	2	Prevenición: La antena se mantiene en las condiciones más óptimas posibles	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Antena estropeada debido a fallos de fábrica	1	Detección: El fabricante realiza test a las antenas para garantizar su correcto funcionamiento	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	VANT fuera del rango de la antena	1	Prevenición: El software indica cuando el VANT se acerca a la distancia máxima. Además, el piloto procura no alejar el VANT del CCL más allá del rango de la antena	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8

Figura B.27: Tabla AMFE del CCL modificado (27)

3.2: Los datos de telemetría recibidos se transmiten desde la base de la antena hacia el hub USB El cable USB no transmite la señal desde la base de la antena al hub USB	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Cable no funciona correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Cable desgastado debido a sobrecarga	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Cable dañado debido a un mal almacenamiento/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Conectores USB dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Conectores USB desgastados debido a sobrecarga	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	El cable es de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Cable mal conectado debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Cable mal conectado debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32

Figura B.28: Tabla AMFE del CCL modificado (28)

3.3: El hub USB difunde la señal a todos los puertos de salida.	El hub USB no está operativo	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Agozamiento de la vida útil del hub	2	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Hub averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevenición: El hub se transporta en un maletín hermético	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Hub averiado debido a daños en la circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Hub mal conectado debido a falta de claridad en el esquema de montaje	2	Prevenición: Las pocas conexiones que hay que realizar manualmente están claramente señaladas y son de fácil unión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Hub mal conectado debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexionado	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32

Figura B.29: Tabla AMFE del CCL modificado (29)

3.3: El hub USB difunde la señal a todos los puertos de salida	El hub USB no está operativo	No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Hub mal conectado debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y los restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Conectores USB dañados debido a golpes/troncos accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Conectores USB desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Hub USB no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín de la grabadora y el del sistema de alimentación no está conectada	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
		No se reciben datos de telemetría del VANT/UAV	8	YC	Hub USB no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevenición: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8

Figura B.30: Tabla AMFE del CCL modificado (30)

3.4: Los datos de telemetría se transmiten directamente desde el hub USB a uno de los portátiles del navegante 3.5: Los datos de telemetría se transmiten desde el hub USB al conversor USB/Ethernet	El cable USB no transmite los datos														
	No se reciben datos de telemetría directamente (se depende de la red montada)	8	YC	Cable no funciona correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría directamente (se depende de la red montada)	8	YC	Cable desgastado debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría directamente (se depende de la red montada)	8	YC	Cable dañado debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría directamente (se depende de la red montada)	8	YC	Conectores USB dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben datos de telemetría directamente (se depende de la red montada)	8	YC	Conectores USB desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
	No se reciben datos de telemetría directamente (se depende de la red montada)	8	YC	El cable es de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
	No se reciben datos de telemetría directamente (se depende de la red montada)	8	YC	Cable mal conectado debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32

Figura B.31: Tabla AMFE del CCL modificado (31)

3.6: El convertor USB/Ethernet realiza la conversión de los datos	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Agotamiento de la vida útil del convertor USB/Ethernet	1	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Convertor averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevenición: El mando se transporta en un maletín hermético	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Convertor averiado debido a daños en su circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Los paquetes que llegan al convertor están muy degradados	2	Prevenición: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers...)	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16

Figura B.32: Tabla AMFE del CCL modificado (32)

3.7: El convertidor USB/Ethernet transmite los paquetes hacia el switch 3.8.1: El switch transmite la señal de control hacia los portátiles del navegante 3.8.2: El switch transmite la señal hacia el módulo WinMAX	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	VC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	32	-----	-----	-----	0	4	4	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	VC	Cables desgastados debido a sobrecarga	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	0	4	4	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	VC	Cables dañados debido a un mal empaque/carcas de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	32	-----	-----	-----	0	4	4	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	VC	Conectores Ethernet dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactados en los maletines	2	32	-----	-----	-----	0	4	4	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	VC	Conectores Ethernet desgastados debido a sobrecarga	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	16	-----	-----	-----	0	4	4	1	16
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	VC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	8	-----	-----	-----	0	4	4	1	8
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	VC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactados en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	0	4	4	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	VC	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	16	-----	-----	-----	0	4	4	2	16

Figura B.33: Tabla AMFE del CCL modificado (33)

3.8: El switch retransmite los paquetes	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Cable mal conectado debido a falta de claridad en el esquema de montaje	2	Prevenición: Las pocas conexiones que hay que realizar manualmente están claramente señaladas y son de fácil unión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Cable mal conectado debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los malletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Conexiones débiles en el switch	2	Detección: Comprobación de que todos los conectores están bien encajados previa al vuelo	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	El tipo de cable empleado no es el correcto	1	Prevenición: Se conocen los cables externos necesarios en el sistema, y éstos están perfectamente etiquetados	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Puertos en malas condiciones debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	3	Prevenición: El switch se mantiene en un recipiente hermético, libre de polvo y suciedad	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Puertos en malas condiciones debido a sobreesfuerzo	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los malletines previa la salida a la zona de vuelo	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada	8	YC	Puertos en malas condiciones debido a tirones accidentales de los cables	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los malletines	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se transmiten datos de telemetría por la red creada					Prevenición: Se coloca una									

