UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
ACADEMIA DE CIENCIAS AERONÁUTICAS
SANTIAGO – CHILE

ANÁLISIS Y PROPUESTA SOBRE LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES AÉREOS EN CHILE

IGNACIO NICOLÁS MARTÍNEZ ZÚÑIGA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA : SR. VÍCTOR POBLETE G.

PROFESOR CORREFERENTE : SR. ROBERTO URBINA D.

2021

RESUMEN EJECUTIVO

La DGAC se ha encargado de investigar los accidentes e incidentes ocurridos a lo largo del territorio nacional, gracias a esta labor se ha podido crear este documento en el que se han recopilado 10 años de información obtenida de los informes de investigación registrados entre los años 2010 y 2020. Los resultados obtenidos de estos expedientes han permitido establecer un análisis que muestra la situación actual del proceso de investigación en Chile.

Para realizar este estudio se ha indagado en los modelos de análisis de causas, siendo el principal, el esquema H. Facts diseñado por la FAA, el cual se basa en los principios de identificación de fallas de seguridad del modelo de Queso Suizo de James Reason, con este se ha inspeccionado la metodología investigativa actual para clasificar las causas y factores de los accidentes e incidentes según cada categoría. Además se ha utilizado este sistema para proponer procedimientos para la investigación, para de esta forma identificar y categorizar las causas y factores que estos tienen, también, se han tomado ideas de otros conceptos como el Método de Causa y Efecto, para ver las correlaciones que existen entre cada causa-efecto que se presente; Bow-Tie para casos específicos en los que se tenga que analizar un evento en particular y el Árbol de Causas, para identificar que barreras fallaron dentro de lo que son las medidas de protección tomadas para la operación aérea.

Con el fin de obtener propuestas para la investigación, se han analizado las acciones y medidas efectuadas por otras agencias investigativas, como la NTSB, SHK y JTSB, además de examinar aspectos de provenientes de las normas ISO 9001-2015, la ISO 31000-2018 y del Sistema de Gestión de Seguridad (SMS). Entre las ideas que nacen de estos conceptos es; la formación de un equipo investigativo, evaluación e investigación del desempeño de otras organizaciones como los centros de mantenimiento, servicios de búsqueda de rescate y la propia autoridad aeronáutica en los casos que se estime necesario. Además, se ha decidido consultar las normativas y disposiciones que presenta actualmente la DGAC para sus investigaciones, siendo estás la DAR 13 (2021) utilizada para entender los conceptos asociados a un accidente o incidente y la DAP 13-02 (2017) que establece los procedimientos a seguir para un este tipo de eventos.

Al momento de haber recopilado cada accidente e incidente registrado en los informes de la DGAC, cada uno de estos han sido divididos acorde a los niveles que presenta el modelo H. Facts, clasificándolos según corresponda. Gracias a esto, se descubrió que las causas de los accidentes e incidentes están relacionadas principalmente a características del desempeño humano y a condiciones previas asociadas a estos. Por lo que tuvieron una alta predominancia en el Nivel I de Actos Inseguros y Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros. Mientras que, en el caso de los factores contribuyentes, este tipo de antecedentes cuentan con la misma predominancia que la presentada por las causas. Lo que demuestra que la concentración de las labores investigativas se encuentra en los niveles más bajos, siendo ínfimas las veces en que se presentan características asociadas a la Supervisión No Segura de Nivel III y a los Aspectos Organizacionales de Nivel IV.

Ante esta situación, se ha creado una propuesta investigativa que ha incorporado medidas provenientes de otras agencias; de la NTSB se ha obtenido la idea de formar un equipo de investigación, la creación de una base de datos, la investigación histórica de antecedentes y el seguimiento del caso. Mientras que de la SHK se agrega la investigación a organizaciones con una participación terciaria y por último de la JTSB se agregan las simulaciones y modelos digitales para casos que sean necesario. El modelo en sí incorpora estos elementos además de tomar como apoyo el modelo H. Facts para realizar las clasificaciones correspondientes para una base de datos. Resultando en un esquema similar al presentado por la DAP 13-04 (2017), pero agregando más información asociada a la aeronave y a la operación aérea que se estaba realizando, clasificando las causas y factores según el modelo H. Facts y haciendo un seguimiento posterior al caso. La información que posea el documento se codifica, para que de esta forma se pueda incorporar a una base de datos que permite registrar cada caso una vez finalizado su informe para de esta manera tener antecedentes asociados para próximas investigaciones.

Los presupuestos asignados para la implementación de la propuesta investigativa son de $174.553.183 pesos para el año 1, los cuales en el año 2 bajan a $166.621.825, esto ha representado un 71,25% y 68,02% de la inversión realizada en Seguridad Operacional en el año 2020. Con estos porcentajes se ha podido demostrar que estos valores son factibles.

EXECUTIVE SUMMARY

The DGAC has overseen investigating accidents and incidents that have occurred throughout the national territory, thanks to this work, it has been possible to create this document in which 10 years of information obtained from the investigative reports recorded between 2010 and 2020 have been compiled. The results obtained from these files have made it possible to establish an analysis that shows the current situation of the investigation process in Chile.

To carry out this study, the research has been done on the cause analysis models, the main one being the H. Facts scheme designed by the FAA, which is based on the principles of identification of safety failures of the Swiss Cheese model of James Reason, with this the current investigative methodology has been inspected to classify the causes and factors of accidents and incidents according to each category. In addition, this system has been used to propose procedures for the investigation, to identify and categorize the causes and factors that these have, also, ideas have been taken from other concepts such as the Cause and Effect Method, to see the correlations that exist between each cause-effect that is presented; Bow-Tie for specific cases in which a particular event has to be analyzed and the Tree of Causes, to identify which barriers failed within what are the protection measures taken for the air operation.

With the purpose of obtaining suggestions for the investigation, the actions and measures carried out by other investigative agencies, such as the NTSB, SHK and JTSB have been analyzed, in addition to examining aspects from the ISO 9001-2015, the ISO 31000-2018 and the Safety Management System (SMS) standards. Among the ideas born from these concepts is the formation of an investigative team, evaluation, and investigation of the performance of other organizations such as maintenance centers, rescue search services and the aeronautical authority itself were deemed necessary. In addition, it has been decided to consult the regulations and provisions currently presented by the DGAC for its investigations, being these the DAR 13 (2021) used to understand the concepts associated with an accident or incident and the DAP 13-02 (2017) that establishes the procedures to follow for this type of events.

At the time of compiling each accident and incident recorded in the DGAC reports, each one of them has been divided according to the levels presented by the H. Facts model, classifying them accordingly. Thanks to this, it was discovered that the causes of accidents and incidents are mainly related to human performance characteristics and previous conditions associated with them. Therefore, they had a high predominance in Level I of Unsafe Acts and Level II of Preconditions for Unsafe Acts. While, in the case of contributing factors, this type of antecedents has the same predominance as that presented by the causes. This shows that the concentration of investigative work is at the lowest levels, with very few cases of characteristics associated with Level III Unsafe Supervision and Level IV Organizational Aspects.

In view of this situation, an investigative proposal has been created that has incorporated measures from other agencies; from the NTSB, it was obtained the idea of forming an investigation team, the creation of a database, the historical background investigation, and the follow-up of the case. While the SHK adds the investigation of organizations with tertiary participation and finally the JTSB adds simulations and digital models for cases that may be necessary. The model itself incorporates these elements in addition to taking as support the H. Facts model to perform the corresponding classifications for a database. Resulting in a scheme like the one presented by DAP 13-04 (2017), but adding more information associated to the aircraft and the aerial operation that was being performed, classifying the causes and factors according to the H. Facts model and making a subsequent follow-up to the case. The information contained in the document is coded, so that it can be incorporated into a database that allows recording each case once the report is completed, thus having associated background information for future investigations.

The budgets assigned for the implementation of the research proposal are $174.553.183 CLP for year 1, which in year 2 decrease to $166.621.825, representing 71,25% and 68,02% of the investment made in Operational Safety in 2020. With these percentages it has been possible to demonstrate that these values are reasonable.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO 2

EXECUTIVE SUMMARY 4

ÍNDICE DE CONTENIDOS 6

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES 13

ÍNDICE DE GRÁFICOS 14

ÍNDICE DE TABLAS 18

INTRODUCCIÓN 19

Capítulo 1 Antecedentes Generales 21

1.1 JUSTIFICACIÓN 22

1.2 OBJETIVO GENERAL 23

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 23

1.4 METODOLOGÍA 24

1.5 ALCANCE 25

1.6 VIABILIDAD 26

Capítulo 2 Marco Teórico 28

2.1 ERROR HUMANO – JAMES REASON 29

Definición 29

Errores de variables y constantes 29

El modelo del queso suizo 31

2.2 MODELOS DE ANÁLISIS DE CAUSA 33

Árbol de Causas 33

Método del Diagrama de Causa y Efecto 36

Nudo de Corbata (Bow-Tie) 41

Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). 45

2.3 ASEGURAMIENTO DE PROCESOS 53

2.3.1 Modelos de Control, modelos de Aseguramiento 53

ISO 9001-2015 53

ISO 31000-2018 55

Safety Management System (SMS) 60

2.4 ESTADO DEL ARTE 62

2.4.1 Modelos de Investigación de organizaciones Internacionales 62

NTSB 62

JTSB 68

SHK 70

2.4.2 Investigación en la Industria del Transporte 72

Procedimientos de Investigación para Accidentes en Carreteras 72

2.4.3 Normativas 74

Definición de Accidente e Incidente Aéreo 74

Definición de Causas 76

Definición de Factores Contribuyentes 76

Historia de la Investigación de Accidentes Aéreos 77

2.4.4 Modelo Chileno Actual 80

Proceso de Investigación utilizado en Chile 80

Etapa I: Investigación del evento 81

Etapa II: Análisis del evento 84

Etapa III: Redacción y Publicación del informe final 84

ECCAIRS 86

2.4.5 Experiencia requerida para ser un investigador de accidentes aéreos 86

2.4.6 Cuadro resumen / comparativo 89

Capítulo 3 Desarrollo 90

3.1 ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES, SEGÚN HFACS. 91

3.1.1 Análisis según la causa de los accidentes o incidentes 91

Nivel I, Actos Inseguros 95

Nivel II, Precondiciones para Actos Inseguros 97

Nivel III, Supervisión No Segura 97

Nivel IV, Aspectos Organizacionales 98

3.1.2 Análisis según los factores contribuyentes 99

Nivel I, Actos Inseguros 102

Nivel II, Precondiciones para Actos Inseguros 103

Nivel IV, Aspectos Organizacionales 105

Relación gráfica entre la causa del accidente y los factores contribuyentes 105

3.1.3 Análisis de Factores Contribuyentes en base a la zona geográfica investigada 110

Zona Norte 111

Zona Central 113

Zona Sur 116

Zona Austral 117

3.1.3 Análisis de Factores Contribuyentes según Operaciones Aéreas 120

Examen de vuelo 120

Trabajos Aéreos 122

Transporte de Pasajeros 124

Traslados Aeromédicos 125

Vuelo Comercial de Pasajeros 127

Vuelo de Instrucción 129

Vuelo de Verificación 130

Vuelo Privado 132

3.1.4 Análisis de Factores Contribuyentes según el tipo de Aeronave 134

Bimotor Turbofán 135

Bimotor Turbohélice 136

Cuatrimotor Turbofán 138

Dirigible 139

Girocóptero 140

Monomotor Turbohélice 142

Parapente 144

Planeador 146

Turboeje 147

3.1.5 Análisis de Factores Contribuyentes según el año de registro 150

2010 – 2015 152

2016 153

2017 – 2020 154

3.2 PROPUESTA DE PROCESO 156

3.2.1 Debilidades del Sistema Actual 157

3.2.2 Transporte 158

3.2.3 Personal Necesario 159

Equipo Central de Investigación 160

Supervisión y Organización 162

Meteorología 163

Motores, sistemas y estructuras 163

Simulaciones y Modelos 3D 164

Desempeño Humano 164

Comunicaciones e Información de vuelo 165

3.2.4 Software y Hardware 165

3.2.5 Método de Investigación 166

Procedimiento Investigativo 168

Supervisión 174

Organización 175

Formato de Informes de Accidentes e Incidentes 175

3.2.6 Análisis de Datos 176

Base de Datos 177

Transparencia 180

Posibles Funciones de la Base de Datos 180

3.2.7 Tiempo de Implementación 184

3.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA 187

3.3.1 Sueldos 187

Equipo de Investigación Central 187

Personal de Investigación Externo 188

Capacitaciones 189

3.3.2 Viáticos 189

Pasajes 190

Estadía 191

3.3.3 Equipamiento 193

3.3.4 Resultados 194

3.3.5 Comparación con la Inversión realizada por la DGAC 195

CONCLUSIONES 197

ANEXOS 201

ANEXO 1: EVENTOS REGISTRADOS POR ZONA GEOGRÁFICA 202

ANEXO 2: DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ACCIDENTES E INCIDENTES ACONTECIDOS EN TERRITORIO NACIONAL 202

ANEXO 3: EVENTOS REGISTRADOS POR OPERACIÓN AÉREA 203

ANEXO 4: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES SEGÚN CADA OPERACIÓN AÉREA 203

ANEXO 5: EVENTOS REGISTRADOS POR TIPO DE AERONAVE 204

ANEXO 6: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES SEGÚN CADA TIPO DE AERONAVE 204

ANEXO 7: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES SEGÚN CADA AÑO REGISTRADO 205

ANEXO 8: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES SEGÚN CADA AÑO REGISTRADO 205

ANEXO 9: NÓMINA DE INVESTIGADORES DEL DEPARTAMENTO DE PREVAC DE LA DGAC 206

ANEXO 10: FORMATO INFORME DE INVESTIGACIÓN 207

ANEXO 11: RECUADRO REPRESENTATIVO DE LA BASE DE DATOS PROPUESTA 211

ANEXO 12: EJEMPLO DE REPORTES ANUALES UTILIZADOS POR LA IATA EN LOS AÑOS 2019-2020, PARA INFORMES FINANCIEROS 212

ANEXO 13: EJEMPLO DE REPORTE ANUAL UTILIZADO POR LA ACHS, PARA LA TASA DE ACCIDENTABILIDAD POR AÑO 213

ANEXO 14: REMUNERACIONES PRESENTADAS POR LA DGAC PARA EL PERSONAL INVESTIGATIVO 214

ANEXO 15: REMUNERACIONES POR HONORARIOS MENSUALES PRESENTADOS POR LA DGAC 215

ANEXO 16: REMUNERACIONES PRESENTADAS POR LA DGAC PARA EL PERSONAL INVESTIGATIVO 215

ANEXO 17: NÚMERO DE CASOS POR MES ACONTECIDOS CERCA Y LEJOS DE SANTIAGO A LO LARGO DE 10 AÑOS 216

ANEXO 18: INICIATIVAS DE INVERSIONES EJECUTADAS POR LA DGAC A LO LARGO DE LOS AÑOS EN DIVERSAS ÁREAS 217

BIBLIOGRAFÍA 218

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Patrones de objetivos de diez disparos de dos tiradores. El patrón de A no presenta un error constante, sino errores variables grandes. Mientras que el patrón de B muestra un gran error constante, pero pequeños errores variables. Fuente: Libro Human Error; James Reason. 30

Ilustración 2-2: Esquema representativo del modelo de análisis de causas Árbol de Causas. Fuente: Organización Internacional del Trabajo. 33

Ilustración 2-3: Representación gráfica del modelo de análisis de Causa – Efecto de Ishikawa. Fuente: Fundibeq. 36

Ilustración 2-4: Representación ilustrativa del modelo de análisis de causas Bow-Tie. Fuente: Process Safety & Management. 42

Ilustración 2-5: Esquema Marco HFACS. Fuente: Skybrary..... 46

Ilustración 2-6: Nivel I del modelo de investigación HFACS. 47

Ilustración 2-7: Nivel II del modelo de investigación HFACS..... 49

Ilustración 2-8: Nivel III del modelo de investigación HFACS. 51

Ilustración 2-9: Nivel IV del modelo de investigación HFACS. 52

Ilustración 3-1: Porcentaje de accidentes e incidentes ilustrados en el modelo H. Facts. Fuente: Elaboración propia. 93

Ilustración 3-2: Porcentaje de factores contribuyentes ilustrados en el modelo H. Facts. Fuente: Elaboración propia. 101

Ilustración 3-3: Miembros del Equipo Central de Investigación y personal requerido acorde a cada evento que se presente. Fuente: Elaboración Propia. 162

Ilustración 3-4: Procedimiento investigativo propuesto para el Equipo Central de Investigación. Fuente: Elaboración Propia. 167

Ilustración 3-5: Carta Gantt realizada para la implementación del modelo investigativo propuesto. Fuente: Elaboración Propia. 184

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1: Número de accidentes e incidentes registrados en el período 2010-2020 clasificados bajo el modelo H. Facts. Fuente: Elaboración propia. 91

Gráfico 3-2: Representación gráfica de las cifras porcentuales de accidentes e incidentes asociada por cada nivel del modelo H. Facts. Fuente: Elaboración Propia. 92

Gráfico 3-3: Posible incidencia de accidentes e incidentes asociada por cada evento. Fuente: Elaboración Propia. 94

Gráfico 3-4: Número de factores contribuyentes registrados en accidentes e incidentes en el período 2010-2020 clasificados bajo el modelo H. Facts. Fuente: Elaboración propia..... 100

Gráfico 3-5: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociados por los factores contribuyentes registrados entre el año 2010 al 2020. Fuente: Elaboración Propia. 102

Gráfico 3-6: Asociación gráfica entre las causas del accidente y los factores contribuyentes asociados a estos. Fuente: Elaboración propia. 106

Gráfico 3-7: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociados con sus respectivos factores contribuyentes por cada categoría. Fuente: Elaboración Propia. 107

Gráfico 3-8: Distribución geográfica de los factores contribuyentes acontecidos en territorio chileno. Fuente: Elaboración propia. 110

Gráfico 3-9: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociada a factores contribuyentes presentados en la Zona Norte. Fuente: Elaboración Propia..... 112

Gráfico 3-10: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociada a factores contribuyentes presentados en la Zona Central. Fuente: Elaboración Propia. 115

Gráfico 3-11: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociada a factores contribuyentes presentados en la Zona Sur. Fuente: Elaboración Propia. 116

Gráfico 3-12: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociada a factores contribuyentes presentados en la Zona Austral. Fuente: Elaboración Propia. 118

Gráfico 3-13: Distribución de Factores Contribuyentes según cada Operación Aérea. Fuente: Elaboración Propia. 120

Gráfico 3-14: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de exámenes de vuelo. Fuente: Elaboración Propia. ... 121

Gráfico 3-15: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de trabajos aéreos. Fuente: Elaboración Propia. 122

Gráfico 3-16: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de transporte de pasajeros. Fuente: Elaboración Propia. 124

Gráfico 3-17: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de traslados aeromédicos. Fuente: Elaboración Propia. 126

Gráfico 3-18: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de vuelos comerciales. Fuente: Elaboración Propia. ... 127

Gráfico 3-19: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de vuelos de instrucción. Fuente: Elaboración Propia. 129

Gráfico 3-20: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de vuelos de verificación. Fuente: Elaboración Propia. 131

Gráfico 3-21: Tasa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de vuelos privados. Fuente: Elaboración Propia. 132

Gráfico 3-22: Distribución de Factores Contribuyentes según cada tipo de Aeronave. Fuente: Elaboración Propia. 134

Gráfico 3-23: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves bimotor turbofán. Fuente: Elaboración Propia. 135

Gráfico 3-24: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves bimotor turbohélice. Fuente: Elaboración Propia. 137

Gráfico 3-25: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves cuatrimotor turbofán. Fuente: Elaboración Propia. 138

Gráfico 3-26: Tasa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves del tipo dirigible. Fuente: Elaboración Propia. 140

Gráfico 3-27: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves del tipo Girocóptero. Fuente: Elaboración Propia. 141

Gráfico 3-28: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves monomotor turbohélice. Fuente: Elaboración Propia. 142

Gráfico 3-29: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves del tipo Parapente. Fuente: Elaboración Propia. 144

Gráfico 3-30: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves del tipo Planeador. Fuente: Elaboración Propia. 146

Gráfico 3-31: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves con motor turboeje. Fuente: Elaboración Propia. 148

Gráfico 3-32: Distribución de Factores Contribuyentes según cada año registrado. Fuente: Elaboración Propia. 150

Gráfico 3-33: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de los diferentes años registrados. Fuente: Elaboración Propia. 151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Presupuesto y tiempo estimado por cada persona externa que se requiera para el proceso investigativo. Fuente: Elaboración Propia. 188

Tabla 3-2: Valores obtenidos de la cotización de pasajes provenientes de las tres aerolíneas principales de Chile y sus rutas por medio de Despegar.com y Booking.com entre el 3 y 5 de diciembre del 2021. Fuente: Elaboración Propia. 190

Tabla 3-3: Valores obtenidos de la cotización de la estadía en las diferentes ciudades de Chile por medio de Despegar.com y Booking.com entre el 3 y 5 de diciembre del 2021. Fuente: Elaboración Propia. 191

Tabla 3-4: Resumen de los presupuestos anuales asignados a cada punto dentro de lo que es la Evaluación Económica. Fuente: Elaboración Propia. 194

Tabla 3-5: Valores mensuales en distintas unidades. Fuente: Elaboración Propia. .. 195

Tabla 3-6: Inversiones realizadas por la DGAC en el área de la Seguridad Operacional entre los años 2017 y 2020. Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil. 195

INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), es un organismo estatal chileno dependiente de la Fuerza Aérea de Chile con la misión de normar y fiscalizar la actividad aérea que se desarrolla dentro del espacio aéreo controlado por Chile y aquella que ejecutan en el extranjero empresas aéreas nacionales: desarrollar la infraestructura aeronáutica en el ámbito de su competencia y prestar servicios de excelencia de navegación aérea, meteorología, aeroportuarios y seguridad operacional, con el propósito de garantizar la operación del Sistema Aeronáutico en forma segura y eficiente. Por lo tanto, esta institución se encarga de la administración, regulación, disposición de servicios y fiscalización de la aviación, por estas atribuciones, la organización es responsable de la seguridad operacional y la infraestructura del país. Dentro del área de la seguridad aeronáutica se encuentra la investigación de accidentes, la cual tiene su propia metodología de investigación, que se rige acorde a lo estipulado en la normativa aérea nacional.

Las normativas por las cuales se rigen son principalmente la norma DAR 13 (2021) y el procedimiento aeronáutico DAP 13-02 (2017), la primera establece el alcance y responsabilidad que tiene la autoridad aeronáutica y la segunda los procedimientos a seguir al momento de realizar la investigación de accidentes, su símil a nivel internacional estipulado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) es el Anexo 13 (2016), que establece las normas y recomendaciones que cada miembro del Convenio de Chicago (1944) debe seguir para lo que es el proceso de investigación de accidentes.

En contenido tanto las normativas nacionales, como lo estipulado por la OACI son similares, de hecho, estos se basan en el Anexo 13 en los puntos principales que esta cubre, pero la diferencia entre estos documentos radica en los métodos recomendados, por lo que el enfoque de la investigación de los accidentes es acorde a cada estado que realiza este proceso, por este motivo es que se encuentran diferencias reflejadas en los métodos de investigación utilizado por cada organismo, teniendo diferentes perspectivas en la cuales se abordan los eventos relacionados con la aviación civil, tales como; hacia donde apunta el accidente y los factores que contribuyeron a este.

Es por estos motivos y debido a los eventos de diversa categoría que se han registrado a lo largo de los últimos 10 años dentro de la aviación chilena, es que surgen las siguientes preguntas: ¿Existe alguna base de datos que categorice a estos accidentes y efectué una estadística de sucesos?, ¿Entre estos sucesos existe alguna correlación con la organización y alguna similitud con otros eventos acontecidos anteriormente?, ¿La investigación de accidentes en Chile abarca de alguna forma los factores organizacionales presentes que pueden contribuir a la causa de un accidente?, este trabajo tiene como objetivo el responder estás interrogantes y proponer un esquema de investigación.

Capítulo 1

Antecedentes Generales

1.1 JUSTIFICACIÓN

Para realizar las investigaciones en la materia de los accidentes e incidentes aéreos la DGAC trabaja con la DAR 13 (2021), que es la normativa nacional símil al Anexo 13 (2016) presentado por la OACI, en este documento estatal se establece que la DGAC será la encargada de la investigación de los accidentes o incidentes (DGAC, 2021).

El capítulo 5 de esta norma, estipula que la investigación de la DGAC abarca los siguientes puntos (DGAC, 2021):

- La recopilación, el registro y el análisis de toda la información pertinente sobre el accidente o incidente.
- La protección de determinados registros de las investigaciones de accidentes e incidentes de conformidad con lo dispuesto en el numeral 5.12[1].
- Si corresponde, la publicación de recomendaciones sobre seguridad operacional.
- De ser posible, la determinación de las causas y/o factores contribuyentes, y
- La redacción del informe final.

Si bien el proceso de investigación realizado por la DGAC cumple con lo requerido por la normativa nacional, efectuando cada uno de los puntos mencionados, este solo se enfoca en lo que es el accidente, buscando factores alicientes a esté de un modo en el cual estos contribuyan para un cierre de la investigación, esclareciendo de alguna forma unidireccional la causa del accidente y sus factores contribuyentes sin concentrarse en las ramas del problema que pueden haber contribuido a este evento, es por eso que en el proceso de investigación al tratar de buscar ese objetivo se pierde la perspectiva de otros factores que pueden haber contribuido a las causas que llevaron al evento siendo estás del tipo organizacional, tecnológico, ambiental o bien por algún factor humano detonante, por lo que con este tipo de acciones se generan ciertas incompatibilidades entre lo que es

[1] Corresponde al punto 5.12 de la normativa DAR 13, en este inciso se explica cómo se debe efectuar la protección de los diferentes registros obtenidos de las investigaciones de accidentes e incidentes. Para más información visitar: https://www.dgac.gob.cl/normativa/reglamentacion-aeronautica/reglam-aeronautica/ [Revisado al 11 de Diciembre del 2021]

recomendado por la OACI y lo ejecutado por la DGAC.

El propósito de este trabajo es generar las recomendaciones pertinentes que permitan generar un aprendizaje del accidente acontecido para que de esta forma se pueda reducir la probabilidad de que un evento de características similares vuelva a acontecer, además se busca trabajar con la data de modo de crear en base a la estadística una estandarización de los eventos ocurridos en la aviación nacional, en adición a esto, la idea de trabajar con data se ve reflejada en la posibilidad de registrar los eventos de tal forma de que se pueda trazar un patrón entre los eventos acontecidos y establecer una relación entre ellos ya que no todos los accidentes o incidentes son aleatorios, sino que algunos tienen una cierta tendencia que se manifiesta en un momento en particular, es por ello que la data permitiría identificar ese momento en el que mayormente ocurren y bajo qué circunstancias se activan, para de esta forma aprender de ellos y buscar mejorar las barreras ya existentes este tipo de eventos.

En el caso de la documentación es necesario utilizar lo que recomienda la OACI para la investigación de accidentes y como respaldo se indagara en los informes provenientes de las diferentes Agencias de Investigación de Accidentes del mundo en adición a técnicas que se puedan obtener de los procesos de investigación de otras industrias fuera de la aeronáutica.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia del proceso de investigación de accidentes de aviación, en relación con determinar causas raíces en distintos niveles del Sistema Aeronáutico Nacional (SAN).

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ESTUDIAR el actual proceso de investigación de accidentes, y sus resultados.
- ANALIZAR los resultados del proceso de investigación de accidentes desde la metodología HFACS.
- PROPONER mejoras al proceso de investigación de accidentes, con un plan de implementación.

1.4 METODOLOGÍA

Este documento está respaldado en base a las investigaciones de accidentes realizados por la DGAC a lo largo de los últimos años, sobre sucesos acontecidos por aeronaves con matrícula chilena en el territorio nacional y en adición a esto se cuenta con la información de distintos acontecimientos internacionales publicada por los diferentes organismos de investigación extranjeros.

El trabajo se abordará en tres partes, contando con la primera en donde se recopilara información de los diferentes informes entregados por la DGAC, analizándolos y estableciendo recomendaciones para cada caso, y en base a lo recopilado, se creará una base de datos y se comparan estos resultados con los presentados por otras agencias de investigación internacional como la National Transportation Safety Board (NTSB) de Estados Unidos, la Japan Transport Safety Board (JTSB) que está en Japón, la Swedish Accident Investigation Authority (SHK) ubicada en Suecia y con lo que recomienda la OACI diagnosticando el tipo de metodología de investigación con la que cuenta la DGAC y qué procesos deberían mejorar. Por otro lado, se pretende comparar el proceso de investigación aéreo de accidentes de Chile con el presentado por otras industrias, para de esta forma evaluar posibles nuevas ideas que sean aplicables a la aviación.

Para el segundo punto una vez identificado los documentos y que tan viable es el trabajar en base a estos, se crearán posibles recomendaciones para los procedimientos de investigación, métodos de trabajo y análisis a utilizar, la idea es poder recomendar una alternativa a la metodología utilizada actualmente. Después de todo este proceso se termina con la idea de análisis de recopilación, de estandarización y establecimiento de costos que conlleva el realizar este tipo de reestructuración para la metodología actual.

Se destaca el hecho de que se genera una propuesta para lo que es la metodología de investigación utilizada y se busca reflejar esto en los informes de accidentes, más allá de eso se puede discutir en un pequeño inciso si la DGAC es una organización que está trabajando acorde a lo recomendado, estableciendo si las recomendaciones y conclusiones son adecuadas para lo que son los accidentes e incidentes acontecidos, pero no es el objetivo principal de esta memoria.

Para este trabajo se debe cumplir con las siguientes etapas:

- Realizar una investigación para obtener resultados que permitan concluir y construir un contexto para lo que son los incidentes y accidentes aéreos en Chile, clasificándolos en diversas categorías que permitan crear una base de datos de fácil acceso que permita determinar con mayor facilidad las causas de los accidentes aéreos acontecidos en el país para que de esta forma se pueda evaluar la respuesta, conclusiones o comentarios entregados por los expertos designados de la DGAC.
- Indagar sobre los departamentos extranjeros encargados de la investigación de accidentes y los documentos establecidos por la OACI, colocando como relevancia si es que el organismo es dependiente de alguna entidad y que métodos de trabajo se poseen con el objetivo de poder comparar las semejanzas y diferencias que puedan tener con el organismo nacional, además de buscar en otras industrias el cómo se gestiona el riesgo, investigación de accidentes y la realización de los reportes en base a la normativa que se presenta en esos sectores para de esta forma poder obtener recomendaciones a aplicar en la aviación chilena.
- Establecer una propuesta a seguir de cómo se podría mejorar la eficacia del proceso de investigación establecido por la DGAC, la forma en que debería estar elaborada sus métodos de trabajo, herramientas a utilizar, basándose en ejemplos de organizaciones extranjeras, recomendaciones de la OACI y el comportamiento de otras industrias.
- Estimar un presupuesto de los costos asociados que tendría el implementar estas mejoras, tal es el caso de contrataciones de personal, capacitaciones, viáticos y equipamiento en caso de ser necesario.

1.5 ALCANCE

Para esta memoria los límites que tiene esta memoria se dividirán en tres puntos que ayudarán a entender lo que plantea abarcar este documento, lo que se presenta bajo las siguientes clasificaciones:

- Exploratorio, porque se respalda en el estudio, investigación y análisis de las normativas vigentes en las que se basan para la investigación de accidentes aéreos dentro de Chile y el resto del mundo.
- Analítico, bajo los resultados y conclusiones de informes previos a la realización de esta memoria, se buscará resolver las interrogantes planteadas a la hora de crear este documento y el cumplir con los objetivos propuestos.
- Temporal, trabajando bajo un límite temporal de 10 años, partiendo en el 2010 y finalizando en el 2020.

Estos puntos están centrados en el proceso de investigación de la DGAC y se buscará resolver las interrogantes planteadas a la hora de crear este documento y el cumplir con los objetivos propuestos.

1.6 VIABILIDAD

El documento se ira desarrollando en base a la investigación realizada sobre los organismos internacional involucrados en el área de la aviación, la investigación de accidentes y la gestión de riesgo ejecutada en otras industrias, además de contar con la indagación de normativas presentes en documentos dentro y fuera de la aviación como:

- Documento 9756 de la OACI (Metodología de investigación de accidentes).
- Documento 9962 de la OACI (Manual de investigación de accidentes e incidentes políticas y procedimientos).
- Anexo 13 de la OACI.
- Circular 298 AN/172 de la OACI.
- Norma DAR 13 de la DGAC de Chile.
- Procedimiento Aeronáutico DAP 13-02 de la DGAC de Chile.
- Procedimiento Aeronáutico DAP 13-04 de la DGAC de Chile.
- Informes de accidentes de la DGAC.
- Informes de accidentes de organismos internacionales de investigación (NTSB, JTSB, SHK).

- Investigación y análisis de accidentes en el sector del transporte terrestre de la NTSB.
- Modelo del queso suizo de James Reason.

Como los archivos reunidos tienen un carácter de ser abiertos para todo público, el trabajo se puede considerar viable gracias a la documentación recopilada.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 ERROR HUMANO – JAMES REASON

Definición

"El error humano es un tema muy amplio, tan extenso como el que abarca el término actuación humana. Pero esto se puede reducir al menos de dos maneras. El tema puede tratarse de una manera amplia pero superficial, con una cobertura amplia, aunque superficial de muchos tipos de errores bien documentados. O bien, se puede hacer un intento por forjar una porción estrecha pero relativamente profunda, intercambiando la amplitud por la oportunidad de llegar a algunos de los principios más generales de la producción de errores" (Reason J. , Human Error, 1990).

Los errores significan cosas diferentes. Para la teoría cognitiva, ofrece pistas importantes sobre los procesos de control encubiertos que subyacen a la acción humana rutinaria. Para los profesionales aplicados, siguen siendo la principal amenaza para la operación segura de tecnologías de alto riesgo. Mientras que a los teóricos les gusta recopilar, cultivar y categorizar los errores, en la práctica están más interesados en su eliminación y, cuando esto falla, en contener sus efectos adversos mediante diseños tolerantes al error.

Errores de variables y constantes

A pesar de que puede ser posible aceptar que los errores no son ni tan numerosos ni tan variados como podrían parecer a primera vista, la idea de un error predecible es difícil de creer. Si estos fueran predecibles, seguramente se tomarían medidas para evitarlos. Sin embargo, todavía ocurren, por lo que es válido preguntar, ¿Qué es en verdad un error predecible?

Considere los dos objetivos que se muestran en la Ilustración 2-1. Ambos muestran un patrón de diez disparos, uno disparado por el tirador A, el otro por el tirador B. A colocó sus disparos alrededor de la diana, pero la agrupación de estos es pobre. Mientras que los disparos de B cayeron en una agrupación acertada, pero teniendo una cierta distancia de la diana.

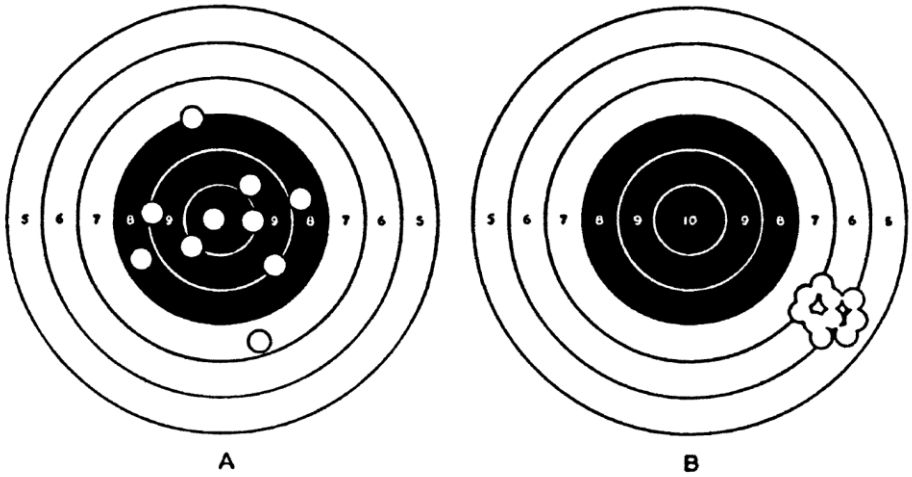


Ilustración 2-1: Patrones de objetivos de diez disparos de dos tiradores. El patrón de A no presenta un error constante, sino errores variables grandes. Mientras que el patrón de B muestra un gran error constante, pero pequeños errores variables. Fuente: Libro Human Error; James Reason.

Estos patrones nos permiten distinguir entre dos tipos de error: errores variables y constantes. Los patrones de A: No presentan un error constante, solo una gran cantidad de errores variables observado en la dispersión de los tiros. B en cambio muestra lo contrario: numerosos tiros erróneos siendo errores constantes concentrados en una única zona de la diana, pero que cuenta con una pequeña cantidad de errores variables. En este ejemplo, la variabilidad se revela por la extensión de los disparos individuales y proporciona una indicación de la consistencia de disparo del tirador. El error constante, por otro lado, viene dado por la distancia entre el promedio del grupo y el centro del objetivo.

¿Qué nos dicen estos patrones? Por las puntuaciones pareciera que el participante A es un mejor tirador, logrando un total de 88 aciertos frente a los 61 de B. Pero este no es el caso, debido a las agrupaciones presentadas en los tiros. Una perspectiva más asertiva sería que A es un tirador bastante inestable con disparos alineados con precisión, mientras que B es un tirador experto cuyos disparos están fuera de lugar debido a un mal ajuste de la mira del arma.

También es evidente que los errores de estos dos tiradores difieren considerablemente en su grado de previsibilidad. Efectuando diez disparos cada uno, con B todavía apuntando al centro del objetivo y sin ajustar su puntería, podríamos decir con un alto grado de confianza el paradero de sus disparos, pero en cambio la variabilidad de los disparos de A hace imposible un pronóstico seguro. La diferencia es muy clara: en el caso de B, tenemos una teoría que explicará la naturaleza de su constante error, al saber, que es un excelente tirador que tiene una mira desajustada. En el caso de A, la teoría barajada es que tiene tiros precisos, pero cuenta con una mano temblorosa, lo que no permite una predicción clara de dónde caerán sus disparos. Se puede anticipar una agrupación pobre y tener alguna idea de su extensión, pero eso es todo.

Este sencillo ejemplo demuestra que la precisión con la que se predicen los errores depende en gran medida del grado de comprensión de los factores que originan los errores. Esto requiere una teoría que relacione los tres elementos principales en la producción de un error: la naturaleza de la tarea y sus circunstancias ambientales, los mecanismos que gobiernan el desempeño y la naturaleza del individuo. Por tanto, una teoría adecuada es aquella que nos permite pronosticar tanto las condiciones en las que se producirá un error como la forma particular que adoptará.

El modelo del queso suizo

Las defensas, barreras y protecciones ocupan una posición clave en el enfoque del sistema. Esto se ve demostrado en los equipos de alta tecnología los cuales tienen muchas capas defensivas: algunos están diseñados con alarmas, barreras físicas, apagados automáticos, entre otros sistemas defensivos, en cambio otros dependen del personal o bien de los procedimientos y controles administrativos. La función de estos sistemas es proteger a las potenciales víctimas y los activos de los peligros locales. La mayoría de las veces lo hacen de forma efectiva, pero siempre existen debilidades presentes que podrían vulnerar estos sistemas.

Los sistemas se comportan de una forma similar a rebanadas de queso suizo, aunque a diferencia del queso, estos agujeros se abren, cierran y cambian continuamente de

ubicación. La presencia de agujeros en cualquier “rebanada” normalmente no causa un mal resultado. Esto puede suceder solo cuando los agujeros en muchas capas se alinean momentáneamente para permitir una trayectoria que, de oportunidad a un accidente, lo que hace que los peligros entren en contacto dañino con las víctimas. Estos huecos en las defensas surgen por dos motivos: fallas activas y condiciones latentes, en donde casi todos los eventos adversos involucran una combinación de estos dos conjuntos de factores.

Las fallas activas son los actos inseguros cometidos por personas que están en contacto directo con el paciente o sistema, estas adoptan una variedad de formas (errores, violaciones, fallas, deslices y lapsos), tienen un impacto directo y generalmente son de corta duración en la integridad de las defensas. Un buen ejemplo de esto es Chernobyl, en donde los operadores violaron erróneamente los procedimientos de la planta y apagaron los sucesivos sistemas de seguridad, creando así el detonante inmediato de la catastrófica explosión en el núcleo. Los seguidores del enfoque humano no suelen buscar más causas de un acontecimiento adverso una vez que han identificado estos actos inseguros próximos. Pero, como se explica más adelante, prácticamente todos esos actos tienen una historia causal que se remonta en el tiempo y se extiende a través de los niveles del sistema.

Las condiciones latentes son los inevitables “patógenos residentes” dentro del sistema los cuales surgen de decisiones tomadas por diseñadores, constructores, redactores de procedimientos y la gerencia de alto nivel. Tales decisiones pueden ser erróneas, pero no es necesario que lo sean. Por lo que cada una de estas decisiones estratégicas tienen el potencial de introducir patógenos en el sistema. Debido a esto las condiciones latentes tienen dos tipos de efectos adversos que pueden traducirse en condiciones que provocan errores dentro del lugar de trabajo local (presión por el tiempo, falta de personal, equipo inadecuado, fatiga e inexperiencia) y por otro lado pueden crear agujeros duraderos o debilidades en las defensas (alarmas e indicadores poco fiables, procedimientos inviables, deficiencias de diseño y construcción, entre otros factores contribuyentes). Las condiciones latentes, pueden permanecer inactivas dentro del sistema durante muchos años antes de que se combinen con fallas activas y desencadenantes locales para crear

una oportunidad de accidente. A diferencia de las fallas activas, cuyas formas específicas a menudo son difíciles de prever, las condiciones latentes se pueden identificar y remediar antes de que ocurra un evento adverso. Por lo que comprender esto conduce a una gestión de riesgos proactiva en lugar de una reactiva.

2.2 MODELOS DE ANÁLISIS DE CAUSA

Árbol de Causas

El método del árbol de causas; "Es una técnica de investigación de los accidentes basada en un análisis retrospectivo de las causas, en el que se representa de forma gráfica la secuencia de causas que determinaron la ocurrencia del accidente" (OIT, 2019).

