

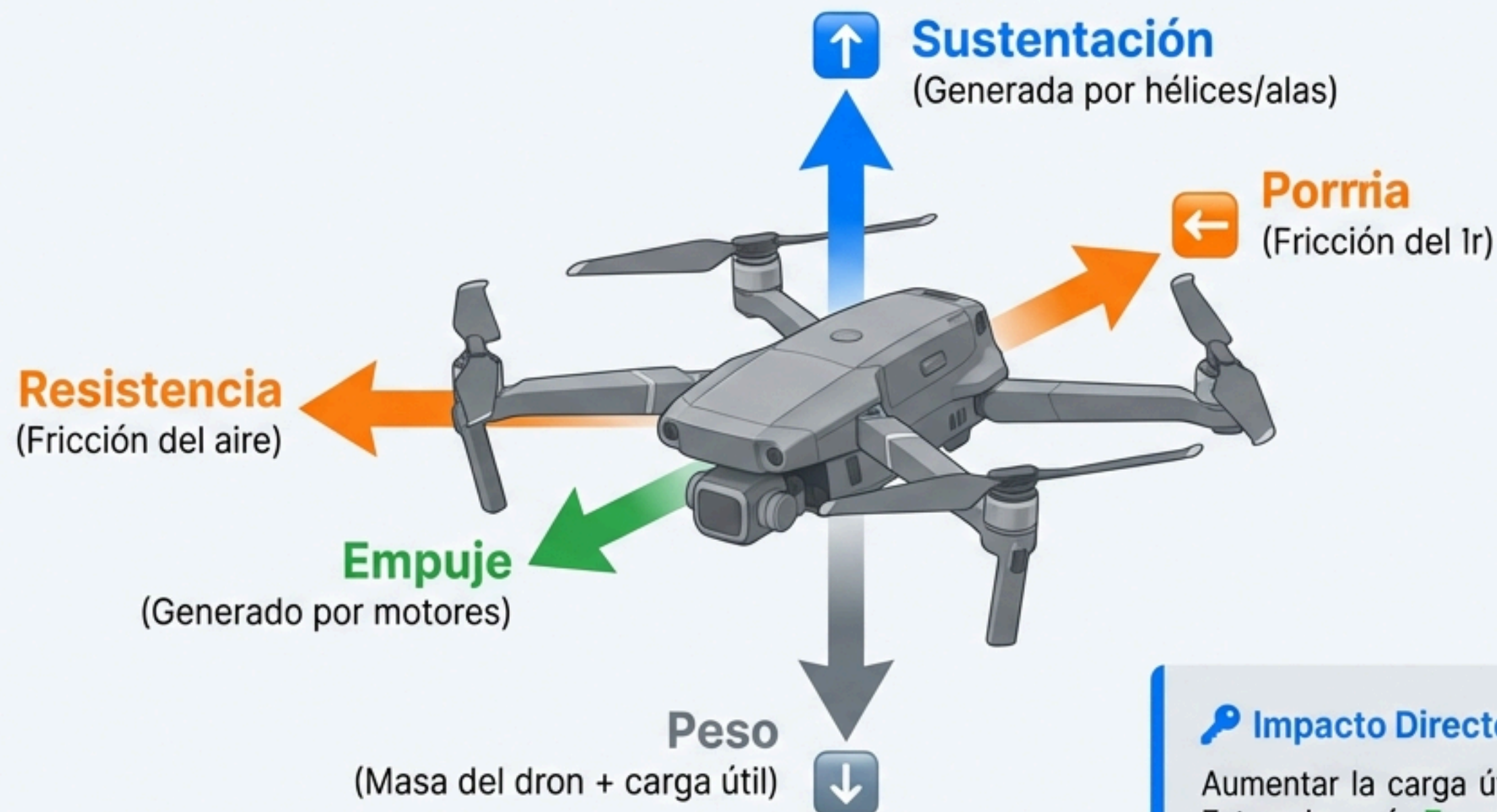
Dominio Operacional RPAS: Fundamentos Esenciales para la Certificación DGAC Chile.

**De aspirante a aviador profesional:
una guía para operar con seguridad,
precisión y disciplina.**

Este material condensa los conocimientos técnicos fundamentales requeridos por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) para la formación de operadores profesionales de RPAS.



El Vuelo de un RPAS es un Equilibrio Constante de Cuatro Fuerzas Fundamentales.