Figura B.34: Tabla AMFE del CCL modificado (34)

3.8: El switch retransmite los paquetes	8	YC	Agotamiento de la vida útil del switch	1	Prevenición: Se coloca una pegatina con la fecha del primer uso y la vida útil del componente en el recipiente que lo contiene	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16
	8	YC	Switch averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevenición: El mando se transporta en un maletín hermético	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	8	YC	Switch averiado debido a daños en su circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	8	YC	Switch averiado debido a mal almacenaje/carencia de mantenimiento (acumulamiento de polvo y suciedad...)	2	Prevenición: El switch se mantiene en las condiciones lo más óptimas posibles	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
	8	YC	Switch no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevenición: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
	8	YC	Switch no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín del switch y el sistema de alimentación no está conectada	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
	8	YC	Conexiones a los puertos del switch realizadas incorrectamente debido a fallos en el esquema de montaje	2	Prevenición: Las pocas conexiones que hay que realizar manualmente están claramente señaladas y son de fácil unión	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
	8	YC	Conexiones a los puertos del switch realizadas incorrectamente debido a fallos humanos	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
Switch mal conectado														

Figura B.35: Tabla AMFE del CCL modificado (35)

3.8.1.1: Los datos de telemetría se reciben en los portátiles y se transmiten al software necesario	Problemas de software	El navegante no visualiza los datos de telemetría	8	YC	El software no puede interpretar los datos recibidos debido a problemas con los drivers	1	Prevenición: antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (drivers, compatibilidad,...)	1	8	-----	-----	0	1	1	8
		El navegante no visualiza los datos de telemetría	8	YC	No es posible visualizar los datos en el programa ya que no se ha instalado correctamente	1	Prevenición: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers,...)	1	8	-----	-----	0	1	1	8
		El navegante no visualiza los datos de telemetría	8	YC	No es posible visualizar los datos en el programa ya que no está actualizado	2	Prevenición: Antes de que el equipo se emplee en el terreno, se comprueba que está todo preparado para su correcto funcionamiento (software, drivers,...)	1	16	-----	-----	0	2	1	16
	Portátil no alimentado	El navegante no visualiza los datos de telemetría	8	YC	Portátil no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevenición: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	8	-----	-----	0	1	1	8
		El navegante no visualiza los datos de telemetría	8	YC	Portátil no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el portátil y el del sistema de alimentación no está conectada	1	24	-----	-----	0	3	1	24
		El navegante no visualiza los datos de telemetría	8	YC	Portátil sin batería/batería descargada	2	Prevenición: Comprobación de la batería previa a la salida antes del vuelo	2	32	-----	-----	0	2	2	32

Figura B.36: Tabla AMFE del CCL modificado (36)

4.1.1: Se genera y se codifica el mensaje en el equipo de comunicaciones	No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Equipo averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevención: El equipo se transporta en un maletín a prueba de golpes	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Equipo averiado debido a daños en la circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Equipo no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín del la grabadora y el del sistema de alimentación no está conectada	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
	No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Equipo no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevención: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8

Figura B.37: Tabla AMFE del CCL modificado (37)

4.1.2: El mensaje se transmite por los cables hasta el transmisor/receptor TETRA	Los cables no transmiten los datos	No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Conectores dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Conectores desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
		No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
		No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No hay comunicación desde el CCL hacia el CMC	8	YC	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16

Figura B.38: Tabla AMFE del CCL modificado (38)

4.1.3: El transmisor/receptor TETRA transmite el mensaje hacia el CMC 4.1.1: El transmisor/receptor TETRA recibe el mensaje del CMC	El transmisor/receptor no funciona correctamente		No hay comunicación directa entre el CMC y el CCL	B	YC	Equipo averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevención: El equipo se transporta en un maletín a prueba de golpes	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
			No hay comunicación directa entre el CMC y el CCL	B	YC	Equipo averiado debido a daños en la circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
			No hay comunicación directa entre el CMC y el CCL	B	YC	Equipo no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín de la grabadora y el del sistema de alimentación no está conectada	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
			No hay comunicación directa entre el CMC y el CCL	B	YC	Equipo no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevención: El sistema de alimentación está duplicado, y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8

Figura B.39: Tabla AMFE del CCL modificado (39)

4.2.2: El mensaje se transmite por los cables hacia el equipo de comunicaciones	Los cables no transmiten los datos	No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Conectores dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Conectores desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
		No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: Los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
		No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
		No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16