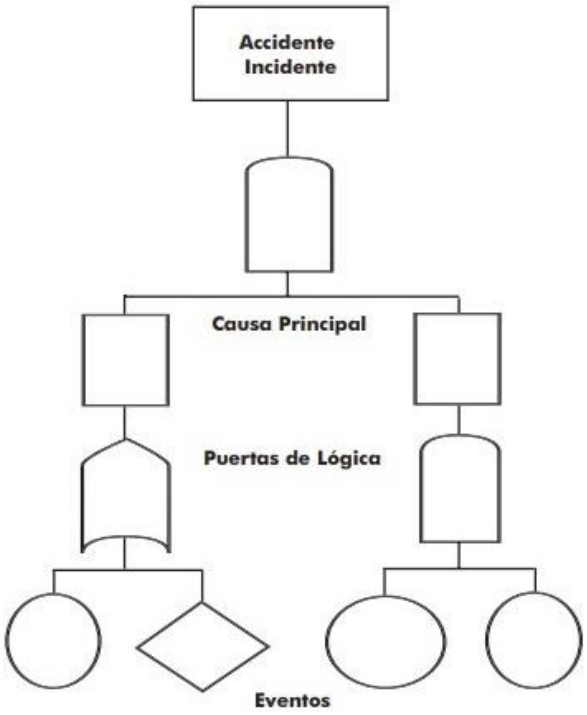


Ilustración 2-2: Esquema representativo del modelo de análisis de causas Árbol de Causas. Fuente: Organización Internacional del Trabajo.

Se apoya en un concepto multicausal del accidente, que permite precisar y profundizar en el análisis causal, a través de un diagrama que refleja la reconstrucción de la cadena de causas o hechos causales que dieron lugar al accidente, indicando las conexiones cronológicas y lógicas existentes entre ellos.

Este proceso inicia con la recopilación de información, y a través de la formulación de preguntas predeterminadas se inicia el análisis retrospectivo de las causas, cuyo proceso va remontando su búsqueda hasta completar el árbol, que finalizará cuando:

a) Se identifiquen las situaciones primarias del accidente que no precisan de otras anteriores para ser explicadas, es decir que las respuestas ya no permiten progresar en el conocimiento de los acontecimientos.

b) Debido a una recolección de datos incompletos o incorrectos, se desconozcan los antecedentes que propiciaron una determinada situación de hechos.

En el árbol de causas se reflejan gráficamente todos los hechos recogidos y las relaciones que existen entre ellos, lo que facilita la detección de las causas del accidente, incluso aquellas aparentemente ocultas y/o no directamente ligadas al suceso y que el proceso metodológico ayuda a descubrir y relacionar, utilizando para ello una lógica de razonamiento que sigue un camino ascendente y hacía atrás en el tiempo en el que se identifican y estudian las fallas que han provocado el accidente y sus consecuencias. Tal metodología permite:

- Confrontar los hechos de manera rigurosa.
- Facilitar una mejor gestión de la prevención y como consecuencia una disminución del número de accidentes.
- Una participación colectiva de los trabajadores de la empresa en el análisis de las causas de los accidentes y las medidas preventivas y de mitigación si corresponde.
- Eliminar la lógica de buscar “culpables” y en su lugar implementa la lógica de buscar “causas”.

La construcción del árbol de causas consta de tres etapas, siendo la primera la “recolección de la información”, la segunda “la construcción del árbol” y la tercera la “administración de la información”, cuyas características son las siguientes:

- **Primera etapa: Recolección de la información**

  La recolección de información es el punto de partida para una buena investigación del accidente. Si la investigación es incompleta, no se identificarán todas las causas que intervinieron y no se podrá efectuar un programa preventivo que permita eliminar o mitigar todos los factores de riesgos intervinientes.

  Para efectos de realizar la investigación del accidente, es necesario planificar todas las acciones por seguir, evitando con ello la improvisación, considerando incluso los posibles problemas que se puedan presentar en la investigación y sus soluciones.

  En la etapa de recolección de información se distingue una fase preparatoria, donde el investigador, antes de constituirse en el lugar del accidente, recaba toda la información disponible y los instrumentos que utilizará, y una fase de recolección de información propiamente dicha.

- **Segunda etapa: Construcción del árbol.**

  Recopilada la información, se procede a su organización, para lo cual se hace un listado de los hechos que desencadenaron el accidente. Respecto a esto, es necesario tener presente que algunos de los hechos deberán volver a ser investigados, por lo cual la lista no debe ser cerrada, si no abierta. El árbol de causas se construye siempre partiendo desde el último hecho, es decir, desde la lesión o daño, esto permite relacionar todos los hechos causantes del accidente en forma lógica y ordenada, en una representación gráfica, que facilita la comprensión y el análisis.

- **Tercera etapa: Administración de la información.**

  Una vez determinados los hechos que ocasionaron el accidente y su representación gráfica en el árbol de causas, se debe diseñar e implementar un programa de trabajo que considere un enfoque preventivo, la participación y el diálogo social, además de la mejora continua.

Para diseñar e implementar el programa de gestión de riesgos que pueden causar un accidente, se requiere analizar cada rama del árbol, observando las causas que se encuentran en los extremos, es decir, las primeras fallas o hechos ocurridos en el orden cronológico. Al eliminar esas fallas, aplicando medidas correctivas, seguramente el resto de los hechos encadenados que figuran en cada rama ya no se repetirán, y, por lo tanto, se evitará la ocurrencia de otro accidente igual o semejante en ese puesto o sector de trabajo. Las medidas que se implementen para eliminar o prevenir los factores de accidentes podrán ser de carácter correctivas o preventivas, además debiendo administrar medidas de seguimiento.

Método del Diagrama de Causa y Efecto

"Es una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado" (FUNDIBEQ, 2002).

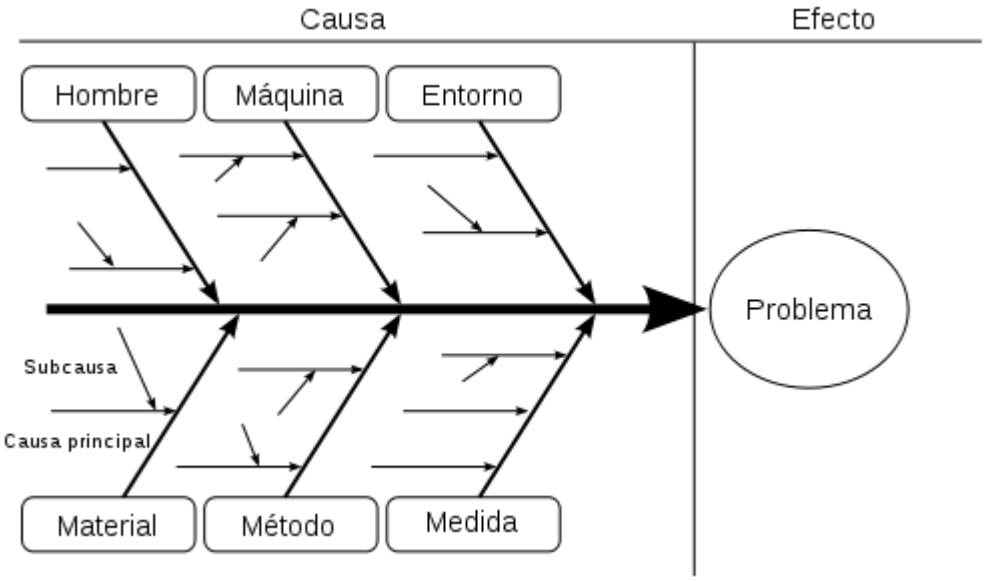


Ilustración 2-3: Representación gráfica del modelo de análisis de Causa – Efecto de Ishikawa. Fuente: Fundibeq.

Se caracteriza por ser un modelo de una naturaleza que genera un Impacto Visual, es decir muestra las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara,

precisa y de un solo punto de vista. Por otro lado, posee una capacidad de comunicación mostrando las posibles correlaciones entre la causa-efecto que existan, permitiendo una mejor comprensión del fenómeno en estudio, incluso en situaciones muy complejas.

Para la construcción de este proceso es necesario que su confección sea establecida en diversas etapas, cada una de estas aporta información y expande la capacidad de análisis. Cada paso efectuado debe caracterizarse por ser de la siguiente forma:

- **Paso 1:**

  Definir de forma sencilla y breve, el efecto o fenómeno cuyas causas han de ser identificadas. Para lograr esto el efecto debe ser:

  a) Específico: Para que no sea interpretado de diferente forma por los miembros del grupo de trabajo, y para que las aportaciones se concentren sobre el auténtico efecto a estudiar.

  b) No sesgado: Con el fin de no excluir posibles líneas de estudio sobre el efecto objeto del análisis. Para esto es conveniente definirlo por escrito especificando que es lo que incluye y excluye.

- **Paso 2:**

  Colocar el efecto o fenómeno de análisis en un rectángulo a la derecha de la superficie de escritura y dibujar una flecha, que corresponderá al eje central del diagrama, de izquierda a derecha, apuntando hacia el efecto.

- **Paso 3:**

  Identificar las posibles causas que contribuyen al efecto o fenómeno de estudio. Atendiendo a las características y particularidades del grupo de trabajo y a las del problema analizado, se decidirá cuál de los dos enfoques existentes para desarrollar este paso es el más adecuado:

En el caso de utilizar la Tormenta de Ideas la lista resultante de la sesión será la fuente primaria para utilizar en los siguientes pasos de construcción del diagrama.

En el caso de utilizar un proceso lógico paso a paso, la fuente primaria serán los propios componentes del grupo, aportando sus ideas según se va construyendo el diagrama.

- **Paso 4:**

Identificar las causas principales e incluirlas en el diagrama.

a) En primer lugar se identificarán las causas o clases de causas más generales en la contribución al efecto.

Esta clasificación será tal que cualquier idea de los miembros del grupo podrá ser asociada a alguna de dichas causas.

b) En segundo lugar se escriben en un recuadro y se conectan con la línea central según la figura siguiente.

- **Paso 5:**

Añadir causas para cada rama principal.

En este paso se rellenan cada una de las ramas principales con sus causas del efecto enunciado, es decir con causas de las causas principales. Para incluir estas en el diagrama se escriben al final de unas líneas, paralelas a la de la flecha central, conectadas con la línea principal correspondiente.

- **Paso 6:**

Añadir causas subsidiarias para las subcausas anotadas. Cada una de estas causas se coloca al final de una línea que se traza para conectar con la línea asociada al elemento al que afecta y paralela a la línea principal o flecha central. Este

proceso continúa hasta que cada rama alcanza una causa raíz, la cual se considera como una sí:

a) Es causa del efecto que estamos analizando

b) Es controlable directamente.

- **Paso 7:**

Comprobar la validez lógica de cada cadena causal. Para cada causa raíz "leer" el diagrama en dirección al efecto analizado, asegurándose de que cada cadena causal tiene sentido lógico y operativo. Un ejemplo de esto sería la siguiente afirmación:

a) Incorrecto: “Un error de lectura es causa de la fatiga, que es causa de un error en el número codificado”.

b) Correcto: “La fatiga es causa de un error de lectura, que es causa de un error en el número de codificado”

Este análisis asegura que la ordenación es correcta y también puede ayudar a identificar factores causales intermedios u omitidos.

- **Paso 8:**

Comprobar la integración del diagrama. Finalmente se debe comprobar, en una visión de conjunto del Diagrama la existencia de ramas principales que:

a) Tienen menos de 3 causas.

b) Tienen, apreciablemente, más o menos causas que las demás.

c) Tienen menos niveles de causas subsidiarias que las demás.

La existencia de alguna de estas circunstancias no significa un defecto en el diagrama, pero sugiere una comprobación a fondo del proceso.

- **Paso 9:**

  Conclusión y resultado. El resultado de la utilización de esta herramienta es un diagrama ordenado de posibles causas (teorías) que contribuyen a un efecto.

Interpretación

Un Diagrama Causa-Efecto proporciona un conocimiento común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle. Para esto, el utilizar este diagrama ayuda a organizar la búsqueda de causas de un determinado fenómeno, pero no las identifica y no proporciona respuestas a preguntas. En base a esto pueden surgir posibles problemas y deficiencias de interpretación:

a) La más grave de las posibles falsas interpretaciones del Diagrama Causa-Efecto, es confundir esta disposición ordenada de teorías con los datos reales. Este diagrama es útil para desarrollar teorías, representar y contrastar su consistencia lógica, pero no sustituye su comprobación empírica.

b) Construcción del Diagrama sin un análisis previo de los síntomas del fenómeno objeto de estudio. En tales casos el efecto descrito puede ser muy general y estar mal definido por lo que el diagrama resultante sería innecesariamente grande, complejo y difícil de utilizar.

c) Deficiencias en el enunciado (sesgos) que limiten las teorías que se exponen y consideran, pudiendo pasar por alto las causas reales que contribuyen al efecto.

d) Deficiencias en la identificación y clasificación de las causas principales. Esta clasificación está íntimamente ligada con la capacidad de la herramienta para la organización eficaz de la búsqueda de causas reales.

Utilidad

Debido a las características principales que presenta la construcción de un diagrama de Causa y Efecto, este puede ser muy útil cuando:

- Se quiere compartir conocimientos sobre múltiples relaciones de causa y efecto.

Asimismo, por ser una ordenación de relaciones lógicas, es una herramienta frecuentemente utilizada para:

- Obtener teorías sobre relaciones de causa-efecto en un proceso lógico paso a paso.
- Obtener una estructuración lógica de muchas ideas "dispersas", como una lista de ideas resultado de una Tormenta de Ideas.

Por otro lado, puede ser usado en las fases de un proceso de solución de problemas, en tres puntos en los que la construcción de un Diagrama Causa-Efecto puede resultar de mucha utilidad:

- En la fase de diagnóstico durante la formulación de posibles causas del problema.
- En la fase de corrección para considerar soluciones alternativas.
- Para pensar de forma sistemática sobre las posibles resistencias en la organización a la solución propuesta.

Nudo de Corbata (Bow-Tie)

"El análisis Bow-Tie es una manera esquemática de describir y evaluar la ruta de un riesgo, desde las causas iniciadoras hasta las consecuencias finales" (PS&M, 2019). Acorde al mismo nombre es un diagrama que se presenta en una forma similar a lo que es una corbata, este modelo es enseñado en la Ilustración 2-4, el cual resulta de la combinación de dos técnicas: un árbol de fallas que permite analizar las causas del evento y un árbol de eventos analizando las consecuencias, esto permite visualizar el riesgo que se está enfrentando en una sola perspectiva que resulta de fácil entendimiento, creando una distinción clara entre lo que es la gestión de riesgos preventiva y reactiva, este esquema permite una visión general de los múltiples escenarios posibles resumida en una única imagen. En sí da una explicación sencilla e ilustrativa de un riesgo que de otras formas sería mucho más complejo de enseñar. Sin embargo, el enfoque de este método se encuentra en las barreras preventivas existentes entre las causas y el riesgo; y lo que son las barreras mitigantes existentes entre el riesgo y las consecuencias. Para elaborar un

diagrama de esta naturaleza se trabaja a partir de diversos análisis y la técnica conocida como lluvia de ideas.

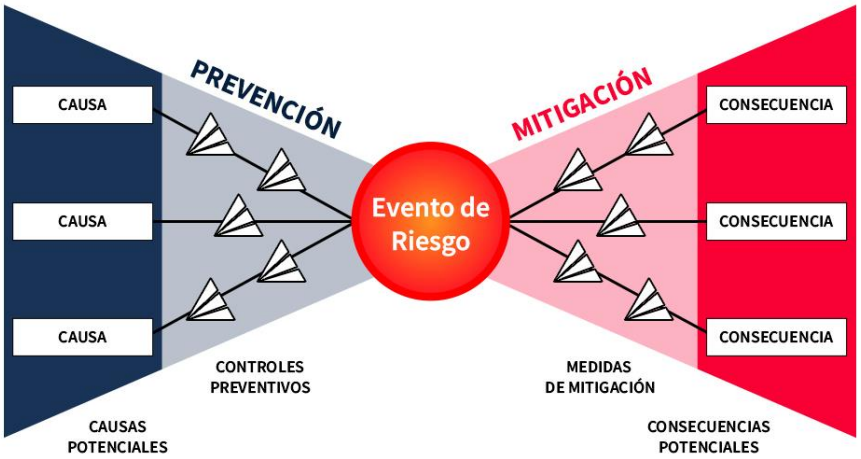


Ilustración 2-4: Representación ilustrativa del modelo de análisis de causas Bow-Tie. Fuente: Process Safety & Management.

Identificación de Causas Potenciales

El principio de cualquier esquema de tipo Bowtie son las Causas Potenciales o Peligros Potenciales. Se definen como algo que tiene el potencial de causar daño, en el entorno o en la organización. Trabajar con sustancias peligrosas, manejar cualquier tipo de vehículo o aeronave, o almacenar información importante son ejemplos de elementos que pueden contener peligros potenciales para una organización. El objetivo de las causas potenciales es encontrar las cosas o aspectos que forman parte de su organización y que podrían tener un impacto negativo si se pierde el control sobre ellos. Los peligros deben considerarse como una situación normal dentro de la organización. Mientras que los demás elementos que componen un diagrama Bowtie se dedican a mantener los peligros bajo control para que no se conviertan en algo indeseado. Hay que tener en cuenta que el primer paso es siempre el más difícil, ya que requiere la identificación de los diferentes peligros que pueden estar presentes. Por lo general, el punto de partida puede ser, por ejemplo; un estudio HAZID, que proporciona una larga lista de todos los peligros posibles. Por esta razón, los análisis Bowtie se realizan sólo para aquellos peligros que tienen un alto potencial de causar daños. Lo ideal en estos casos es hallar entre 5 y 10 causas potenciales.

Definición del Evento de Riesgo

Una vez identificado las causas potenciales, el siguiente paso es definir el Evento de Riesgo o Top Event. Este es el momento en que se pierde el control sobre los peligros. No hay daño o impacto negativo aún, pero es inminente. Esto significa que el Top Event ocurre solo antes que arranquen los futuros eventos que causarán daño real. Sin embargo, la formulación del Top Event debe dar respuesta a la pregunta ¿cuál es el momento exacto en que se pierde el control? Significa que en gran medida es una elección subjetiva y pragmática. A menudo, el Evento de Riesgo se reformula después de que las partes restantes del análisis Bowtie se hayan terminado. No es necesario preocuparse demasiado al principio de la formulación. Ya que se puede comenzar con una definición genérica como una "pérdida de control" y volver a revisarla un par de veces durante el proceso de confección de Bowtie para afinar su formulación.

Amenazas

Las amenazas son las causantes de la ocurrencia del Evento de Riesgo y asociado a este suceso pueden existir múltiples antecedentes con esta denominación. Por lo que para trabajar con este tipo de información se debe evitar el uso de formulaciones genéricas como; "error humano", "falla del equipo" o "condiciones climáticas" ya que estás no aportan datos que sean relevantes para el estudio realizado. En cambio, es necesario formular preguntas complejas tales como; ¿Cómo contribuye una persona para que ocurra un Evento de Riesgo?, ¿Se ajusta la pieza al equipo?, ¿Cuáles condiciones climáticas han influido? Al ser planteadas de esta forma, este tipo de interrogantes pueden ser específicas para lo que es requerido en el análisis.

Consecuencias Potenciales

Las consecuencias son el resultado del Evento de Riesgo. Puede haber más de una consecuencia para cada Top Event y al igual que con las amenazas, se tiende a cometer el error de centrarse en categorías genéricas en lugar de describir eventos específicos. Por esta razón, es necesario no centrarse en condiciones tales como; lesiones / fatalidad, daño del activo, daño ambiental, daño de la reputación o daño financiero. Porque esas

categorías de daño son muy amplias. En su lugar, hay que intentar describir sucesos con consecuencias concretas, como; “vehículo volcado”, “derrame de petróleo en el mar” o “formación de nubes tóxicas”. Ya que además de contener información más precisa, esto también ayudará a considerar aspectos más particulares a la hora de trabajar con las barreras. De este modo, se puede pensar de forma particular en cómo se quiere evitar el suceso. Por ejemplo, un “daño medioambiental” frente a un “derrame de petróleo en el mar”. Este último es un escenario real que facilita mucho la elaboración de barreras específicas para una situación determinada.

Perspectiva

En esta etapa se tiene una clara comprensión de los riesgos y lo que se necesita para ser controlados. El Peligro, el Evento de Riesgo, las Amenazas y las Consecuencias nos dan una visión general de todo lo que no queremos suceda una determinada contingencia. Cada línea a través del modelo Bowtie representa un potencial evento distinto. Además de contener escenarios de sucesos que ya podrían haber ocurrido, parte de la fortaleza de Bowtie es que también puede considerar los escenarios de riesgos que no se han producido todavía, lo que hace que este tipo de enfoque sea muy proactivo.

Controles Preventivos y Medidas de Mitigación

Las barreras aparecen en ambos lados del modelo Bow-Tie. Siendo los Controles Preventivos el tipo de barrera que irrumpe en el escenario para que las amenazas no den lugar a un Evento de Riesgo, mientras que las Medidas de Mitigación son las barreras que impiden que este tipo de sucesos se conviertan en una Consecuencia.

Hay diferentes tipos de barreras, que son principalmente una combinación de la conducta humana, y/o hardware y/o tecnología. Una vez identificadas, se tiene una comprensión básica de cómo se gestionan los riesgos. Por lo que se puede construir sobre esta estructura básica y profundizar mucho más en la comprensión de dónde están las debilidades. Las barreras pueden ser extendidas en su función y desempeño, por ejemplo; en la efectividad que estás poseen, lo que permite evaluar el grado de desempeño que tienen estás medidas. Después de haber realizado esto, se pueden definir las actividades

de las barreras que se deben implementar y mantener. Esta acción es lo que se traduce en un Sistema de Gestión de Seguridad. Por otro lado, también es necesario definir quién es el responsable de asignar estás medidas de protección y su grado de criticidad, ya que esto permite aumentar la comprensión sobre cómo operan estas decisiones.

Factores de Escalamiento y Barreras de los Factores de Escalamiento

Las barreras no son perfectas, ya que hasta con el mejor hardware que se utilice, estás pueden fallar. Teniendo en cuenta este hecho, es necesario conocer en qué condiciones este tipo de medidas fallaría. Para esto, se utiliza el Factor de Escalamiento, que permite identificar cualquier acción que pueda producir una falla en un mecanismo de protección. Un ejemplo de esto es una puerta que se abre y se cierra automáticamente mediante un dispositivo eléctrico, este instrumento podría fallar en caso de presentarse algún defecto en la energía de alimentación. Debido a este inconveniente el siguiente paso lógico para gestionar los Factores de Escalamiento es crear barreras para estos, en donde las acciones llevadas a cabo para contener los inconvenientes son conocidas como las Barreras del Factor de Escalamiento. En el caso del ejemplo mencionado, una barrera de este tipo podría ser un generador de respaldo que puede ser utilizado para evitar dichos problemas.

Human Factors Analysis and Classification System (HFACS).

El Sistema de Clasificación y Análisis de Factores Humanos (HFACS) fue desarrollado por el Dr. Scott Shappell y el Dr. Doug Wiegmann. Es un marco amplio de errores humanos que fue utilizado originalmente por la Fuerza Aérea de los EE. UU. Para investigar y analizar aspectos de factores humanos de la aviación. HFACS se basa en gran medida en el modelo de queso suizo de James Reason (Reason J. , 1990). “El marco HFACS proporciona una herramienta para ayudar en el proceso de investigación y focalizar los esfuerzos de capacitación y prevención. Los investigadores pueden identificar sistemáticamente fallas activas y latentes dentro de una organización que culminaron en un accidente” (SKYbrary, 2017). El objetivo de este modelo no es culpar sino comprender los factores causales subyacentes que conducen a un accidente.

El marco de HFACS

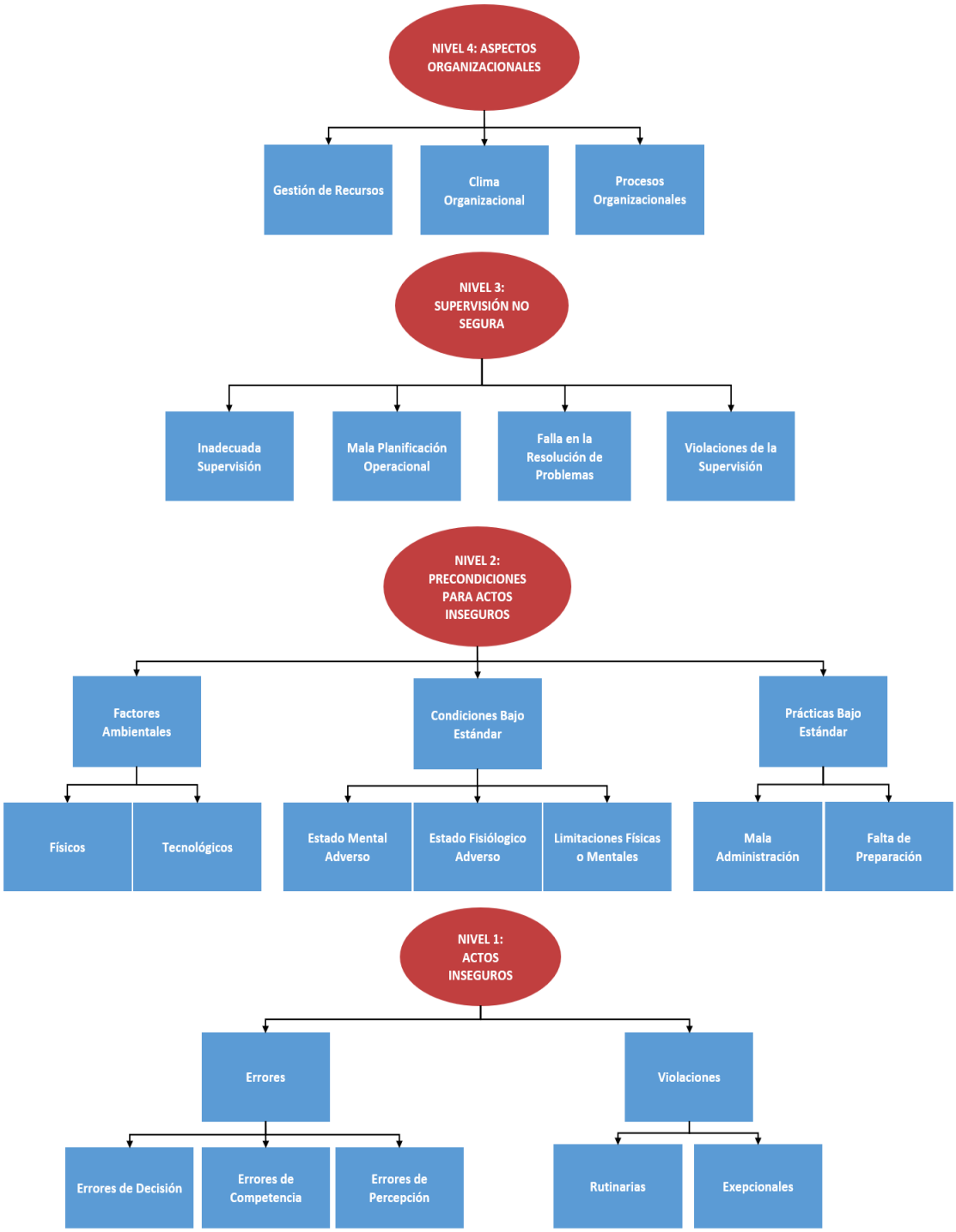


Ilustración 2-5: Esquema Marco HFACS. Fuente: Skybrary.

El marco HFACS representado en la Ilustración 2-5 describe el error humano en cada uno de los cuatro niveles de falla:

I. **Actos Inseguros por parte de los operadores (por ejemplo, tripulación aérea).**

II. **Precondiciones para Actos Inseguros (Condiciones previas).**

III. **Supervisión No Segura.**

IV. **Aspectos organizacionales (Influencias por parte de la organización).**

Dentro de cada nivel de HFACS, se desarrollaron categorías causales que identifican las fallas activas y latentes que ocurren. En teoría, ocurrirá al menos una falla en cada nivel que conducirá a un evento adverso. Si en cualquier momento previo al evento adverso, se corrige una de las fallas, se evitará el evento adverso.

La clasificación de HFACS describe cuatro niveles dentro del modelo de Reason y se describen a continuación:

Nivel 1 de HFACS: Actos inseguros

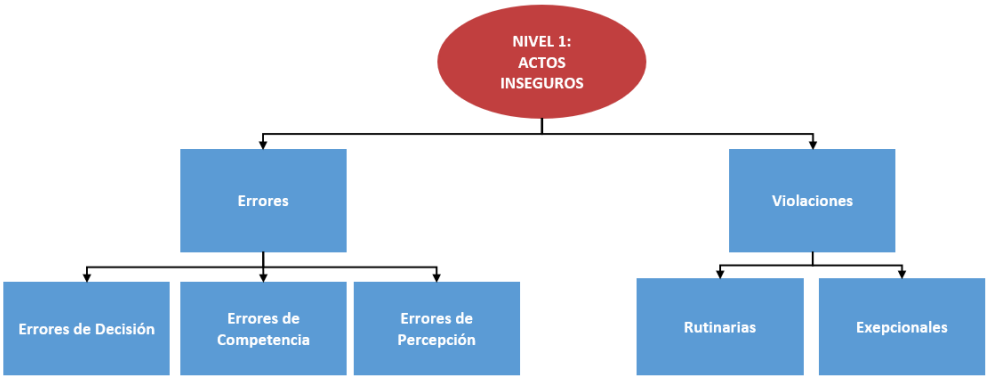


Ilustración 2-6: Nivel I del modelo de investigación HFACS.

El nivel de Actos Inseguros se divide en dos categorías:

- Errores
- Violaciones

Estas dos categorías se dividen en subcategorías. Los errores son comportamientos no intencionales, mientras que las violaciones son un desprecio deliberado de las reglas y regulaciones.

Errores

- **Errores de Decisión:** Errores que ocurren cuando los comportamientos o acciones de los operadores proceden según lo previsto, pero el plan elegido resulta inadecuado para lograr el estado final deseado y da como resultado una situación insegura (Por ejemplo; capacidad excedida, error basado en reglas, procedimiento inapropiado).
- **Errores de Competencia (basados en habilidades):** Errores que ocurren en la ejecución por parte del operador de una tarea rutinaria y muy practicada relacionada con el procedimiento, la capacitación o la competencia y dan como resultado una situación insegura (Por ejemplo; no priorizar la atención, error en la lista de verificación, hábito negativo).
- **Errores de Percepción:** Errores que ocurren cuando la entrada sensorial de un operador se degrada y se toma una decisión basada en información defectuosa.

Violaciones

- **Rutinarias:** Infracciones que son una acción habitual por parte del operador y son toleradas por la autoridad competente.
- **Excepcionales:** Violaciones que son una desviación aislada de la autoridad, que no son típicas del individuo y no son toleradas por la gerencia.

Nivel 2 de HFACS: Precondiciones para Actos Inseguros

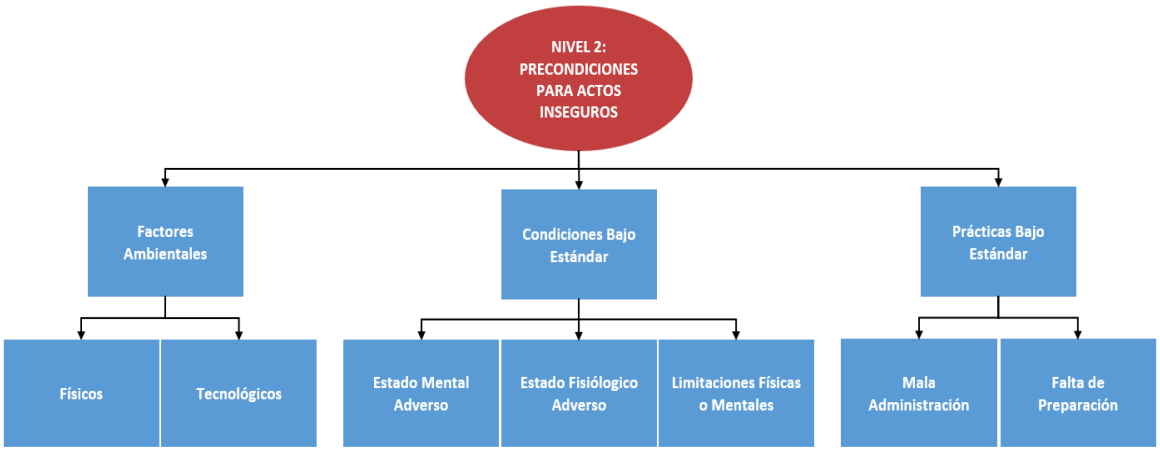


Ilustración 2-7: Nivel II del modelo de investigación HFACS.

El nivel de precondiciones para actos inseguros se divide en tres categorías:

- Factores ambientales
- Condición Bajo Estándar de los operadores
- Prácticas Bajo Estándar (Factores del personal)

Estas tres categorías se dividen a su vez en subcategorías. Los factores ambientales se refieren a los factores físicos y tecnológicos que afectan las prácticas, condiciones y acciones del individuo y que resultan en un error humano o una situación insegura. La condición bajo estándar de los operadores se refiere al estado mental adverso, el estado fisiológico adverso y los factores de limitaciones físicas o mentales que afectan las prácticas, condiciones o acciones de los individuos y dan como resultado un error humano o una situación insegura. Los factores de personal se refieren a la gestión de los recursos de la tripulación y a los factores de preparación personal que afectan las prácticas, condiciones o acciones de los individuos y dan como resultado un error humano o una situación insegura.

Factores ambientales

- **Físicos:** Hace referencia a factores que abarcan tanto el entorno operativo (Por Ejemplo; clima, altitud, terreno) como el entorno ambiental (Por Ejemplo; calor, vibración, iluminación, toxinas).
- **Tecnológicos:** Se refiere a factores que incluyen una variedad de problemas de diseño y automatización, incluido el diseño de equipos y controles, características de la pantalla / interfaz, diseños de listas de verificación, factores de tareas y automatización.

Condiciones Bajo Estándar (Factores de los Operadores)

- **Estado Mental Adverso:** Hace referencia a factores que incluyen aquellas condiciones mentales que afectan el desempeño (Por Ejemplo; estrés, fatiga mental, motivación).
- **Estado fisiológico adverso:** Son los factores que incluyen aquellas condiciones médicas o fisiológicas que afectan el rendimiento (Por Ejemplo; enfermedad médica, fatiga física, hipoxia).
- **Limitaciones físicas o mentales:** Se refiere a la circunstancia en la que un operador carece de las capacidades físicas o mentales para hacer frente a una situación y esto afecta el rendimiento (Por Ejemplo; limitaciones visuales, tiempo de reacción insuficiente).

Prácticas Bajo Estándar (Factores del Personal)

- **Mala Administración (Gestión de recursos de la tripulación):** Corresponde a factores que incluyen problemas de comunicación, coordinación, planificación y trabajo en equipo.
- **Falta de Preparación (Preparación del personal):** Se refiere a las actividades fuera de servicio necesarias para desempeñarse de manera óptima en el trabajo,

como cumplir con los requisitos de descanso de la tripulación, restricciones de alcohol y otros mandatos fuera de servicio.

Nivel 3 de HFACS: Supervisión No Segura

Ilustración 2-8: Nivel III del modelo de investigación HFACS.

El nivel de supervisión no segura se divide en cuatro categorías:

- **Inadecuada Supervisión:** El papel de cualquier supervisor es brindar a su personal la oportunidad de tener éxito, y debe brindar orientación, capacitación, liderazgo, supervisión o incentivos para garantizar que la tarea se realice de manera segura y eficiente.

- **Mala Planificación Operacional:** Hace referencia a aquellas operaciones que pueden ser aceptables y diferentes durante las emergencias, pero inaceptables durante la operación normal (Por Ejemplo; la gestión de riesgos, el emparejamiento de las tripulaciones, el ritmo operativo).

- **Falla en la Resolución de Problemas:** Se refiere a aquellos casos en los que el supervisor conoce las deficiencias, pero se permite que continúen sin resolverse (Por Ejemplo; informar de tendencias inseguras, iniciar una acción correctiva, corregir un peligro para la seguridad).

- **Violaciones de la Supervisión:** Corresponde a aquellas instancias en las que los supervisores ignoran deliberadamente las reglas y regulaciones existentes (Por

Ejemplo; incumplimiento de normas y reglamentos, peligro innecesario autorizado, documentación inadecuada).

Nivel 4 de HFACS: Aspectos organizacionales

Ilustración 2-9: Nivel IV del modelo de investigación HFACS.

El nivel de aspectos organizacionales se divide en tres categorías:

- **Gestión de Recursos:** Se refiere a la toma de decisiones a nivel de la organización con respecto a la asignación y el mantenimiento de los activos de la organización (Por Ejemplo; recursos humanos, recursos monetarios / presupuestarios, recurso de equipos / instalaciones).
- **Clima Organizacional:** Corresponde al ambiente de trabajo que existe dentro de la organización (Por Ejemplo; estructura, políticas, cultura).
- **Procesos Organizacionales:** Consiste en las decisiones y reglas de la organización que rigen a las actividades diarias dentro de una organización (Por Ejemplo; operaciones, procedimientos, supervisión).

2.3 ASEGURAMIENTO DE PROCESOS

2.3.1 Modelos de Control, modelos de Aseguramiento

ISO 9001-2015

Objeto y Campo de Aplicación

"Es una norma internacional que específica los requisitos para un sistema de gestión de calidad cuando una organización requiere o necesita lo siguiente" (ISO, 2015):

- Demostrar su capacidad para proporcionar de forma regular productos y servicios que puedan satisfacer los requisitos del cliente, normativas legales y reglamentarias aplicables.
- Aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.

Contexto de la Organización

Es necesario determinar los asuntos internos y externos que son pertinentes para el propósito y dirección estratégica de la organización, para de esta forma identificar como estos impactan en la capacidad de lograr resultados que son previstos en el sistema de gestión calidad aplicado. Para ello la organización debe realizar un seguimiento y una revisión sobre los asuntos externos e internos.

Se debe determinar el alcance que tiene el Sistema de Gestión de Calidad, estableciendo límites y la aplicabilidad de esté, para ello es necesario considerar:

- Aspectos externos e internos de la organización.
- Requisitos de las partes interesadas.
- Los productos y servicios de la organización.

La organización debe aplicar todos los requisitos de esta Norma Internacional si son aplicables en el alcance determinado de su Sistema de Gestión de la calidad.

El alcance debe establecer los tipos de productos y servicios cubiertos, y proporcionar la justificación para cualquier requisito de esta Norma Internacional que la organización determine que no es aplicable para el alcance de su Sistema de Gestión de la Calidad.

La conformidad con esta Norma Internacional sólo se puede declarar si los requisitos determinados como no aplicables no afectan a la capacidad o a la responsabilidad de la organización de asegurarse de la conformidad de sus productos y servicios y del aumento de la satisfacción del cliente.

Se debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de la calidad, incluidos los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.

Evaluación del desempeño

Para evaluar su desempeño es necesario que una organización estipule que:

- Necesita seguimiento y medición.
- Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación son necesarios para asegurar resultados válidos.
- En qué momento se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición.
- El cuándo se debe analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad. Está debe conservar la información documentada apropiada como evidencia de los resultados.

Para realizar la evaluación se pueden llevar a cabo auditorías internas en intervalos planificados para proporcionar información acerca de si el sistema de gestión de la calidad

es conforme con los requisitos propios de la organización para su sistema de gestión de la calidad los requisitos de esta Norma Internacional, se implementa y mantiene eficazmente.

La alta dirección debe revisar el sistema de gestión de la calidad de la organización a intervalos planificados, para asegurarse de su conveniencia, adecuación, eficacia y alineación continua con la dirección estratégica de la organización.

Mejora

La organización debe determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implementar cualquier acción necesaria para cumplir los requisitos del cliente y aumentar su satisfacción. Para ello se debe considerar:

- El mejorar los productos y servicios para cumplir los requisitos, así como considerar las necesidades y expectativas.
- Corregir, prevenir o reducir los efectos no deseados.
- Mejorar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

En adición a lo anterior, se debe mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad. Considerar los resultados del análisis y la evaluación, las salidas de la revisión por la dirección, para de esta forma determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua.

ISO 31000-2018

Objeto y campo de aplicación

“Proporciona directrices para gestionar el riesgo al que se enfrentan las organizaciones. La aplicación de estas directrices puede adaptarse a cualquier organización y a su contexto” (ISO, 2018). Con un enfoque común para gestionar cualquier tipo de riesgo y no es específico de una industria o un sector. Que pueden utilizarse a lo largo de la vida

de la organización y aplicarse a cualquier actividad, incluyendo la toma de decisiones a todos los niveles.

Propósito

El propósito de la gestión del riesgo es la creación y protección del valor. Mejora el desempeño, fomenta la innovación y contribuye al logro de objetivos. Para lograr esta eficacia, la gestión del riesgo debe ser:

- Integrada: La gestión del riesgo es una parte integral de todas las actividades de la organización.
- Estructurada y exhaustiva: Un enfoque estructurado y exhaustivo hacia la gestión del riesgo contribuye a resultados coherentes y comparables.
- Adaptativa: El marco de referencia y el proceso de la gestión del riesgo se adaptan y son proporcionales a los contextos externos e internos de la organización relacionados con sus objetivos.
- Inclusiva: La participación apropiada y oportuna de las partes interesadas permite que se considere su conocimiento, puntos de vista y percepciones. Esto resulta en que la gestión del riesgo ofrezca un mayor entendimiento y sea más informativa.
- Dinámica: Los riesgos pueden aparecer, cambiar o desaparecer debido a los cambios que puedan sufrir tanto el contexto externo e interno de una organización. Es por ello, que la gestión del riesgo debe anticipar, detectar, reconocer y responder a estos cambios y eventos de una manera apropiada y oportuna.
- Mejor información disponible: Las entradas a la gestión del riesgo se basan en información histórica y actualizada, así como en expectativas. La gestión del riesgo tiene en cuenta explícitamente cualquier limitación e incertidumbre asociada con tal información y expectativas. La información debería ser oportuna, clara y disponible para las partes interesadas pertinentes.

- Factores humanos y culturales: El comportamiento humano y la cultura influyen en todos los aspectos de la gestión del riesgo en todos los niveles y etapas.
- Mejora continua: La gestión del riesgo mejora continuamente mediante el aprendizaje y experiencia.

Alcance, contexto y criterios

El propósito de establecer un alcance, contexto y criterios es adaptar el proceso de la gestión del riesgo, para permitir una evaluación del riesgo eficaz y un tratamiento apropiado del riesgo. El alcance, el contexto y los criterios implican definir el alcance del proceso, y comprender los contextos externo e interno de la organización.