🔑 Impacto Directo en su Misión

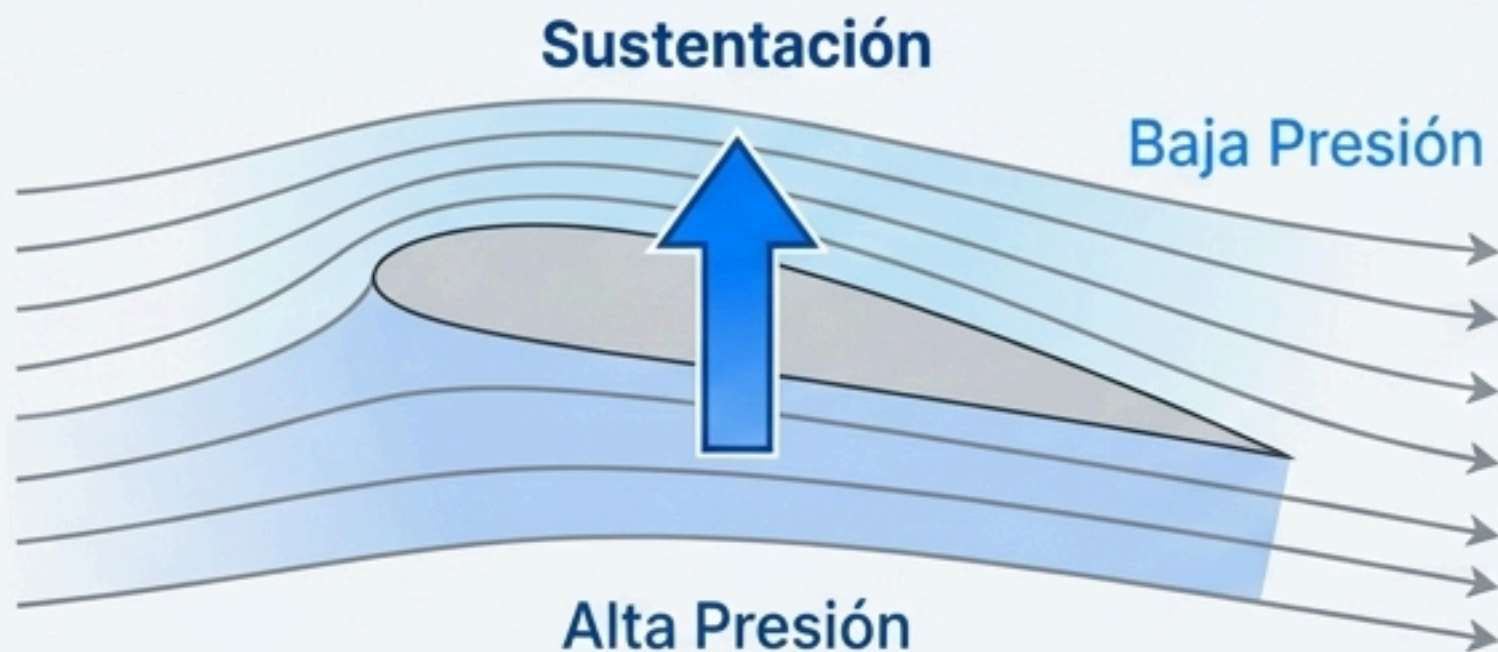
Aumentar la carga útil (payload) incrementa el **Peso**. Esto exige más **Empuje** para generar **Sustentación**, lo que se traduce directamente en un mayor consumo de batería y menor autonomía. Siempre debe recalcular la duración de su misión al añadir equipos.