Figura B.40: Tabla AMFE del CCL modificado (40)

4.2.3: Se decodifica y se muestra/escucha el mensaje en el equipo de comunicaciones	No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Equipo averiado debido a golpe/caída accidental	2	Prevención: El equipo se transporta en un maletín a prueba de golpes	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Equipo averiado debido a daños en la circuitería interna	2	Detección: se realiza una comprobación del sistema previa a la salida al campo de vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Equipo no alimentado debido a que no se ha conectado al sistema de alimentación	3	Detección: Se detecta que la conexión externa entre el maletín de la grabadora y el del sistema de alimentación no está conectada	1	24	-----	-----	-----	8	3	1	24
	No se reciben los mensajes del CMC	8	YC	Equipo no alimentado debido a fallos en el sistema de alimentación	1	Prevención: El sistema de alimentación está duplicado y se puede cambiar del primario al secundario con rapidez	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8

Figura B.41: Tabla AMFE del CCL modificado (41)

5.1.1: Los datos llegan desde el switch hasta la estación base WIMAX ABB4-550 5.2.2: Los datos se envían desde la estación base hacia el switch	No hay transmisión de datos de telemetría desde el CMC hacia el CCL	8	YC	Cables no funcionan correctamente debido a las condiciones ambientales (humedad, polvo, temperatura)	2	Prevenición: se emplean canalizaciones protectoras y refrigeradas para los cables	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No hay transmisión de datos de telemetría desde el CMC hacia el CCL	8	YC	Cables desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los cables previa la salida al vuelo	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No hay transmisión de datos de telemetría desde el CMC hacia el CCL	8	YC	Cables dañados debido a un mal almacenaje/carencia de mantenimiento	2	Prevenición: Los cables se mantienen en las condiciones lo más óptimas posibles	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No hay transmisión de datos de telemetría desde el CMC hacia el CCL	8	YC	Conectores Ethernet dañados debido a golpes/tirones accidentales	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No hay transmisión de datos de telemetría desde el CMC hacia el CCL	8	YC	Conectores Ethernet desgastados debido a sobreuso	2	Prevenición: se realiza una inspección previa a los conectores externos de los maletines previa la salida al vuelo	1	16	-----	-----	-----	8	2	1	16
	No hay transmisión de datos de telemetría desde el CMC hacia el CCL	8	YC	Los cables son de gran extensión, lo cual conlleva atenuaciones	1	Prevenición: los cables son del tamaño justo, y nunca de gran extensión	1	8	-----	-----	-----	8	1	1	8
	No hay transmisión de datos de telemetría desde el CMC hacia el CCL	8	YC	Cables mal conectados debido a fallo humano	2	Prevenición: La mayoría de los cables y conexiones necesarias se encuentran compactadas en los maletines, y las restantes son de fácil conexión	2	32	-----	-----	-----	8	2	2	32
	No hay transmisión de datos de telemetría desde el CMC hacia el CCL	8	YC	Interferencias en el cable	1	Prevenición: se emplean (en la medida de lo posible) cables y canalizaciones apantallados	2	16	-----	-----	-----	8	1	2	16

Figura B.42: Tabla AMFE del CCL modificado (42)

5.1.2: La estación base transmite hacia el CMC	La estación base no transmite la señal hacia el CMC	El CMC no recibe video o telemetría	10	YC	Banda de frecuencia de TX errónea (mal escogida)	1	Prevenición: El sistema se encuentra ajustado para funcionar a la frec lo más óptima posible	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
		El CMC no recibe video o telemetría	10	YC	Antena mal calibrada	1	Prevenición: El sistema se testea intensivamente previamente a su utilización en vuelos	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
		El CMC no recibe video o telemetría	10	YC	Antena mal orientada	2	Prevenición: Se procura orientar la antena en la dirección general del CMC y a partir de ahí realizar un ajuste fino	2	40	-----	-----	-----	10	2	2	40
		El CMC no recibe video o telemetría	10	YC	La estación base no funciona correctamente debido a que se ha realizado un mal mantenimiento	2	Prevenición: Se conocen las técnicas de mantenimiento propuestas y se ejecutan	1	20	-----	-----	-----	10	2	1	20
		El CMC no recibe video o telemetría	10	YC	CMC fuera del rango de alcance de la antena de la estación base	1	Prevenición: Se colocan estaciones repetidoras entre el CCL y el CMC	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10
		El CMC no recibe video o telemetría	10	YC	Interferencias con otras emisiones/bandas de frec	1	Prevenición: Se prepara el sistema para funcionar en un rango de frecuencia con pocas interferencias	1	10	-----	-----	-----	10	1	1	10

Figura B.43: Tabla AMFE del CCL modificado (43)