Se debe determinar el alcance de las actividades que considera la gestión del riesgo. Debido a que este proceso puede aplicarse en diferentes niveles dentro de una organización, para ello es importante tener claro el alcance considerado, los objetivos pertinentes para tener en cuenta y el alineamiento de estos con los objetivos de la organización.

Los contextos externo e interno de una organización son el entorno en el cual se busca definir y lograr sus objetivos. Es por esto por lo que el contexto del proceso de la gestión del riesgo se debería establecer a partir del entendimiento de lo que son los entornos externo e interno en los que opera una organización y en base a esto se debería revelar el entorno específico de la actividad en la cual se va a aplicar el proceso de la gestión del riesgo.

La organización también debería precisar la cantidad y el tipo de riesgo que puede abarcar, en relación con los objetivos. Además, es necesario que esta defina los criterios para valorar la importancia del riesgo y para apoyar los procesos de toma de decisiones. Para ello los criterios del riesgo se deberían alinear con el marco de referencia de la gestión del riesgo y adaptarse al propósito y alcance específicos de la actividad considerada. Los criterios del riesgo deberían reflejar los valores, objetivos y recursos de la organización y ser coherentes con las políticas y declaraciones acerca de la gestión del

riesgo. Estos se deberían definir teniendo en cuenta las obligaciones de la organización y los puntos de vista de sus partes interesadas. A pesar de que los criterios del riesgo son establecidos desde un principio en lo que es el proceso de la evaluación del riesgo, se debe considerar que éstos son dinámicos, por lo que deberían revisarse continuamente y en caso de ser necesario, modificarse.

Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo es el proceso global de identificación del riesgo, análisis del riesgo y valoración del riesgo. Por esto, el proceso se debería llevar a cabo de manera sistemática, iterativa y colaborativa, basándose en el conocimiento y los puntos de vista de las partes interesadas. Utilizando la mejor información disponible, complementada por investigación adicional, en caso de ser necesario.

El propósito de la identificación del riesgo es encontrar, reconocer y describir los riesgos que pueden ayudar o impedir a una organización lograr sus objetivos. Para la identificación de los riesgos es importante contar con información pertinente, apropiada y actualizada. La organización debería identificar los riesgos, tanto si sus fuentes están o no bajo su control. Se debería considerar que puede haber más de un tipo de resultado, que puede dar lugar a una variedad de consecuencias tangibles o intangibles.

El propósito del análisis del riesgo es comprender la naturaleza del riesgo y sus características incluyendo, cuando sea apropiado, el nivel del riesgo. El análisis del riesgo implica una consideración detallada de incertidumbres, fuentes de riesgo, consecuencias, probabilidades, eventos, escenarios, controles y su eficacia. Un evento puede tener múltiples causas y consecuencias y puede afectar a múltiples objetivos. Este se puede realizar con diferentes grados de detalle y complejidad, dependiendo del propósito del análisis, la disponibilidad y la confiabilidad de la información y los recursos disponibles. Las técnicas de análisis pueden ser cualitativas, cuantitativas o una combinación de éstas, dependiendo de las circunstancias y del uso previsto.

El propósito de la valoración del riesgo es apoyar a la toma de decisiones. La valoración del riesgo implica comparar los resultados del análisis del riesgo con los criterios del

riesgo establecidos para determinar cuándo se requiere una acción adicional. Los resultados de la valoración del riesgo se deberían registrar, comunicar y luego validar a los niveles apropiados de la organización.

Tratamiento del riesgo

El propósito del tratamiento del riesgo es seleccionar e implementar opciones para abordar el riesgo.

La selección de las opciones más apropiadas para el tratamiento del riesgo implica hacer un balance entre los beneficios potenciales, derivados del logro de los objetivos contra costos, esfuerzo o desventajas de la implementación.

El propósito de los planes de tratamiento del riesgo es especificar la manera en la que se implementarán las opciones elegidas para el tratamiento, de manera tal que los involucrados comprendan las disposiciones, y que pueda realizarse el seguimiento del avance respecto de lo planificado. El plan de tratamiento debería identificar claramente el orden en el cual el tratamiento del riesgo se debería implementar.

Seguimiento y revisión

El propósito del seguimiento y la revisión es asegurar y mejorar la calidad y la eficacia del diseño, la implementación y los resultados del proceso. El seguimiento continuo y la revisión periódica del proceso de la gestión del riesgo y sus resultados debería ser una parte planificada del proceso de la gestión del riesgo, con responsabilidades claramente definidas.

El seguimiento y la revisión deberían tener lugar en todas etapas del proceso. El seguimiento y la revisión incluyen planificar, recopilar y analizar información, registrar resultados y proporcionar retroalimentación.

Los resultados del seguimiento y la revisión deberían incorporarse a todas las actividades de la gestión del desempeño, de medición y de informe de la organización.

Registro e informe

El proceso de la gestión del riesgo y sus resultados se deberían documentar e informar a través de los mecanismos apropiados. Las decisiones con respecto a la creación, conservación y tratamiento de la información documentada deberían tener en cuenta, pero no limitarse a su uso, la sensibilidad de la información y los contextos externo e interno.

El informe es una parte integral de la gobernanza de la organización y debería mejorar la calidad del diálogo con las partes interesadas, y apoyar a la alta dirección y a los órganos de supervisión a cumplir sus responsabilidades.

Safety Management System (SMS)

Definición

"Un Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS) es un enfoque sistemático para gestionar la seguridad, incluidas las estructuras organizativas, las responsabilidades, las políticas y los procedimientos necesarios" (SKYbrary, 2008).

Propósito

El propósito de un Sistema de Gestión de Seguridad Operacional es mitigar los riesgos de manera "proactiva" para evitar un accidente o incidente de aviación mediante un enfoque de gestión estructurado para controlar los riesgos de seguridad en las operaciones. Para ello, una gestión eficaz de la seguridad debe tener en cuenta las estructuras y procesos específicos de la organización relacionados con la seguridad de las operaciones.

Descripción

El uso de SMS se puede interpretar generalmente como la aplicación de un enfoque de gestión de la calidad para controlar los riesgos de seguridad. Al igual que otras funciones de gestión, la gestión de la seguridad requiere planificación, organización, comunicación y dirección.

El desarrollo de SMS comienza con el establecimiento de la política de seguridad organizacional. Define los principios genéricos sobre los que se construye y opera el SMS. Este primer paso describe la estrategia para lograr niveles aceptables de seguridad dentro de la organización.

La planificación de la seguridad y la implementación de los procedimientos de gestión de la seguridad son los siguientes pasos clave en los procesos diseñados para mitigar y contener el riesgo en las operaciones. Una vez que estos controles están listos, las técnicas de gestión de la calidad se pueden utilizar para asegurar que logren los objetivos previstos y, cuando fallan, para mejorarlos. Esto se logra mediante el despliegue de procesos de garantía y evaluación de la seguridad que, a su vez, proporcionan un seguimiento continuo de las operaciones y para identificar áreas de mejora de la seguridad.

En pocas palabras, los sistemas de gestión de seguridad eficaces utilizan métodos de gestión de riesgos y calidad para lograr sus objetivos de seguridad. Además, el SMS también proporciona el marco organizativo para establecer y fomentar el desarrollo de una cultura de seguridad corporativa positiva.

La implementación de un SMS le da a la gerencia de la organización un conjunto estructurado de herramientas para cumplir con sus responsabilidades de seguridad definidas por el regulador.

Alcance del modelo SMS de la OACI

El marco del SMS de la OACI consta de cuatro componentes y doce elementos, y su implementación será proporcional al tamaño de la organización y la complejidad de los servicios prestados.

- Política y objetivos de seguridad
- Gestión de riesgos de seguridad
- Garantía de seguridad
- Promoción de seguridad

2.4 ESTADO DEL ARTE

2.4.1 Modelos de Investigación de organizaciones Internacionales

NTSB

Proceso de investigación

La Junta Nacional de Seguridad en el Transporte (NTSB, 1996) se estableció en 1967 para realizar investigaciones independientes de todos los accidentes de aviación civil en los Estados Unidos y los accidentes mayores en los otros modos de transporte. No está afiliado organizacionalmente con ninguna de las agencias modales, incluida la Administración Federal de Aviación (FAA). La Junta de Seguridad no tiene poderes regulatorios o de ejecución.

Para asegurar que las investigaciones de la Junta de Seguridad se centren únicamente en mejorar la seguridad del transporte, el análisis de la Junta de información fáctica y su determinación de causa probable no se pueden ingresar como evidencia en un tribunal de justicia.

El "Go Team" de la NTSB

En el centro de las investigaciones de la NTSB se encuentra el "Go Team". El propósito del Go Team de la Junta de Seguridad es simple y efectivo: comenzar la investigación de un accidente mayor en el lugar, lo más rápido posible, reuniendo el amplio espectro de experiencia técnica que se necesita para resolver problemas complejos de seguridad en el transporte.

El equipo puede estar formado por tres, cuatro o más de una docena de especialistas del personal provenientes de la sede de la junta en Washington, DC, que se asignan en forma rotativa para responder lo más rápido posible al lugar del accidente. Los Go Teams viajan en un avión comercial o en un avión gubernamental según las circunstancias y la disponibilidad. Estos equipos han estado volando hacia lugares catastróficos de accidentes aéreos durante más de 35 años. También manejan rutinariamente investigaciones de ciertos accidentes ferroviarios, viales, marítimos y de oleoductos.

Durante su tiempo en la rotación de "servicio", los miembros deben estar disponibles las 24 horas del día por teléfono en la oficina o en casa, o por localizador.

El jefe inmediato del Go Team es el Investigador a Cargo (IIC), un investigador senior con años de experiencia en la NTSB y en la industria. Cada investigador es un especialista responsable de una parte claramente definida de la investigación del accidente. En aviación, estas especialidades y sus responsabilidades son:

OPERACIONES: El historial del vuelo del accidente y las tareas de los miembros de la tripulación durante tantos días antes del accidente como parezcan relevantes.

ESTRUCTURAS: Documentación de los restos de la estructura del avión y la escena del accidente, incluido el cálculo de los ángulos de impacto para ayudar a determinar el rumbo y la actitud del avión antes del impacto.

PLANTAS DE MOTOR: Examen de motores (y hélices) y accesorios de motores.

SISTEMAS: Estudio de componentes de los sistemas hidráulico, eléctrico, neumático y asociados del avión, junto con instrumentos y elementos del sistema de control de vuelo.

CONTROL DE TRÁFICO AÉREO: Reconstrucción de los servicios de tránsito aéreo dado el avión, incluida la adquisición de datos de radar ATC y transcripciones de transmisiones de radio controlador-piloto.

CLIMA: Recopilación de todos los datos meteorológicos pertinentes del Servicio Meteorológico Nacional y, a veces, de las estaciones de televisión locales, para un área amplia alrededor de la escena del accidente.

DESEMPEÑO HUMANO: Estudio del desempeño de la tripulación y todos los factores antes del accidente que pudieran estar involucrados en el error humano, incluyendo fatiga, medicación, alcohol. Medicamentos, historiales médicos, formación, carga de trabajo, diseño de equipos y ambiente de trabajo.

FACTORES DE SUPERVIVENCIA: Documentación de las fuerzas de impacto y lesiones, evacuación, planificación de emergencias de la comunidad y todos los esfuerzos de choque, incendio y rescate.

Bajo la dirección de la IIC, cada uno de estos investigadores de la NTSB encabeza lo que se llama un "grupo de trabajo" en un área de especialización. Cada uno es, en efecto, un subcomité del equipo de investigación general. Los grupos están integrados por representantes de las "partes" de la investigación: la Administración Federal de Aviación, la aerolínea, los sindicatos de pilotos y auxiliares de vuelo, los fabricantes de motores y fuselajes, y similares. Los pilotos ayudarían al grupo de operaciones; los expertos de los fabricantes, los grupos de estructuras, sistemas y centrales eléctricas; etc. A menudo, se forman grupos agregados en el lugar del accidente: desempeño de la aeronave, registros de mantenimiento y testigos, por ejemplo. Los equipos de registradores de datos de vuelo y registradores de voz de cabina se reúnen en la sede de la NTSB.

En las investigaciones de accidentes de superficie, los equipos son más pequeños y los grupos de trabajo menores, pero la técnica del equipo es la misma. Los ingenieros de locomotoras, los especialistas en sistemas de señales y los ingenieros de vías encabezan grupos de trabajo en accidentes de ferrocarril. Los especialistas en un accidente de carretera incluyen un experto en mecánica de camiones o autobuses y un ingeniero de carreteras. Los especialistas de la Junta en materia de clima, desempeño humano y factores de supervivencia responden a accidentes de todo tipo.

Al menos una vez al día durante la fase en el lugar de la investigación, uno de los cinco miembros de la propia Junta de Seguridad, que acompaña al equipo, informa a los medios de comunicación sobre la última información fáctica desarrollada por el equipo. Mientras que un investigador de carrera realiza la investigación como investigador a cargo, el miembro de la junta es el portavoz principal de la investigación. Un oficial de asuntos públicos también se mantiene en contacto con los medios de comunicación. Se divulga información objetiva y confirmada. No hay especulaciones sobre la causa.

En accidentes graves, los especialistas en asistencia en caso de desastres en el transporte también acompañan al equipo para cumplir con las responsabilidades de la Junta en virtud de la Ley de Asistencia Familiar en Desastres de Aviación de 1996 y la Ley de Asistencia Familiar en Desastres de Pasajeros Ferroviarios de 2008.

Los grupos de trabajo individuales permanecen el tiempo que sea necesario en el lugar del accidente. Esto varía de unos días a varias semanas. Algunos luego continúan en plantas de energía, en un desmontaje de motores donde el fabricante de estos o instalaciones de reacondicionamiento; sistemas a la planta de un fabricante de instrumentos; operaciones a la base de entrenamiento de la aerolínea, por ejemplo. Su trabajo continúa en la sede de Washington, formando la base para un análisis posterior y la redacción de un informe propuesto que se enviará a la propia Junta de Seguridad quizás de 12 a 18 meses a partir de la fecha del accidente. Las recomendaciones de seguridad pueden emitirse en cualquier momento durante el curso de una investigación.

Los Go Teams de la Aviación responden solo a accidentes que ocurren en territorio de los EE.UU. o en aguas internacionales. En otros lugares, el investigador es el gobierno en cuyo territorio ocurre el accidente, generalmente asistido por un "representante acreditado" de los EE.UU. del personal de las IIC de la NTSB si está involucrado un transportista estadounidense o un avión fabricado en EE.UU.

El sistema de partes

La Junta investiga alrededor de 2.000 accidentes e incidentes de aviación al año, y alrededor de 500 accidentes en los otros modos de transporte: ferrocarril, carretera, marítimo y oleoductos. Con cerca de 400 empleados, la Junta realiza esta tarea aprovechando sus recursos. Una forma en que la Junta lo hace es designando a otras organizaciones o empresas como partes en sus investigaciones.

La NTSB designa a otras organizaciones o corporaciones como partes de la investigación. Aparte de la FAA, que por ley se designa automáticamente como participante en el caso de los accidentes aéreos, la NTSB tiene total discreción sobre las organizaciones que designa como partes de la investigación. Solo aquellas organizaciones o corporaciones

que pueden proporcionar experiencia a la investigación reciben el estatus de parte y solo aquellas personas que pueden proporcionar a la Junta la experiencia técnica o especializada necesaria pueden participar en la investigación; no se permite que las personas en puestos legales o de litigio sean asignadas a la investigación. Todos los miembros del partido informan a la NTSB.

Investigaciones relacionadas con actividades delictivas

En casos de sospecha de actividad delictiva, otras agencias pueden participar en la investigación. La Junta de Seguridad no investiga la actividad delictiva; En el pasado, una vez que se ha establecido que una tragedia de transporte es, de hecho, un acto criminal, el FBI se convierte en el principal organismo de investigación federal, y la NTSB brinda el apoyo solicitado.

Como resultado de una legislación reciente, la NTSB renunciará a la condición de líder en un accidente de transporte sólo si el Fiscal General, en consulta con el presidente de la Junta de Seguridad, notifica a la Junta que las circunstancias indican razonablemente que el accidente puede haber sido causado por un acto criminal de forma intencional.

Recomendaciones de seguridad

Las recomendaciones de seguridad son la parte más importante del mandato de la Junta de Seguridad. La Junta debe abordar las deficiencias de seguridad de inmediato y, por lo tanto, a menudo emite recomendaciones antes de completar las investigaciones. Las recomendaciones se basan en los resultados de la investigación y pueden abordar deficiencias que no se relacionan directamente con lo que se determina en última instancia como la causa del accidente.

Por ejemplo, en el curso de su investigación del accidente del vuelo 800 de TWA, una vez que se determinó que una explosión en el tanque de combustible central causó la rotura de la aeronave, la Junta emitió una recomendación de seguridad urgente y otras tres recomendaciones en 1996, cuatro años antes de completar su investigación, que tenían como objetivo eliminar los vapores explosivos de combustible / aire en los tanques

de combustible de los aviones. La Junta emitió una recomendación adicional en 1997 sobre la detección de explosivos y seis recomendaciones en 1998 para mejorar los sistemas de indicación de la cantidad de combustible. Cuando la Junta emitió su informe final sobre el accidente del TWA 800 en 2000, se emitieron cuatro recomendaciones de seguridad adicionales que se centraron en los sistemas de cableado de la aeronave.

Audiencia pública

La Junta puede celebrar una audiencia pública como parte de una investigación de accidente de transporte importante. El propósito de la audiencia es doble; primero, recabar testimonio jurado de testigos citados sobre cuestiones identificadas por la Junta durante el curso de la investigación y, segundo, permitir que el público observe el progreso de la investigación. Las audiencias generalmente se llevan a cabo dentro de los seis meses posteriores a un accidente, pero pueden demorarse por investigaciones complejas.

El resto de la investigación y el informe final

Más meses de pruebas y análisis eventualmente conducen a la preparación de un informe final preliminar por parte del personal de la Junta de Seguridad. Las partes no participan en la fase de análisis y redacción de informes de las investigaciones de la NTSB; sin embargo, se les invita a presentar sus conclusiones de causa propuestas y las recomendaciones de seguridad propuestas, que forman parte del expediente público. Luego, la Junta delibera sobre el informe final en una reunión pública en Washington, DC. El personal que no pertenece a la Junta de seguridad, incluidas las partes y los miembros de la familia, no puede interactuar con la Junta durante esa reunión.

Una vez que se adopta un informe importante en una reunión de la Junta, se coloca un resumen de ese informe, que contiene las conclusiones de la Junta, la causa probable y las recomendaciones de seguridad, en el sitio web de la Junta en "Publicaciones". El informe completo suele aparecer en el sitio web varias semanas después.

Finalmente, cada presidente de grupo de investigación prepara un informe fáctico y se pide a cada una de las partes del grupo que verifique la exactitud del informe. Los informes de hechos se colocan en el expediente público.

JTSB

Proceso de Investigación

"La investigación de accidentes por parte de la JTSB comienza con la recopilación de información objetiva seguida de las pruebas e investigaciones necesarias. Los resultados de estas actividades se analizan luego de forma exhaustiva para identificar las causas del accidente" (JTSB, 2016).

Los resultados de la investigación se compilan en un informe de investigación, que se presenta al Ministro de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo, después de esto el documento es publicado.

Cuando se considera necesario, la JTSB también proporciona recomendaciones u opiniones de los ministros relevantes o partes involucradas en el accidente, con el fin de prevenir recurrencias y mitigar los daños causados por accidentes.

El proceso de investigación de accidentes se resume en 6 pasos:

- **Paso 1: Ocurrencia y reconocimiento de un accidente/incidente**

  Identificación del evento.

- **Paso 2: Designación de los investigadores**

  Se asignan a los investigadores de accidentes de aviación que son especialistas en diversas áreas como; operaciones, búsqueda y rescate, mantenimiento y componentes, materiales e investigadores regionales asociados a la zona en donde ocurre el accidente.

- **Paso 3: Investigación de los hechos**

  Entrevista con las personas involucradas, examinación de la evidencia física, recolección de materiales relacionados. Se efectúa con esto el informe inicial sobre el resultado de la investigación del sitio.

- **Paso 4: Pruebas, investigaciones y análisis**

  Recuperación y recolección de la información por parte de testimonios, registros de datos del vuelo (FDR) y grabaciones de voz de la cabina (CVR), posterior a esto se realizan análisis bajo pruebas de investigación por medio desmontaje, investigación y experimentación utilizando software para examinar y reconstruir los eventos que conllevaron al accidente. Una vez que los datos hayan sido recopilados y analizados, se procede a realizar la redacción del informe final de investigación.

- **Paso 5: Deliberación de la junta**

  Presentación de las opiniones de las personas interesadas, se llevan a cabo audiencias cuando se considera necesario y se invita a los expertos y las partes interesadas a presentar sus puntos de vista sobre el tema. Una vez analizado el tema se procede a la adopción del informe final de la investigación por parte de la junta.

- **Paso 6: Publicación de los informes de investigación**

  El informe se presenta al Ministro de Tierras, Infraestructuras, Transportes y Turismo, y se hace público. Cuando se considera necesario, la JSTB proporciona recomendaciones u opiniones.

SHK

Proceso de investigación

Propósito

"Las investigaciones de SHK tienen como objetivo aclarar, en la medida de lo posible, la secuencia de hechos y sus causas, así como los daños y otras consecuencias. Los resultados de una investigación servirán de base para las decisiones encaminadas a evitar que ocurra un evento similar en el futuro o limitar los efectos de dicho evento. La investigación también proporcionará una base para la evaluación de la actuación de los servicios de salvamento y, cuando proceda, para mejorar estos servicios de salvamento. Cuando sea apropiado, SHK también emitirá recomendaciones con respecto a las medidas relevantes a tomar para mejorar la seguridad" (SHK, 2015).

La SHK no desempeña ninguna función reguladora o de supervisión y sus investigaciones no abordan cuestiones de culpa o responsabilidad por daños. El único objetivo de las investigaciones es la seguridad.

El equipo de investigación

Los equipos de investigación del SHK siempre están formados por al menos un jefe y un investigador a cargo. A menudo, también forman parte del equipo de investigación otros investigadores con diferentes conocimientos especializados.

Teniendo en cuenta el amplio abanico de hechos que pueden ser objeto de investigación, es comprensible que la SHK necesite a menudo contratar también a expertos externos en diversos campos.

Por lo general, se invita a un representante de la autoridad reguladora en cuestión a seguir la investigación, sin embargo, este no forma parte del equipo de investigación.

Reunión de presentación de investigación

Al final de la fase de investigación, la SHK celebra una reunión de presentación de la investigación, en la que se exponen todos los hechos reunidos hasta el momento. Se invita a todas las partes interesadas a participar en esta reunión.

El informe de la investigación es publicado siempre en el sitio web de la SHK.

Proceso de investigación resumido:

- Registro de un informe de ocurrencia
- Análisis inicial de la ocurrencia
- El jefe de investigaciones decide investigar o no
- Nombramiento del equipo de investigación
- Visita en terreno
- Reunión de puesta en marcha
- Plan de investigación y presupuesto
- Fase de investigación
- Reuniones de trabajo y seguimiento con equipo de investigación
- Reunión de presentación de investigación para las partes interesadas
- Fase de análisis y redacción de informes
- El borrador del informe se distribuye para consulta interna.
- El borrador del informe se distribuye para consulta externa.
- Finalización del informe
- Se publica el informe final
- Seguimiento de las recomendaciones de seguridad

2.4.2 Investigación en la Industria del Transporte

Procedimientos de Investigación para Accidentes en Carreteras

Recopilación de la información del accidente

En base a los informes provistos por la NTSB (NTSB, 2021), la investigación en el caso de los accidentes de carreteras, parte por un análisis del terreno en donde ocurrió el evento, describiendo las características y condiciones en la que se encontraba al momento de recopilar la información para el accidente, este proceso se apoya en base a fotografías que permiten respaldar lo descrito.

Heridos

Posteriormente, se analiza el estado de las personas implicadas en el accidente, se categoriza su estado según el nivel de gravedad de sus lesiones y se contabilizan en las categorías establecidas, elaborando así un resumen ilustrativo del estado de cada persona implicada en el accidente.

Testimonio de autoridades

Por otro lado, se recogen los testimonios de las autoridades competentes y de los equipos de rescate que son los primeros en llegar al accidente, con el fin de recabar información sobre el estado de los vehículos y de las personas afectadas por el accidente.

Vehículos

Respecto a los vehículos se investiga toda su trazabilidad técnica, equipamiento y cualquier antecedente que pueda contribuir a esclarecer las causas del accidente. Una vez hecho esto, se analizan los daños de los vehículos, el estado de sus componentes, el funcionamiento de sus medidas de seguridad y las características de conducción de cada uno de los vehículos implicados.

Carretera

En estas situaciones, se realiza una inspección de la carretera donde se produjo el accidente, su clasificación, características y aspectos que ayuden a esclarecer si la

carretera fue un factor contribuyente en el accidente, además de esto, se hacen indagaciones sobre el mantenimiento realizado con sus respectivos registros, las medidas tomadas y las reparaciones realizadas después del accidente y finalmente, se analiza el promedio de vehículos que transitan por esa zona y el número de accidentes registrados para evaluar si existe alguna relación en base a estos antecedentes.

Información del Conductor

Como en estos accidentes hay un conductor asociado a cada vehículo que se encuentra involucrado, por este motivo se investiga la licencia de conducir, el tipo de vehículos que maneja y sus características, la formación que ha recibido, su historial y las faltas asociadas a su licencia y la experiencia que ha tenido al volante. Por otro lado, se revisan los historiales médicos de cada conductor, así como se realizan análisis de sangre para evaluar la presencia de alcohol o cualquier otro estupefaciente, también se revisan las horas de trabajo realizadas para ver si hay alguna falta o está dentro de los límites permitidos, se interroga a las personas implicadas para entender si alguna distracción (física o psicológica) habría provocado el accidente y finalmente se les pide que relaten la situación en la que se encontraban en el momento del accidente, todo ello para evaluar posteriormente si alguno de estos factores contribuyó al accidente.

Información de la Empresa

Se realiza un análisis de la empresa a la que se encuentra asociada el vehículo para establecer los antecedentes del propio accidente y la relación que puede existir entre ambos. Para ello se investiga la empresa desde sus orígenes, partiendo de su año de creación, la experiencia en el sector en el que se desempeña, los servicios que ofrece, la cantidad de vehículos y personal que tiene a su cargo, las auditorías que ha recibido a lo largo de los años y cómo se clasifica en base a ellas, y por último las inspecciones que se realizan a la empresa y quiénes son los encargados de estas respecto a los cumplimientos que debe tener para operar.

Meteorología e Información Astronómica

La agencia investiga aspectos meteorológicos y astronómicos, recabando información de servicios cercanos como estaciones meteorológicas o aeropuertos que puedan proporcionarla, para así corroborar si dichos factores tuvieron alguna relación en el momento del accidente.

Información Adicional

Se examinan las regulaciones, normativas e información que sea del tipo recomendatoria para entender el contexto del accidente y las vulneraciones que puedan existir detrás de este, también se estudian los datos históricos que permiten comparar el evento con otros anteriores que hayan ocurrido para así poder rastrear las posibles causas que condujeron al propio accidente en base a casos similares.

2.4.3 Normativas

En esta parte del documento se indagará sobre los conceptos e historia en la que se basa, la idea de establecer un contexto para partir con una base de información que servirá para entender de una manera adecuada lo que implica un accidente aéreo y su respectiva investigación, con el objetivo de entender cómo se comporta la metodología utilizada en la actualidad.

Definición de Accidente e Incidente Aéreo

Según la normativa aeronáutica nacional acorde al documento DAR 13 (DGAC, 2021), un accidente aéreo se define como:

Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave, que, en el caso de una aeronave tripulada, ocurre entre el momento en que una persona entra a bordo de la aeronave, con la intención de realizar un vuelo, y el momento en que todas las personas han desembarcado, o en el caso de una aeronave no tripulada, que ocurre entre el momento en que la aeronave está lista para desplazarse con el propósito de realizar un vuelo y el momento en que se detiene, al finalizar el vuelo, y se apaga su sistema de propulsión principal, durante el cual:

a) Cualquier persona sufra lesiones mortales o graves a consecuencia de:

- Hallarse dentro de la aeronave, o

- Por contacto directo con cualquier parte de la aeronave, incluso elementos, piezas o partes que se hayan desprendido de ella, o

- Por exposición directa al chorro de un reactor, excepto cuando las lesiones obedezcan a causas naturales, se las haya causado una persona a sí misma o hayan sido causadas por otras personas o se trate de lesiones sufridas por pasajeros clandestinos escondidos fuera de las áreas destinadas normalmente a los pasajeros y la tripulación.

Para fines estadísticos, toda lesión que ocasione la muerte dentro de los 30 días contados a partir de la fecha en que ocurrió el accidente, deberá ser clasificada como lesión mortal.

b) La aeronave sufra daños o roturas estructurales que:

- Afecten adversamente su resistencia estructural, su performance o sus características de vuelo, y

- Que normalmente exijan una reparación importante o el recambio del componente afectado, excepto por falla o daños del motor, cuando el daño se limita a un solo motor (incluida su cubierta o sus accesorios), hélices, extremos de ala, antenas, sondas, álabes, neumáticos, frenos, ruedas, carenas, paneles, puertas de tren de aterrizaje, parabrisas, revestimiento de la aeronave (como pequeñas abolladuras o perforaciones), o por daños menores a palas del rotor principal, palas del rotor de cola, tren de aterrizaje y a los que resulten de granizo o choques con aves (incluyendo perforaciones en el radomo), o

c) La aeronave desaparece o es totalmente inaccesible.

Para los efectos de este Reglamento una aeronave se considera desaparecida cuando se da por terminada la búsqueda oficial y no se han localizado sus restos.

En el caso de un incidente aéreo la definición es la siguiente:

Es todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave, que no llegue a ser accidente, y que afecte o pueda afectar la seguridad de las operaciones.

Además de esta clasificación existe otra que se denomina incidente grave, que se explica cómo:

Un incidente de aviación en el que intervienen circunstancias que indican que hubo una alta probabilidad de que ocurriera un accidente, que está relacionado con la utilización de una aeronave y que, en el caso de una aeronave tripulada, ocurre entre el momento en que una persona entra a bordo de la aeronave, con la intención de realizar un vuelo, y el momento en que todas las personas han desembarcado, o en el caso de una aeronave no tripulada, que ocurre entre el momento en que la aeronave está lista para desplazarse con el propósito de realizar un vuelo y el momento en que se detiene, al finalizar el vuelo, y se apaga su sistema de propulsión principal.

En base a esto se tiene que considerar que cada evento no deseado en la aviación tiene su respectiva clasificación, por lo que tiene que cumplir con los estipulado por la DAR 13 para ser un accidente o incidente.

Definición de Causas

En base a la normativa nacional (DGAC, 2021) se establecen las causas bajo estas clasificaciones:

Acciones, omisiones, acontecimientos, condiciones o una combinación de estos factores que determinen el accidente, incidente grave o incidente. La identificación de las causas no implica la asignación de culpa ni determinación de responsabilidad administrativa, civil o penal.

Definición de Factores Contribuyentes

Para lo que son los factores contribuyentes se presentan los siguientes parámetros:

Acciones, omisiones, acontecimientos, condiciones o una combinación de estos factores, que, si se hubieran eliminado, evitado o estuvieran ausentes, habrían reducido la probabilidad de que el accidente o incidente ocurriese, o habrían mitigado la gravedad de

las consecuencias del accidente o incidente. La identificación de los factores contribuyentes no implica asignación de culpa ni determinación de responsabilidad administrativa, civil o penal.

Historia de la Investigación de Accidentes Aéreos

Se puede trazar un punto de origen para la investigación de accidentes aéreos en base a los factores y procedimientos que se han cubierto a lo largo de la historia, partiendo por la seguridad operacional que es definida como: "el estado en el que los riesgos asociados a las actividades de aviación relativas a la operación de aeronaves, o que apoyan directamente dicha operación, se reducen y controlan a un nivel aceptable" (OACI, 2018) y lo que es su respectiva evolución (OACI, 2018) en la que se ve involucrada directamente la investigación como una de sus vertientes, estableciendo esto se puede trazar su cambio a partir de tres épocas que enfocan la seguridad de una forma diferente a lo establecido actualmente y estás son:

- **La Época Técnica (1900 - 1960):** Desde principios de la década de 1900 hasta fines de la década de 1960. La aviación surgió como una forma de transporte en masa, en el cual las deficiencias identificadas se relacionaban inicialmente con factores técnicos y fallas tecnológicas. El enfoque de las actividades de seguridad operacional fue, por tanto, orientado a la investigación y mejora de factores técnicos. En la década de 1950, las mejoras tecnológicas generaron una reducción gradual en la frecuencia de accidentes y los procesos de seguridad operacional se ampliaron para abarcar el cumplimiento reglamentario y la vigilancia.

- **La Época de los Factores humanos (1970 - 1990):** Desde principios de la década de 1970 hasta mediados de la década de 1990. A principios de la década de 1970, la frecuencia de los accidentes de aviación se vio significativamente reducida gracias a los avances tecnológicos y a las mejoras de los reglamentos de seguridad operacional. La aviación se convirtió en un modo de transporte más seguro y el enfoque de las actividades de seguridad operacional se extendió para

incluir problemas de factor humano, como la interfaz hombre-máquina. Esto produjo una búsqueda de información de seguridad operacional más allá de la que se había generado con los primeros procesos de investigación de accidentes. A pesar de la inversión de recursos en la mitigación de errores, el desempeño humano seguía citándose como un factor recurrente en los accidentes. La aplicación de la ciencia de factores humanos tendía a centrarse en la persona, sin considerar por completo el contexto operacional e institucional. No fue sino hasta principios de la década de 1990 que se reconoció por primera vez que las personas operan en un entorno complejo, el que incluye múltiples factores que tienen el potencial de afectar la conducta.

- **La Época institucional (1990 - Fin de Siglo):** Desde mediados de la década de 1990 hasta el fin del siglo, la seguridad operacional comenzó a verse desde una perspectiva sistémica que consistía en abordar los factores institucionales además de los factores humanos y técnicos. Se introdujo la noción de "accidente institucional". Esta perspectiva consideraba el impacto de la cultura y las políticas institucionales en la eficacia de los controles de riesgos de la seguridad operacional. Además, los esfuerzos de recopilación y el análisis de datos tradicionales, que estaban limitados al uso de datos recopilados mediante la investigación de accidentes e incidentes graves, se complementaron con un nuevo enfoque proactivo para la seguridad operacional. Este nuevo enfoque se basó en la recopilación y el análisis rutinario de datos mediante metodologías proactivas y reactivas, con el fin de controlar los riesgos de seguridad operacional conocidos y detectar problemas de seguridad emergentes. Estas mejoras formularon la lógica de avanzar hacia un enfoque de gestión de la seguridad operacional.

- **La Época del Sistema total (Principios del siglo XXI - Actualidad):** Desde principios del siglo XXI, muchos Estados y proveedores de servicios habían adoptado los enfoques de seguridad operacional del pasado y evolucionado hacia niveles más elevados de desarrollo de la seguridad. Habían comenzado a

> implementar SSP o SMS y están ahora cosechando los beneficios de seguridad operacional. No obstante, hasta la fecha los sistemas de seguridad operacional se han concentrado principalmente en el rendimiento individual en materia de seguridad operacional y en el control local, con mínima consideración del contexto más amplio del sistema aeronáutico total. Esto ha llevado al creciente reconocimiento del carácter complejo del sistema de aviación y, por parte de las diferentes organizaciones, de que todas desempeñan un papel en la seguridad operacional de la aviación. Hay muchos ejemplos de accidentes e incidentes que indican que las interfaces entre organizaciones han contribuido a resultados negativos.

En la actualidad gracias al enfoque que se tiene, se puede trazar el origen de las violaciones que detonaron el accidente. El modelo del "Queso Suizo" desarrollado por James Reason se ajusta a estas características, debido a que este explica que los accidentes existen se producen por fallas consecutivas en las múltiples defensas del sistema. Estas vulneraciones pueden ser generadas por diversos factores, como una avería en los equipos o por errores operacionales cometidos por el personal. Debido a que el modelo de Reason sostiene que los sistemas son complejos en la aviación, es muy poco probable que estos fallen debido a que están muy bien protegidos por las múltiples capas de defensas que estos presentan, así que, en caso de producirse un fallo en un solo punto, es muy poco probable que este tenga consecuencias para los sistemas.

Por otro lado, las violaciones en las defensas de la seguridad pueden provenir de malas decisiones que se tomen en los niveles más altos del sistema, que se originarían en los Aspectos Organizacionales (Reason J. , Managing the Risks of Organizational Accidents, 2004), estas vulneraciones a la seguridad pueden permanecer en un estado latente hasta que sean activadas bajo causas específicas que conllevan potenciales daños. Por lo anterior, los errores del tipo humano o las fallas activas a nivel operacional ejecutan un rol importante al violar las defensas naturales de la seguridad operacional del sistema. Por estos motivos, el modelo propone que los accidentes son una combinación entre condiciones activas y latentes.

Los fallos activos son acciones consideradas o pasadas por alto, como errores e infracciones, que tienen efectos adversos inmediatos. Este tipo de fallos suelen estar relacionadas con el personal de primera línea (pilotos, controladores aéreos, ingenieros, mecánicos de aeronaves, etc.) y pueden producir resultados dañinos.

A partir de la historia de la seguridad operacional, se establece que la investigación en sus primeros años se centró en los fallos técnicos de las aeronaves, para luego pasar a considerar los factores humanos como desencadenantes de accidentes, terminando a finales de la última década con una investigación mucho más macro sobre los factores organizativos como desencadenantes de eventos no deseados a partir de las barreras colocadas en sus sistemas de seguridad.

2.4.4 Modelo Chileno Actual

Proceso de Investigación utilizado en Chile

La investigación de accidentes en Chile es un proceso que lleva varias etapas para llevarse a cabo las cuales están establecidas en el documento DAP 13-02 (2017) para aeronaves menores a 5.700 kg, tiene el propósito de definir las obligaciones que se le otorgan a cada actor involucrado en el proceso de investigación y estipula qué acciones se deben realizar ante la ocurrencia del evento (DGAC, 2017).

En el caso de las aeronaves de más de 5.700 kg, el accidente o incidente tiene la particularidad de ser investigado por la Junta de Investigación de Accidentes que es designada por el Director General de Aeronáutica Civil que asigna a los especialistas necesarios para el caso (DGAC, 2010). El proceso de investigación que se lleva a cabo tiene la misma estructura que en el caso de las aeronaves de menor tamaño, con la diferencia de que la Junta de Investigación de Accidentes de Aviación Civil (JIAAC) contará con personal capacitado para brindar asesoría.

El proceso de investigación consta de tres etapas que van de lo más general a lo más complejo, empezando por:

Etapa I: Investigación del evento

Según el Procedimiento Aeronáutico DAP 13-02 se establece que la investigación deberá partir con las siguientes acciones:

Notificaciones

Estas activan lo que es el proceso de investigación, deben ser oportunas y en lo posible lo más completas para de esta manera informar de forma clara a las autoridades involucradas en la investigación (DGAC, 2017).

Los encargados de notificar son los jefes de la zona designada o los jefes del aeródromo, según corresponda, en caso de no encontrarse ninguno de los anteriores funcionarios, el funcionario que siga en orden jerárquico es el encargado de dar a conocer el evento acontecido, en cualquier caso, se informara a la brevedad al Investigador del servicio de Prevención de Accidentes, el cual dará aviso al jefe de la Sección de Investigación de Accidentes de Aviación quien a su vez notificara del hecho al Director de Prevención de Accidentes. Además de notificar a la sección de investigación de accidentes, también se debe informar de la situación al Ministerio Público por medio de la fiscalía local.

Por último, dentro de 24 horas los encargados deberán registrar la información por escrito para ser enviada por correo electrónico a el Departamento de Investigación de Accidentes y al Departamento de Aeródromos y Servicios Aeronáuticos.

Se ha de mencionar que en el caso de ser una aeronave del estado la involucrada, los mismos encargados deben notificar a la Institución que pertenece y al Centro Coordinador de Búsqueda y Salvamento respectivo, si corresponde, siendo este tipo de investigación efectuada de forma independiente y aparte de la DGAC.

Primeras medidas en el lugar del suceso

Los jefes Zonales o de Aeródromo, según corresponda, serán responsables de ordenar de que se apliquen de inmediato las siguientes medidas en el sector del suceso (DGAC, 2017):

a) Aislar el sector solicitando el apoyo de Carabineros o la autoridad militar, según sea posible, a fin de:

- Preservar las evidencias.

- Proteger los restos de la aeronave de nuevos daños.

- Evitar que los restos sean alterados por extraños.

- Proteger a las personas de daños, como producto de eventuales existencias de mercancías peligrosas.

b) Verificar que, ante la existencia de víctimas fatales, su remoción sólo se efectúe con la autorización del Fiscal del Ministerio Público.

c) Reunir los antecedentes para notificar lo sucedido, a las autoridades respectivas.

d) Disponer que una vez que el personal aeronáutico se encuentre presente en el sitio del suceso, obtengan fotografías panorámicas y de detalle, tanto de la aeronave, como, asimismo, del área circundante, a fin de remitir dicha información lo antes posible y por el medio más expedito al investigador de turno.

e) Sellar los estanques de combustible, líquido hidráulico y aceites, en la medida de lo posible, a fin de evitar la alteración de su estado, como, asimismo, la contaminación del medio ambiente.

f) Obtener la mayor cantidad de registros fotográficos o video de:

- Estado general de la aeronave.

- Ubicación de víctimas y heridos.

- Equipos de comunicaciones.

- Equipos de navegación.

- Controles de motor (es).

- Posición de los controles de vuelo.

- Selectora de combustible.

- Tableros y paneles de instrumentos.

- Flaps, tren de aterrizaje, estabilizadores, spoilers, entre otros.