La Sustentación se Origina en Dos Principios Físicos Complementarios



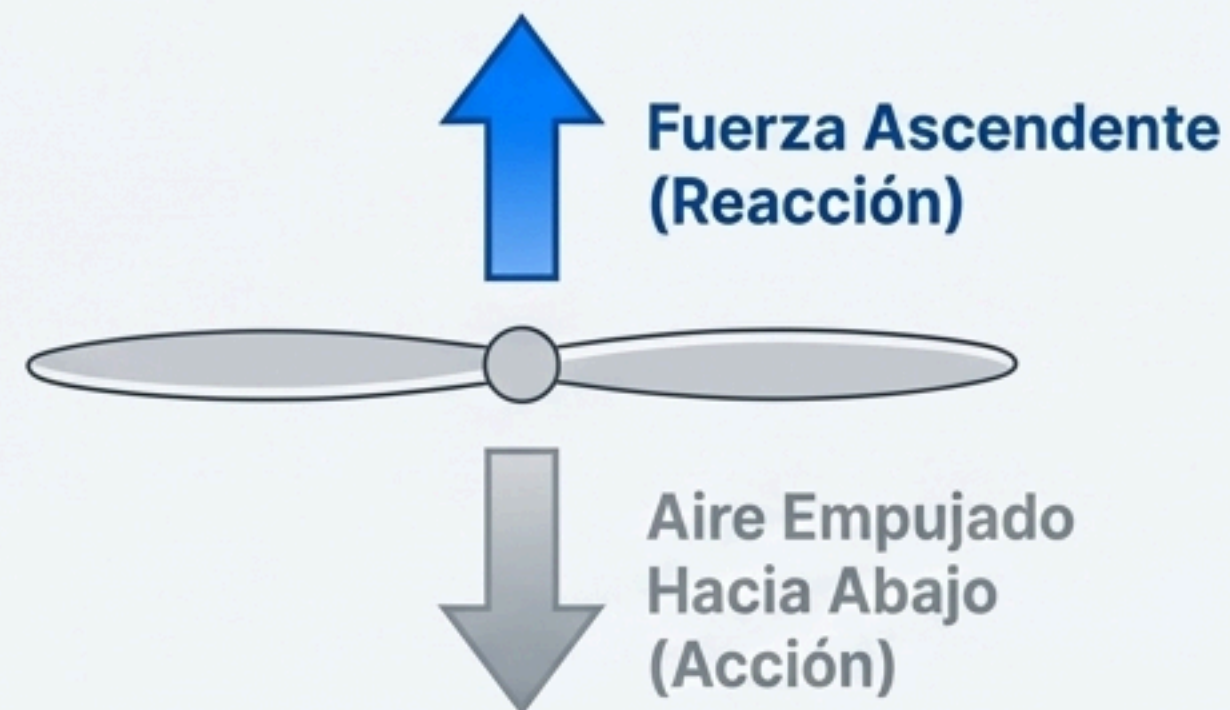
Principio de Bernoulli (Diferencia de Presión)

El aire que fluye más rápido sobre la superficie curva (extradós) de un ala o hélice genera menor presión que el aire más lento de abajo. Esta diferencia de presión crea una fuerza neta hacia arriba: la sustentación.



Tercera Ley de Newton (Acción y Reacción)

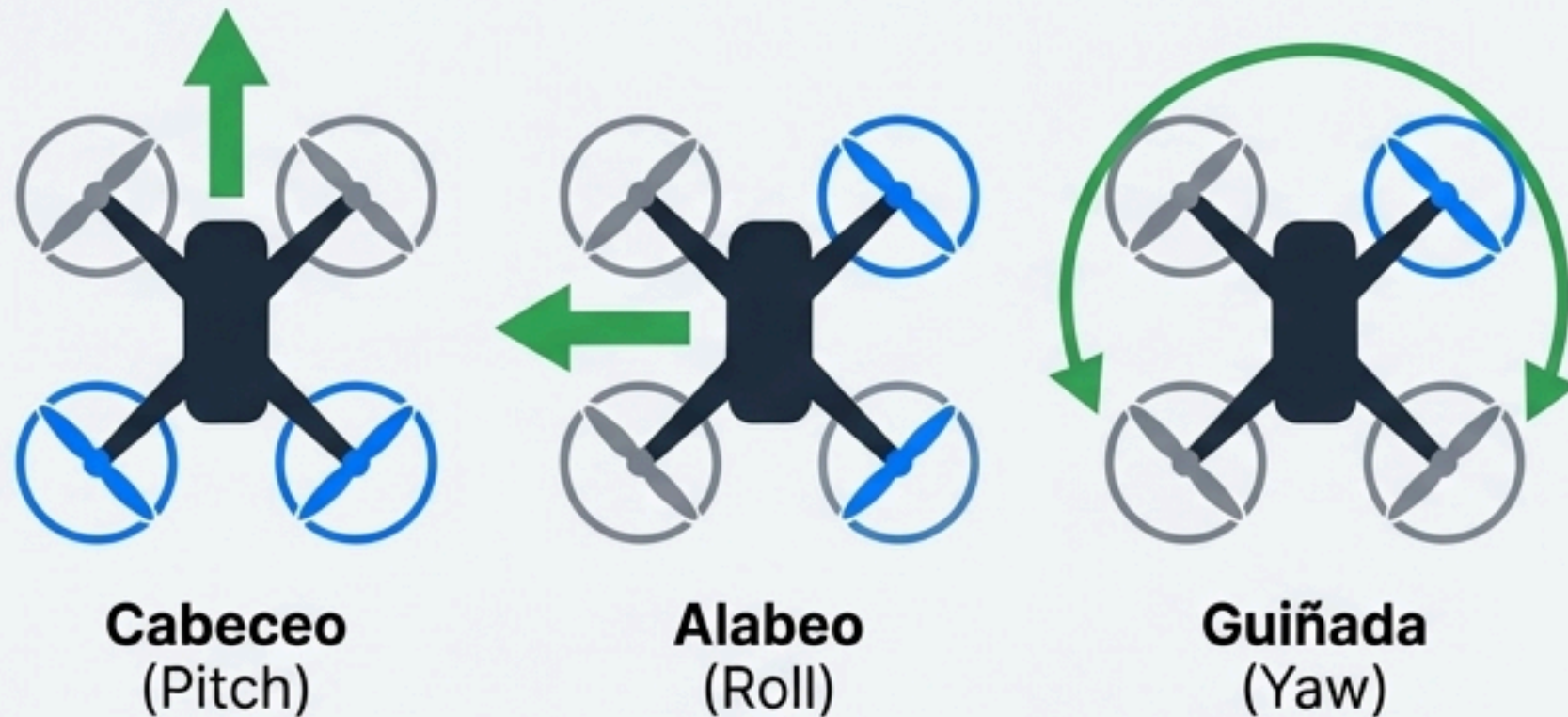
Las hélices empujan una masa de aire hacia abajo (Acción). Como respuesta, el aire ejerce una fuerza de igual magnitud y sentido contrario sobre las hélices, empujando el dron hacia arriba (Reacción).