5.2.1: Se reciben los datos en la estación base ARBA-550	La estación base no recibe señal de control del CMC	El CMC no puede controlar remotamente el VANT/UAV	6	YS	Banda de frecuencia de TX errónea (mal escogida)	1	Prevención: El sistema se encuentra ajustado para funcionar a la frec lo más óptima posible	1	6	-----	-----	6	1	1	6
		El CMC no puede controlar remotamente el VANT/UAV	6	YS	Antena mal calibrada	1	Prevención: El sistema se testea intensivamente previamente a su utilización en el terreno	1	6	-----	-----	6	1	1	6
		El CMC no puede controlar remotamente el VANT/UAV	6	YS	Antena mal orientada	2	Prevención: Se procura orientar la antena en la dirección general del CMC y a partir de ahí realizar un ajuste fino	2	24	-----	-----	6	2	2	24
		El CMC no puede controlar remotamente el VANT/UAV	6	YS	La estación base no funciona correctamente debido a que se ha realizado un mal mantenimiento	2	Prevención: Se conocen las técnicas de mantenimiento propuestas y se ejecutan	1	12	-----	-----	6	2	1	12
		El CMC no puede controlar remotamente el VANT/UAV	6	YS	CMC fuera del rango de alcance de la antena de la estación base	1	Prevención: Se colocan estaciones repetidoras entre el CCL y el CMC	1	6	-----	-----	6	1	1	6
		El CMC no puede controlar remotamente el VANT/UAV	6	YS	Interferencias con otras emisiones/bandas de frec	1	Prevención: Se prepara el sistema para funcionar en un rango de frecuencia con pocas interferencias	1	6	-----	-----	6	1	1	6

Figura B.44: Tabla AMFE del CCL modificado (44)

ANEXO: COSTE DE MATERIALES PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA PROPUESTO

El coste aproximado total de los materiales necesarios para el montaje del sistema se muestra en la tabla (tabla C.1).

Por tanto, el coste aproximado total de los materiales para el montaje del sistema asciende a SEIS MIL NOVECIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS DE EURO.

Es necesario indicar que el presupuesto mostrado en el presente anexo es completamente independiente del presupuesto para la elaboración del Trabajo Fin de Grado y se trata de un presupuesto estimado de los equipos, el cual solo se puede utilizar a título orientativo. Los costes de los equipos pueden variar desde la fecha de publicación del presente documento, o el ingeniero de diseño encargado del montaje del sistema puede optar por usar otros equipos similares. Además, en el presente presupuesto, no se incluyen los gastos de mano de obra para el montaje del sistema o los gastos de testeo y certificación por parte de los organismos reguladores necesarios. Todos estos costes se deberán tener en cuenta de cara a la realización del presupuesto para el montaje del sistema.

Descripción	Coste
Mando de RC TX FUTABA T9CP 2.4GHz	170,00 €
Dos antenas de 2,4GHz <i>Interline Panel 17</i>	47,88 €
Un equipo <i>PC Ground Station de DJI-NAZA</i>	191,00 €
Dos portátiles <i>Acer Travelmate P253</i>	767,82 €
Dos Adaptadores USB 3.0-Gigabit Ethernet <i>DUB-1312 de D-Link</i>	64,14 €
Un switch <i>Linksys SE2800-EU</i>	42,66 €
Un hub USB 3.0 1-4 marca <i>Inatek</i>	16,99 €
Una antena de panel de 5.8 GHz (19dBi) de <i>Laird Technologies</i>	62,53 €
Un convertor de vídeo digital <i>Sabrent USB-AVCPT A/V-to-USB 2.0</i>	14,70 €
Un splitter de vídeo modelo <i>Air Space CD104</i>	47,50 €
Gafas FPV modelo <i>EVG920V</i>	208,05 €
Una grabadora de vídeo <i>Best Buy Easy Player Media Recording WiFi Air Space CD104</i>	140,00 €
Una pantalla de vídeo genérica	75,00 €
Dos baterías de 12V/360A genéricas	90,00 €
Dos inversores CC/CA 1000W 12/220V de la marca <i>NORU</i>	201,90 €
Una regleta genérica	13,05 €
Un equipo de comunicaciones TETRA <i>Motorola MTP850</i>	833,75 €
Una estación base WiMAX <i>ARBA MOB-BS-500</i>	3000,00 €
Cables de alimentación	30,00 €
Cables USB 3.0 y 2.0	40,00 €
Cables RCA	30,00 €
Cables Gigabit Ethernet	10,00 €
Cinco maletas estancas <i>Nanuk 945</i>	839,55 €
El software <i>Mission Planner</i>	00,00 €
El software propio de <i>DJI-NAZA</i>	00,00 €
El software de reproducción y streaming de vídeo <i>VLC</i>	00,00 €
Total	6.936,52 €

Tabla C.1: Precios de los componentes necesarios para el montaje del sistema