- Todo otro registro que pueda contribuir a la investigación.

g) Elaborar un croquis de dispersión de restos, dejando constancia de la posición en que quedaron la tripulación de vuelo y sus pasajeros.

h) Verificar la existencia y ubicación de mercancías peligrosas en la aeronave, para que los especialistas las manipulen, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento "Transporte Sin Riesgos de Mercancías Peligrosas por Vía Aérea", DAR 18, Capítulos 8 y 9.

i) Grabar, dentro de lo posible, la narración de los hechos que efectúen los testigos.

j) Empadronar a los testigos, consignando sus nombres, domicilios, teléfonos y correos electrónicos, si los tuvieran.

k) Remover los restos de la aeronave exclusivamente cuando se requiera evacuar heridos o eliminar algún peligro, dejando constancia y registros de las alteraciones efectuadas, para conocimiento del Fiscal del Ministerio Público y los investigadores designados.

l) Fotografiar o grabar en video, toda prueba de carácter efímero, tales como hielo, depósito de hollín, pérdida de combustible u otras, a fin de contar con registros de las evidencias que contribuyan a la investigación.

m) Mantener en resguardo el METAR, pronósticos, franjas de progreso del vuelo, grabaciones de cintas de audio de dependencias ATS, video de radar y todo otro registro que pueda contribuir a la investigación.

Todos los antecedentes recolectados deberán ser entregados al investigador designado o al presidente de la Junta Investigadora de Accidentes, según corresponda.

Cuando la aeronave involucrada en el accidente o incidente de aviación sea de Estado, se deberá aislar el sector a fin de proteger las evidencias, proteger los restos de la aeronave de nuevos daños, hasta el arribo de los miembros de la institución responsable de la aeronave.

Etapa II: Análisis del evento

La DGAC designará el investigador que ha de encargarse de la investigación técnica, y ésta se iniciará inmediatamente. El Investigador encargado tendrá acceso sin restricciones a los restos de la aeronave, y a todo material pertinente, incluyendo los registros de vuelo y los ATS (Servicio de Tránsito Aéreo), manteniendo el absoluto control sobre los mismos, a fin de garantizar que el personal autorizado que participe en la investigación proceda sin demora a un examen detallado, todo lo anterior, sin perjuicio de las facultades de la o las autoridades competentes.

En esta fase se debe analizar la información recopilada del accidente o incidente para identificar las causas que condujeron al suceso y los factores que contribuyeron a su ocurrencia, utilizando los datos disponibles y los peritajes realizados en la aeronave.

Etapa III: Redacción y Publicación del informe final

Según lo establecido en la normativa nacional DAR 13 en su capítulo 6 (DGAC, 2021) el investigador asignado elaborará el informe final en el cual se debe contar con información sobre; los hechos que llevaron al accidente, el análisis del evento, las conclusiones y por último recomendaciones sobre seguridad operacional, todo esto en el formato que tiene estipulado la DGAC en el procedimiento aeronáutico DAP 13-04 en el Anexo A de Informe de Investigación de Incidente de Tránsito Aéreo (DGAC, 2017).

Una vez redactado, este informe, la información relevante debe ser enviada a los organismos interesados con los siguientes puntos:

a) Estado de matrícula

b) Estado del explotador

c) Estado de diseño

d) Estado de fabricación

e) Todo Estado que participó en la investigación.

Estos tienen 60 días para comentar sobre la situación en la que se presenta el informe, en caso de recibir alguna acotación la DGAC se encargará de enmendar el proyecto para de esta forma enmendar el documento e incorporar la información acorde a los comentarios establecidos. En caso de no recibir comentarios por parte de los organismos dentro del plazo estipulado la DGAC hará circular el informe final a las entidades involucradas en estos antecedentes:

a) Estado de matrícula

b) Estado del explotador

c) Estado de diseño

d) Estado de fabricación

e) Todo Estado que haya participado en la investigación

f) Todo Estado de cuyos nacionales hayan perecido o sufrido lesiones graves

g) Todo Estado que haya facilitado información pertinente, instalaciones y servicios de importancia o expertos.

Cuando el documento ya está en circulación, se procede a su difusión pública por medio de su página web a toda persona interesada, esto se efectúa en un plazo de 12 meses después de ocurrido el evento, en caso de no poder publicarse en el tiempo estipulado, la DGAC pondrá a disposición del público una declaración provisional que indicara los pormenores del progreso de la investigación y cualquier cuestión de seguridad operacional que se haya suscitado.

En el caso de las aeronaves con una masa mayor a 5.700 kilogramos, una vez publicado el informe final, se enviará una copia a la Organización de Aviación Civil Aeronáutica Civil.

ECCAIRS

Como base de datos Chile utiliza el ECCAIRS, base datos recomendada por la OACI para la implementación en cada agencia de investigación, con el fin de facilitar el análisis de los accidentes e incidentes acontecidos. La recomendación está estipulada en el Anexo 13, en el Capítulo 8 de Medidas de Protección de Accidentes (OACI, 2020), en el cual se detalla lo siguiente:

Bases de datos y medidas preventivas

1. Cada Estado establecerá y mantendrá una base de datos de accidentes e incidentes para facilitar el análisis eficaz de la información sobre deficiencias de seguridad operacional reales o posibles y para determinar las medidas preventivas necesarias.
2. **Recomendación:** Las autoridades estatales encargadas de la aplicación del programa estatal de seguridad operacional (SSP) deberían tener acceso a la base de datos de accidentes e incidentes mencionada en el punto anterior en apoyo de sus responsabilidades funcionales en materia de seguridad operacional.
3. Además de las recomendaciones sobre seguridad operacional dimanantes de las investigaciones de accidentes e incidentes, las recomendaciones sobre seguridad operacional pueden provenir de diversas fuentes, incluso los estudios sobre seguridad operacional. Si las recomendaciones en cuestión están dirigidas a una organización en otro Estado, se transmitirán también a la autoridad encargada de la investigación de accidentes del Estado.

2.4.5 Experiencia requerida para ser un investigador de accidentes aéreos

Cada investigador que esté relacionado con la investigación de accidentes e incidentes aéreos debe contar con experiencia y conocimientos previos para trabajar en esta área. Por estos motivos la OACI en la Circular 298 AN/172 en el Capítulo 2 de Antecedentes de Experiencia para Investigadores (OACI, 2003), detalla que este tipo de personal debe tener estos requisitos:

1. La investigación de accidentes de aeronaves es una tarea especializada que sólo debe ser llevada a cabo por investigadores cualificados. Muchos Estados establecen una

autoridad de investigación de accidentes con investigadores calificados y con experiencia. Algunos Estados tienen una autoridad de investigación de accidentes independiente o una organización de investigación de accidentes dentro de la autoridad encargada de la reglamentación. Algunos Estados no tienen ningún personal empleado exclusivamente para la investigación de accidentes de aviación. Dichos Estados deben capacitar personal calificado en las técnicas de investigación de accidentes exigidas para participar en o para llevar a cabo una investigación de accidentes de aviación. Cuando se asigne personal a una investigación de accidente, éste debería ser relevado de sus tareas habituales mientras dure la investigación.

2. Los investigadores de accidentes deben tener una comprobada experiencia práctica en la industria como una base para construir sus habilidades de investigación. Esta experiencia se puede adquirir desde su formación como piloto, ingeniero aeronáutico o técnico. Especialistas calificados en operaciones de vuelo, aeronavegabilidad, gestión de tránsito aéreo u otros relacionados con la aviación, también podrían ser adecuados para la formación investigadora de accidentes.
3. Normalmente, un equipo pequeño o incluso un solo investigador puede llevar a cabo la investigación de un accidente de un avión pequeño de aviación general. Sin embargo, es aconsejable que sean dos investigadores, uno de operaciones (OPS) y otro de aeronavegabilidad (AIR) los que realicen la investigación. Además, los investigadores deben tener una comprensión global de la interrelación de cada uno de los servicios de apoyo que son necesarios para operar una aeronave en el entorno de la aviación.
4. Dado que el resultado de las investigaciones de accidentes dependen en gran medida del conocimiento, habilidades y experiencia de los investigadores de accidentes de aeronaves, éstos deben:
   - comprender el alcance y la complejidad de la investigación, que es necesaria para la investigación de conformidad con la legislación, los reglamentos y otros requisitos del Estado, necesarios para llevar a cabo la investigación;
   - tener el conocimiento de las técnicas de investigación de accidentes de aviación;

- tener la comprensión de las operaciones de aeronaves y las áreas técnicas pertinentes de la aviación;
- tener la capacidad de obtener y gestionar la asistencia y los recursos necesarios para apoyar la investigación técnica pertinente;
- tener la capacidad de recopilar, documentar y preservar las pruebas;
- tener la capacidad de identificar y analizar las pruebas pertinentes a fin de determinar las causas y, en su caso, formular recomendaciones de seguridad operacional, y
- tener la capacidad de escribir un informe final que cumpla con los requisitos de la autoridad de investigación de accidentes del Estado que realiza la investigación.

5. Además de las habilidades, técnicas y experiencia, un investigador de accidentes requiere ciertas cualidades personales. Estos atributos incluyen la integridad y la imparcialidad en el análisis de los hechos, la capacidad para analizar los hechos de una manera lógica, la perseverancia en la búsqueda de preguntas, a menudo en condiciones difíciles, y el tacto en el trato con una amplia gama de personas que han participado en la traumática experiencia de un accidente aéreo.

2.4.6 Cuadro resumen / comparativo

Características / Organización	DGAC	NTSB	JTSB	SHK
Entidad Gubernamental Responsable	Organismo público dependiente de la Fuerza Aérea de Chile.	Organización independiente del Gobierno de los Estados Unidos.	Es una división del Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo.	Agencia administrativa estatal del gobierno sueco.
Expertis de los Investigadores y equipo designado	La DGAC designará al investigador encargado y al que ha de encargarse de la investigación técnica. El Investigador encargado tendrá acceso sin restricciones a los restos de la aeronave, y a todo material pertinente.	Se tiene un jefe designado con años de experiencia en la NTSB y la industria y los investigadores son especialistas en operaciones, estructuras, plantas de motor, sistemas, control de tráfico aéreo, clima, desempeño humano, factores de supervivencia.	La JTSB asigna a especialistas del área de operaciones, búsqueda y rescate, mantenimiento y componentes y materiales.	Los equipos de investigación de SHK siempre están formados por al menos un jefe y un investigador a cargo. A menudo, otros investigadores con diferentes habilidades especializadas también forman parte del equipo de investigación. La SHK a menudo también necesita contratar expertos externos en varios campos.
Investigación en Otras Industrias	Investigación de accidentes aéreos civiles.	Investigación de accidentes de aviación civil, carreteras, marinos, oleoductos y ferrocarriles.	Investiga la causa de los accidentes de aviación, accidentes ferroviarios, accidentes de buques, o incidentes graves.	Investiga accidentes civiles o militares graves que pueden ocurrir en tierra, mar o en el aire
Plazos de Entrega	Tiempo mínimo de 12 meses, sujeto a modificación dependiendo del tipo de evento que se investigue.	Tiempo de entrega de 12 a 18 meses, sujeto a modificación por investigaciones posteriores.	Dependera del evento por lo que se presenta un tiempo mínimo de entrega de 4 meses y un periodo máximo promedio estimado entre 12 a 24 meses.	Acorde al evento acontecido se presenta un tiempo estimado para entregar los informes en un plazo mínimo de 3 meses y un tiempo máximo de 12 a 24 meses.
Metodología de Investigación	• Investigación a nivel general de que es la historia del vuelo. • Indagación de daños, a personas, aeronaves y terceros. • Recopilación de información sobre la tripulación, respecto a los antecedentes de él o los pilotos y su experiencia en vuelo,y se efectúa una recopilación de información respecto a los antecedentes de la aeronave, motor, hélice y documentación a bordo. • Registro del historial de mantenimiento de la aeronave. • Inspección de la aeronave, para corrobar su estado. • Verificación de antecedentes de peso y balance. • Indagación en la información meteórologica. • Búsqueda de aporte informativo en comunicaciones. • Información del aérodromo o aeropuerto. • Indagación sobre el terreno en el que ocurrió el accidente o incidente. • Verificación de la supervivencia de los ocupantes. • Recopilación de relatos de los involucrados directamente con el accidente y testigos.	• Investigación de la historia del vuelo. • Indagación respecto a la información personal respecto a uno o más pilotos que se encuentren involucrados en un accidente. • Recopilación de los antecedentes de la o las aeronaves involucradas en un accidente, sus características, equipamiento, funcionamiento y historial de mantenimiento. • Búsqueda de causas en la información meteorológica. • En caso de ser necesario verificación de los sistemas de navegación. • Indagación en los restos e impactos de la aeronave. • Verificación de la información médica de los pilotos. • Indagación sobre los aspectos de la supervivencia de los ocupantes. • Pruebas e investigación por medio de Simulaciones. • Búsqueda de Información sobre la organización y la gestión, en base a planificaciones, infraestructura, asignación de recursos, días de servicio, capacitaciones, procedimientos, orientación de pilotos, controles operacionales, programas de seguridad, supervisión de la FAA. • Recopilación de información adicional, como el efectuar un seguimiento a la organización involucrada para ver que acciones correctivas efectuaron después de acontecido el accidente.	• Indagación general en lo que la fue la historia del vuelo, se investigan los procedimientos y operaciones de vuelo y la situación que conllevo al accidente. • Investigación de lesiones a personas. • Verificación de daños a la aeronave. • Investigación de los antecedentes del personal respecto a su edad, horas de vuelo y habilitaciones. • Recopilación de antecentes de la aeronave como el tiempo de vuelo, serie, modelo, año de fabricación fabricante, centro de gravedad y peso al momento del accidente o incidente. • Verificación de la información meteórologica presentada. • Indagación en información adicional como los registros de vuelo, la aceleración registrada, la actitud del vuelo, efectos del viento, manuales del fabricante y del operador de la aeronave, efectos de turbulencia, entre otros factores a considerar en la investigación.	• Investigación de la secuencia de eventos que conllevaron al accidente y las acciones ejecutadas posteriormente. • Análisis de entorno bajo el cual se desarrollo el accidente, considerando el lugar, la aeronave y los sistemas relevantes para que ocurriera el accidente. • Indagación bajo que condiciones se produjo el accidente, se investigan las condiciones meteórologicas y que consecuencias conllevaron para la aeronave al momento de operar. • Estudio respecto de la información entregada de la gestión del personal, organizaciones y seguridad presentados en donde se investiga que efectos tuvo estos factores en el accidente. • Verificación del comportamiento de los servicios de rescate y la preparación que estos tienen para afrontar el accidente, informando de los planes de contingencia, la distribución y coordinación que existe. • Recopilación de registros como los datos de vuelo, datos del sistema de control del motor, grabaciones de la cabina de vuelo, comunicaciones de radio y grabaciones del centro de respuesta a emergencias. • Verificación de reglamentos, regulaciones, procedimientos y otra documentación perteneciente a la organizaciones involucradas, autoridades, departamentos de rescate y policía. • Indagación en otra información como pesos máximo de despegue de una aeronave, medidas adicionales brindadas por la autoridad, pruebas a componentes y otros daños a considerar.
Base de datos con Estadísticas	Cuenta con una base de datos, denominada ECCAIRS, la cual es de carácter confidencial y es utilizada para realizar el registro de los eventos, y no para publicar información sobre el desempeño aéreo de los accidentes e incidentes a lo largo de los años.	Presenta una base de datos respecto a la fatalidad de cada accidente registrado en las diferentes industrias investigadas en un año.	Presentan una base de datos con todos los accidentes aéreos ocurridos en un año con un registro histórico desde 1974 al 2021. Comparan gráficamente la cantidad de accidentes registrados por mes por cada 4 años. Se efectúa una comparación anual de accidentes clasificados por el tipo de aeronave.	Las estadísticas del informe se dividen en transporte marítimo civil, ferroviario, aviación civil, militar e investigaciones del tráfico por carretera / otras actividades. Las estadísticas se presentan para cada área de investigación con respecto al número de investigaciones actualmente en curso, el número de informes finales, el número y porcentaje de informes finales completados dentro de los doce meses, y el tiempo medio de tramitación y la mediana del tiempo de tramitación del mes.

Capítulo 3

Desarrollo

3.1 ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES, SEGÚN HFACS.

3.1.1 Análisis según la causa de los accidentes o incidentes

Para este análisis se consideran únicamente 363 accidentes e incidentes, ya que, si bien hay 381 eventos registrados, 18 de estos no cuentan con una causa determinada, este tipo de registros se dividen en dos categorías, siendo 9 de estos, informes que no se encuentran publicados, que tienen una antigüedad de hasta 10 años y además el motivo por el que no se encuentran disponibles es desconocido. Por otro lado, se tiene a los eventos que cuentan con un informe preliminar pero que todavía no tienen una causa del accidente o incidente definida por lo que no se pueden categorizar en algún nivel del modelo H. Facts. Es por estas razones que ambos tipos de eventos se descartan debido a que no cuentan con la suficiente información para ser clasificados en algún nivel.

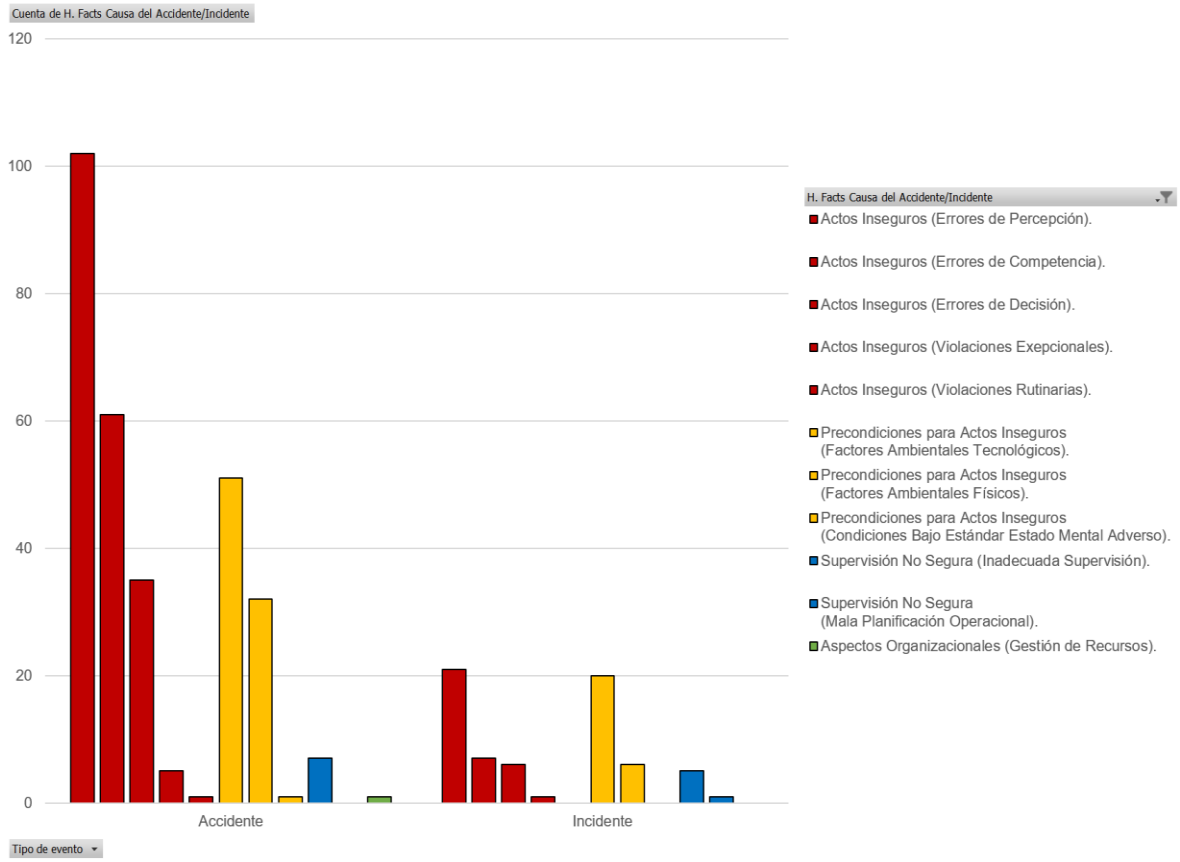


Gráfico 3-1: Número de accidentes e incidentes registrados en el período 2010-2020 clasificados bajo el modelo H. Facts. Fuente: Elaboración propia.

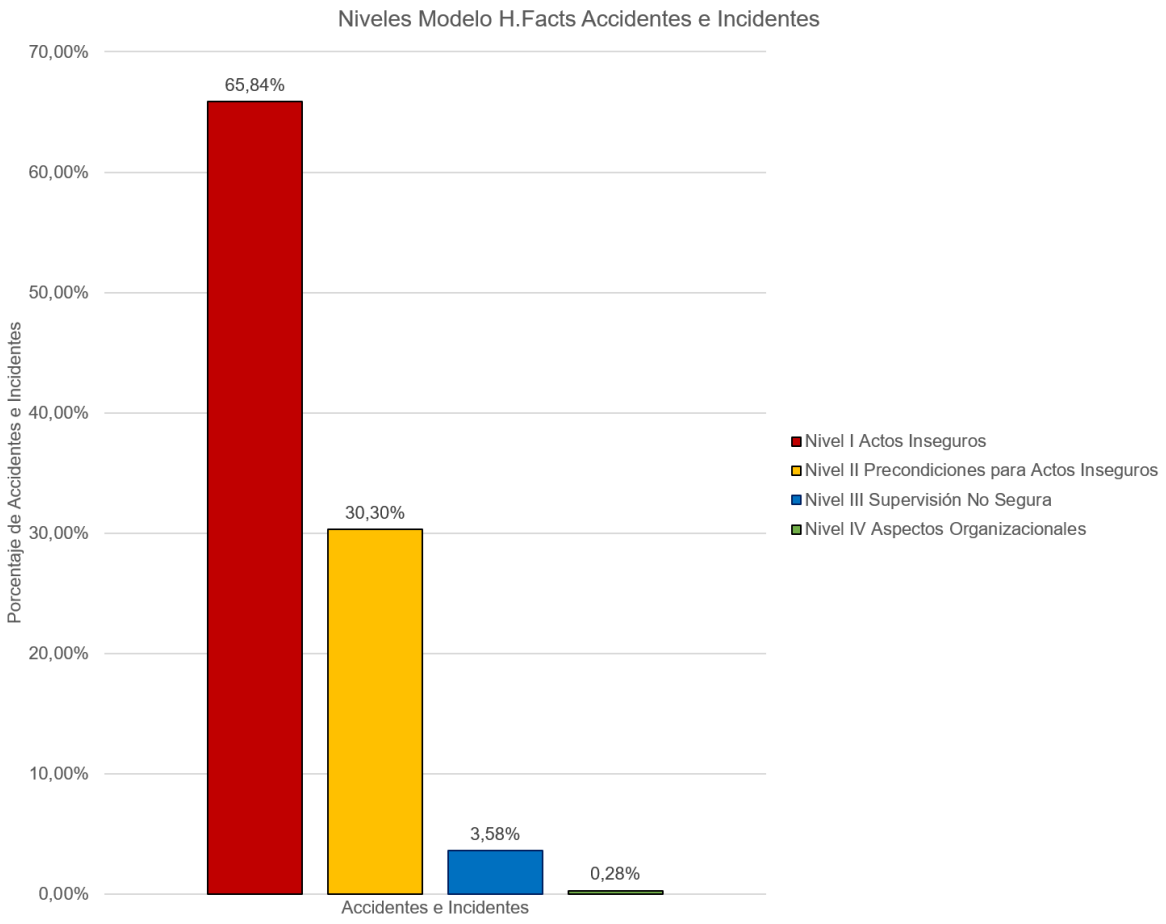


Gráfico 3-2: Representación gráfica de las cifras porcentuales de accidentes e incidentes asociada por cada nivel del modelo H. Facts. Fuente: Elaboración Propia.

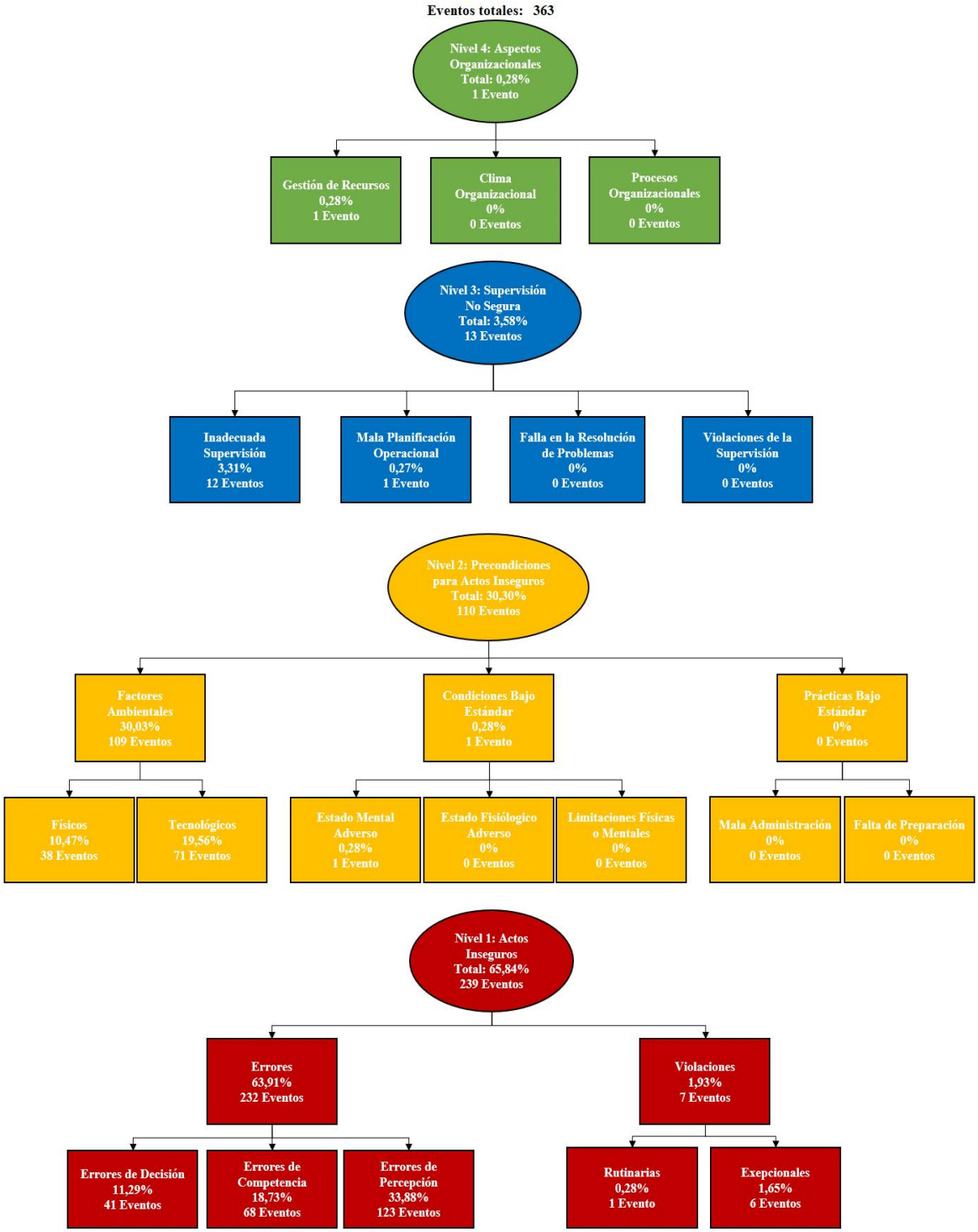


Ilustración 3-1: Porcentaje de accidentes e incidentes ilustrados en el modelo H. Facts. Fuente: Elaboración propia.

En base a las categorías analizadas del modelo H. Facts en el registro de los 363 accidentes presentados por la DGAC desde al año 2010 al 2020, se comprueba por medio del Gráfico 3-2 que el 65,84% de los sucesos registrados corresponden a eventos de categoría de Nivel I y un 30,30% al Nivel II, lo que entre ambos representa un 96,14% de los eventos analizados, el resto se compone por unas medidas ínfimas asociadas directamente a la Supervisión No Segura de Nivel III con un 3,58%, terminando con un único evento ligado al Nivel IV de Aspectos Organizacionales que cuenta con una representatividad de un 0,28%, esta distribución se ve representada en mayor detalle en la Ilustración 3-1.

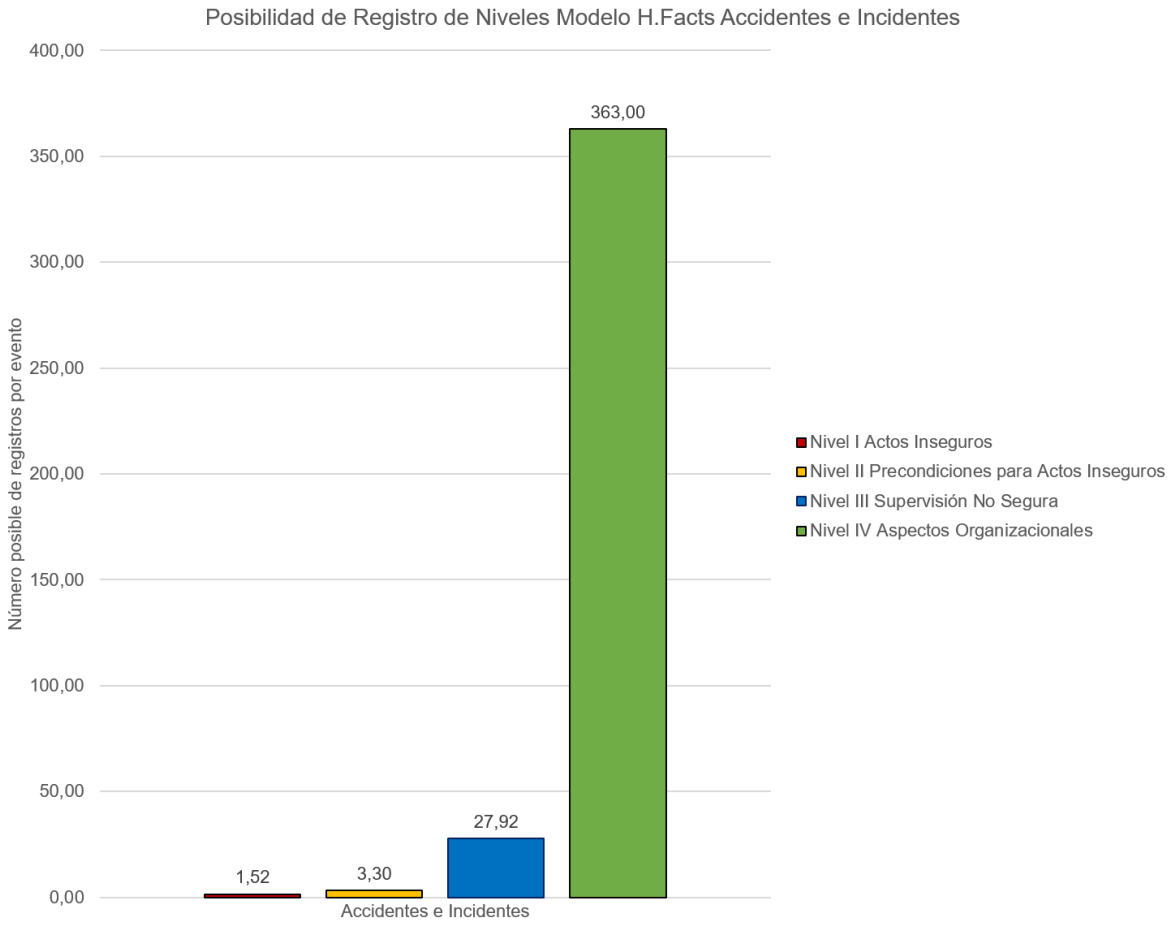


Gráfico 3-3: Posible incidencia de accidentes e incidentes asociada por cada evento. Fuente: Elaboración Propia.

Con las cifras presentadas y lo que se muestra en el Gráfico 3-3, se puede observar que la mayor parte de los eventos ocurridos en el territorio nacional son causados por Actos

Inseguros, con un índice de 1,52, lo que significa que por cada 1 a 2 accidentes o incidentes registrados, su respectiva causa estará asociada a esta categoría, seguido en menor medida por las Precondiciones para Actos Inseguros con un índice de 3,30, lo que significa que por cada 3 a 4 eventos, se registrarán accidentes o incidentes asociados a este nivel. Mientras que los sucesos asociados a niveles de mayor categoría como el Nivel III Supervisión No Segura se producen en casos aislados debido a su alto índice de 27,92, lo que significa que estos pueden encontrarse por cada 28 accidentes o incidentes registrados, y en una muy pequeña medida se pueden registrar los Aspectos Organizacionales del Nivel IV asociados a casos particulares debido a su índice de 363, lo que implica que sólo se registrará este tipo de suceso en un solo caso de los 363 sucesos registrados. Este comportamiento se refleja en el Gráfico 3-3, que se presenta de forma creciente, mostrando que para cada número de eventos puede ocurrir un evento asociado a cada categoría, de forma que cuanto menor es el número, mayor es la posibilidad de encontrar eventos asociados a esa categoría. Esta tendencia muestra que, desde el punto de vista de las causas directas de un accidente o incidente, los trabajos de investigación se centran en la mayoría de los casos en la implicación humana, pero que también en determinadas circunstancias se investigan factores previos que desencadenan consecuencias directas, que bajo los aspectos de la seguridad aérea no son deseables.

Nivel I, Actos Inseguros

En el Nivel I, se observan las consecuencias directas provenientes de errores o violaciones ejecutadas por el personal que está directamente involucrado con la aeronave, el tipo de error que tiene una mayor frecuencia son los Errores de Percepción contando con 123 ocurrencias a lo largo de los 10 años estudiados, lo que representa el 33,88% de los casos, es decir 1/3 de los eventos acontecidos es atribuible a esta categoría que se asocia a; errores comunes como la omisión del tren de aterrizaje, una aproximación no estabilizada con parámetros de vuelo inadecuados para realizar un aterrizaje, una pérdida de la noción de altura, omisión de obstáculos en tierra o aire, entre otros factores de menor ocurrencia. Por lo general este tipo de errores es detectable, denominándose errores constantes debido a los antecedentes que presentan, los cuales son reiterativos a lo largo de los años

analizados. Esta situación de recurrencia se repite con los 68 eventos registrados que porcentualmente corresponden a un 18,73% de los eventos asociados a Errores de Competencia que presenta el piloto o el personal involucrado con la aeronave, ya que son atribuibles a antecedentes formativos y por lo general pueden ser rastreados a una causa de origen establecida en las capacidades o decisiones que tome el piloto. Por último, respecto a los 41 eventos registrados, estos representan un 11,29% de los casos y son los Errores de Decisión que toma un piloto u operador relacionado a la aeronave, este tipo de situaciones por lo general son impredecibles debido a que provienen de decisiones tomadas en un instante determinado que pueden detonar en un evento no deseado y que dependerán del contexto sobre el cual se desarrolla la situación.

Dentro de las subcategorías de los Actos Inseguros existe otra denominada Violaciones, en está solo se puedan encontrar 6 eventos de este tipo que están asociados a Violaciones Excepcionales representando un 1,65% de los casos, ya que, en base a lo expuesto por los informes, se muestra que esto ocurrió únicamente en situaciones en las que se presentaron vulneraciones que pueden provenir de las normativas impuestas por la autoridad, medidas de seguridad, procedimientos estipulados y manuales provistos por las organizaciones y/o fabricantes de aeronaves. Continuando con la otra subcategoría que son Violaciones Excepcionales se ve aplicada a un único caso en el cual la carga al interior de la aeronave se aseguraba de forma inadecuada en cada vuelo realizado, por lo que está representa un 0,28% de los acontecimientos registrados.

Por lo general es normal que en la mayoría de los accidentes e incidentes este tipo de características observadas en las categorías de errores y violaciones se vea como la causa principal, en lo que son los procedimientos de investigación y en los modelos de análisis de causas. Pero como se ha demostrado en estos últimos años es necesario analizar las subcausas que conllevaron al suceso, ya que por lo general un evento no ocurre por una única causa, sino que es conjunto de factores que alineados con una causa en específico detonan el evento no deseado que es categorizado como accidente o incidente según la gravedad de este, por lo que a simple vista con esta categoría no se puede afirmar que exista una única causa dentro de lo que es la investigación de accidentes.

Nivel II, Precondiciones para Actos Inseguros

En general este tipo de causas tienen un impacto directo con el procedimiento aéreo realizado, pero como bien se ha demostrado en las cifras esto se concentra en los Factores Ambientales con 109 eventos registrados. Teniendo un margen porcentual de un 30,03%, que representa casi 1/3 de los accidentes e incidentes analizados. Estás causales provienen de factores previos que conllevan a un accidente, en este aspecto predominan las causas del tipo Factores Ambientales Tecnológicos con un registro de 71 eventos representado porcentualmente en un 19,56% que se ve reflejado mayoritariamente en malas inspecciones, mantenimientos ineficientes u omisiones de la revisión de ciertos componentes internos de las aeronaves involucradas en un accidente y por otro lado está presente en una menor medida errores de diseños que tenga una aeronave. Continuando bajo esta subcategoría se encuentran los Factores Ambientales del tipo Físico que se presentan con una ocurrencia de un 10,47% y están asociados principalmente a factores meteorológicos como viento, neblina o inclemencias climáticas que no permiten efectuar un vuelo con seguridad y por otro lado se presentan características que impactan en el desempeño de la aeronave como lo es el deterioro, corrosión o contaminación del combustible que contenga.

Existe un único caso en el cual se ve aplicada la subcategoría de Condiciones Bajo Estándar Estado Mental Adverso en el cual se observan irregularidades en el vuelo del piloto, que son atribuibles a problemas personales previos que presentaba que conllevaron al accidente registrado, pero respecto a otros aspectos como un Estado Fisiológico Adverso o Limitaciones Físicas o Mentales no existen causales registradas a lo largo de los 10 años analizados, por lo que la investigación en este aspecto no lo considera en la mayoría de los casos como una causalidad directa este tipo de aspectos al momento de analizar las causas que conllevaron a un evento no deseado que sea catalogado como accidente o incidente.

Nivel III, Supervisión No Segura

Bajo esta clasificación se encuentra la subcategoría de Inadecuada Supervisión que representa un 3,31% de los eventos registrados, contando con 12 incidencias a lo largo de

los 10 años de informes registrados, por lo general este tipo de eventos se debe a que no se efectúa una correcta supervisión a los procedimientos en tierra como la revisión del estado de las aeronaves, un buen ejemplo de esto es; no asegurar las capotas de los aviones una vez inspeccionados. Por otro lado, también se ve en una menor medida ejecutado bajo la supervisión de operaciones aéreas, en donde por una mala coordinación se ocasiona un accidente o incidente.

Respecto a la Mala Planificación Operacional existe un único caso el cual se ve directamente relacionado a esta categoría y representa una cifra ínfima de un 0,28% dentro de los registros de accidentes e incidentes, este se presenta como una situación en la que el operador de una aeronave considero una menor cantidad de combustible para una ruta sin considerar la proyección del vuelo ni aspectos meteorológicos.

Este nivel en total representa únicamente un 3,58% de los eventos registrados a través de los años, lo que demuestra en parte en donde se encuentra concentrada la investigación de accidentes en la aviación civil de Chile, ya que está enfocada mayoritariamente en aspectos de Nivel I y II como los detonantes principales de los eventos, esto se menciona sin considerar aspectos como los factores contribuyentes que son subcausas que aportan antecedentes adicionales al accidente o incidente investigado estableciendo condiciones previas al evento.

Nivel IV, Aspectos Organizacionales

En esta categoría se presenta únicamente un caso asociado a la Gestión de Recursos en el cual se presenta la característica de que la aeronave utilizada presentaba un deterioro que no fue atendido por la organización, este evento representa únicamente un 0,28% de los accidentes e incidentes registrados, por lo que en base al análisis de este nivel se puede comprobar en parte que la investigación chilena de accidentes aéreos tiene una concentración en causales de Nivel I y II respectivamente a lo largo de los 10 años analizados.

3.1.2 Análisis según los factores contribuyentes

Si bien los eventos analizados tienen una causa directa está no es única, ya que como se ha mencionado en los diversos modelos de análisis de causas, un accidente o incidente no tienen un único factor como detonante de todo el evento, por esto mismo es necesario analizar las subcausas que conllevaron a que el accidente ocurrieran, que en la terminología de la investigación de chile son denominadas factores contribuyentes. Si estas características se observan desde el punto de vista del modelo del Queso Suizo del señor Reason, se entienden a los factores contribuyentes como las vulneraciones existentes en las diferentes barreras que posee una organización las cuales al estar alineadas activan al evento con una causa directa que funciona como detonante, este tipo de subcausas permiten determinar con una mayor certeza el enfoque investigativo que tiene la autoridad chilena en la materia de los accidentes aéreos, ya que muestra cual es la fuente de los antecedentes y el contexto que están asociados a las labores de investigación.

Existen 741 registros de los cuales 678 corresponden a factores contribuyentes, mientras que el resto son 18 registros sin determinar en total, debido a que el informe analizado hoy en día no se encuentra disponible, por lo que se tienen 9 ocurrencias de este tipo. Otra razón por lo que no se consideran a otros 9 casos es, porque esto se están redactando en la actualidad por lo que no tiene considerando las causas y los factores contribuyentes que están para informar la situación del documento final. Por otro lado, no se consideran 45 eventos ya que, si bien estos cuentan con una causa, dentro de la investigación de factores, estos no involucran factores contribuyentes asociados.

Dentro de este análisis en el Gráfico 3-5 se presenta la frecuencia relativa de los accidentes e incidentes asociados a cada factor contribuyente acorde al nivel representado por el modelo H. Facts, para calcular estos valores se considera los diversos tipos de factores contribuyentes registrados distribuidos en las 4 categorías y esto se divide por los 363 accidentes e incidentes registrados, para de esta forma conseguir la frecuencia requerida.