El Control del Vuelo es la Manipulación Deliberada del Equilibrio Aerodinámico.

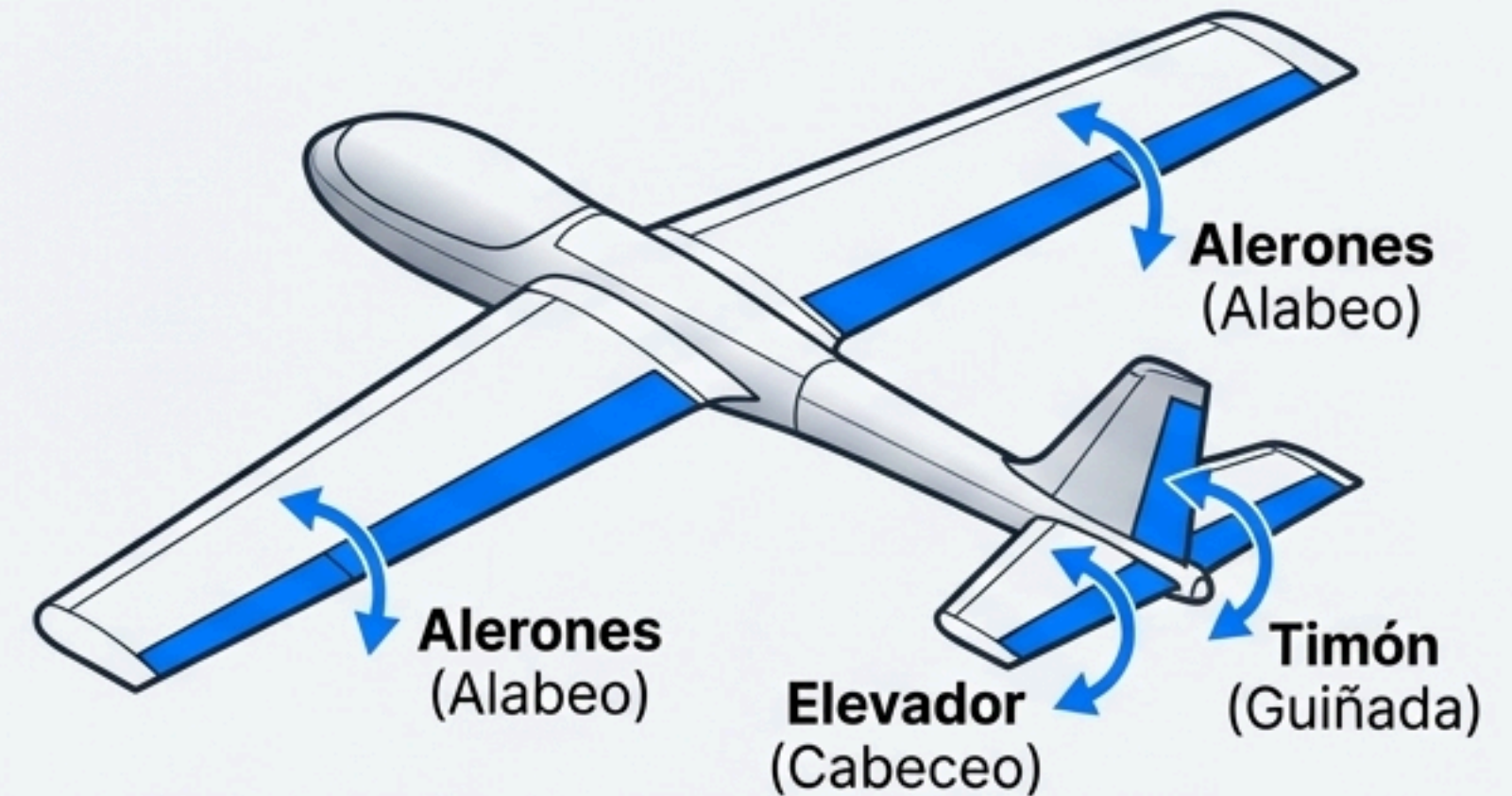
Control en Multirrotores

Se logra ajustando la velocidad de cada motor para generar desequilibrios controlados.



Control en Ala Fija

Utiliza superficies de control móviles (alerones, elevadores, timón) para desviar el flujo de aire.







Límites Aerodinámicos Críticos



Un **ángulo de ataque** excesivo, maniobras bruscas o descensos rápidos pueden causar una **Pérdida Aerodinámica (Stall)** o un **Vortex Ring State**, resultando en una pérdida súbita de sustentación y control. Conozca los límites de su aeronave.

La Elección del RPAS Depende Directamente de los Requerimientos de la Misión.

Tipo de RPAS	Autonomía	Precisión Estacionaria	Aplicaciones Ideales	Limitaciones Clave
 Ala Fija	<div><div></div></div>	<div><div></div><div>Nula</div></div>	Mapeo, fotogrametría, vigilancia de grandes áreas.	Requiere espacio para despegue/aterrizaje; no puede hacer vuelo estacionario.
 Multirrotor	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	Inspección, filmación, vigilancia urbana, rescate.	Autonomía y alcance limitados; sensible a falla de motor (en quadrópteros).
 Helicóptero RPAS	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	Carga ligera, aplicaciones agrícolas, inspección industrial.	Alta complejidad mecánica y mantenimiento; pilotaje avanzado.
 Híbrido (VTOL)	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	Combina lo mejor de ambos: reconocimiento y cartografía en áreas sin pista.	Sistemas de transición complejos; mayor peso estructural.

El Sistema de Propulsión Convierte Energía Eléctrica en Empuje Controlado.



Motores Eléctricos Brushless

El estándar por su alta eficiencia, potencia y bajo mantenimiento. Convierten energía eléctrica en movimiento rotatorio.

Controladores de Velocidad (ESC)

El intermediario crucial. Recibe órdenes del **controlador de vuelo** y regula con precisión la potencia enviada a cada motor.

Un ESC descalibrado es una falla de estabilidad.

Hélices

El diseño lo es todo.

- **Diámetro:** Afecta el empuje total.
- **Paso (Pitch):** Afecta la velocidad y el consumo.

Hélices dañadas o desbalanceadas introducen vibraciones que afectan a los sensores y pueden llevar a una falla catastrófica. Su inspección es obligatoria.

El Controlador de Vuelo y sus Sensores son el Cerebro y los Sentidos del RPAS.

IMU (Unidad de Medición Inercial)

Contiene: Acelerómetros (miden aceleración) y Giroscopios (miden rotación).

Función: La base de la estabilidad. Detecta cualquier inclinación o movimiento no deseado.



Barómetro (Altimetro)

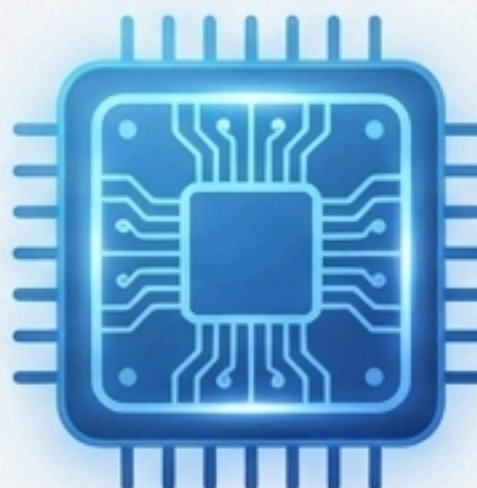
Función: Mide la presión atmosférica para estimar la altitud.

Alerta Operacional: Debe estar protegido de corrientes de aire para lecturas estables.