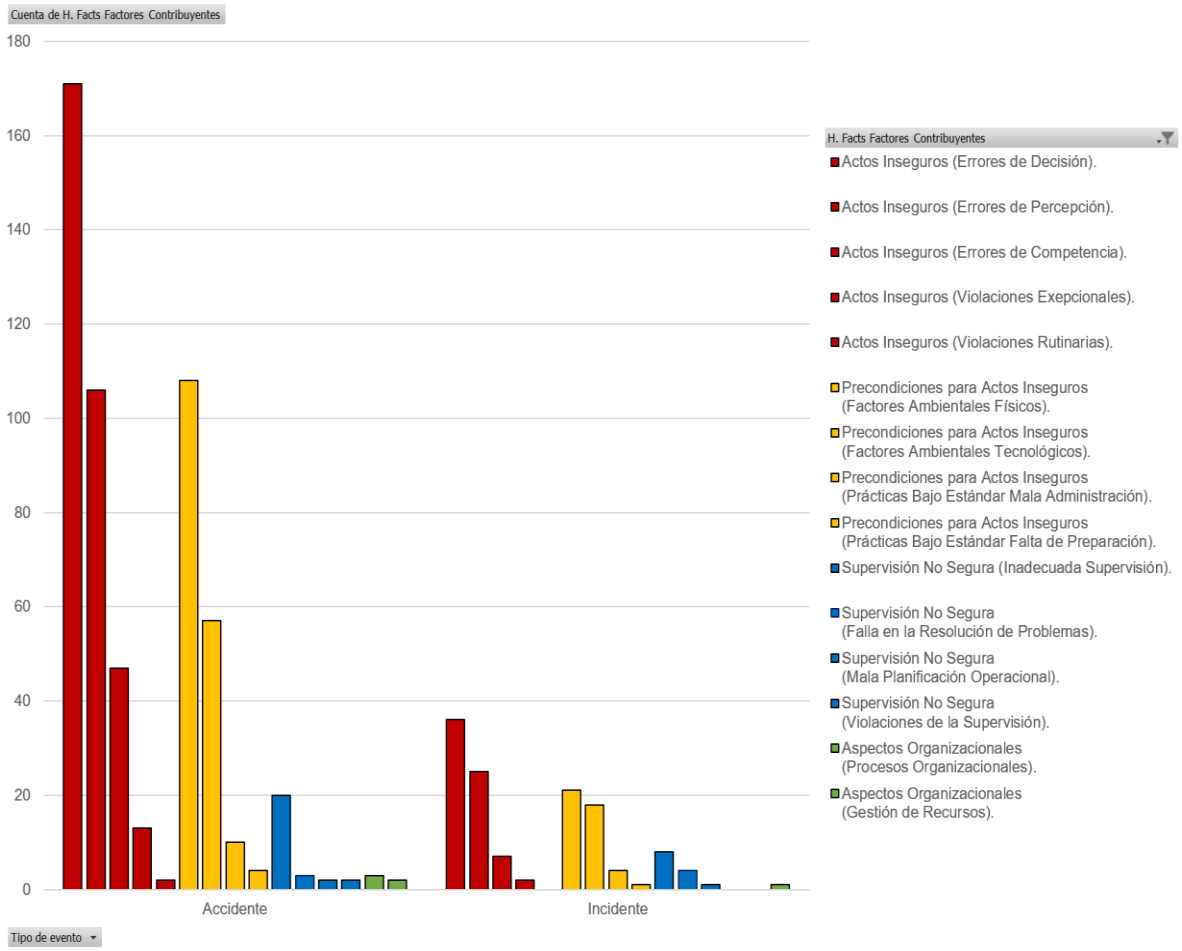


Gráfico 3-4: Número de factores contribuyentes registrados en accidentes e incidentes en el período 2010-2020 clasificados bajo el modelo H. Facts. Fuente: Elaboración propia.

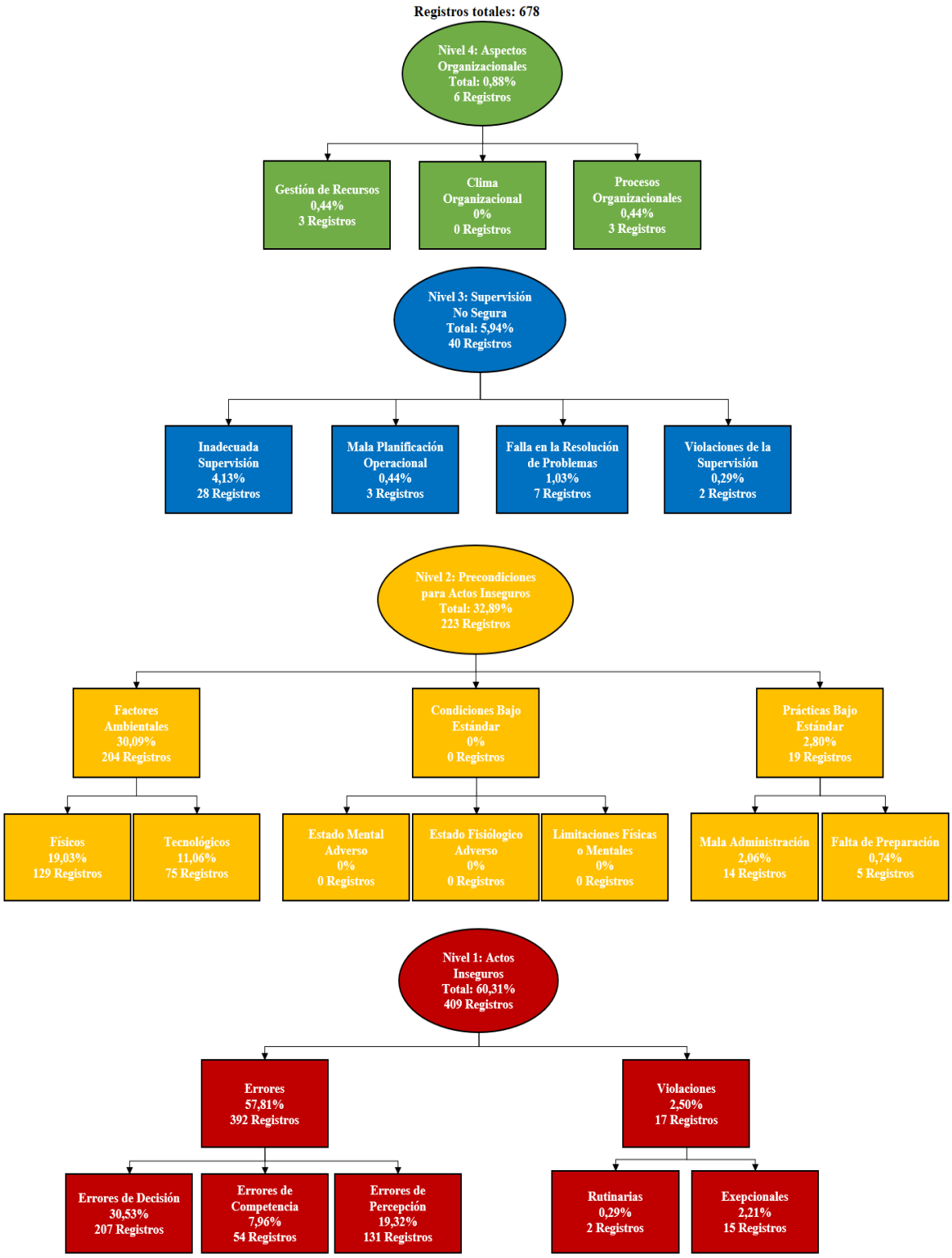


Ilustración 3-2: Porcentaje de factores contribuyentes ilustrados en el modelo H. Facts. Fuente: Elaboración propia.

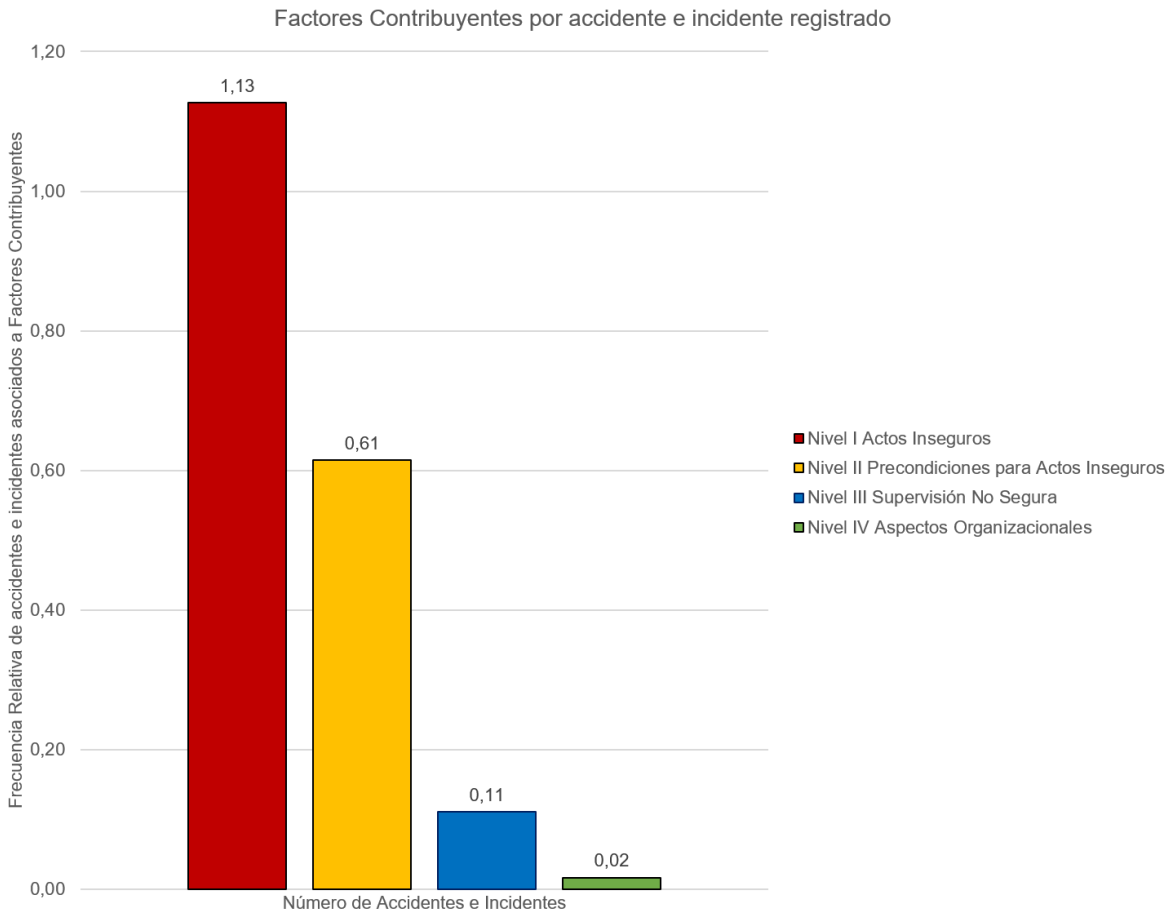


Gráfico 3-5: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociados por los factores contribuyentes registrados entre el año 2010 al 2020. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel I, Actos Inseguros

En base a los factores contribuyentes recopilados a lo largo de 10 años de registros accidentes e incidentes, se puede observar una alta concentración en el Nivel I del modelo H. Facts, lo que en total representa un 60,31% de los 678 registros. Por otro lado, esta categoría considera la mayor cifra de factores contribuyentes asociados a accidentes e incidentes contando con una frecuencia relativa de 1,13 de que existan causas asociadas a Actos Inseguros contribuyentes al evento, esto se traduce en que es posible encontrar entre 1 a 2 factores contribuyentes por cada caso registrado, con estas cifras expuestas más lo analizado previamente respecto a la causa de los accidentes se puede observar que el proceso de investigación está enfocado mayoritariamente en eventos que están

directamente relacionados con el accidente o incidente acontecido, siendo estos factores un aspecto del error humano que además ocurre en un momento determinado del accidente y no en condiciones previas, esto se puede ver reflejado claramente en la subcategoría de Errores que representa un porcentaje 57,81% registros efectuados, los cuales se dividen en Errores de Decisión que se destaca por ser una de las cifras más significativas ya que representa un 30,53% de los 678 registros totales, lo que muestra claramente que cerca de 1/3 del enfoque investigativo está concentrado en este ámbito, seguido en un segundo lugar por los Errores de Percepción con un 19,32% y por último con una cifra menor un 7,96% de Errores de Competencia. Este tipo de errores componen a más de la mitad de los eventos investigados los cuales se encuentran radicado en el Nivel I de Actos Inseguros, que además contiene en una menor medida de un 2,50% factores contribuyentes del tipo Violaciones que se dividen en Violaciones Rutinarias con 2 registros representado un porcentaje de un 0,29% y Violaciones Excepcionales con 15 registros reflejados en un valor de porcentual de un 2,21%.

Nivel II, Precondiciones para Actos Inseguros

Con una cifra de 223 registros equivalentes a un 32,89% del universo de 678 registros, se entiende que en aproximadamente 1/3 de los eventos analizados existen circunstancias de carácter previo que contribuyen a la causa directa del accidente o incidente investigado.

Desde la perspectiva de la frecuencia relativa asociada a accidentes e incidentes se tiene una frecuencia de un 0,61 de que el evento analizado contenga aspectos de Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros, es decir que de 10 casos registrados en 6 se encontraran factores contribuyentes de este tipo, estás cifras muestran donde se encuentra el segundo mayor enfoque causal que existe dentro del análisis de causas realizado en la materia de investigaciones por la DGAC.

En un mayor detalle se puede observar que la principal fuente de este tipo de factores proviene de Factores Ambientales subdivididos en Físicos, que pueden ser del tipo meteorológico o adyacentes a alguna condición de deterioro presente en la aeronave, como del tipo tecnológico por fallas de componentes que no se detectaron con

anterioridad. Bajo los aspectos del estado en que se encuentra el personal denominadas con Condiciones Bajo Estándar como su estado de salud, estado físico o limitaciones que sean del tipo de mentales o físicas en ninguno de los 381 eventos analizados son considerados como factores contribuyentes para un posible accidente o incidente, por lo que el trabajo investigativo realizado por la DGAC no ha contemplado este tipo de aspectos dentro de los factores contribuyentes en el período comprendido entre el año 2010 y 2020. Por otro lado, existe una pequeña proporción de 19 anotaciones en las cuales se estipula que las Prácticas Bajo Estándar contribuyeron a un accidente o incidente, siendo en su mayoría registros asociados a una Mala Administración con 14 inscripciones y en menor medida hay 5 registros provenientes de la Falta de Preparación.

En base a estas cifras es plausible afirmar que dentro de los factores contribuyentes existe una concentración considerable de Precondiciones que son del tipo Ambiental, que si bien se pueden presentar como una forma de investigar condiciones previas que hayan permitido vulneraciones dentro de una organización, este tipo de antecedentes no cubren satisfactoriamente aspectos como la supervisión que existe detrás de cada tipo de operación o los recursos que se hayan asignado al mantenimiento de cada aeronave, por mencionar algunos ejemplos, por lo que no se establecen las deficiencias que tendrían la organización y sus integrantes.

Nivel III, Supervisión No Segura

Se establece una cifra de 40 registros que representan un 5,94% de los 678 factores contribuyentes registrados. Dentro del total 28 registros corresponden a una Inadecuada Supervisión que representa un 4,13%, siendo la mayor concentración en este nivel, seguido en una menor medida por la Falla en la Resolución de Problemas con un 1,03% derivado de 7 anotaciones, para posteriormente caer en cifras inferiores a un 1% que apenas contienen 3 inscripciones que se reflejan en cifras porcentuales de un 0,44% correspondientes a una Mala Planificación Operacional y por último se finaliza en un registro que contiene únicamente 2 inspecciones que corresponden a Violaciones de la Supervisión que equivalen a un 0,29% de la totalidad de registros analizados.

Al analizar la frecuencia relativa de los accidentes e incidentes relacionados con los factores contribuyentes se tiene un valor de un 0,11 de encontrar causas de asociadas a las supervisión que contribuyan a eventos que terminan en un accidente o incidente, lo que se traduce en que por cada 10 accidentes en 1 se van a encontrar características de este tipo.

Estos valores presentados en este rango al ser comparados con los expuestos en categorías anteriores permiten comprobar que los esfuerzos investigativos no se enfocan en este tipo de factores asociados a la supervisión, sino que en aquellos aspectos de un nivel inferior que tienen una incidencia directa en lo que son los accidentes o incidentes analizados.

Nivel IV, Aspectos Organizacionales

Es el nivel con el menor número de ocurrencias registradas, en total tiene 6 anotaciones que equivalen a un 0,88% de los 678 registros totales. Estás al ser divididas en las subcategorías presentan una distribución equitativa de 3 indicadores en la Gestión de Recursos que representan un 0,44% del total de la muestra y por otro lado se tienen 3 anotaciones asociadas a Procesos Organizacionales que equivalen a un 0,44%, al igual que el factor mencionado previamente. Ambas subdivisiones del nivel no alcanza a ser el 1% de la muestra total.

En base a la frecuencia relativa de la accidentabilidad aérea asociada a los factores contribuyentes se puede encontrar el menor valor dentro de los niveles analizados en esta categoría registrando únicamente una frecuencia de un 0,02, es decir que por cada 100 eventos en 2 se encontraran características de este tipo en lo que sería la asociación entre accidentes e incidentes con los respectivos factores contribuyentes encontrados asociados a Aspectos Organizacionales, por lo que es probable que este tipo de características se analicen bajo condiciones particulares, que en otros casos no son consideradas como relevantes para la investigación.

Relación gráfica entre la causa del accidente y los factores contribuyentes

Esta serie de características del proceso de investigación de Chile se refleja en mayor medida en el Gráfico 3-6, en donde se compara de forma cuantitativa la causa de los

accidentes e incidentes analizados con los respectivos factores contribuyentes que tengan asociados, bajo este aspecto se consideran únicamente 678 registros que están relacionados a los 318 eventos designados de un universo total de 381 casos, descartando así informes que no se encuentran disponibles, que están en proceso de elaboración y de los que sólo se dispone de un informe preliminar, y los que no puedan determinar la causa del accidente o incidente contabilizando bajo estas 3 categorías se descartan 18 eventos en total. Por otro lado, se tiene a aquellos informes que no contienen factores contribuyentes que representan un total de 45 eventos que no son considerados para la representación gráfica.

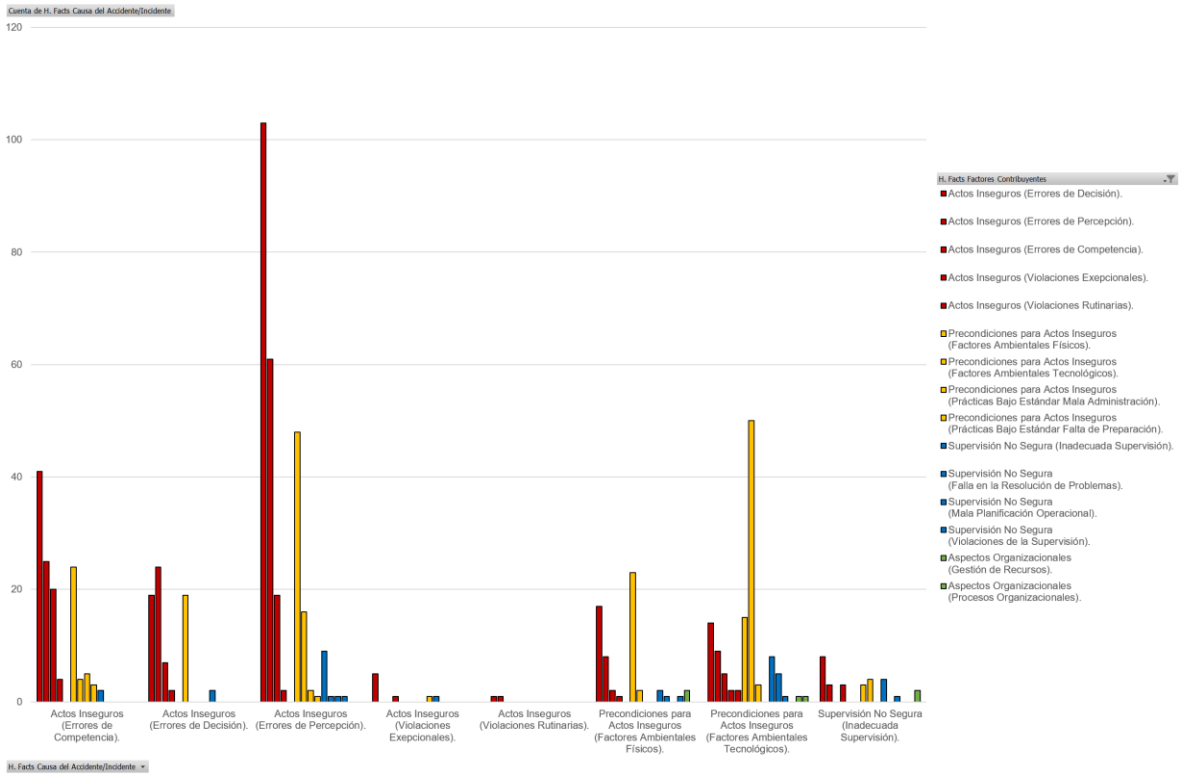


Gráfico 3-6: Asociación gráfica entre las causas del accidente y los factores contribuyentes asociados a estos. Fuente: Elaboración propia.

Bajo estas características, se muestra en el Gráfico 3-6 que las mayores concentraciones asociadas a las causas y factores contribuyentes de cada evento se encuentran en la categoría de Nivel I, distribuidas principalmente en la subcategoría de Actos Inseguros, mostrando así que los esfuerzos de investigación durante los 10 años analizados se han

centrado en la mayoría de los casos en las características directamente relacionadas con los eventos de accidentes o incidentes y en menor medida en las condiciones previas vinculadas a aspectos preexistentes relacionados con la operación presentes en el Nivel II del modelo H. Facts.

Las características de supervisión presentes en el Nivel III y las características organizativas asociadas al Nivel IV contribuyen a empeorar la situación del caso debido a las violaciones en las distintas barreras colocadas por las organizaciones involucradas en los accidentes o incidentes analizados. Estos aspectos se consideran en una minoría de casos en los que hay una participación directa de los involucrados en estas categorías, de lo contrario son características que para la investigación realizada no tienen una contribución importante por lo que no se consideran en lo que son los factores contribuyentes asociados al evento.

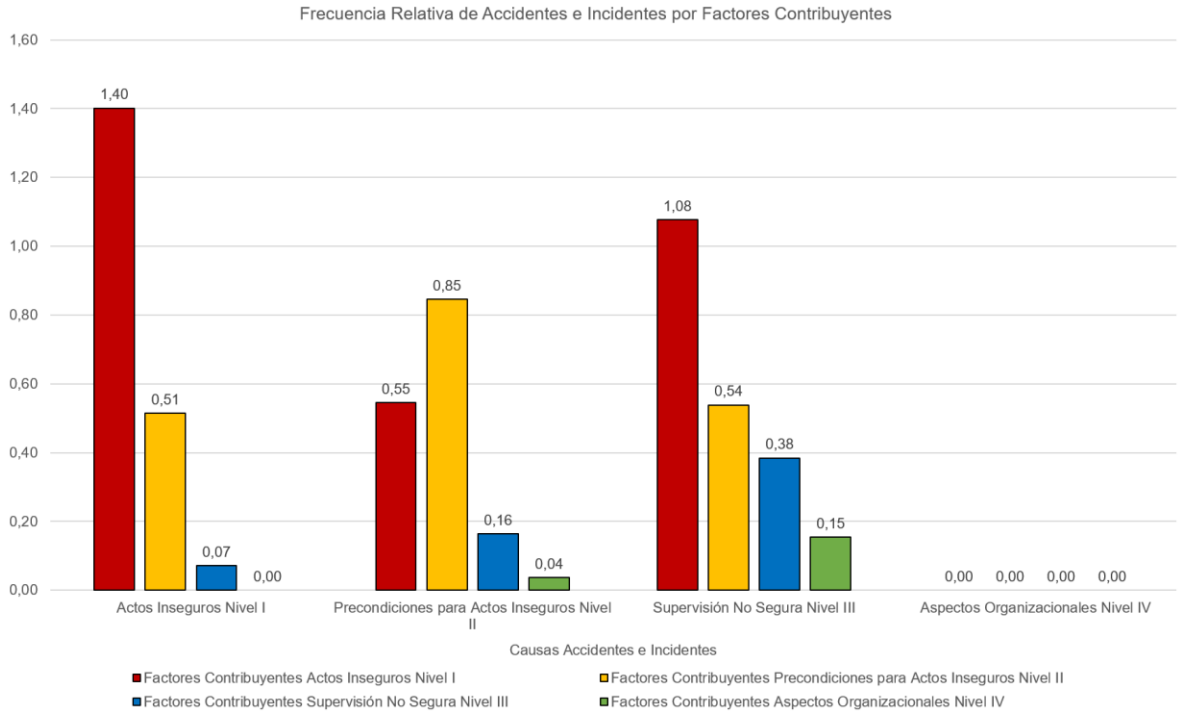


Gráfico 3-7: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociados con sus respectivos factores contribuyentes por cada categoría. Fuente: Elaboración Propia.

Con mayor detalle, se puede observar la frecuencia relativa de cada evento registrado asociado a sus respectivos factores contribuyentes, divididos en las 4 categorías

anteriormente mencionadas y el comportamiento gráfico se registra en el Gráfico 3-7, que refleja las posibilidades de encontrar un accidente e incidente asociado a cada causa que contribuye al evento registrado.

A partir de esta representación gráfica, es posible observar la alta correlación entre los 239 accidentes e incidentes asociados al Nivel I de Actos Inseguros con sus respectivos 339 factores contribuyentes. A partir de esto, existe un índice de 1,4 asociado a estos casos, lo que significa que por cada 1 a 2 eventos asociados a esta categoría habrá subcausas asociadas al Nivel I. Esta correlación es la más significativa dentro de los niveles del modelo H. Facts, es decir, está dentro de los comportamientos que tienen mayor incidencia. En este mismo Nivel I, al compararlo con las 123 Precondiciones de Actos Inseguros del Nivel II, se encuentra una frecuencia de 0,51, lo que indica que por cada dos casos registrados en uno existe la posibilidad de encontrar aspectos relacionados con factores previos que contribuyeron al desencadenamiento del evento. Continuando dentro de las asociaciones, se encuentra que los accidentes e incidentes del Nivel I, al ser vinculados con las respectivas 17 causas contribuyentes del Nivel III, se produce una caída en el valor registrado, con un índice de sólo 0,07, lo que puede interpretarse como que por cada 100 eventos del tipo Actos Inseguros registrados, sólo 7 registros contienen factores contribuyentes con características asociadas a la Supervisión Insegura, lo cual es insignificante en comparación con las otras categorías. Al asociar este tipo de eventos al Nivel IV de Aspectos Organizacionales, no es posible encontrar características de este tipo, lo que demuestra que en estos casos no se consideran para las subcausas asociadas al evento, por lo que en este contexto no es prioritario para la investigación.

En el Nivel II de los 110 eventos registrados, se puede encontrar una alta correlación entre estos y las Precondiciones para Actos Inseguros observadas en los 93 factores contribuyentes, marcando un índice de 0,85, lo que significa que, por cada 10 eventos registrados en esta categoría, en aproximadamente 8 o 9 es posible encontrar características de este tipo, siendo este comportamiento el de mayor frecuencia dentro de este tipo de asociación. Continuando con el segundo tipo de registro, es posible encontrar una incidencia de 0,55 con respecto a los Actos Inseguros de Nivel I de las 60 subcausas

registradas. A partir de esta cifra, se observa que, por cada 2 eventos registrados en esta categoría, al menos 1 de ellos tendrá características de este tipo que contribuyen a desencadenar el accidente o incidente en sí. Al acceder a la asociación de los factores contribuyentes de Nivel III del tipo Supervisión No Segura, que cuenta con 18 registros, es posible encontrar una disminución significativa con respecto a los valores anteriores, con un índice de 0,16, lo que significa que, por cada 10 eventos, sólo se encuentran aspectos de estas características en 1 o 2. Por último, al observar la asociación con respecto a los 4 Aspectos Organizacionales de Nivel IV encontrados, sólo se encuentra una frecuencia de 0,04, en sí este valor está asociado a casos particulares y se puede traducir como que por cada 100 casos asociados al Nivel II, sólo en 4 se pueden encontrar características de este tipo vinculadas a lo que son los factores contribuyentes.

Al analizar los 13 accidentes e incidentes que se encuentran en el Nivel III de Supervisión No Segura, es posible encontrar que su primera asociación es la más alta, considerando un índice de 1,08 para los 14 Actos Inseguros del Nivel I, es decir, por cada evento de este tipo, existe 1 factor contribuyente de esta categoría. Al ascender al siguiente escalón del modelo de H. Facts, dentro de la relación con las 7 Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II, se presenta un valor de 0,54, lo que implica que, por cada 2 casos de este tipo, al menos 1 de ellos tendrá características asociadas al Nivel II, presentando así el segundo mayor índice de asociación dentro de este tipo de eventos. Al ascender al Nivel III de asociación con 5 registros, es posible encontrar una disminución en el valor registrado, ya que presenta un índice de 0,38, lo que significa que, por cada 3 casos, en 1 hay factores contribuyentes de este tipo. Aunque este valor es bajo en comparación con los demás, al compararlo con las asociaciones anteriores de accidentes e incidentes de Nivel I y II con causas contribuyentes de Nivel III, se puede observar que esta asociación presentada en esta categoría es la que tiene mayores posibilidades de ser registrada en comparación con los niveles anteriores. Al relacionar los eventos del Nivel III con las 2 subcausas asociadas al Nivel IV Aspectos Organizativos, nuevamente se presenta el mayor índice en comparación con los accidentes e incidentes anteriores, registrando un

valor de 0,15, esto representa que para 10 casos en 1 o 2 pueden existir características vinculadas a la organización.

El Nivel IV no presenta un índice vinculado a los Aspectos Organizativos, ya que, si bien existen causas directamente asociadas a estas características, no existen factores contribuyentes asociados a estos casos. En sí, este comportamiento analizado en los 4 niveles del modelo H. Facts muestra que la investigación está influenciada por el contexto del evento que se está analizando, por lo que en base a esto se ve la viabilidad de qué aspectos considerar para la investigación como causas y subcausas.

3.1.3 Análisis de Factores Contribuyentes en base a la zona geográfica investigada

A partir de la información presentada en los informes, se pueden separar las subcausas según las zonas geográficas de Chile, como se muestra gráficamente en el Gráfico 3-8, que agrupa cada factor contribuyente según la zona en la que ocurrió el evento.

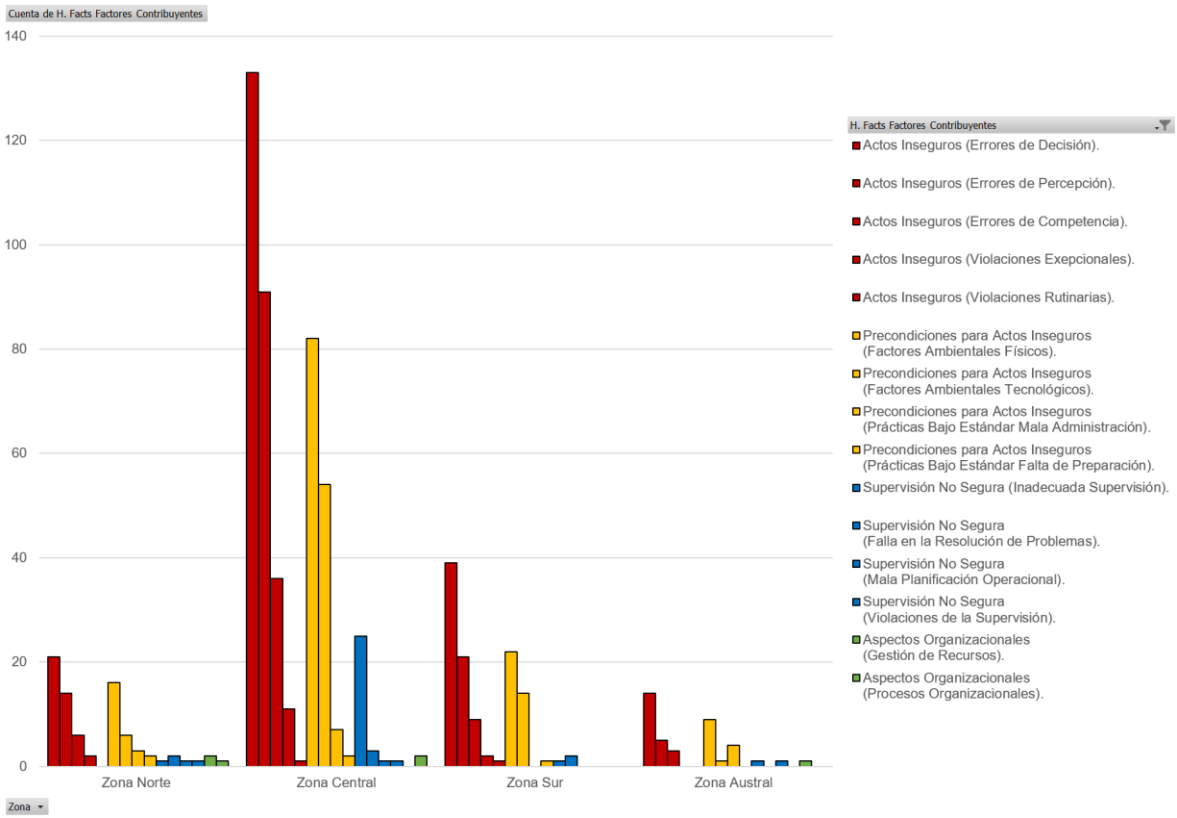


Gráfico 3-8: Distribución geográfica de los factores contribuyentes acontecidos en territorio chileno. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico, la distribución es efectuada acorde a las categorías geográficas convencionales establecidas para las divisiones a nivel país, en base a esto se empieza con la Zona Norte que comprende a las regiones ubicadas entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Coquimbo, continuando la Zona Central que corresponde a la porción de territorio entre la Región de Valparaíso y la Región del Biobío, dando paso posteriormente a la Zona Sur en donde se cubre desde región de la Araucanía hasta parte de la Región de los Lagos, para terminar con la Zona Austral que corresponde desde la Provincia de Palena ubicada en la Región de Los Lagos y finaliza en lo que es la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

A nivel general, los accidentes e incidentes a lo largo de Chile no se distribuyen de manera equitativa, ya que existe un mayor número de registros en la Zona Central del país como se puede observar en el ANEXO 1 y en detalle en el gráfico del ANEXO 2, esto se debe a la alta actividad aérea en esa zona, si bien esto es así, con respecto a la parte investigativa, se observan ciertas similitudes en base al enfoque de la investigación, a lo largo del país se realiza un análisis de causas que se concentra en aspectos del Nivel I del modelo H. Facts, continuando en segundo lugar con antecedentes que presentan características del Nivel II, siendo estos dos niveles los predominantes en la investigación. Por otro lado, los factores contribuyentes que se presentan en el Nivel III están altamente concentrados sólo en la zona central, en el resto de los lugares su presencia es insignificante asociada a unos pocos casos. Una situación similar ocurre con los Aspectos Organizacionales del Nivel IV, que están presentes en unos pocos casos distribuidos en 3 zonas.

Al analizar a mayor detalle la distribución geográfica se presentan las siguientes características en la investigación:

Zona Norte

La totalidad de factores contribuyentes registrados son 78, de los cuales el 55,13% corresponden a Actos Inseguros, seguido por un 34,62% representado por Precondiciones para Actos Inseguros, ambos son aspectos comunes relacionados a eventos de primera

categoría que están asociados a errores humanos relacionados directamente con los accidentes o aspectos contribuyentes como la meteorología o tecnología, eso en un aspecto simplificado de ambos niveles, respecto a la Supervisión No Segura, en lo que es el análisis de causas está representa únicamente un 6,41%, un aspecto bastante inferior en comparación a las otras causas analizadas, lo que apunta a que la investigación no tiene una perspectiva en la mayoría de los casos de lo que es la supervisión en operaciones aéreas. En el caso de los Aspectos Organizacionales, son analizados en casos puntuales los cuales están relacionados a organizaciones que operan con aeronaves en trabajos aéreos, representando un 3,85% de los eventos acontecidos en la Zona Norte.

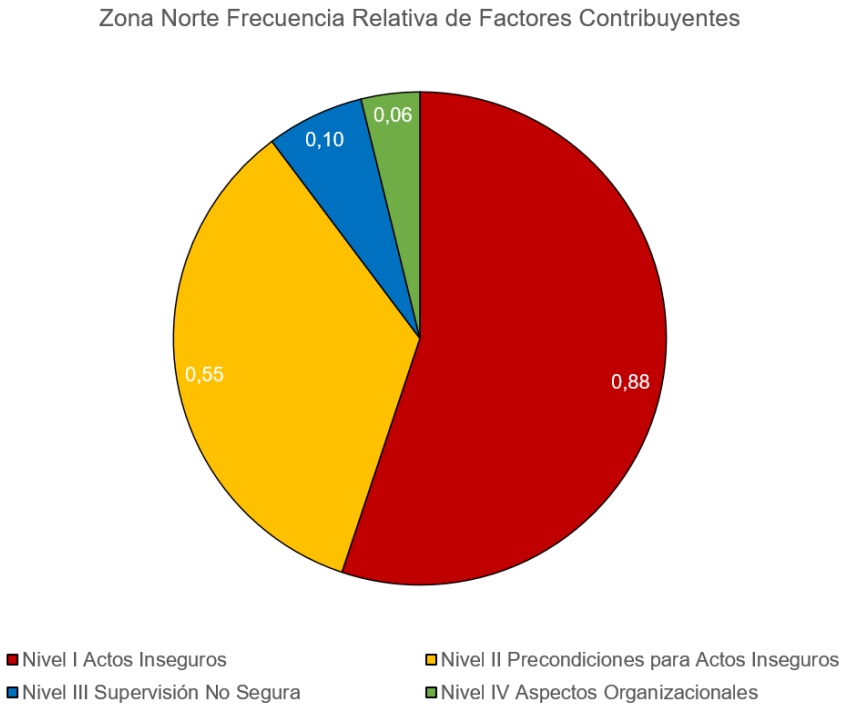


Gráfico 3-9: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociada a factores contribuyentes presentados en la Zona Norte. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en el Gráfico 3-9, que compara los 49 accidentes e incidentes registrados en el ANEXO 1 con los factores contribuyentes asociados a la Zona Norte. En el Nivel I de Actos Inseguros, existe una frecuencia de 0,88 casos con causas y subcausas relacionadas con esta categoría, es decir, por cada 10 casos asociados a esta zona, 8 o 9 tendrán características de este tipo. Siguiendo dentro de los eventos

analizados, podemos pasar al Nivel II donde el índice se reduce a un valor de 0,55 asociado a las Precondiciones de Actos Inseguros, por lo que este tipo de eventos se encontrará en la mitad de los casos asociados a la Zona Norte, teniendo una relación principal con las características físicas y meteorológicas de los lugares donde opera.

Por otro lado, si se observa el índice presentado en el Nivel III, se muestra que sólo hay una frecuencia de 0,10 de encontrar causas o subcausas asociadas a la Supervisión, es decir que por cada 10 casos en 1 se puede encontrar un registro de esta categoría, por lo que se puede ver que este tipo de causas se analiza en casos particulares asociados al contexto del evento.

Una situación similar ocurre con los eventos que tienen factores contribuyentes asociados a Aspectos Organizacionales, ya que si analizamos la investigación y el análisis de causas realizado en esta área podemos observar que sólo una cifra de 0,06 está asociada a casos que presentan características de tipo organizativo, por lo que por cada 100 casos en sólo 6 se encontrarían características de este tipo, siendo los dos últimos niveles de la categoría más alta los que presentan el menor enfoque investigativo asociado al análisis de causas.

A partir de estos antecedentes, cuando se analiza desde una perspectiva de representatividad planteada en el margen porcentual que tiene esta zona y la frecuencia relativa asociada a los lugares donde se opera, se puede observar que ambos aspectos muestran que la mayoría de las investigaciones realizadas en esta zona no consideran los antecedentes organizacionales o de supervisión, centrándose en la mayoría de los casos en aspectos de menor nivel que están directamente relacionados con la siniestralidad.

Zona Central

Esta es la zona con mayor número de actividades de aviación debido a la alta población que se concentra en la zona, por lo que también tiene el mayor registro de accidentes e incidentes relacionados con la aviación civil, la mayoría de estos eventos son de la región metropolitana, y al igual que en otras partes del país, la mayoría de los factores contribuyentes están asociados a Actos Inseguros, representando un total de 272 registros, La segunda incidencia con mayor número de registros se presenta en las Precondiciones

para Actos Inseguros con 145 incidencias asociadas principalmente a las subcategorías de Factores Ambientales Físicos y Tecnológicos, y en menor medida a las Prácticas Bajo Estándar asociadas a la Falta de Preparación y a la Mala Administración. Es importante mencionar que los aspectos físicos y psicológicos no han aparecido como factores contribuyentes en los informes que se han registrado en estos 10 años, esto se refleja claramente en el Gráfico 3-8.

Subiendo a la categoría de Nivel III del modelo H. Facts, se registran 30 aspectos relacionados, lo que muestra la baja representatividad que se expone en este nivel en comparación con otros factores contribuyentes que son de menor categoría. Continuando a un nivel superior y analizando los Aspectos Organizacionales, se puede observar que el panorama no es muy diferente siendo inferior, ya que se consideran sólo 2 registros asociados a factores de este tipo.

Con respecto a los 243 accidentes e incidentes registrados en el ANEXO 1, al asociarlos con los factores contribuyentes, podemos encontrar nuevamente el predominio de los Actos Inseguros correspondientes al Nivel I que cuenta con una mayor incidencia de accidentes teniendo una frecuencia relativa de 1,12 de encontrar características asociadas como factores contribuyentes en lo que es un accidente o incidente, por lo que en el comportamiento se traduce que en esta área por cada evento registrado hay al menos 1 factor contribuyente asociado a Actos Inseguros.

En el Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros, que muestra un valor de 0,60 de encontrar aspectos de estas características dentro de la investigación del accidente, es decir que en al menos 10 eventos que se registren en esta zona, 6 de ellos tendrán características asociadas a este nivel.

Por otro lado, en lo que respecta a la supervisión, existe un índice bajo en comparación con los demás, representado por una cifra de 0,12 dentro de la frecuencia relativa de los factores, lo que significa que, por cada 10 eventos, 1 tiene cualidades asociadas a la supervisión, por lo que, aunque esta característica es mayor en comparación con la zona norte, sigue siendo menor en comparación con los demás niveles.

Por último, con respecto al Nivel IV de Aspectos Organizacionales, hay una disminución significativa, ya que sólo hay una frecuencia relativa muy baja de 0,01 asociada a los factores registrados en este tipo de categoría, por lo que esta clase de eventos asociados se analizan sólo en casos particulares en los que es necesario investigar la organización involucrada.