Controlador de Vuelo (Flight Controller)

Es la computadora a bordo que procesa los datos de los sensores y las órdenes del piloto para ejecutar algoritmos de estabilización (Control PID) cientos de veces por segundo.



Magnetómetro (Brújula)

Función: Determina el rumbo (orientación absoluta).

Alerta Operacional: Vulnerable a interferencias magnéticas (metal, líneas de alta tensión). Calibrar en cada nueva zona de operación.



GNSS (GPS, GLONASS, etc.)

Función: Proporciona la posición geográfica para modos de vuelo asistido y RTH.

Alerta Operacional: Siempre espere una buena recepción de satélites (HDOP bajo) antes de despegar. Sepa volar en modo manual.



La Batería LiPo: El Corazón Energético que Exige Gestión y Respeto.

Entendiendo la Etiqueta de su Batería



• **Voltaje (ej: 6S):** Define la "potencia". 6 celdas en serie ($6 \times 3.7V = 22.2V$ nominales).

• **Capacidad (ej: 5000mAh):** Define la "cantidad de combustible". Afecta la autonomía.

• **Tasa de Descarga (ej: 50C):** Define la "capacidad de entrega". La corriente máxima que puede suministrar de forma segura.

Manual de Buenas Prácticas del Operador Profesional

Carga	Almacenamiento	Uso y Seguridad
<ul style="list-style-type: none">✓ Usar siempre cargador balanceador.✓ Cargar a 1C como máximo.✗ Nunca dejar sin supervisión.🔥 Cargar sobre superficie no inflamable.	<ul style="list-style-type: none">✓ Almacenar a ~3.8V por celda (voltaje de almacenamiento).✓ En lugar fresco y seco.✗ No almacenar nunca cargada al 100% o descargada.	<ul style="list-style-type: none">✓ Monitorear telemetría de voltaje en vuelo.✓ Aterrizar con un 20-25% de reserva.✗ Nunca usar una batería hinchada o dañada. Desecharla de forma segura.

El Enlace de Comunicación es su Conexión Crítica: Conózcalo y Protéjalo.

Los Dos Enlaces Vitales

- **Enlace de Control (C2):** Transporta sus órdenes al RPAS. Su pérdida activa el Failsafe.
- **Enlace de Datos/Video:** Envía telemetría y video a su estación. Le da conciencia situacional.

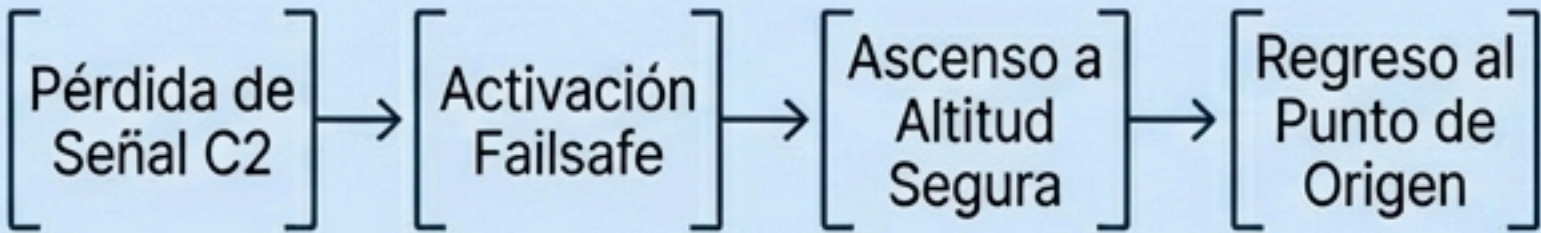
Propiedades de las Bandas de Frecuencia

Banda	Alcance Relativo	Penetración de Obstáculos	Uso Típico
433/915 MHz	Alto	Alta	C2/Telemetría Larga Distancia
2.4 GHz	Medio	Media	C2 y Video Digital (Banda muy congestionada)
5.8 GHz	Bajo	Baja	Video Analógico/Digital (Muy sensible a la línea de vista)

✓ Failsafe: Su Red de Seguridad Automatizada

Es la acción pre-programada que el dron ejecuta al perder el enlace de control. La opción más común y segura es **Return-to-Home (RTH)**, donde asciende a una altitud segura y regresa al punto de despegue.

Verifique siempre su configuración antes de cada vuelo.



La Meteorología No es un Factor Secundario, es la Condición que Habilita o Cancela la Misión.



Viento (El más crítico)

Un viento superior a la velocidad máxima de su dron le impedirá regresar. Las **ráfagas** y la **turbulencia** cerca de obstáculos exigen máxima atención. **Planifique su ruta de ida contra el viento** para tener un regreso asistido y con menor consumo.



Altitud Densidad

A mayor altitud, temperatura o humedad, el aire es menos denso. Esto reduce la sustentación y la eficiencia de las hélices. Su dron tendrá menos 'agarre' y los motores trabajarán más. Espere una reducción de la autonomía y capacidad de carga.



Temperatura







Frío extremo ($<0^{\circ}\text{C}$): Reduce drásticamente el rendimiento de las baterías LiPo.
Calor extremo ($>40^{\circ}\text{C}$): Riesgo de sobrecalentamiento de la electrónica y baterías. Siempre opere dentro de los límites especificados por el fabricante.



Use herramientas como METAR, TAF y apps como UAV Forecast, pero la decisión final se toma con la observación de las condiciones reales en el sitio de operación.

El Componente Más Crítico de Todo Sistema RPAS es el Humano que lo Opera.

Autoevaluación 'IMSAFE' - Su Primer Checklist

- I** Illness (Enfermedad) 
- M** Medication (Medicación) 
- S** Stress (Estrés) 
- A** Alcohol (Alcohol y drogas) 
- F** Fatigue (Fatiga) 
- E** Emotion (Estado Emocional) 

Si una de estas condiciones no está en verde, usted no está apto para volar. La seguridad exige honestidad personal.

Amenazas Mentales en la Operación



Conciencia Situacional

Percibir y comprender activamente la posición del dron, los obstáculos, la telemetría, el clima y las personas en el entorno. Es una vigilancia de 360° constante.



Complacencia

El enemigo silencioso. Surge tras muchos vuelos sin incidentes y lleva a saltarse checklists y tomar riesgos innecesarios. La disciplina es su mejor defensa.



Visión de Túnel

Bajo estrés, es fácil enfocarse en un solo problema (ej. el encuadre de la cámara) e ignorar otros peligros (ej. una batería que se agota o la deriva por el viento).

Una Operación Profesional Sigue un Proceso Estructurado, No se Improvisa.



Fase 1: Planificación (Oficina)

- Definir objetivos.
- Revisar meteorología y NOTAMs.
- Obtener permisos.
- Identificar riesgos iniciales.



Fase 2: Pre-Vuelo (En Terreno)

- Inspeccionar área de operación.
- Armado y chequeo físico del equipo.
- Verificación electrónica y de sistemas.
- Briefing de seguridad.



Fase 3: Ejecución del Vuelo (En el Aire)

- Despegue seguro.
- Vigilancia cíclica (dron, instrumentos, entorno).
- Comunicación constante.
- Cumplimiento de límites operativos.



Fase 4: Post-Vuelo (En Terreno)

- Apagado seguro (dron primero).
- Inspección post-vuelo.
- Registro en bitácora (tiempo, ciclos de batería, incidentes).
- Debriefing y lecciones aprendidas.

Sus Checklists son la Herramienta Fundamental para Mitigar el Error Humano.

La Máquina Está Lista

- ☐ Estructura y hélices intactas y firmes.
- ☐ Baterías (dron y control) cargadas y aseguradas.
- ☐ Antenas correctamente orientadas y fijadas.
- ☐ Enlace de control y video confirmado.
- ☐ Adquisición de GPS (>8 satélites, HDOP bajo).
- ☐ Punto 'Home' correctamente establecido.
- ☐ Altura de RTH configurada y segura para el área.
- ☐ Sin alertas del sistema (IMU, brújula, etc.).
- ☐ Área de despegue/aterrizaje despejada.

El Equipo Humano Está Listo

- ☐ Autoevaluación IMSAFE completada (Piloto OK).
- ☐ Roles definidos (Piloto, Observador).
- ☐ Fraseología de comunicación clara y acordada (ej. '¡Vehículo en zona!', 'Abortar, abortar').
- ☐ Plan de emergencia repasado (¿Qué hacemos si perdemos enlace? ¿Si el viento aumenta?).
- ☐ Perímetro de seguridad establecido y comunicado.

Las Emergencias Ocurren. Su Preparación Determina el Resultado.



Pérdida de Enlace de Control (C2)

Mantenga la calma. Reoriente sus antenas. Confíe en el Failsafe (RTH). Prepárese para retomar el control si el enlace regresa. Si no, ubique visualmente la aeronave para su recuperación.