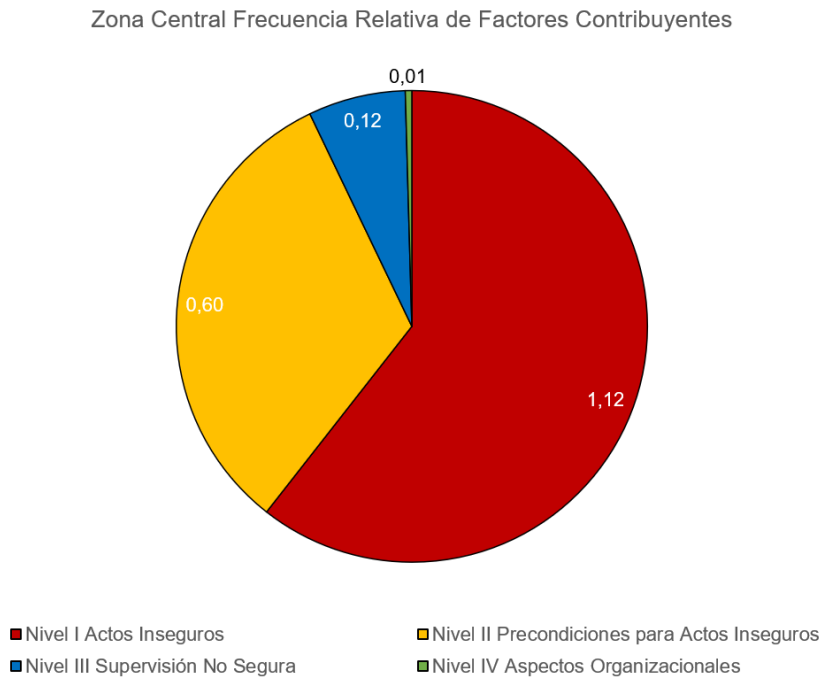


Gráfico 3-10: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociada a factores contribuyentes presentados en la Zona Central. Fuente: Elaboración Propia.

A partir de estos antecedentes, se observa que al esclarecer las causas y subcausas que condujeron al accidente o incidente, la investigación concentrará sus esfuerzos en los aspectos que están directamente vinculados con el evento, como se muestra gráficamente en el Gráfico 3-10, donde las frecuencias más predominantes son las del Nivel I y II, respectivamente. Al comparar estos índices con los que presentan otras zonas del país, se observa que tienen valores diferentes, pero en la distribución siguen una tendencia similar. Esto demuestra que la investigación no se ve impactada en mayor medida por la zona en la que se realiza el proceso, sino que sigue una tendencia asociada a encontrar

características de Nivel I y II del modelo H. Facts para lo que son los factores contribuyentes.

Zona Sur

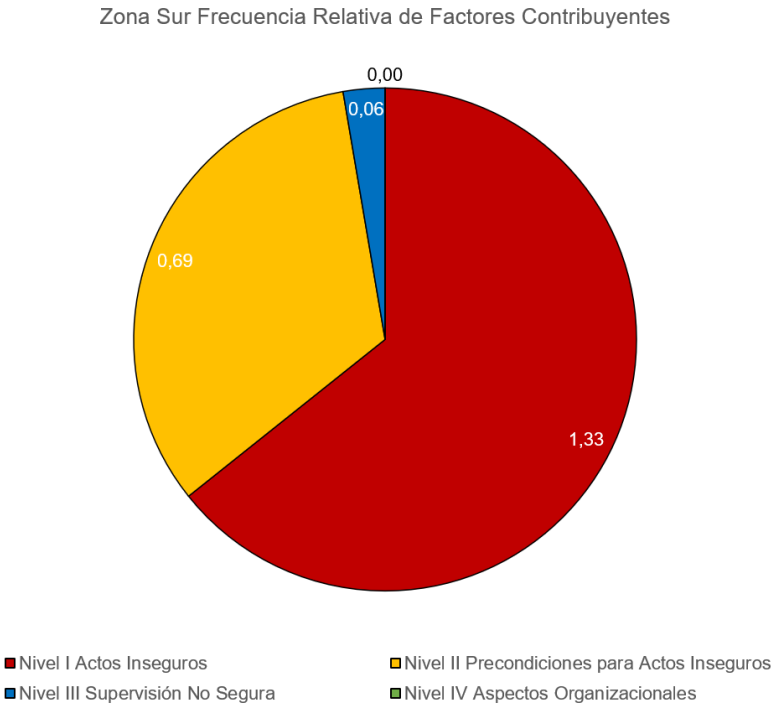


Gráfico 3-11: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociada a factores contribuyentes presentados en la Zona Sur. Fuente: Elaboración Propia.

Esta zona tiene un registro de 54 accidentes e incidentes registrados en el ANEXO 1 y tiene la particularidad de no registrar factores contribuyentes de Nivel IV, es decir, no incluye Aspectos Organizacionales, lo que se ve claramente en el Gráfico 3-11, que muestra la representatividad de esta zona en base a la frecuencia relativa asociada a los factores contribuyentes.

Si se continúa descendiendo en las categorías, es posible encontrar que las características asociadas al Nivel III de la Supervisión tienen una frecuencia muy baja de estar vinculadas a algún evento, registrando sólo un índice de 0,06, es decir, si se reportan 100 casos en esta zona, sólo 6 de ellos presentarán características asociadas a la supervisión.

Al descender al Nivel II, se observa un fuerte incremento en el índice asociado a las Precondiciones para Actos Inseguros, donde se registra una frecuencia relativa de 0,69, de manera que, en estos lugares, cuando se registran 10 accidentes o incidentes, en 6 o 7 de ellos se encuentran causas contribuyentes de este nivel, las cuales están vinculadas principalmente a características asociadas a factores físicos o tecnológicos.

El nivel I de este modelo contiene uno de los índices más significativos, ya que muestra un valor de 1,33, es decir, que, por cada registro encontrado en la Zona Sur, habrá 1 o más factores contribuyentes asociados a Actos Inseguros.

Con esto se comprueba que la investigación en esta zona no contempla características de Esto demuestra que la investigación en esta zona no contempla características de este tipo, por lo que este comportamiento no es exclusivo de esta zona, ya que si bien a nivel nacional existen antecedentes de nivel organizacional, estos son mínimos en comparación con otros de menor categoría, por lo que la tendencia sigue concentrándose principalmente en características de Nivel I y II, representando entre ambas categorías el 97,32% de los factores contribuyentes registrados en la Zona Sur, Por otra parte, se mencionan aspectos de Nivel III del tipo Supervisión No Segura, pero sus números siguen mostrando un comportamiento similar a lo largo de las zonas analizadas en términos de representatividad, ya que no superan el 10% de los registros teniendo un valor porcentual de apenas un 2,68%, por lo que siguen siendo poco significativos en comparación con los niveles inferiores asociados a factores que contribuyen directamente al accidente o incidente en cuestión.

Zona Austral

Presenta 39 registros siendo la menor cantidad en comparación con los otros lugares, representando el 5,75% de los factores contribuyentes separados por zonas, esto al separar por cada categoría y dividirlo por los 17 accidentes e incidentes registrados en el ANEXO 2, crea la Gráfica 3-12 que demuestra gráficamente que el comportamiento expuesto es similar al estudiado en otros sectores geográficos, pero solo en ese aspecto, ya que en este

caso los factores contribuyentes asociados a los incidentes y accidentes registrados presentan un índice diferente referente a la frecuencia en los dos primeros niveles.

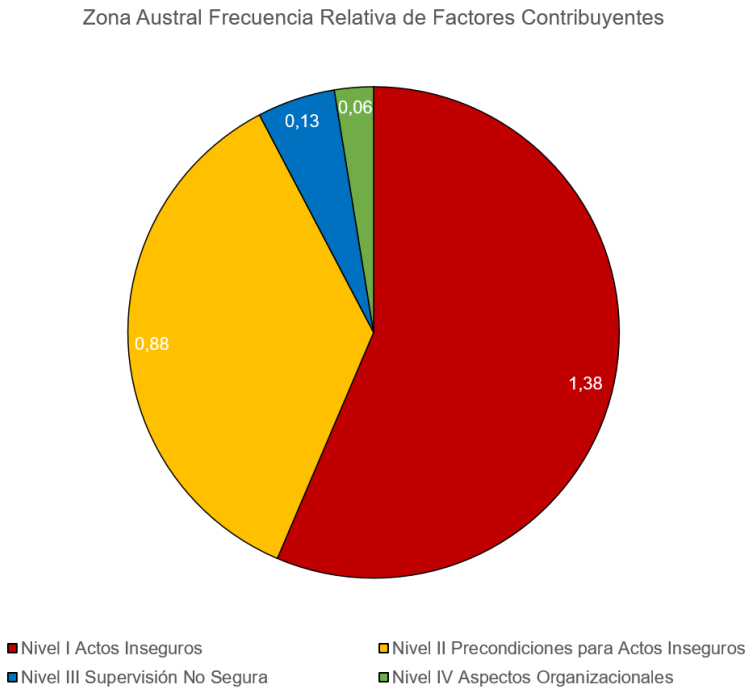


Gráfico 3-12: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes asociada a factores contribuyentes presentados en la Zona Austral. Fuente: Elaboración Propia.

Empezando por el Nivel I de Actos Inseguros, donde la frecuencia relativa de accidentes asociados a factores contribuyentes es de 1,38, es decir, por cada accidente o incidente registrado se encuentra uno o más factores contribuyentes de este tipo. Este aumento se justifica por el escaso número de sucesos registrados, por lo que, aunque las cifras sean diferentes a las de las otras zonas analizadas, sigue predominando este tipo de característica asociada a los factores contribuyentes registrados en los accidentes e incidentes ocurridos en la Zona Austral.

Siguiendo con el Nivel II, es posible encontrar un valor de 0,88, lo que significa que por cada 10 eventos registrados en 8 o 9 de ellos hay subcausas con estas características asociadas principalmente a factores físicos y tecnológicos. Al igual que en otras zonas, estos niveles vuelven a tener la segunda mayor representatividad dentro de los factores contribuyentes asociados a los accidentes.

Por otro lado, el Nivel III Supervisión No Segura tiene un comportamiento similar respecto a la tasa de las otras zonas, siendo inferior a los dos primeros niveles con un indicador de 0,13, similar al de la Zona Central, lo que significa que este tipo de característica sólo se considera en 1 de cada 10 casos registrados.

Una situación similar ocurre en el caso de los Aspectos Organizacionales de Nivel IV, ya que se asemeja a la Zona Norte, donde tiene una frecuencia de 0,06, que sólo se observa en 6 casos de los 100 que se registran en esta zona, por lo que este tipo de factor sólo se asocia a casos particulares en los que es necesario analizar la organización para determinar las posibles causas que contribuyen al accidente o incidente en cuestión.

En términos de representación porcentual, vuelven a predominar los aspectos del Nivel I de la categoría de Actos Inseguros, seguidos en segundo lugar por las características asociadas a las Precondiciones para Actos Inseguros, que se encuentran en el Nivel II, que sólo representaron el 5,13% de los incidentes en los que intervinieron características de este tipo de categoría. Por otro lado, en la categoría más alta, el Nivel IV de Aspectos Organizativos, sólo hay un caso asociado a circunstancias específicas relacionadas con la organización investigada.

Esto demuestra que la investigación a nivel nacional no está influenciada por los aspectos geográficos, por lo que no puede considerarse como un factor determinante a la hora de analizar las causas que provocaron el accidente o incidente, sino que muestra que hay una tendencia a centrarse en los aspectos que están directamente relacionados con el suceso.

3.1.3 Análisis de Factores Contribuyentes según Operaciones Aéreas

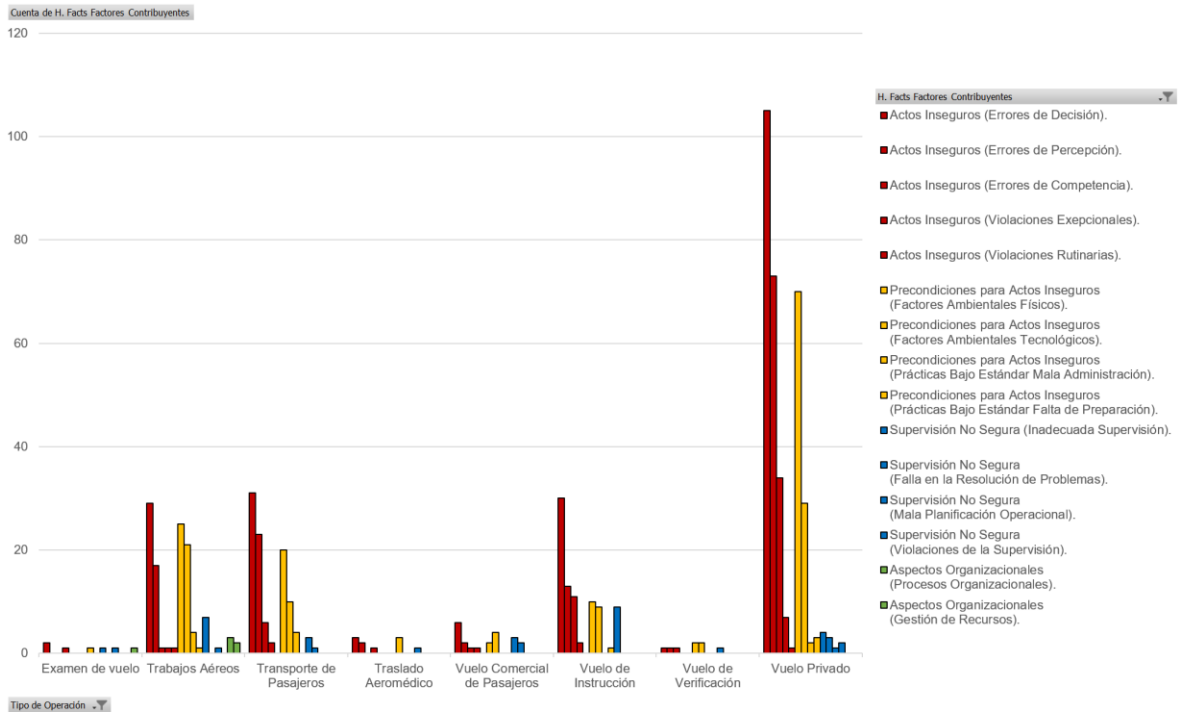


Gráfico 3-13: Distribución de Factores Contribuyentes según cada Operación Aérea. Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 3-13 hay 8 categorías asociadas a las operaciones aéreas que son las siguientes:

Examen de vuelo

Se presenta como el tipo de operación en la que los pilotos son evaluados para obtener su licencia o renovar sus habilitaciones. Esta categoría en sí presenta 7 registros de factores contribuyentes y tiene un total de 4 accidentes e incidentes registrados en el ANEXO 3 con sus respectivas causas detalladas en el ANEXO 4, estos al ser clasificados y divididos resultan en lo valores presentados en el Gráfico 3-14.

Como se puede observar en el gráfico, existe una alta frecuencia proveniente de los Actos Inseguros, esta es de 0,75 y proviene de 3 factores contribuyentes divididos por los 4 eventos registrados. Este valor indica que, por cada 10 eventos, en 7 u 8 de ellos hay características de este tipo en las subcausas. Aunque los registros son bajos en comparación con otras operaciones aéreas, destaca el predominio de este tipo de

características asociadas a errores humanos cometidos por los propios operadores de las aeronaves.

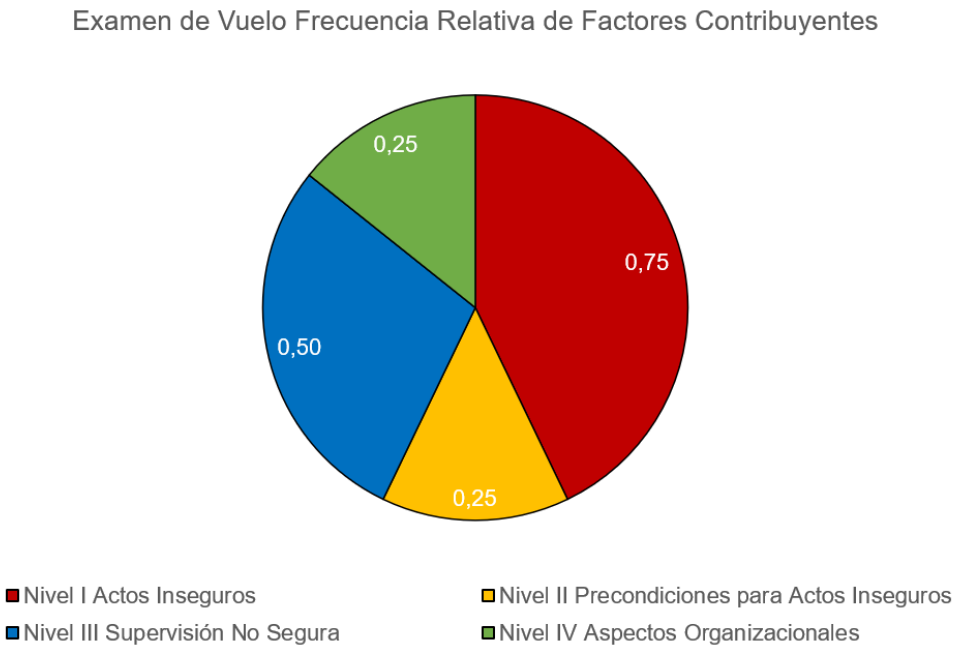


Gráfico 3-14: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de exámenes de vuelo. Fuente: Elaboración Propia.

Continuando con el segundo valor más alto, se tiene el Nivel III donde se analizan aspectos relacionados con la supervisión, que en este caso posee una frecuencia relativa de 0,5 que se origina en 2 registros divididos por los 4 eventos, lo que en comportamiento se traduce que por cada 2 casos en 1 habrá factores contribuyentes asociados a la supervisión. Esta figura muestra que este tipo de análisis de causas generalmente proviene de investigar a los encargados de verificar las acciones de los pilotos evaluados, en este caso los instructores.

En menor medida, el Nivel II tiene un solo factor contribuyente, que representa las precondiciones existentes en la operación, en esta predominan las condiciones asociadas a características administrativas debido al tipo de trabajo realizado y se cuenta con una frecuencia de 0,25, lo que indica que, por cada 4 accidentes, 1 tendrá causas contribuyentes asociadas a Precondiciones para Actos Inseguros.

Por otro lado, existe 1 Aspecto Organizacional de Nivel IV asociado a la gestión de los recursos de una determinada organización, lo que lleva a que este tipo de categoría tenga un valor de 0,25 asociado a este tipo de características, es decir que nuevamente por cada 4 eventos al menos en uno de ellos es posible encontrar subcausas asociadas a la organización, por lo que se puede observar a simple vista que el análisis de las causas depende del contexto con el que se trabaje.

Trabajos Aéreos

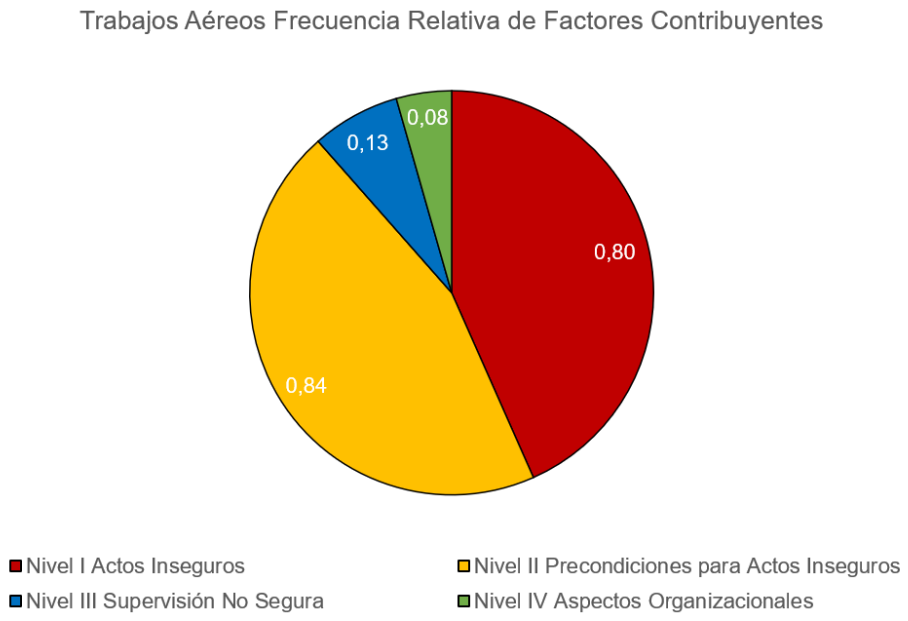


Gráfico 3-15: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de trabajos aéreos. Fuente: Elaboración Propia.

En esta categoría se encuentran los trabajos aéreos realizados con aeronaves, los cuales tienen la particularidad de encontrar una alta tasa de incidencia asociada a los factores contribuyentes del Nivel II, con un valor de 0,84, lo que se puede interpretar en que, por cada 10 eventos, en 8 o 9 de estos se pueden encontrar características asociadas a las Precondiciones para Actos Inseguros. Este nivel está compuesto por 51 factores asociados, que se dividen por 61 registros de accidentes e incidentes provenientes del ANEXO 3 y destaca por la alta presencia de características físicas y tecnológicas dentro de las operaciones tanto en las causas detalladas en el ANEXO 4 y los factores presentados en el Gráfico 3-13.

Pasando ahora a aspectos involucrados de forma directa con el accidente se encuentran los Actos Inseguros de Nivel I, los cuales tienen una frecuencia relativa de 0,80, es decir que por cada 10 accidentes o incidentes registrados en 8 se encontraran aspectos ligados a esta categoría. Este valor se obtiene de 49 factores registrados, que son divididos por 61 accidentes, como en otras categorías se puede encontrar que este tipo de características se presenta como una constante dentro de lo que son las operaciones, siempre destacándose por tener un alto índice asociado.

Al continuar a cifras menores se pueden encontrar características de la Superior No Segura de Nivel III, las cuales se presentan con un valor de 0,13 lo que muestra que por cada 10 accidentes por lo menos en 1 de estos existirán factores contribuyentes asociados a la supervisión, esta cifra se ve asociada a 8 factores divididos por los 61 eventos registrados, al igual que en otros hechos la supervisión se ve en un menor número de casos en comparación con los niveles anteriores, pero está presente porque está asociada a este tipo de operaciones.

En el caso de los Aspectos Organizativos ocurre una situación similar, donde se presenta un registro de 0,08, donde por cada 100 eventos es posible encontrar causas contribuyentes de este tipo en sólo 8 sucesos. El valor registrado lo proporcionan 5 factores contribuyentes asociados a 61 accidentes. En esta categoría y en la anterior, se puede encontrar una relación directa entre el tipo de contexto en el que se realiza la investigación, ya que en estos casos la organización es vista como un factor causal fuertemente ligado a los eventos involucrados, algo que se refleja en el Gráfico 3-15.

Como en otros casos, en los trabajos aéreos vuelven a predominar los aspectos de los niveles inferiores, pero se destaca la existencia de aspectos asociados a la supervisión y a la organización. Esto deja claro que el tipo de operación está relacionado con el análisis de las causas, pero no es un factor determinante a la hora de realizar la investigación, ya que siguen predominando las características asociadas a los niveles I y II del modelo H. Facts.

Transporte de Pasajeros

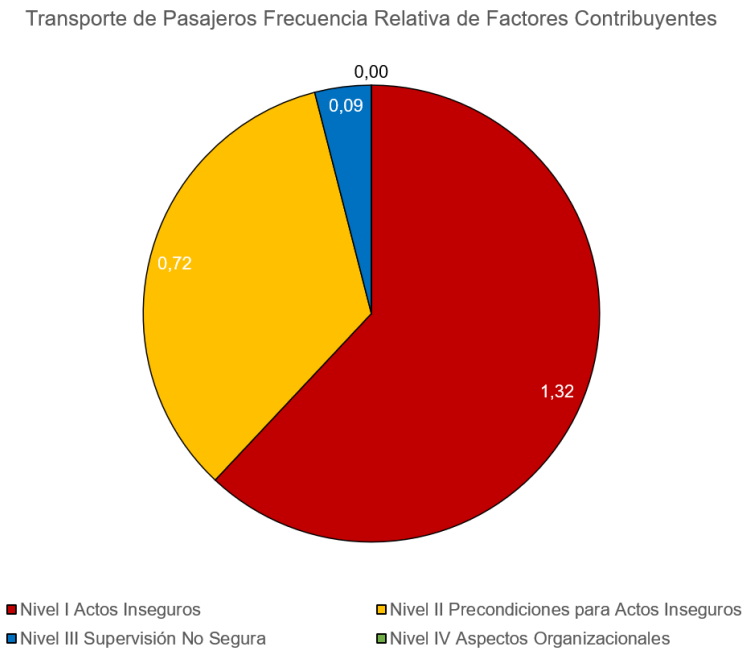


Gráfico 3-16: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de transporte de pasajeros. Fuente: Elaboración Propia.

El Gráfico 3-16 muestra la distribución de los índices de accidentes asociados a los factores contribuyentes. Esta categoría representa las operaciones en las que se transportó o se pretendió transportar a los pasajeros, pero que se vieron afectadas por algún evento que les impidió volar con seguridad. Este tipo de vuelo es realizado por pilotos comerciales, pero a diferencia de los vuelos comerciales de pasajeros, éstos no tienen itinerarios, sino que son acordados con el mismo operador aéreo.

Esta categoría no presenta Aspectos Organizacionales de Nivel IV, algo que será una constante en el resto de las categorías, lo que se puede ver claramente en el Gráfico 3-13 y que demuestra que en este tipo de operaciones no se consideran esta clase de características al momento de analizar las causas y subcausas que llevaron al accidente o incidente.

Al descender al Nivel III asociado a la supervisión, es posible encontrar que la frecuencia es de 0,09, es decir que sólo en 9 de cada 100 casos se encontrarán subcausas de este tipo. Esta cifra es baja en comparación con las otras dos categorías analizadas y el valor de este

nivel se obtiene dividiendo 4 factores contribuyentes por los 47 eventos registrados en el ANEXO 3, el resultado demuestra la baja posibilidad de encontrar registros que tengan la supervisión como causa asociada al accidente o incidente en cuestión.

Al continuar con las Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II, la cifra se eleva a 0,72, lo que significa que, por cada 10 eventos, 7 de ellos tendrán características de este tipo. Este indicador muestra un comportamiento similar al de la categoría anterior de Trabajos Aéreos, pero éste es menor, lo que en cierto modo es relativo, ya que, a pesar de ello, el valor obtenido para esta frecuencia relativa sigue siendo significativamente representativo de lo que es la asociación entre los accidentes e incidentes y los factores contribuyentes de este tipo, generalmente presentados como factores físicos, tecnológicos y, en menor medida, administrativos.

En cuanto a los Actos Inseguros de Nivel I, estos se presentan como el registro más alto dentro de esta categoría, marcando 1,32 de frecuencia relativa, por lo que en cada caso que se registra se encuentra al menos 1 factor contribuyente asociado a estas características, predominando los Errores de Decisión y Percepción para este tipo de operaciones, como se observa en el Gráfico 3-13. El valor obtenido proviene de la división de 62 factores por 47 eventos registrados, en base a esta cifra se puede observar que el análisis de las causas y subcausas de los accidentes e incidentes están fuertemente arraigadas a este nivel ya que tanto en el ANEXO 4 que detalla las causas y en el Gráfico 3-13 de los factores predomina este tipo características, siendo uno de los aspectos que mayor relevancia tiene a la hora de investigar este tipo de operaciones, seguido por las características de Nivel II, lo que lleva a demostrar el predominio de estas dos categorías dentro de este tipo de operaciones en los procedimientos de investigación realizados.

Traslados Aeromédicos

En este tipo de operaciones se concentran los vuelos de ambulancia destinados para transportar pacientes de un lugar a otro. Se diferencian del transporte de pasajeros por el contexto en el que se realizan, ya que requieren personal médico a bordo y equipos

médicos de apoyo para el paciente durante el vuelo, por lo que este tipo de procedimientos es más complejo que el transporte de pasajeros.

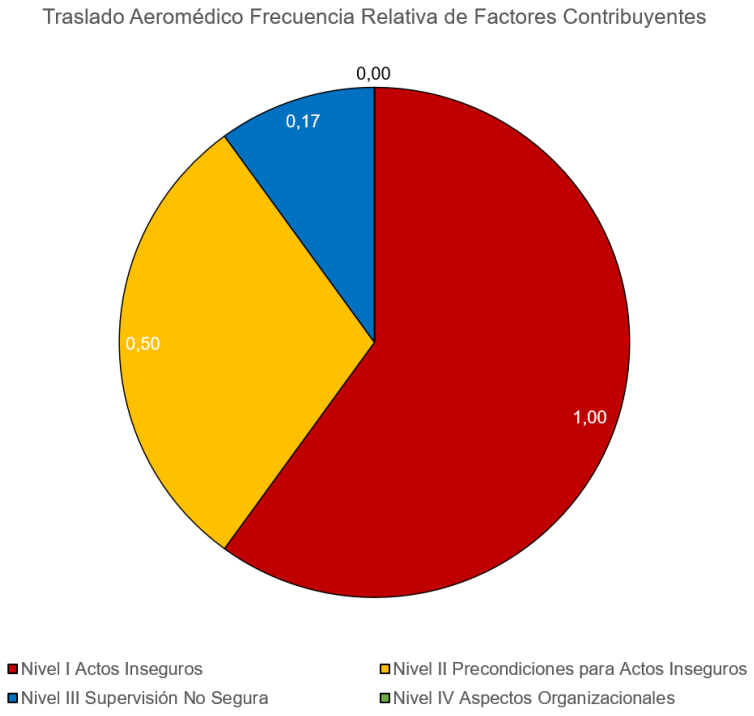


Gráfico 3-17: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de traslados aeromédicos. Fuente: Elaboración Propia.

Al igual que la operación analizada anteriormente, este tipo de casos no contiene Aspectos Organizacionales de Nivel IV, lo que se ve reflejado en el Gráfico 3-17. Por lo tanto, este tipo de eventos ligados a las diferentes categorías analizadas permiten comprobar que el análisis de causas realizado en la investigación es diferente para cada tipo de operación, ya que se ajusta al contexto y a la viabilidad del análisis correspondiente para cada caso investigado.

Siguiendo con el Nivel III de Supervisión No Segura, la frecuencia relativa es de 0,17, es decir que, por cada 10 casos de este tipo, en 1 o 2 se encuentran factores contribuyentes de estas características. El valor en sí está asociado a un único factor que se divide entre 6 eventos del ANEXO 3 y al igual que en la categoría anterior, nuevamente este tipo de subcausas vuelven a tener una menor representatividad en comparación con los niveles

inferiores. Así que la investigación se ajusta realmente a lo que la situación requiere para analizar las causas asociadas a los traslados aeromédicos.

Al descender a las Precondiciones para los Actos Inseguros de Nivel II, se encuentra un valor de 0,5, esto significa que en la mitad de los casos de traslados aeromédicos habrá características de este estilo involucradas.

Finalizando en el Nivel I de Actos Inseguros, existe un claro predominio de esta frecuencia con respecto a las demás con un índice de 1, debido a este valor por cada caso registrado existirá una causa contribuyente de estas características. La cifra registrada proviene de la asociación de 6 factores contribuyentes por cada 6 accidentes o incidentes ocurridos, esto se refleja gráficamente en la Gráfica 3-17, donde se observa el predominio de los Actos Inseguros con respecto a los demás niveles del modelo H. Facts. Este comportamiento muestra dónde se concentran los esfuerzos de investigación con respecto a las operaciones de este tipo.

Vuelo Comercial de Pasajeros

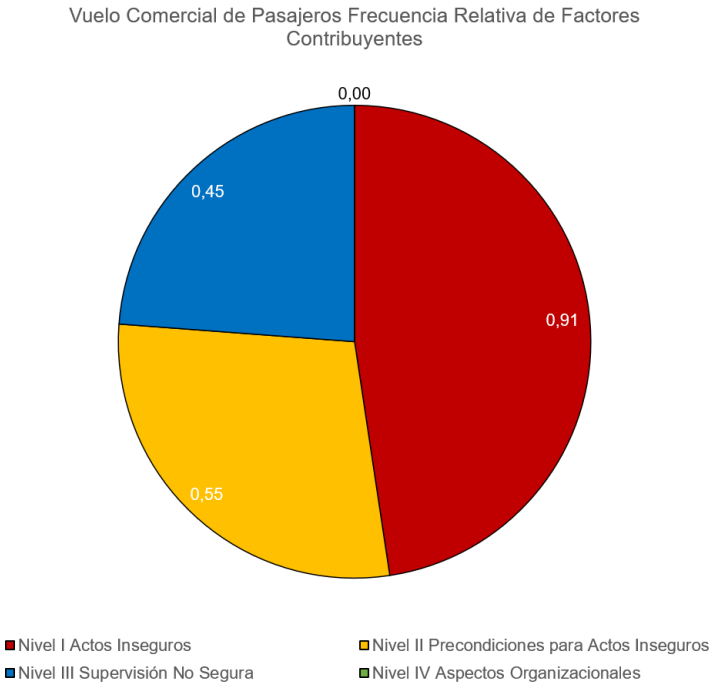


Gráfico 3-18: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de vuelos comerciales. Fuente: Elaboración Propia.

Esta categoría representa los vuelos comerciales de pasajeros, es decir, los vuelos realizados en aviones comerciales, la diferencia con la categoría de transporte de pasajeros radica en que este tipo de operaciones tiene un itinerario en el momento de la operación, por lo que se ajusta a un tiempo determinado y además los vuelos son regulares sin un acuerdo previo de por medio ya que este tipo de servicio se realiza con una ruta previamente establecida.

Una vez más, hay un alto predominio de los Actos Inseguros de Nivel I, con una cifra de 0,91, lo que significa que, por cada 10 casos, en al menos 9 de ellos habrá algún factor que contribuya al accidente o incidente analizado; este valor equivale a tener 10 factores divididos por 11 registros de accidentes e incidentes.

Al pasar al Nivel II es posible encontrar una frecuencia de 0,55 que se distribuye principalmente en aspectos físicos y tecnológicos reflejado en el ANEXO 4 por las causas y en el Gráfico 3-13 por los factores, este valor se traduce en que por cada 2 eventos se encuentra al menos una de estas características asociadas a las subcausas analizadas. Para esta composición se registran 6 factores que se dividen entre 11 eventos de los cuales se obtiene el valor registrado.

Por último, están los aspectos de Nivel III de la Supervisión No Segura, que en este caso vuelven a tener un índice alto de 0,45. De esta cifra se puede interpretar que por cada 10 casos registrados en 4 o 5 de ellos habrá características que se vinculen a este nivel. Para obtener este valor, se consideran 5 registros de factores y se dividen por 11 eventos provenientes del ANEXO 3.

En este caso, el nivel de Aspectos Organizacionales no es representativo, lo que se refleja claramente en el Gráfico 3-18, por lo que el análisis de las causas de este tipo de operaciones puede determinarse como un aspecto directamente vinculado al contexto en el que se encuentra el evento y al método de investigación utilizado para el caso designado.

Vuelo de Instrucción

Bajo esta clasificación se presentan los vuelos de instrucción, donde se realizan los cursos de habilitación y pilotaje para los pilotos que necesitan ser habilitados en un tipo específico de aeronave y los alumnos pilotos que apenas están aprendiendo a operar una aeronave.

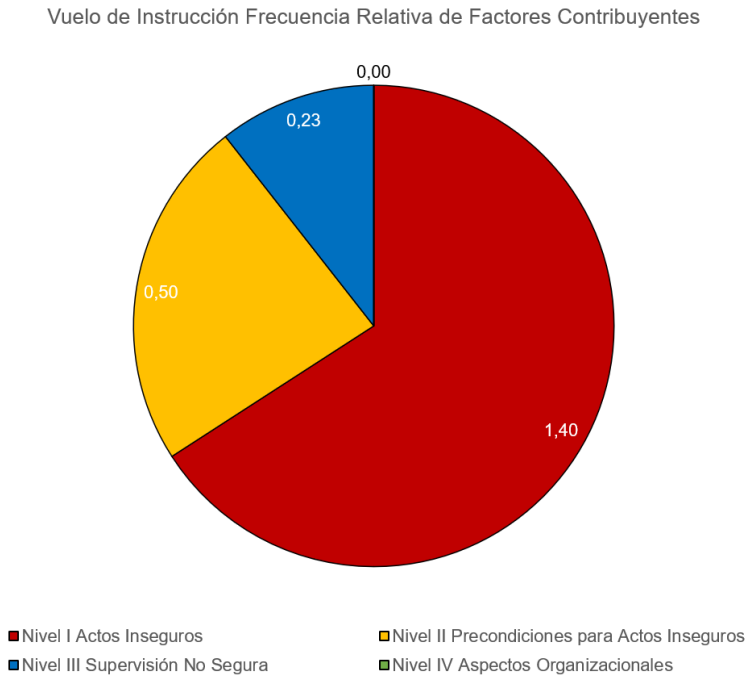


Gráfico 3-19: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de vuelos de instrucción. Fuente: Elaboración Propia.

Como en este tipo de operaciones la experiencia de los pilotos no es habitual, es normal que el Nivel I de Actos presente el mayor índice registrado ya que en el Gráfico 3-13 y en el ANEXO 4 se pueden observar características asociadas principalmente a Errores de Decisión para los factores y Errores de Percepción para las causas de los accidentes e incidentes, esto debido a la inexperiencia de los operadores. Estos antecedentes se respaldan con una frecuencia relativa de 1,4, lo que significa que por cada 1 caso hay al menos un factor contribuyente de este tipo. El valor registrado se compone de 56 factores asociados a 40 accidentes e incidentes obtenidos del ANEXO 3. El gráfico 3-19 muestra

la elevada presencia de este nivel en comparación con los de mayor jerarquía dentro del modelo.

Ascendiendo a las Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II, la frecuencia relativa es de 0,5, es decir que en la mitad de los casos es posible encontrar subcausas de este tipo. El índice presentado se obtiene a partir de 20 factores divididos por los 40 sucesos ocurridos. Este índice se presenta porque la inexperiencia está vinculada a factores físicos y tecnológicos que contribuyen a causar el accidente o incidente en cuestión.

Si se sube al Nivel III, es posible encontrar un valor de 0,23, por lo que, por cada 10 accidentes de este tipo registrados, se pueden encontrar al menos 2 subcausas. La cifra obtenida proviene de 9 factores desglosados por 40 accidentes e incidentes registrados, estos están vinculados principalmente al instructor encargado de dirigir este tipo de vuelos, ya que es el principal encargado de supervisar el comportamiento del piloto instruido.

Por último, los Aspectos Organizacionales del Nivel IV no se consideran en el análisis de factores, lo que demuestra que, para este tipo de operaciones, los esfuerzos de investigación no se centran en estas características, predominando la investigación principalmente en el Nivel I, seguido en menor medida por el Nivel II y terminando en una menor proporción con las características del Nivel III.

Vuelo de Verificación

Este tipo de operaciones tiene la característica de utilizar la aeronave para verificar el estado de aeronavegabilidad de esta, en los procedimientos realizados se comprueban los parámetros técnicos que se consideran a evaluar.

En esta categoría, la mayor frecuencia relativa se encuentra en el Nivel II, con un valor registrado de 0,8, lo que implica que, por cada 10 casos, en 8 de ellos existen factores contribuyentes de este tipo. El índice se compone de 4 factores que se dividen en 5 eventos, los cuales están representados por características físicas y ambientales que se detallan gráficamente en el Gráfico 3-13 y en las causas presentadas en el ANEXO 4.

El segundo lugar lo ocupa el Nivel I de Actos Inseguros con un índice de 0,6, lo que significa que se encuentran 6 subcausas de este tipo por cada 10 casos asociados a este tipo de vuelo, el valor se obtiene de 3 factores divididos por 5 eventos provenientes del ANEXO 3. Debido a estos resultados, se puede observar que el predominio sigue estando en los niveles inferiores del modelo de H. Facts, lo que se refleja en el comportamiento gráfico que se muestra en el Gráfico 3-20.

Siguiendo con un nivel superior está el Nivel III de Supervisión No Segura, que tiene una cifra de 0,2. Esto indica que por cada 10 eventos en esta categoría es posible encontrar 2 factores contribuyentes asociados a la supervisión. El valor registrado se asocia a un único factor presentado en este tipo de vuelo que se divide entre los 5 casos registrados y está vinculado al contexto del evento.

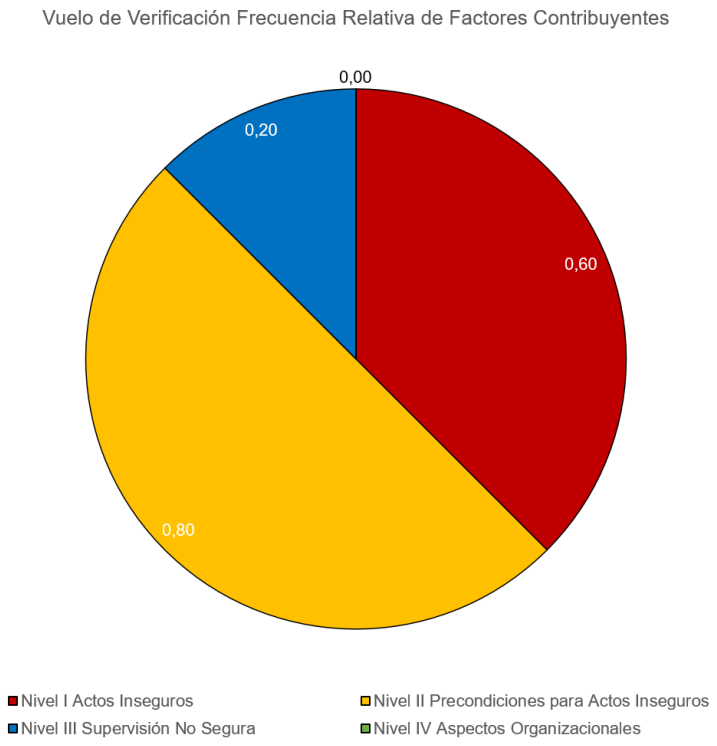


Gráfico 3-20: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de vuelos de verificación. Fuente: Elaboración Propia.

Ascendiendo al nivel más alto se encuentran los Aspectos Organizativos, los cuales no son considerados dentro de las subcausas asociadas a este tipo de operaciones. Esto

demuestra que la investigación en este tipo de operaciones sigue estando en los niveles inferiores del modelo, como se muestra en el Gráfico 3-20, que sigue un comportamiento similar al de las operaciones anteriormente mostradas.

Vuelo Privado

Las aeronaves utilizadas en este tipo de operaciones son de propiedad privada, por lo que su uso está a disposición del propietario, al ser este tipo de vuelos de carácter privado no tienen una organización detrás que respalde la operación aérea y además este tipo de clasificación es el que tiene mayor registro debido al número de factores contribuyentes encontrados, esta última característica se muestra en detalle en la Figura 3-13 donde se puede observar la magnitud gráfica de este tipo de operaciones, las cuales tienen un registro total de 334 factores con un total de 189 accidentes e incidentes asociados.