Pérdida de Señal GPS

La aeronave entrará en modo ATTI y derivará con el viento. Tome control manual inmediatamente para contrarrestar la deriva. Aterrice de forma segura lo antes posible. **El entrenamiento en modo ATTI es fundamental.**



Falla de Motor / Hélice

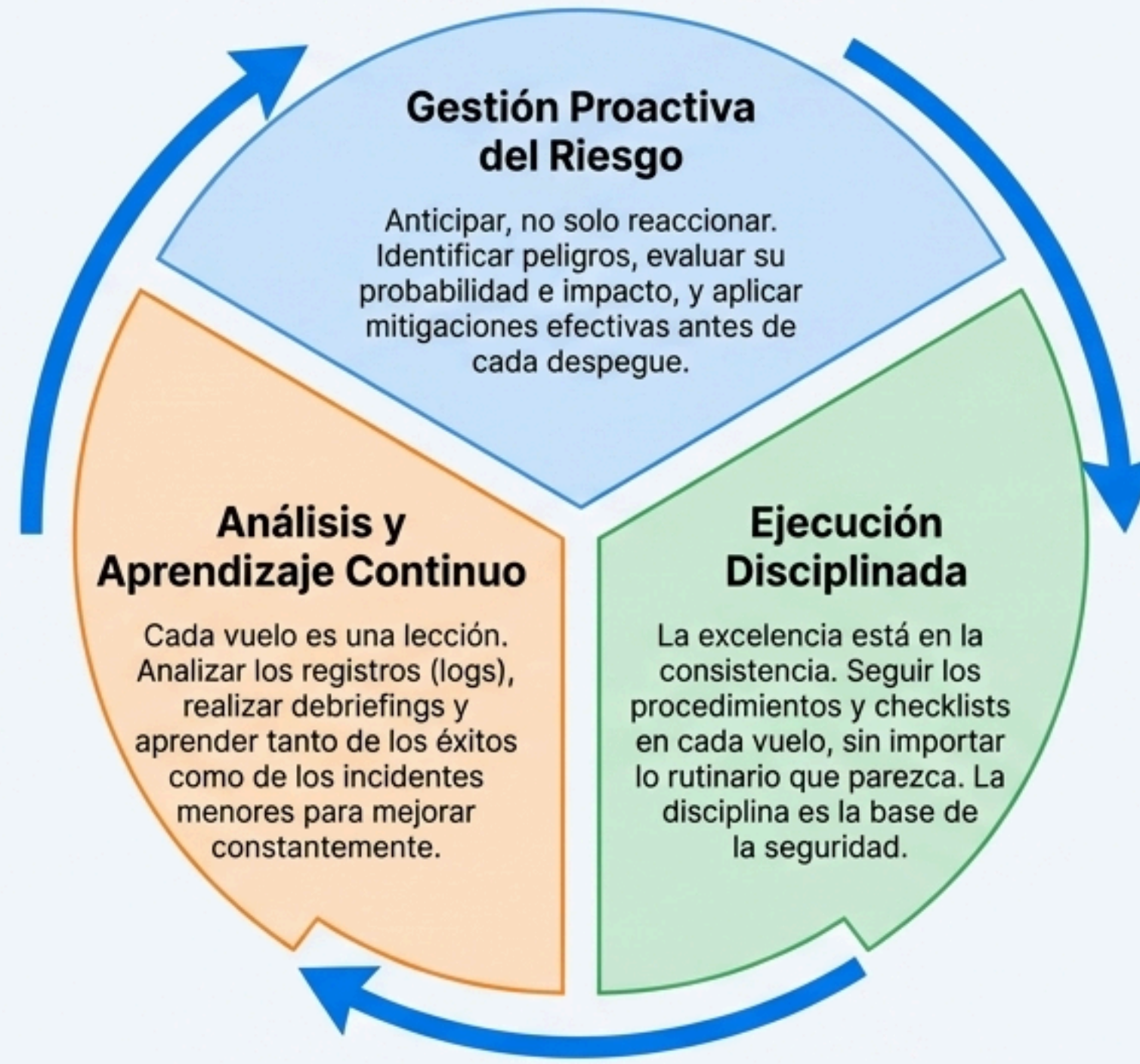
En un cuadricóptero, la caída es casi inevitable. En hexa/octocóptero, intente estabilizar y realizar un aterrizaje de emergencia. **La seguridad de las personas en tierra es la máxima prioridad, por sobre el equipo.**



Alerta de Batería Crítica

No es una sugerencia. Interrumpa la misión y ejecute el retorno o aterrizaje INMEDIATAMENTE. Si no llega al punto de origen, elija el lugar seguro más cercano.

El Dominio Operacional no es un Destino, es un Ciclo Continuo de Profesionalismo.



La credencial de la DGAC es su licencia para operar. Su mentalidad profesional es su garantía de seguridad y éxito.