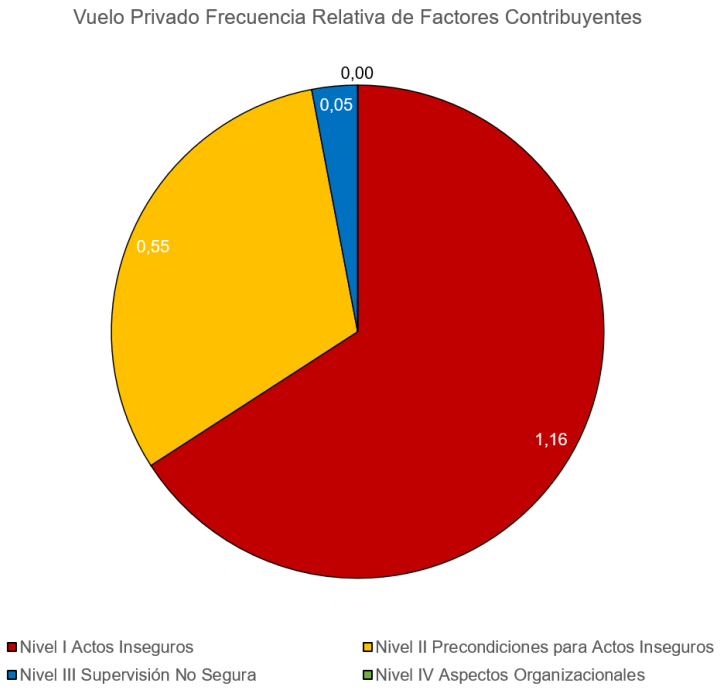


Gráfico 3-21: Tasa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de vuelos privados. Fuente: Elaboración Propia.

A partir del Gráfico 3-21, se observa que las mayores frecuencias de incidentes registrados se encuentran en el Nivel I de Actos Inseguros, que tiene una frecuencia relativa de 1,16, lo que puede interpretarse como que por cada caso registrado habrá al

menos 1 factor contribuyente de estas características. El valor registrado se obtiene a partir de 220 factores contribuyentes que se dividen por los 189 sucesos registrados en el ANEXO 3. A partir del alto índice de esta frecuencia, se puede verificar la alta presencia de Actos Inseguros en los Vuelos Privados, provenientes principalmente de Errores de Decisión por los factores del Gráfico 3-13 y de Errores de Percepción de las causas de los accidentes o incidentes, observados en el ANEXO 4.

Pasando a la categoría de Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II, es posible encontrar un valor de 0,55, es decir que en más de la mitad de los casos donde se ve involucrado un Vuelo Privado es posible encontrar factores contribuyentes que se vinculan a esta categoría, para este nivel existen 104 registros que conforman los factores, los cuales se dividen por los 189 accidentes e incidentes registrados, la principal asociación de esta categoría se encuentra en aspectos físicos y tecnológicos, mientras que en menor medida se encuentran antecedentes de una mala administración y otros asociados a la falta de preparación. Este comportamiento se puede observar en el Gráfico 3-13, que muestra el número de factores contribuyentes a nivel general.

Al estar en el Nivel III del modelo de H. Facts, se produce un fuerte descenso en la frecuencia relativa registrada, con una cifra registrada de 0,05, es decir, por cada 100 casos, se encuentran 5 de estos factores contribuyentes. El valor obtenido se asocia a sólo 10 factores contribuyentes, que se dividen entre los 189 accidentes e incidentes registrados. Estas cifras muestran la particularidad del análisis de causas realizado por la investigación en Chile, donde este tipo de antecedentes en los que interviene la supervisión están asociados a casos particulares.

Aunque los Aspectos Organizativos de Nivel IV no están presentes en este tipo de vuelos, pueden estar involucrados aspectos más generales como el centro de mantenimiento al que está asociada la aeronave, el aeroclub en el que opera, entre otras características previas asociadas a organizaciones externas que están vinculadas a la aeronave en mayor o menor medida. Algo que en estos casos no se considera como un factor relevante para la investigación.

Al analizar cada tipo de operación en general, se observa que la investigación de las causas y subcausas de los accidentes e incidentes registrados se rige principalmente por el contexto en el que se realizó el tipo de vuelo, evaluando así los aspectos más relevantes a considerar dentro del análisis de causas realizado para determinar las causas directas y los factores contribuyentes que llevaron al evento.

3.1.4 Análisis de Factores Contribuyentes según el tipo de Aeronave

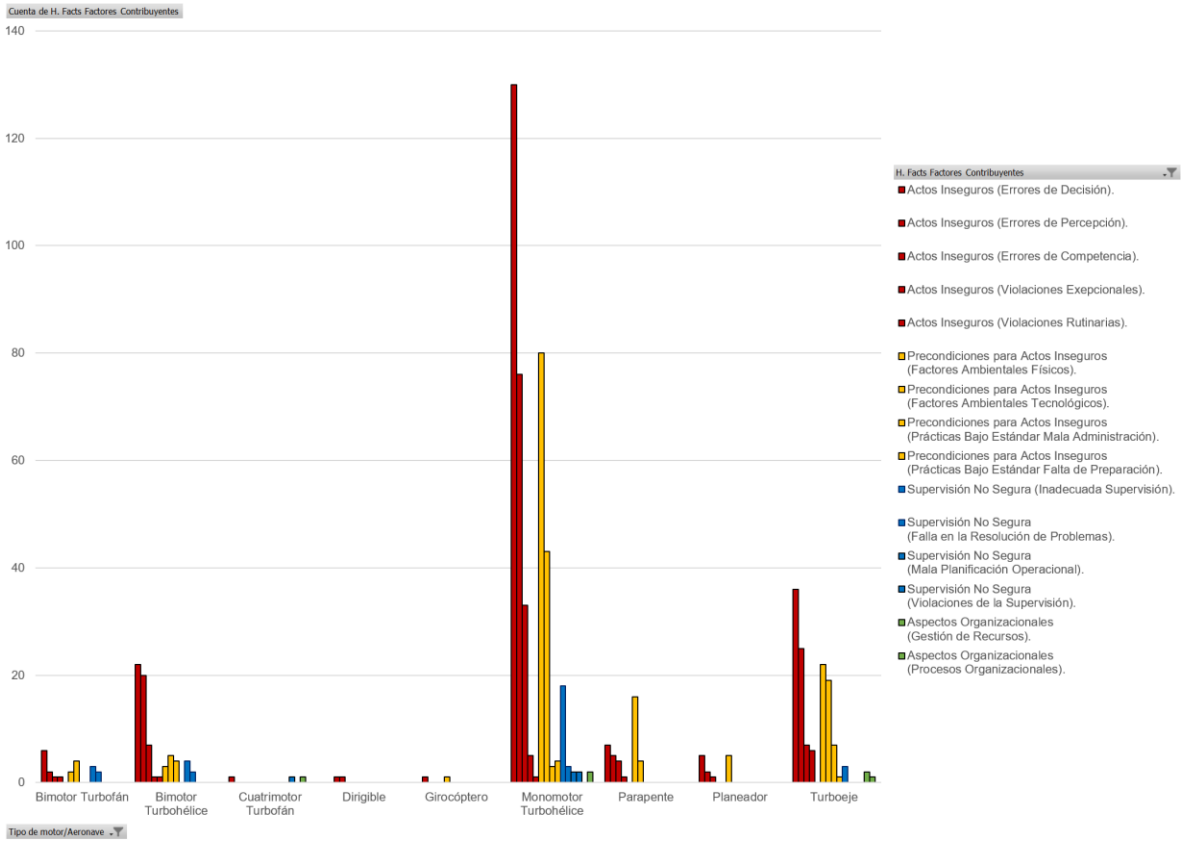


Gráfico 3-22: Distribución de Factores Contribuyentes según cada tipo de Aeronave. Fuente: Elaboración Propia.

Bajo este tipo de categoría se consideran aspectos particulares como el tipo de motor asociado a cada aeronave, y en el caso de no tenerlo, se consideran características generales como el tipo de aeronave que se utiliza. A partir de estas clasificaciones, se realiza una recopilación de los factores contribuyentes asociados a cada una de las características anteriormente presentadas y asignadas a lo que se muestra en el Gráfico 3-

22, que representa gráficamente la distribución según lo descrito anteriormente para clasificar las operaciones y que, en resumen, se comporta de la siguiente manera:

Bimotor Turbofán

Esta categoría incluye las aeronaves con dos motores turbofán, que se asocian a vuelos comerciales y presenta 21 factores contribuyentes relacionados con 11 accidentes e incidentes obtenidos del ANEXO 5.

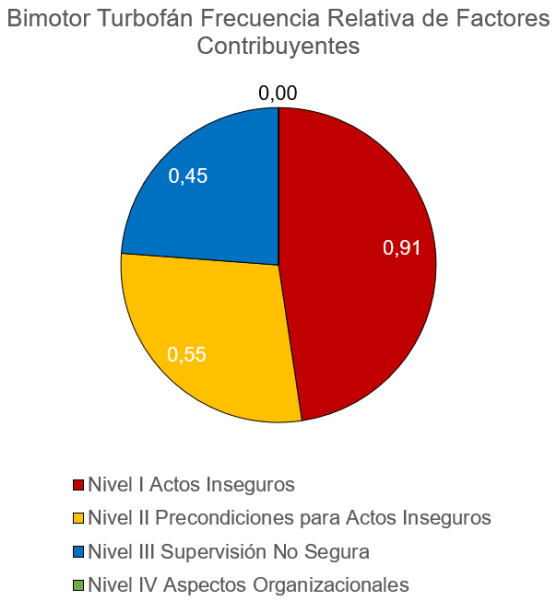


Gráfico 3-23: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves bimotor turbofán. Fuente: Elaboración Propia.

Este tipo de aeronaves tiene a su vez una alta incidencia dentro de la frecuencia relativa asociada a los Actos Inseguros de Nivel I, presentando una cifra de 0,91, lo que indica que, por cada 10 casos, se pueden encontrar causas contribuyentes en 9 de estos. La cifra obtenida proviene de la asociación entre 10 factores con 11 accidentes e incidentes en total, como se puede observar en el Gráfico 3-22 predominan los Errores de Decisión, lo que implica que en la mayoría de los casos se encontrarán factores de este tipo y en el caso de las causas destacan los Errores de Percepción sobre los demás subniveles, lo que es mostrado por el ANEXO 6 de esta categoría. La alta frecuencia se puede verificar en el Gráfico 3-23 que muestra el comportamiento de las incidencias para cada categoría del

modelo H. Facts, donde se puede destacar la alta representatividad de cada nivel, a excepción del Nivel IV de Aspectos Organizacionales.

Al analizar el Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros, es posible encontrar un índice de 0,55, lo que indica que en más de la mitad de los casos relacionados con esta categoría se encuentran características de este tipo. El valor obtenido proviene de 6 factores contribuyentes divididos por 11 eventos. Como se puede observar en el Gráfico 3-22, sólo están presentes las precondiciones directamente vinculadas a las características físicas o tecnológicas del entorno.

En el caso del Nivel III, el valor desciende ligeramente a 0,45, que se compone de 5 factores divididos por 11 accidentes e incidentes en total. Este resultado implica que en al menos 4 o 5 casos de cada 10, hay subcausas en las que intervienen características asociadas a la supervisión, que generalmente están relacionadas con la falta de ésta en los procedimientos realizados en tierra.

Como se puede observar en el Gráfico 3-23, nuevamente no hay Aspectos Organizacionales asociados al evento, en base a esto más los antecedentes recopilados, se puede entender que el análisis de las causas está fuertemente ligado al contexto establecido para investigar, estableciendo los parámetros a investigar de acuerdo con lo que se requiera, en este caso asociado a las características propias de la aeronave.

Bimotor Turbohélice

Esta categoría se registra para las aeronaves con dos motores turbohélice, en base a la cual se construye el Gráfico 3-24, que en general incluye 69 factores contribuyentes asociados a 34 accidentes e incidentes provenientes del ANEXO 5. Al analizar con mayor detalle la respectiva tasa de asociación que existe, se encuentra que la magnitud de los Actos Inseguros ha aumentado con respecto a la categoría anterior, teniendo en este caso un margen de 1,5, es decir que, por cada accidente o incidente registrado, hay 1 o 2 factores de este tipo proveniente del incremento de los factores asociados a Errores de Decisión y de Percepción principalmente, y en menor medida por parte de los Errores de Competencia, mientras que en el caso de las causas se debe a una alta presencia de los

Errores de Percepción y Competencias como se puede observar en el ANEXO 6. El resultado obtenido en el índice proviene de 51 subcausas que se dividen entre los 34 casos registrados, este valor refleja la alta posibilidad de encontrar este tipo de aspectos siendo los más predominantes y contando con los errores más comunes cometidos por los pilotos de este tipo de aeronaves.

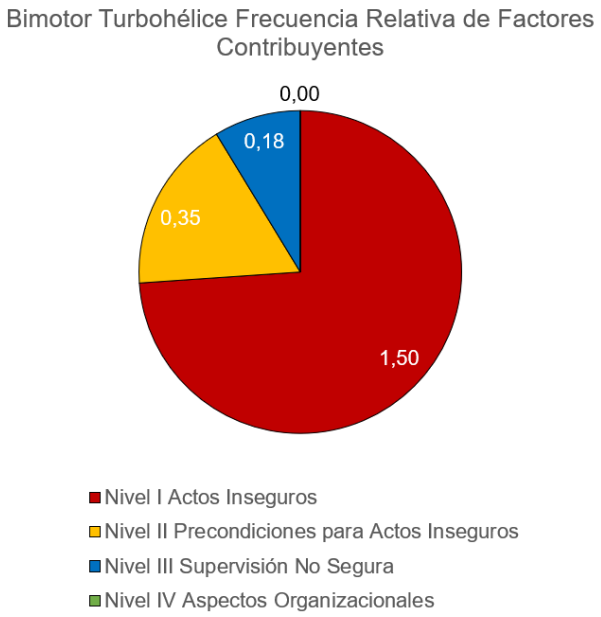


Gráfico 3-24: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves bimotor turbohélice. Fuente: Elaboración Propia.

Siguiendo hacia el Nivel II, se produce una considerable disminución de la propia frecuencia relativa teniendo un índice de 0,35, de manera que por cada 10 casos se encuentran 3 o 4 factores contribuyentes con estas características. Se trata de una de las frecuencias más bajas registradas en comparación con los otros tipos de aeronaves analizadas. El índice presentado se compone de 12 factores que están asociados a los 34 eventos registrados en esta categoría. Como se muestra en el Gráfico 3-22, este nivel presenta características asociadas a las condiciones físicas del entorno, la tecnología y las prácticas asociadas a la administración.

El Nivel III es el que presenta la menor frecuencia registrada de este tipo de aeronaves, con una cifra de 0,18, lo que indica que por cada 10 casos se encuentran 1 o 2 causas

contribuyentes vinculadas a la supervisión. La cifra registrada se compone de 6 factores divididos por los 34 accidentes e incidentes. Con base en el valor obtenido para este nivel, se observa que las subcausas que tienen este tipo de características están asociadas a eventos particulares, en los cuales resulta importante el analizar aspectos que estén vinculados a la supervisión para encontrar factores asociados a este nivel que permitan determinar cuál fue su papel dentro de los eventos investigados.

Al ascender al Nivel IV, que es el más alto y está asociado a la organización, no hay aspectos asociados a este tipo de aeronave, lo que implica que la investigación está asociada a la viabilidad e involucramiento de los factores, algo que se refleja en el comportamiento y distribución asignada al Gráfico 3-24. Por lo tanto, se puede estipular que el trabajo de investigación está vinculado al tipo de aeronave investigada, lo que está asociado a un contexto que se modifica según cada categoría. La única tendencia que se puede encontrar en estos casos es la presencia de Actos Inseguros asociados a los factores contribuyentes encontrados en los registros.

Cuatrimotor Turbofán

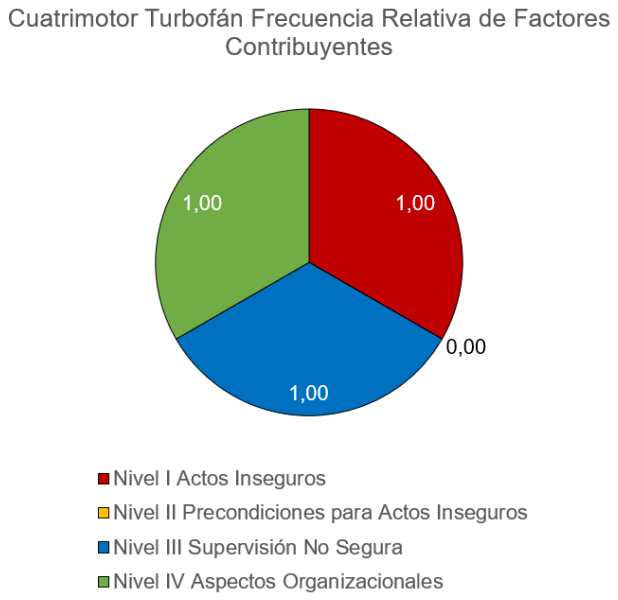


Gráfico 3-25: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves cuatrimotor turbofán. Fuente: Elaboración Propia.

Se presenta como un solo caso con una causa asociada al Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros a la subcategoría de Factores Ambientales Físicos como se puede observar en el ANEXO 6, este caso cuenta con 3 factores de diferentes niveles, lo que lleva a la distribución que se muestra en el Gráfico 3-25, que reparte equitativamente las características asociadas a cada nivel, por lo que sólo hay un Acto Inseguro de Nivel I vinculado a Errores de Decisión que al ser dividido por la causa del accidente resulta en una frecuencia de 1, es decir, que por cada evento de este tipo hay un factor de estas características.

Las dos siguientes categorías tienen el mismo comportamiento ya que el Nivel III de Supervisión No Segura vuelve a tener un margen de 1 ligado a la Inadecuada Supervisión y la misma situación ocurre con el Nivel IV de Aspectos Organizacionales ya que nuevamente tiene otro índice de 1 presentado por la Gestión de Recursos realizada por la organización investigada. Mientras que los factores de Nivel II no se tienen en cuenta en este caso concreto.

Este comportamiento se limita directamente a que sólo existe un expediente de una aeronave en esta categoría como se indica en el ANEXO 5 y se detalla en el ANEXO 6, por lo que no es representativo dentro de los accidentes e incidentes registrados a nivel general, pero a pesar de ello, muestra que la investigación se ve influenciada por el contexto en el que se desarrolla, ya que a partir de este se evalúa la factibilidad de evaluar las causas y subcausas que son relevantes para el caso investigado, algo que se refleja en las diferencias presentadas en el comportamiento de los índices de cada categoría.

Dirigible

En esta categoría se da una situación similar a la de las aeronaves cuatrimotor turbofán; sólo hay un caso registrado en el ANEXO 5, que cuenta con una causa ligada a Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II que corresponden a Factores Ambientales Físicos, por lo que este tipo de registro no es representativo del total de aeronaves registradas en el Gráfico 3-22 y en el ANEXO 6, pero sí muestra el tipo de comportamiento que tiene la investigación de acuerdo con cada característica

involucrada. Esto se puede observar a partir de la única presencia del Nivel I de Actos Inseguros, que tiene una frecuencia relativa de 2, asociada a dos factores contribuyentes divididos por el único accidente registrado, siendo pertenecientes a las subcategorías de Errores de Decisión y Percepción.

Gráfico 3-26: Tasa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves del tipo dirigible. Fuente: Elaboración Propia.

A partir de esta figura se puede observar gráficamente que el análisis respectivo de las causas de cada evento varía en función de lo que se requiera en la situación planteada; en este caso, se consideran relevantes características que sólo se encuentran en el Nivel I del modelo H. Facts. Esta descripción se refleja en el Gráfico 3-26, en el que el único patrón específico es la presencia de Actos Inseguros asociados a los accidentes e incidentes registrados.

Girocóptero

Nuevamente, la situación es similar a la presentada en las dos categorías anteriores; esta vez hay 2 registros de factores contribuyentes y 2 de accidentes e incidentes obtenidos del ANEXO 5. Por lo tanto, se presenta como una aeronave que no tiene una representatividad significativa dentro de los parámetros registrados, como se muestra gráficamente en el Gráfico 3-22 y el ANEXO 6, que muestra a nivel general cada tipo de aeronave registrada.

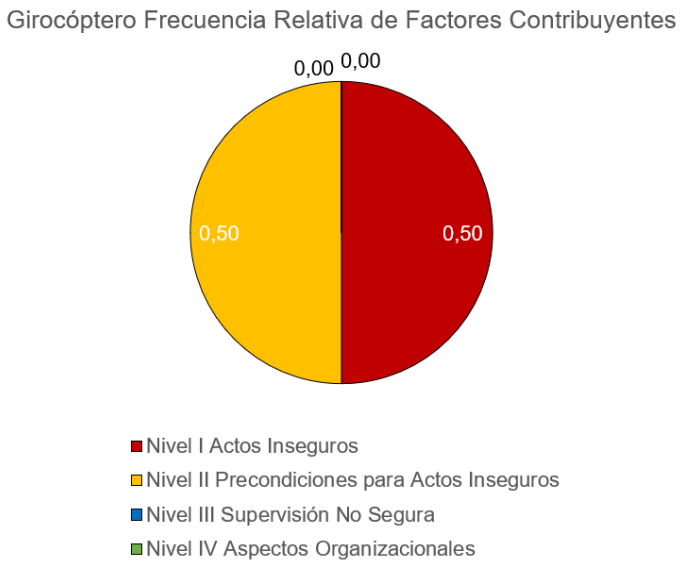


Gráfico 3-27: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves del tipo Girocóptero. Fuente: Elaboración Propia.

Aunque estos registros no son representativos, sirven para demostrar cómo varía el trabajo de investigación según cada situación presentada. En este caso, se muestra una distribución de 1 factor contribuyente originado por Errores de Percepción que está asociado a un único accidente causado por Precondiciones para Actos Inseguros provenientes de Condiciones Bajo Estándar de un Estado Mental Adverso como se puede observar en el ANEXO 6, por este motivo se tiene una frecuencia relativa de 0,5, lo que significa que, en la mitad de los casos, las características de este tipo están vinculadas al Nivel I del modelo H. Facts como factor contribuyente.

Por otro lado, el otro factor se asocia a aspectos relacionados con el Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros con la subcategoría Factores Ambientales Físicos, con un índice de 0,5 registrado para este caso, lo que muestra que en la mitad de los casos asociados a este tipo de aeronaves se darán características de este tipo. Los niveles superiores III y IV no se consideran en estos dos casos analizados, lo que se refleja en el Gráfico 3-27, que muestra la distribución de cada nivel.

Aunque son pocos los casos, es correcto afirmar que, al igual que en las categorías anteriores, siempre hay presencia de Actos Inseguros, comportamiento que siguen todos

los tipos de aeronaves en mayor o menor medida. Por otro lado, en cuanto al análisis de las causas, vuelve a estar influenciado por los antecedentes y el contexto, lo que significa que la investigación se establece en base a estos parámetros y se adapta a lo que es relevante para el caso, dejando de lado aspectos que no se consideran relevantes a la hora de realizar la investigación.

Monomotor Turbohélice

En esta categoría se encuentran las aeronaves con un solo motor turbohélice, las cuales tienen el mayor número de factores contribuyentes registrados, con un total de 402 factores asociados a 221 casos registrados en el ANEXO 5, los cuales tienen causas asociadas principalmente a Actos Inseguros originados en Errores de Percepción y Competencia como se muestra en el ANEXO 6. El alto valor se debe a que este tipo de aeronave es una de las más utilizadas en la aviación civil en Chile, en diversos tipos de operaciones, tanto privadas como comerciales.

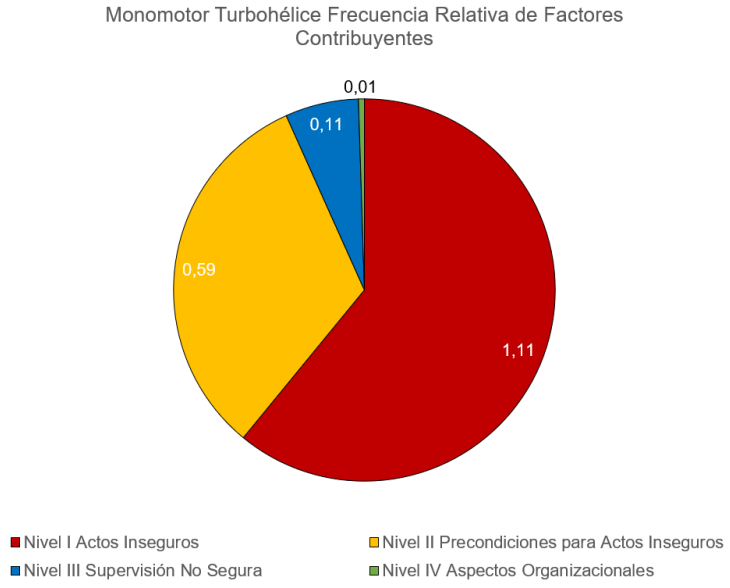


Gráfico 3-28: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves monomotor turbohélice. Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar el Gráfico 3-28, se observa que el Nivel I de Actos Inseguros presenta un índice de 1,11, en base a este valor se entiende que existe al menos 1 factor contribuyente por cada caso registrado. El resultado obtenido proviene de la división de 245 factores

por 221 eventos, lo que muestra el gran número de casos de este tipo y las características en las que se concentra la investigación al analizar las causas y subcausas de este tipo de aeronaves. La composición de este nivel proviene principalmente de subcausas asociadas a errores de decisión, percepción y competencia, por otro lado, hay registros en menor medida de violaciones excepcionales y rutinarias, el detalle de esta distribución se representa gráficamente en el Gráfico 3-22.

El Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros tiene el segundo índice más alto dentro de esta categoría con una frecuencia relativa de 0,59, que surge de 130 factores divididos por 221 accidentes e incidentes registrados, el valor se interpreta como que por cada 10 accidentes en 5 o 6 de estos hay características de este tipo asociadas a subcausas presentes en los eventos investigados. Los factores registrados están compuestos en su mayoría por Factores Ambientales Físicos y Tecnológicos, y en menor medida por Prácticas de mala administración y falta de preparación, la cantidad asociada a cada subcategoría se registra en el Gráfico 3-22, que muestra gráficamente las proporciones de estos tipos de subniveles asociados a las precondiciones de los Actos Inseguros.

Al ascender al Nivel III de Supervisión No Segura, la frecuencia obtenida se reduce a 0,11, lo que puede interpretarse como que, por cada 10 casos, 1 de ellos contiene factores asociados a la supervisión, los cuales provienen del cálculo obtenido entre 25 causas contribuyentes divididas por el número total de casos, que es de 221. La composición de este nivel proviene de subcausas asociadas principalmente a la Supervisión Insegura y en menor medida a características originadas en la Falla en la Solución de Problemas, la Mala Planificación Operativa y las Violaciones en la Supervisión, estas subcategorías se detallan en el Gráfico 3-22 y es el único que presenta una variedad de este tipo en el Nivel III del modelo H. Facts.

El Nivel IV de Aspectos Organizacionales tiene el índice más bajo registrado con una cifra de 0,01, lo que puede interpretarse como que por cada 100 casos sólo hay 1 factor de este tipo. El valor registrado se compone de 2 factores contribuyentes que se dividen por los 221 accidentes e incidentes asociados a esta categoría. Al contrastar este valor con

los obtenidos anteriormente, se observa que es muy bajo y esto se apoya gráficamente en el Gráfico 3-28, que muestra que estas subcausas organizativas se analizan sólo cuando la investigación lo requiere.

Al igual que en las otras categorías analizadas, vuelven a predominar los factores contribuyentes de Nivel I y II, lo que se ve refrendado por los altos índices obtenidos. Esto muestra la tendencia que sigue la investigación al analizar las respectivas subcausas que condujeron al accidente o incidente en cuestión y nos permite comprobar que las otras dos categorías se investigan sólo en el caso de que el contexto en el que se trabaja considere necesario incluir este tipo de características dentro de la investigación, en situaciones en las que están implicadas directamente características asociadas a la supervisión o a la organización.

Parapente

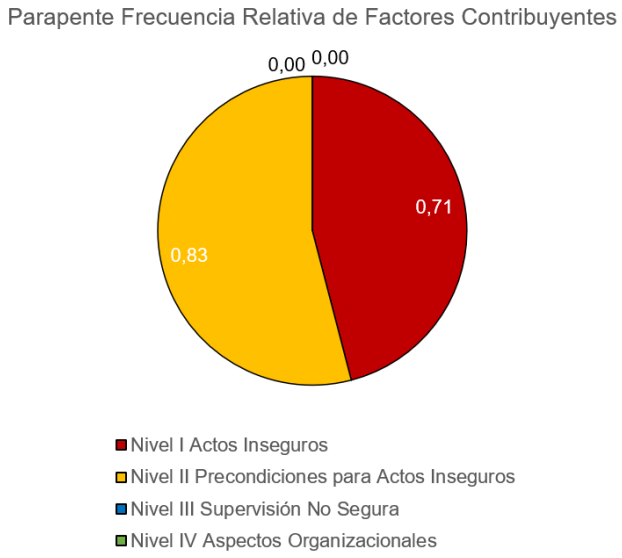


Gráfico 3-29: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves del tipo Parapente. Fuente: Elaboración Propia.

Este tipo de aeronave generalmente no tiene motor y se utiliza con fines deportivos o recreativos; su uso depende directamente de la intensidad y dirección del viento. Aunque no tiene la misma complejidad para ser operada en comparación con las aeronaves

anteriormente analizadas, sigue requiriendo autorizaciones, permisos y una licencia para ser operada bajo la normativa nacional.

Para esta categoría sólo hay dos valores asociados al modelo H. Facts. El más alto de ellos es el índice de 0,83 registrado para el nivel II de Precondiciones para los Actos Inseguros, que se obtiene a partir de 20 factores divididos por 24 casos que se registran en el ANEXO 5 donde predominan las causas asociadas a los Actos Inseguros originados principalmente en los Errores de Competencia y Percepción como se puede ver en el ANEXO 6. La cifra obtenida de esta división puede interpretarse como que, de cada 10 sucesos de este tipo, 8 de ellos tendrán características de este tipo, lo que indica su alta presencia dentro de este tipo de aeronaves, siendo una de las que tiene uno de los índices más altos junto con la categoría de aeronaves con motores turboeje. Este alto valor se debe a que este tipo de aeronaves dependen del viento para volar, por lo que están sometidas a las condiciones meteorológicas del lugar donde operan, lo que se ve claramente apoyado por la alta presencia de factores físicos ambientales, además de este subnivel existen factores tecnológicos que contribuyen a este tipo de eventos, ambas características se muestran con mayor detalle en la Gráfica 3-22, y justifican la razón de su prevalencia entre los casos asociados a este tipo de aeronaves; este comportamiento se puede observar en la Gráfica 3-29, que muestra la distribución de las frecuencias de ambos niveles.

Al descender al Nivel I de Actos Inseguros, de los 17 factores contribuyentes divididos entre los 24 accidentes e incidentes registrados, se obtiene un índice de 0,71, lo que significa que, por cada 10 casos, en al menos 7 de ellos hay factores asociados a errores o violaciones cometidas por el operador de la aeronave. En general, este tipo de características se deben a la inexperiencia del piloto o al desconocimiento de la zona en la que vuela, por lo que este valor se presenta como una consecuencia de las decisiones tomadas en el momento de operar la aeronave.

En lo que respecta al Nivel III y IV del modelo H. Facts, no existen registros de accidentes o factores contribuyentes de este tipo, debido al contexto que presentan este tipo de aeronaves, ya que la mayoría de ellas son ocupadas por el mismo propietario, por lo que

en la investigación no se considera factible analizar factores contribuyentes que estén vinculados a este tipo de aeronaves, ya que si bien pueden existir aspectos de este tipo no impactan directamente en lo que son los casos registrados. Gracias a la categoría de los planeadores, es posible demostrar que el análisis de las causas se adapta a la situación en la que se trabaja para analizar qué aspectos deben ser considerados dentro del proceso de investigación realizado.

Planeador

Este tipo de aeronaves no suele tener motor propio y para volar depende de un avión que lo remolca hasta una determinada altura desde donde se suelta para quedar a merced del viento para realizar el resto del vuelo en función de éste. Por lo tanto, su funcionamiento depende directamente de las condiciones meteorológicas en el momento del vuelo.

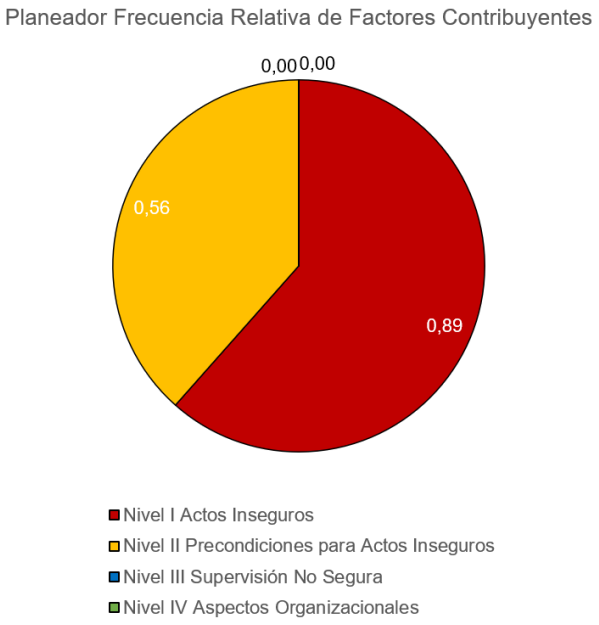


Gráfico 3-30: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves del tipo Planeador. Fuente: Elaboración Propia.

En esta categoría se puede observar que los factores contribuyentes presentan un mayor índice asociado a los Actos Inseguros de Nivel I con un índice de 0,89, que se obtiene de 8 factores divididos por 9 casos registrados en el ANEXO 5, que se originan principalmente de Actos Inseguros asociados a Errores de Percepción expuestos en el

ANEXO 6. El valor obtenido puede interpretarse como que por cada 10 casos existen 8 o 9 de estos factores, es decir, que los errores cometidos por el operador de este tipo de aeronaves prevalecen en las subcausas, algo que puede verse reflejado en el Gráfico 3-22, que muestra el número de factores para cada planeador registrado.

El Nivel II presenta una frecuencia relativa menor en comparación con los factores analizados en el nivel anterior, en donde predominan características asociadas principalmente a Factores Ambientales Físicos originados en condiciones por meteorológicas. En este caso se registra una cifra de 0,56 y se obtiene a partir de 5 causas contribuyentes que se dividen por los 9 eventos registrados, este valor puede interpretarse en el sentido de que, de 10 accidentes o incidentes de planeadores es posible encontrar 5 o 6 subcausas asociadas a las Precondiciones para Actos Inseguros.

Como se puede observar en el Gráfico 3-30, no hay factores contribuyentes de Nivel III o IV, lo que hasta cierto punto es inusual debido a que este tipo de aeronaves tienen características vinculadas a estos niveles. Esto demuestra que este tipo de aspectos no son considerados en el análisis de causas al buscar subcausas que contribuyan al evento en cuestión, sino que la investigación se centra en las causas que están directamente relacionadas con el caso analizado, considerando las características de Nivel I y II en este tipo de aeronaves. Este comportamiento es reiterativo en la mayoría de las categorías en las que hay cifras representativas entre ellas, por lo que es una tendencia predominante dentro de la investigación considerar características de este tipo al analizar las causas y subcausas asociadas a un evento.

Turboeje

En esta categoría se incluyen los helicópteros involucrados en un accidente o incidente entre 2010 y 2020. Este tipo de aeronave es la segunda categoría con mayor número de casos y factores contribuyentes registrados, lo que puede verse con mayor detalle en el Gráfico 3-22, que muestra el comportamiento cuantitativo de cada tipo de aeronave registrada. Este gráfico presenta las frecuencias obtenidas de los factores contribuyentes para cada nivel del modelo H. Facts, como se puede observar, es una de las pocas

categorías que presentan una variedad de subcausas asociadas a este modelo. Aunque cada clase está representada en la Figura 3-31, la distribución es predominante en los niveles inferiores de este modelo. Empezando por el nivel I de actos inseguros, encontramos un índice de 1,25, lo que significa que por cada caso registrado hay al menos un factor contribuyente de este tipo. El valor se obtiene dividiendo 74 subcausas entre los 59 eventos registrados en el ANEXO 5 en los que predominan las causas asociadas a los Actos Inseguros originados principalmente por las características asociadas a los Errores de Percepción y de Competencia, y en menor medida originados por los Errores de Decisión detallados en el ANEXO 6. La cifra obtenida de esta división es la más alta de esta categoría, lo que permite entender que la mayor parte de las causas contribuyentes están vinculadas a errores humanos e infracciones cometidas por los operadores de este tipo de aeronaves.

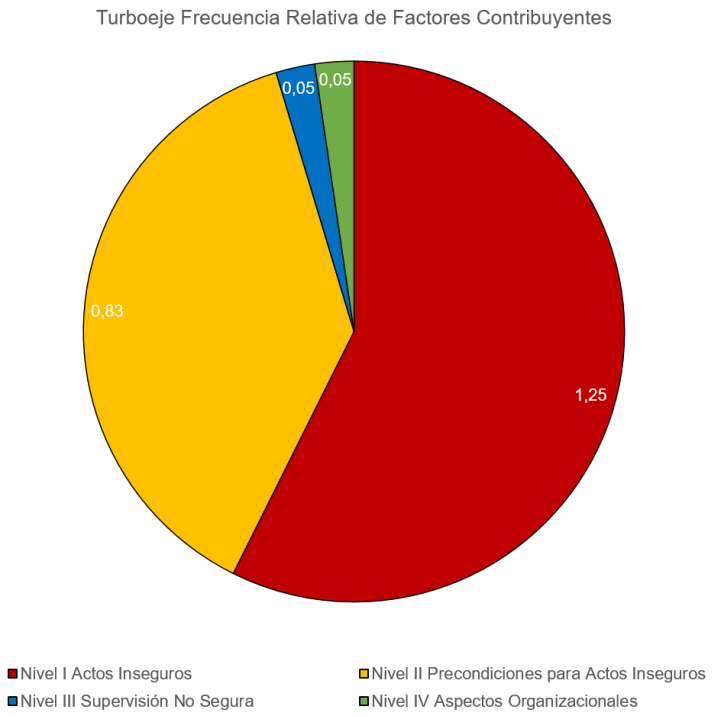


Gráfico 3-31: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de aeronaves con motor turboeje. Fuente: Elaboración Propia.

El Nivel II muestra una disminución de la frecuencia, con un valor de 0,83, obtenido a partir de 49 subcausas divididas por los 59 casos asociados a este tipo de aeronaves. El

resultado obtenido puede interpretarse como que hay al menos 8 factores contribuyentes de este tipo por cada 10 sucesos. La composición de las condiciones previas a los actos inseguros procede principalmente de factores ambientales físicos y tecnológicos, seguidos en menor medida por las prácticas bajo estándar de la administración y la falta de preparación. Como en algunas categorías anteriores, se presenta como el segundo nivel más representativo dentro del modelo H. Facts.

Al ascender a las características del Nivel III de Supervisión No Segura, es posible encontrar un descenso drástico en la frecuencia registrada, con un valor de sólo 0,05, lo que significa que, por cada 100 casos, se encuentran únicamente 5 de estos factores contribuyentes. La composición de este valor proviene de 3 factores que se dividen entre 59 accidentes e incidentes asociados a este tipo de aeronaves. Esta frecuencia relativa presentada en el Gráfico 3-31 muestra que este tipo de antecedentes no son considerados en la mayoría de los casos investigados, ya que dentro de las causas y subcausas se asocian principalmente a características asociadas al operador de la aeronave.

Una situación similar ocurre en el Nivel IV de Aspectos Organizacionales, donde una frecuencia relativa de 0,05 se asocia con sólo 3 factores contribuyentes divididos por los 59 casos analizados. De nuevo, la interpretación sugiere que, por cada 100 eventos, sólo se encuentran 5 de estas subcausas. Gracias a este comportamiento, se puede observar que este tipo de características son consideradas sólo en casos particulares donde el contexto lo requiere, por lo que este tipo de características serán presentadas sólo cuando sea pertinente asociarlas a la investigación realizada.

Al igual que otras categorías que tienen una alta representatividad, ésta sigue la misma tendencia de predominio donde el Nivel I y II destacan sobre otras características del modelo H. Facts, que permite verificar en qué dirección apunta el análisis de las causas dentro de lo que es la investigación presentada por la autoridad aeronáutica, apuntando en la mayoría de los casos a aspectos que se relacionan explícitamente con el desempeño del vuelo realizado, descartando en la mayoría de los casos características anteriores como la supervisión u organización involucrada en los eventos.

3.1.5 Análisis de Factores Contribuyentes según el año de registro

Para el análisis de los factores contribuyentes, se han considerado 10 años de registros para observar el comportamiento de los 4 niveles del modelo H. Facts a lo largo del tiempo. Para ello, se parte de los casos ocurridos en 2010 y se finaliza en 2020.

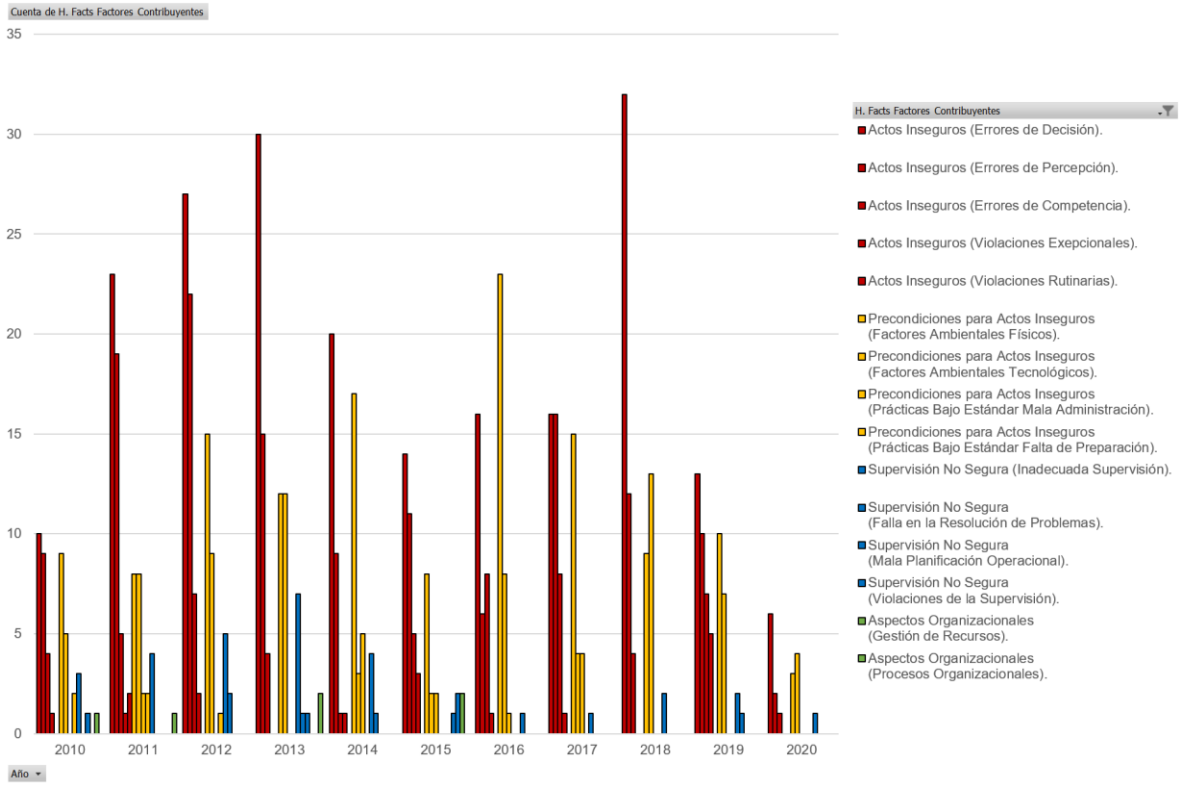


Gráfico 3-32: Distribución de Factores Contribuyentes según cada año registrado. Fuente: Elaboración Propia.

Al observar el ANEXO 8 y el Gráfico 3-32, que muestra la cantidad de causas y factores contribuyentes por año, estos han ido variando a lo largo del tiempo y la distribución asociada a los subniveles cambia en cada nuevo período, por lo que cada año presentado tiene un contexto de investigación diferente, ya que en ciertos años se observa que el Nivel III de Supervisión No Segura es menor, lo que indica que el análisis de las causas ha ido variando a lo largo del período de tiempo analizado.

La misma situación ocurre con los factores asociados a Aspectos Organizacionales de Nivel IV, que sólo se registran en determinados años y después no vuelven a aparecer en los registros de investigación presentados por la DGAC.

La única tendencia que puede observarse es que para cada año transcurrido los factores contribuyentes de Nivel I y II del modelo H. Facts tienen la mayor representatividad, intercalándose sólo en 2016.

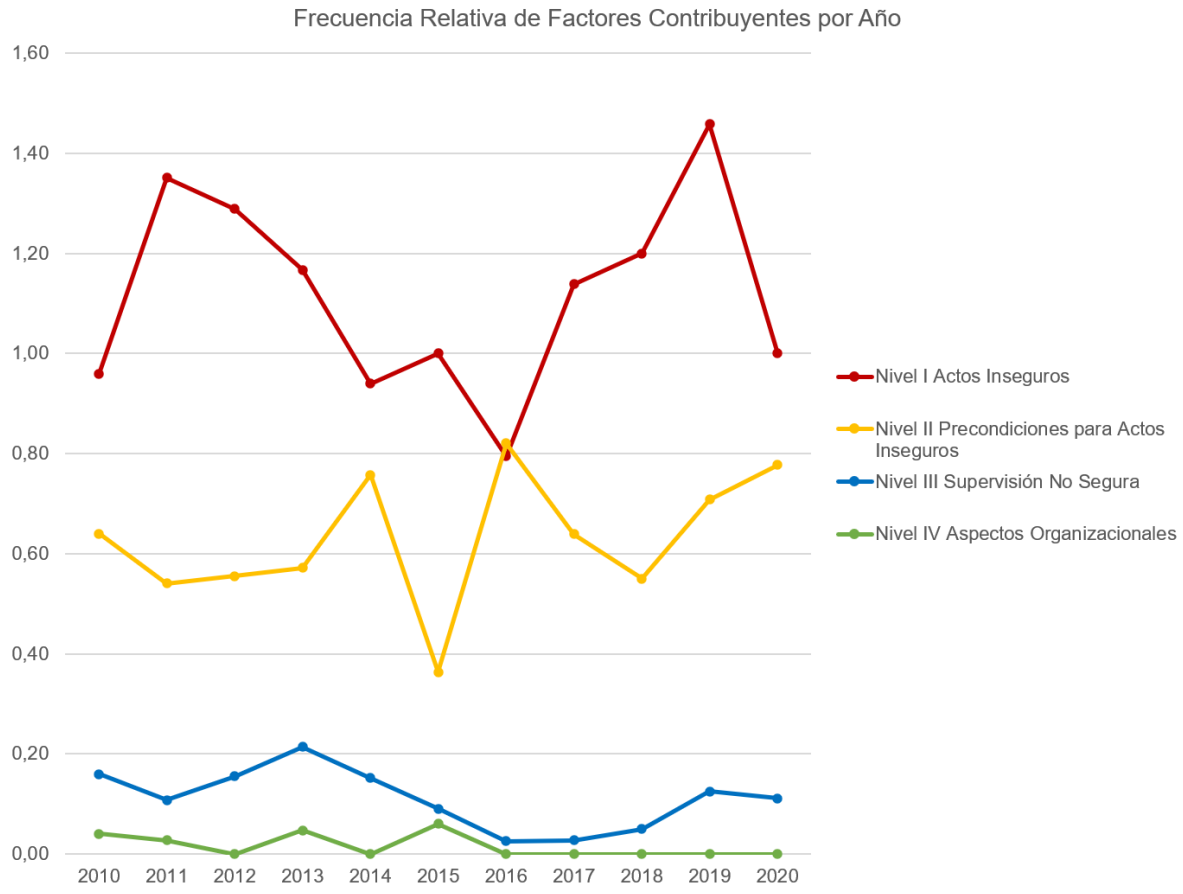


Gráfico 3-33: Frecuencia relativa de accidentes e incidentes aéreos asociados a factores contribuyentes provenientes de los diferentes años registrados. Fuente: Elaboración Propia.

A partir de los valores obtenidos para los factores contribuyentes registrados para cada año, se puede determinar la frecuencia relativa al dividirlos entre los respectivos casos asociados a cada nivel del modelo de H. Facts; de este resultado se obtiene el Gráfico 3-33, que muestra el comportamiento de las frecuencias relativas presentadas para cada año. La gráfica muestra que los mayores índices presentados a lo largo de los años son para el Nivel I de Actos Inseguros y el Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros, mientras que al ascender al Nivel III de Supervisión No Segura las frecuencias son significativamente menores a las presentadas por los niveles anteriores, lo que muestra la

baja presencia de este tipo de características a lo largo de los años. En el caso del Nivel IV de Aspectos Organizacionales, es el que presenta el menor número de valores registrados durante algunos años en específico, para luego desaparecer de las subcausas establecidas en los eventos analizados.

2010 – 2015

Al analizar por tramos, es posible observar que entre 2010 y 2011 hubo un aumento en la frecuencia asociada a los Actos Inseguros de Nivel I de 0,96 a 1,35, este crecimiento se debió al incremento de los eventos registrados en ese año pasando de 25 a 37 como se muestra en el ANEXO 7 en los que predomino el crecimiento características de Nivel I asociadas a Errores de Percepción y en el Nivel II ligadas a Factores Ambientales Tecnológicos como se detalla en el ANEXO 8, mientras que los factores contribuyentes fueron mayor en comparación con los casos registrados entre ambos años, ya que se registró un incremento de 24 a 50 factores ligados a este nivel, en donde predominaron Errores de Percepción y Decisión como se puede observar en el Gráfico 3-32. Posteriormente, entre 2012 y 2014 hubo un descenso en el índice registrado con una cifra de 0,94, este retroceso se debió a que los casos registrados disminuyeron pasando de 45 a 33 por una caída de las causas provenientes de los Actos Inseguros de Nivel I, principalmente de Errores de Percepción y en las Precondiciones de Actos Inseguros de Nivel II que están asociadas principalmente a los Factores Ambientales Tecnológicos. Mientras que los factores asociados a esta categoría se redujeron de 58 a 31, siendo menores en proporción a los casos registrados en ese año. En 2015 hubo un ligero repunte en los factores contribuyentes siendo equivalentes al número de eventos de ese año teniendo una frecuencia de 1, asociada a 33 factores divididos por los 33 casos presentados por el ANEXO 7.

En el Nivel II hubo un retroceso entre 2010 y 2011, pasando de un índice de 0,64 a 0,54, lo que se justifica por un aumento en el número de casos como se observa en el ANEXO 7, pero también por una disminución de los factores asociados a las Precondiciones de Actos Inseguros. De 2012 a 2014 la frecuencia relativa tuvo un repunte registrando una cifra de 0,76 que se debe al aumento de las subcausas en proporción a los accidentes e

incidentes registrados. Terminando con un descenso considerable dentro de lo que es 2015 con un índice de 0,36 que se debe a la disminución de los factores contribuyentes de 25 en 2014 a 12 en 2015.

Dentro del Nivel III de Supervisión No Segura hay una caída de 2010 a 2011, pasando de 0,16 a 0,11, esta disminución se debe a que se mantiene el número de 3 factores coadyuvantes, mientras que el número de casos aumenta de 25 a 37, lo que demuestra el porqué de la disminución del valor. Mientras que de 2012 a 2013 hay un aumento en la frecuencia presentando una cifra de 0,21 que se justifica en el aumento de las subcausas y casos registrados en 2013. Entre 2014 y 2015 hay un descenso lineal en los valores, terminando con una frecuencia de 0,09, que se obtiene por la baja presencia de factores contribuyentes que son 3 en comparación con los casos que en ese año son 33.

Entre 2010 y 2012 hay una disminución de los factores que presenta el Nivel IV pasando de 0,04 a 0, ya que en 2012 no hay factores contribuyentes asociados a este nivel, avanzando a 2013, el valor registrado sube a 0,05 porque hay 2 factores contribuyentes de 42 casos. En 2014 vuelve a bajar a 0, lo que demuestra que no hay subcausas en ese año. Finalizando en 2015 que es el último año que registra un valor asociado a este nivel contando con una frecuencia relativa de 0,06 asociada a 2 subcausas que se reparten entre 33 casos registrados. En base al comportamiento del Gráfico 3-33 se puede observar que la organización dependerá del contexto de la investigación. Ya que en varios casos no se considera necesario investigar las características asociadas a esta categoría.

2016

Este año presenta una situación particular ya que la frecuencia relativa del Nivel II es de 0,82 que se obtiene al dividir 32 subcausas por 39 casos que son presentados por el ANEXO 7, en donde el incremento de sucesos se vio respaldado por causas asociadas principalmente a Actos Inseguros de Nivel I provenientes de Errores de Competencia y de Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II ligadas a Factores Ambientales Físicos, estas características de variabilidad son detalladas en el ANEXO 8 que muestra el comportamiento gráfico de los accidentes e incidentes a lo largo de los años. El valor

obtenido de esta frecuencia supera al presentado en el Nivel I que es de 0,79 resultado de la división de 31 factores por los 39 eventos registrados. Este alto índice se debe a que en 2016 predominaron los factores contribuyentes asociados a las Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II, donde al profundizar en los detalles se observa que intervinieron factores físicos ambientales que se asocian a casos que involucran características ambientales asociadas al viento y al entorno en el que operaron, que contribuyeron a los casos analizados, por otro lado, en menor medida, hubo factores ambientales tecnológicos que se asociaron a fallas de componentes internos que desencadenaron accidentes e incidentes en 2016 y en casos aislados hay causas contribuyentes que se vinculan a las Prácticas Bajo Estándar de Mala Administración, esta distribución de ambas categorías se detalla en el Gráfico 3-32, que presenta los tres subniveles mencionados.

El nivel III de Supervisión No Segura sigue disminuyendo este año con un índice de 0,03, siendo uno de los valores más bajos registrados en comparación con el resto de los años analizados. Este descenso se debe a que los factores contribuyentes asociados a este nivel disminuyeron, presentando sólo 1 factor, que dividido entre los 39 casos da lugar a esta frecuencia.

En el caso del Nivel IV de Aspectos Organizacionales, no hay registros de factores contribuyentes por lo que su frecuencia relativa es de 0, este valor más el índice que presenta el Nivel III, muestran que los enfoques de la investigación en el año 2016 se asociaron principalmente a las características del Nivel II y I del modelo H. Facts lo cual se sustenta en el comportamiento reflejado en los índices del Gráfico 3-33.

2017 – 2020

En este periodo de tiempo se puede observar que la frecuencia relativa de Actos Inseguros aumentó de 1,14 en el año 2017 a 1,46 en el 2019, este aumento en el índice se debió a que en el 2019 hubo menos casos como se puede observar en el ANEXO 7, que se explica por la caída de los eventos entre el año 2018 y 2019, pasando de 40 a 24, siendo el año con menos accidentes e incidentes en comparación a los anteriores, la baja se debió a que las causas asociadas al Nivel I de Actos Inseguros principalmente provenientes de Errores

de Percepción y Competencia, y al Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros asociadas a Factores Ambientales Tecnológicos y Físicos decayeron en proporción a los factores contribuyentes registrados en el Nivel I, dando como resultado la cifra presentada. Al pasar al año 2020 la frecuencia disminuye a 1 debido a que el número de subcausas es equivalente al número de casos, que se origina por la caída de las causas asociadas al Nivel I y II, como se detalla en el ANEXO 8.

Al observar las Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II en el periodo comprendido entre 2017 y 2018 se muestra una caída en lo que es el índice presentado, pasando de tener una frecuencia de 0,64 o una de 0,55, esta disminución en el valor se debe a que los factores pasaron de ser 23 a 22 para el año 2018, mientras que el número de casos fue de 36 a 40 para ese año como se muestra en el ANEXO 7, el incremento de los eventos se debe a que las causas registradas incrementaron en el Nivel I, por medio de los Errores de Percepción y Competencia, y por parte del Nivel II debido al aumento de los sucesos asociados a Factores Ambientales Físicos, esto se observa de manera gráfica en el ANEXO 8. Después de este descenso de la frecuencia entre los años 2017 y 2018, se presenta un aumento sostenido desde el año 2019 hasta al 2020 donde este nivel cierra con un valor de 0,78 que se obtiene de 7 subcausas que se dividen entre los 9 eventos totales que se registraron hasta ese momento en el año 2020.

Cuando se analiza el Nivel III de Supervisión Insegura es posible encontrar que entre 2017 y 2019, su frecuencia relativa presentó un crecimiento de 0,03 a 0,13, este aumento en el índice se debe a que el número de factores registrados para el año 2019 aumentó de 1 a 3, mientras que el número de casos disminuyó de 36 a 24, lo que permitió esta variación. En 2020, en cambio, esta cifra disminuye a 0,11 debido a que en este año hay 1 factor de este tipo por cada 9 eventos registrados. Estos valores muestran la baja permanencia de este tipo de características dentro de la investigación aérea.

En cuanto al Nivel IV de Aspectos Organizacionales, no hay factores contribuyentes asociados entre 2017 y 2020, por lo que su frecuencia relativa a lo largo de este periodo ha sido 0. Esto demuestra que a lo largo de los años el foco de la investigación se ha

concentrado en los niveles inferiores del modelo de H. Facts buscando causas directas asociadas al evento, por lo que sólo se investigó en algunos casos particulares en los que la situación requería indagar en características asociadas a la organización. De acuerdo con el comportamiento gráfico presentado en el Gráfico 3-33, es posible demostrar que para la investigación chilena de los últimos 4 años no ha sido necesario indagar en las características organizacionales, ya que estos antecedentes no tuvieron una repercusión directa en los eventos ocurridos.

3.2 PROPUESTA DE PROCESO

Del análisis realizado en el punto anterior, se observa que, para cada categoría asociada a diferentes características, predominan en la mayoría de los casos los Actos Inseguros de Nivel I, asociados a los factores contribuyentes de los eventos, seguidos de las Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II, representando ambos niveles los principales aspectos considerados por el personal investigador a lo largo de los 10 años de estudio. Si bien este tipo de antecedentes son los que se destacan, hay características asociadas a los eventos que provienen del Nivel III y que, como se puede observar, ocurren en casos más inusuales, que tienen una relación directa con la supervisión como una de las causas de la ocurrencia del incidente. Al ser casos puntuales, estos han sido pocos en comparación con los niveles inferiores, por lo que no tienen una mayor representatividad a lo largo de la investigación chilena. Por otro lado, los Aspectos Organizativos del Nivel IV son una completa rareza, ya que se han presentado en una ínfima proporción que se ha definido sólo en los casos en que la organización se manifiesta como la causa explícita de los hechos que desencadenaron el incidente. ¿Cómo se han producido? A través de una asignación insuficiente de recursos y de procesos organizativos designados, estos aspectos han conducido a una serie de acontecimientos que han terminado en un accidente o incidente.

Un buen ejemplo de cómo deberían distribuirse los factores contribuyentes por cada nivel del modelo H. Facts se presenta en la categoría de Operaciones Aéreas, específicamente en la de Examen de Vuelo, que en el Gráfico 3-14 muestra las frecuencias relativas de cada una de las subcausas asociadas a este tipo de vuelo. El comportamiento de esta

gráfica es parejo en comparación con las demás categorizaciones y muestra una idea cercana de cómo debe ser el trabajo de investigación, ya que, si bien hay un predominio de los Actos Inseguros de Nivel I, los demás niveles también tienen una representación equitativa de los antecedentes que deben mostrarse dentro de un análisis de causas.

Con esta situación expuesta por los análisis presentados previamente, se recomienda enfocar los esfuerzos en los demás antecedentes de la investigación que han quedado relegados en comparación con los primeros niveles. Para ello, los temas que se deben analizar y proponer se dividirán en 7 puntos diferentes, que construyen en su totalidad lo que es la propuesta metodológica, comenzando por el siguiente aspecto:

3.2.1 Debilidades del Sistema Actual

Por la predominancia que tienen los Actos Inseguros de Nivel I y Precondiciones para Actos Inseguros de Nivel II en los factores contribuyentes, se comprueba que la investigación en Chile abarca principalmente características asociadas al comportamiento humano y a las precondiciones que se presentaron en el evento, pero muestra una debilidad respecto a encontrar antecedentes que se encuentren relacionados con la supervisión y organización, lo que se respalda en las bajas frecuencias presentadas según cada categoría, que muestran la poca presencia que este tipo de hechos han tenido en los diferentes contextos analizados.

El Anexo 13 en el Capítulo 8 de Medidas de Prevención de Accidentes, recomienda que cada Estado tenga y mantenga una base de datos de accidentes e incidentes para facilitar el análisis. Chile trabaja con la herramienta recomendada por la OACI que es ECCAIRS, sin embargo, ésta es confidencial debido a la información que contiene, a la que sólo pueden acceder los usuarios que trabajan en el área de investigación de la DGAC. Esta herramienta, por sus funcionalidades, no es aprovechada en su totalidad, ya que las características de trazabilidad y antecedentes no se observan dentro del trabajo de investigación, por lo que es necesario manejar este tipo de elementos para que sean incorporados al proceso, no sólo como una característica que permite tener un registro de los eventos, sino también como una fuente de almacenamiento que proporciona

información histórica que permite asociar el caso investigado con registros anteriores que existen en esta base de datos. Además de no publicar información sobre el comportamiento y desempeño que han tenido los accidentes e incidentes en los últimos años, tal es el caso de la tasa de accidentabilidad y como esta se ha ido incrementado o decreciendo a lo largo de los años.

Por lo tanto, la otra debilidad del modelo de investigación chileno es que la base de datos en sí misma no es explotada en su totalidad y no es pública, lo que imposibilita que los interesados en las características que llevaron al desencadenamiento de un evento puedan estudiarlas, para aprender de estos errores y solidificar las defensas que se pueden tener dentro de la operación aérea, lo que permite observar el comportamiento histórico registrado para cada accidente e incidente, por lo que no es posible rastrear características que permitan determinar si el evento es único o si ya hubo casos similares. Al contar con este tipo de registros dentro de las herramientas que se pueden utilizar para la investigación, es posible establecer una trazabilidad histórica en caso de que existan antecedentes para el evento investigado, de lo contrario es posible crear un nuevo registro que permita tener un soporte histórico de un evento que permita entender cuáles fueron las instancias anteriores que se asocian a estos casos.

3.2.2 Transporte

Como se ha observado en la categoría de zonas geográficas, existen diferentes características a lo largo del país, por lo que el requerimiento de vehículos dependerá directamente del lugar donde ocurra el evento, si es dentro de la propia ciudad de Santiago, donde se encuentra la autoridad aeronáutica, se recomienda el desplazamiento en vehículos terrestres, debido a la distancia que se debe recorrer en esta zona. Si el evento se produce en sectores cercanos a la ciudad, se puede utilizar un vehículo terrestre para el desplazamiento y en caso de que el lugar sea de difícil acceso, es recomendable viajar en helicóptero para llegar al área del evento en el menor tiempo posible para que las pruebas no se contaminen por las características ambientales o por el manejo del personal involucrado. Si el accidente o incidente ocurre fuera de la Región Metropolitana y los vehículos antes mencionados no tienen el alcance suficiente para llegar a la zona del

evento, se debe utilizar un avión para movilizarse y si es necesario para complementar este tipo de traslado, se pueden utilizar vehículos terrestres para llegar a las zonas que no pueden ser alcanzadas por las aeronaves.

Al mencionarse la posibilidad de utilizar varios vehículos para el transporte, es aconsejable utilizar medios de transporte asociados a terceros debido a los costos fijos de tener vehículos propios. En caso de solicitar la movilización con empresas externas, es pertinente tener un acuerdo previo con ellas para arrendar un vehículo o adquirir los servicios de una empresa de transporte como una aerolínea o una empresa que arriende aviones, asegurando así su disponibilidad previa en caso de ser necesario, para movilizarse en el menor tiempo posible al lugar requerido.

El propósito de mencionar estos aspectos es considerar las posibilidades de transporte que permitan llegar al lugar del siniestro o accidente en el menor tiempo posible a la zona donde ocurrió el evento, de manera que se pueda preservar la integridad de la evidencia dentro del manejo realizado por otras autoridades como carabineros, bomberos, personal médico o trabajadores del mismo sitio aéreo. Teniendo así un proceso de investigación que se realiza de manera más expedita con evidencia explícita y con la mayor claridad en base a las primeras recopilaciones realizadas en el sitio del suceso.

3.2.3 Personal Necesario

Como se ha mostrado en la teoría presentada a lo largo de este documento, las ramificaciones que existen dentro de un accidente son diversas y abarcan varias áreas, por estas razones se recomienda contar con personal que esté acorde con los conocimientos requeridos para cubrir las labores de investigación, para ello es necesario contar con personas de vasta experiencia como designados para el Equipo Central de Investigación, los cuales son los responsables directos de iniciar las labores de investigación y serán asignados de acuerdo a su experiencia en cada caso que se presente. El listado actual que se presenta en el ANEXO 9 muestra los diferentes investigadores que el Departamento de Prevención de Accidentes (PREVAC) de la DGAC tiene asignados para la investigación de accidentes y eventos asociados al Servicio de Tránsito Aéreo. Por ello,

se propone que parte de este personal sea asignado a un equipo dedicado exclusivamente a la investigación de operaciones aéreas que den lugar a accidentes o incidentes, con el fin de tener una mejor coordinación entre los investigadores.

Equipo Central de Investigación

El personal a cargo del trabajo de investigación cuenta con 1 Investigador Senior que es el jefe del Equipo Central de Investigación, para este cargo debe tener al menos 20 años de experiencia en la industria de la aviación y en la DGAC, por lo que la persona a cargo debe conocer aspectos históricos de la aviación en Chile y su evolución a través de los años. Sus atribuciones se centran en la investigación de casos de alta complejidad que involucran a grandes organizaciones como, por ejemplo; aerolíneas que operan en Chile, Carabineros, entre otras. En estos eventos se presentan diversos antecedentes relacionados con el desempeño de la organización, la supervisión, los modelos de control presentes, el mantenimiento, la gestión de procesos, el personal y aspectos relacionados con organizaciones externas (centro de mantenimiento, fabricantes, autoridad aeronáutica, etc.). En caso de requerir asistencia externa, el responsable debe indicar en qué área solicita este tipo de apoyo para contratar los servicios pertinentes. Otra de las tareas que realiza este tipo de investigador es la gestión y asignación de los trabajos de investigación a realizar por cada miembro del equipo central de investigación, que evaluará el personal necesario para un caso y qué apoyo profesional externo debe considerarse para el mismo.

Además del Investigador Senior, deberán existir 3 Investigadores Generales que se encargarán de los diferentes accidentes e incidentes aéreos que se produzcan en el territorio nacional, que deben tener al menos 10 años de experiencia en el ámbito aeronáutico y una formación académica que podrá estar asociada a una Ingeniería Aeronáutica o un título de características similares En caso de no cumplir con alguno de estos requisitos, el personal también podrá poseer alguno de los siguientes atributos; contar con una licencia de piloto con sus respectivas horas de vuelo cumplidas, tener formación en mantenimiento aéreo con un reconocimiento previo por parte de la DGAC o haber trabajado como psicólogo dentro de la industria aeronáutica, lo importante es que

tenga experiencia y formación en aspectos asociados a la aviación. La necesidad de contar con 3 personas se debe a la cantidad de eventos que se presentan en el tiempo, que son 36 accidentes en promedio por año, los cuales se obtienen considerando los 10 años de reportes que registra la DGAC y los 3 o 4 meses que es el tiempo mínimo requerido para la investigación. Este tipo de personal interviene en eventos que presentan una dificultad intermedia o fácil en el campo investigativo, por lo que estos investigadores trabajan en casos donde las operaciones aéreas son en aeronaves de menor tamaño, la organización involucrada es pequeña o los vuelos son de naturaleza particular. En estas situaciones las pruebas que se presentan son de carácter explícito en comparación con los hechos investigados y analizados por un Investigador Senior.

Los Investigadores Trainee se definen como personal que ingresa por primera vez a esta área, por lo tanto, no tienen experiencia previa en investigación ni en la industria aeronáutica, sólo conocimientos teóricos de estos aspectos. Al existir 3 investigadores de mayor rango, se requieren 3 trabajadores de este tipo, los cuales se presentan como ayudantes de estos en la mayoría de los casos, por lo que funcionan como un apoyo investigativo, siendo aprendices, soporte y responsables de recolectar información en conjunto con los investigadores de mayor jerarquía, para así contribuir a la labor investigativa en base a los conocimientos que poseen brindando una perspectiva adicional y aportando nuevas ideas proporcionadas por su formación a lo que son las labores investigativas. Como sus conocimientos son teóricos, se recomienda que provengan de una formación relacionada con la seguridad, que puede estar asociada a la industria de la aviación o, en su defecto, conocimientos generales sobre la misma. Aunque lo ideal es que este tipo de personal tenga una formación enfocada a la seguridad, sus conocimientos pueden provenir de otras áreas de la aviación, como mantenimiento, operaciones, auditorías, pilotaje de aeronaves, manejo de personal, entre otras características.

Los requisitos de conocimiento y experiencia para cada uno de los miembros que pertenecen al Equipo Central de Investigación están basados en lo que OACI emitió en la Circular 298 AN/172, denominada Guía de Instrucción para Investigadores de Accidentes de Aviación en el Capítulo 2 de Antecedentes de Experiencia para Investigadores.

Como se ha mencionado anteriormente, los investigadores pueden solicitar la ayuda de personal interno o externo a la organización para complementar el trabajo de investigación a partir de otras perspectivas aportadas por estos profesionales en caso de que la situación lo requiera, presentando al personal[2] en el siguiente esquema:

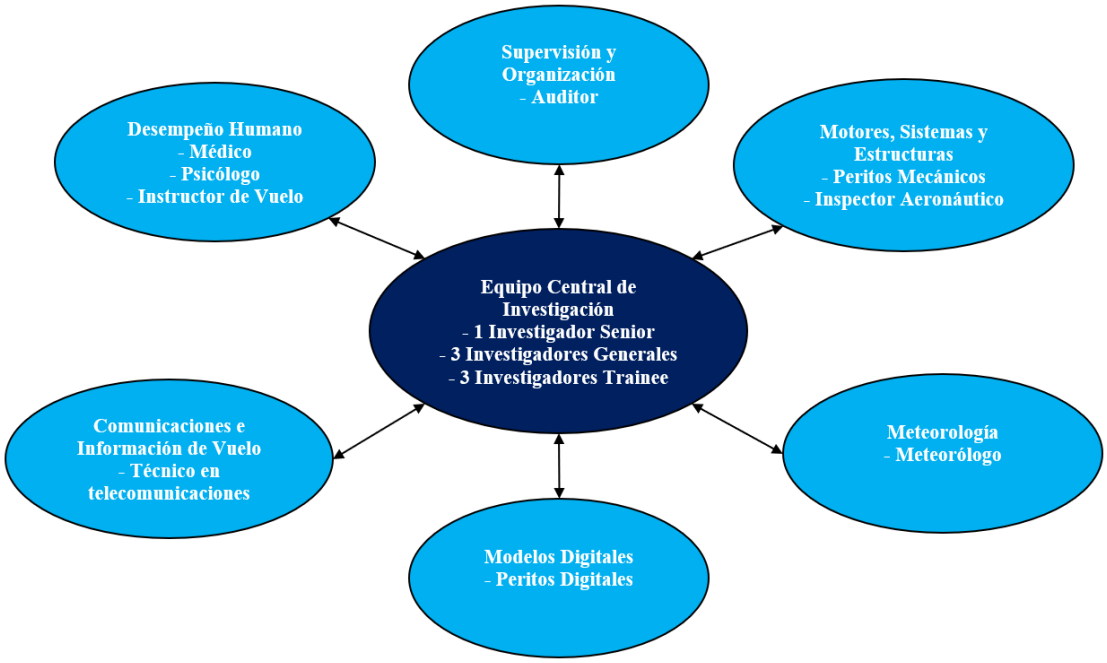


Ilustración 3-3: Miembros del Equipo Central de Investigación y personal requerido acorde a cada evento que se presente. Fuente: Elaboración Propia.

Supervisión y Organización

Estas son dos categorías que están ligadas a las operaciones aéreas, aunque estas pueden estar comprometidas en mayor o menor medida con esto, en cada caso que se presente puede haber características de este tipo, debido a esto se requiere de una persona que esté relacionada con estos aspectos, para esto si el investigador lo considera necesario puede utilizar un auditor que sea de la propia DGAC o alguien que sea externo a esta entidad estatal, todo dependerá del tipo de situación que se presente y de la disponibilidad de personas que se tenga. Este tipo de personal es designado para investigar los hechos que

[2] El equipo propuesto se basa en el A-Team que menciona la NTSB, tomando características de este y del personal requerido por la SHK y la JTSB.

están asociados al accidente o incidente acontecido con el fin de determinar qué fallas existen dentro de estas dos condiciones, para reportarlas al investigador a cargo de la investigación.

Meteorología

En los eventos que presentan la particularidad de tener un antecedente meteorológico, el investigador debe evaluar si las evidencias recolectadas son suficientes para determinar las causas relevantes, de no ser así, es necesario contar con un meteorólogo que conozca los aspectos de la meteorología y cómo se relacionan con las operaciones aéreas, para que de esta manera se pueda determinar cómo influyen estas características en un vuelo, esto se obtiene con base en la información previa que proporcionan los equipos meteorológicos. El objetivo de trabajar con este tipo de personal es recabar información que permita establecer las condiciones de viento, el estado del tiempo y la posición del sol, con esta información recabada, posteriormente se evalúa cómo reaccionaron los operadores y los encargados de supervisar este tipo de características ante este tipo de eventualidades, analizando si estas condiciones fueron determinantes al momento de evaluar el accidente o incidente ocurrido.

Motores, sistemas y estructuras

En este tipo de características se debe considerar si los antecedentes técnicos mostrados y las pruebas recolectadas son lo suficientemente convincentes para sacar las conclusiones pertinentes del caso, de no ser así, es importante que el investigador cuente con dos responsables de los diferentes aspectos a analizar, en primera instancia es necesario contactar al personal que realiza el peritaje mecánico de los sistemas, estructuras y motores de la aeronave, ya que es fundamental investigar el estado de estos, su historial, el funcionamiento de los mismos y el mantenimiento realizado. A fin de evaluar si estos antecedentes contribuyeron al evento investigado, si no es así, se informa que el error no proviene de estos elementos. Por otro lado, si efectivamente existe alguna característica que contribuyó al accidente, se investiga el origen de esta falla, por lo que, si el personal del Equipo Central de Investigación lo considera conveniente, puede solicitar la colaboración de una persona que conozca los aspectos de aeronavegabilidad

de la aeronave, requiriendo un Inspector Aeronáutico para analizar este tipo de particularidades.

Simulaciones y Modelos 3D

Esta categoría es requerida solo en los casos en que se cuente con la información suficiente para trabajar con esta tecnología, por lo que debe ser solicitada por el investigador de acuerdo al tipo de aeronave investigada para evaluar la factibilidad de este proceso, en caso de ser aprobado este aspecto se debe asignar a personal externo de peritos digitales, este tipo de colaboradores se manejan en los aspectos gráficos de un accidente o incidente, permitiendo generar simulaciones que den la posibilidad de reconstruir los eventos del suceso analizado con el fin de comprender los aspectos del vuelo analizado. Por otro lado, en cuanto a las características técnicas, se recomienda contar con los planos digitales de la aeronave investigada, para crear un modelo que se construya en colaboración con el personal de investigación encargado de investigar los motores, sistemas y estructuras que permita mostrar qué características técnicas de la aeronave fallaron en el momento del vuelo. El objetivo es poder representar gráficamente el proceso por el que fallaron las características tecnológicas y físicas asociadas a la aeronave, para tener una idea clara de qué aspectos de la aeronave pueden presentar problemas similares en el futuro e informar de ello a los organismos pertinentes.

Desempeño Humano

Como se observa en el análisis presentado en las diferentes categorías de accidentes e incidentes en Chile, el desempeño humano es el que a lo largo de los años ha tenido las mayores deficiencias y ha predominado en los accidentes e incidentes. Por estas razones, el investigador debe evaluar los aspectos humanos que puede abarcar dentro de sus conocimientos y experiencia, si es necesario, debe solicitar la ayuda de personal externo que pueda aportar desde diferentes perspectivas en la investigación de este tipo de características, en lo que es el comportamiento humano dentro de las actividades aéreas, analizando que decisiones y actos llevaron al evento no deseado. Es por estos aspectos que se deben estudiar los antecedentes que llevan a este tipo de casos, designando a un profesional de acuerdo con cada situación, como por ejemplo asignar a un médico para

que evalúe el estado de salud de la persona analizada, para el estado mental del individuo investigado, si es necesario, se puede trabajar con un psicólogo para determinar si estos antecedentes contribuyeron al desempeño de las operaciones aéreas. En el caso de los vuelos, si se considera pertinente, es recomendable colaborar con un instructor de vuelo para evaluar las decisiones tomadas por el piloto, las habilidades, experiencia y habilitaciones que posee y también analizar si la conducta del individuo es voluntaria o involuntaria, es decir, si era consciente de lo que hacía, y por otro lado, es necesario conocer si las acciones cometidas por la persona investigada tuvieron un carácter regular o particular a lo largo de las operaciones previamente realizadas.

Comunicaciones e Información de vuelo

Si el investigador ve factible indagar en profundidad los antecedentes relacionados con las comunicaciones y la información de vuelo y no puede realizar esta tarea solo, es conveniente trabajar con un técnico en telecomunicaciones que esté relacionado con la industria de la aviación, que puede provenir de la propia DGAC o ser personal externo, este profesional es solicitado para que realice la labor de obtener los registros de audio de la aeronave y lo comunicado por la torre de control en caso de que estos aspectos se presenten como características que puedan aportar información al caso. Ya que de las comunicaciones es necesario rescatar todos los detalles posibles de los registros de la aeronave, para reconstruir con base en los audios los procedimientos realizados por el piloto de la aeronave en coordinación con el personal de la torre, la idea de esto es identificar qué aspectos del desempeño humano se vieron perjudicados por las decisiones que pueden provenir de cualquiera de los actores involucrados en la operación aérea. La información recabada de los audios debe ser compartida con el investigador a cargo, para que éste pueda evaluar qué aspectos fueron deficientes.

3.2.4 Software y Hardware

Para los trabajos de investigación relacionados con la recopilación de información, el procesamiento de datos, la creación de informes y la creación de bases de datos, es necesario contar con un hardware que permita realizar este tipo de trabajos en el menor tiempo posible. Se recomienda contar con un computador que tenga como mínimo un

procesador i5 de décima generación con 6 núcleos y 12 hilos, este valor indica su capacidad de procesamiento y para lo que se utilizará en términos de capacidad, estos requerimientos se muestran ya que este tipo de componentes son necesarios para realizar múltiples tareas que requiere un ordenador dentro del proceso de investigación.

A la hora de indagar en el software, se tiene desde lo más básico, que es el Microsoft Word para la redacción de informes, o el Excel para trabajar con datos menos complejos, hasta programas más complejos que se utilizan directamente para analizar aspectos relacionados con la propia aeronave, como el software para cargar los diseños de los planos de la aeronave si se dispone de ellos y el análisis de datos de distinta índole como la meteorología o el audio grabado desde la aeronave. La idea de esto es tener las herramientas necesarias para trabajar en el aspecto tecnológico relacionado con el análisis.

Con las necesidades descritas anteriormente, se recomienda la adquisición de 7 notebooks para este tipo de trabajos, ya que estos dispositivos se adaptan a las necesidades descritas anteriormente y además proporcionan la portabilidad que se requiere cuando el personal se desplaza, para poder utilizarlos donde se necesiten, recopilando así la información necesaria en el menor tiempo posible.

3.2.5 Método de Investigación

La propuesta de investigación se basa en el modelo de investigación chileno, pero toma características de otros organismos que se encuentran en el mundo como la NTSB de Estados Unidos, la SHK de Suecia y la JTSB de Japón, junto con los modelos de análisis de causas antes mencionados teniendo como referencia principal el modelo H. Facts y tomando ideas en particular de los otros esquemas, los anexos de la OACI, las normas ISO y el sistema SMS implementado por varias organizaciones de aviación, con el objetivo de construir un esquema de acuerdo a los documentos e ideas presentadas por las diferentes entidades consultadas. Teniendo en cuenta estos aspectos, el método de investigación propuesto para ser implementado con cada procedimiento detallado se presenta según el diagrama de flujo mostrado en la Ilustración 3-4.

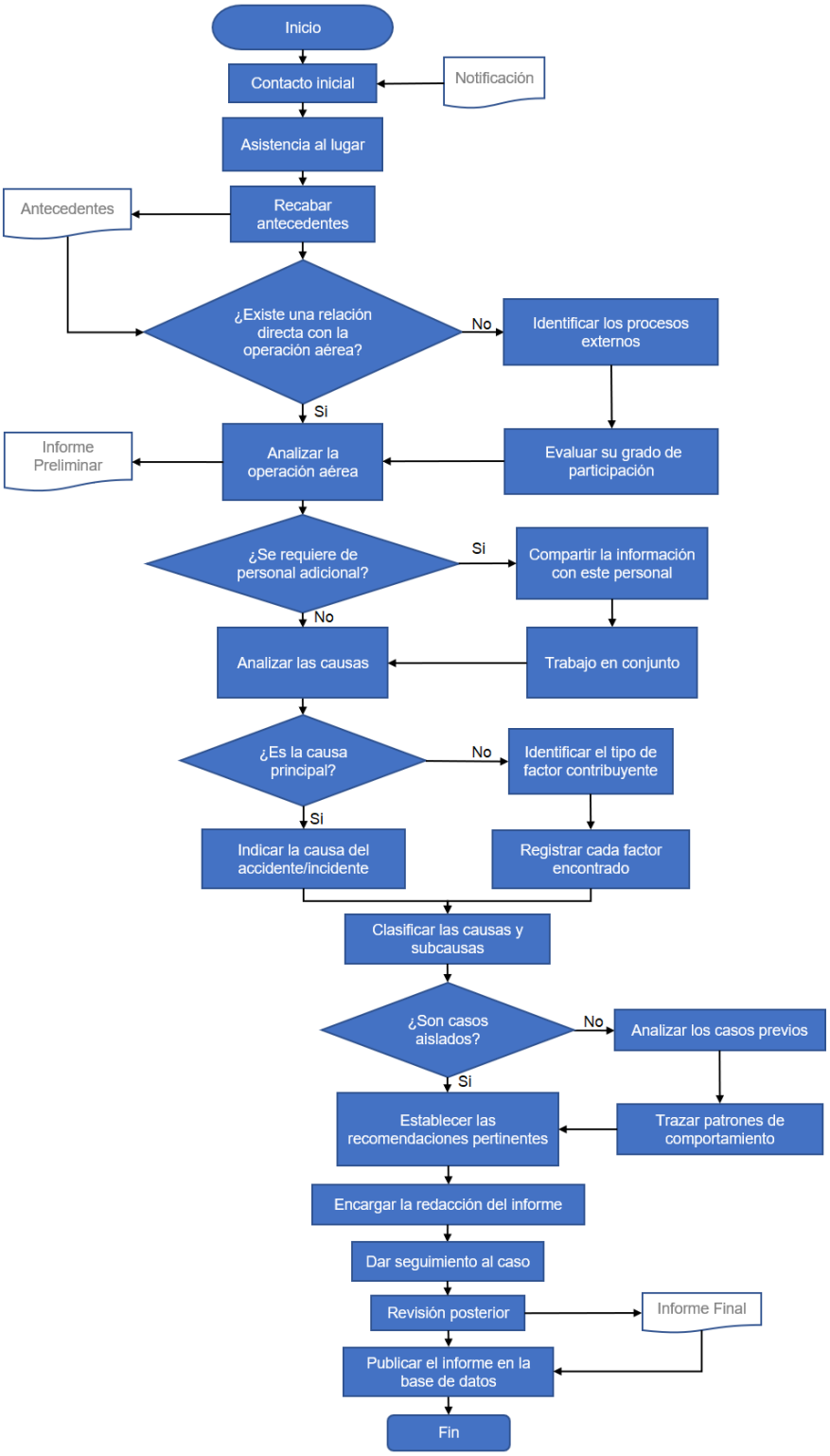


Ilustración 3-4: Procedimiento investigativo propuesto para el Equipo Central de Investigación. Fuente: Elaboración Propia.

Procedimiento Investigativo

- **Contacto Inicial:** El primer paso es ponerse en contacto con el Equipo Central de Investigación y, en función de la situación a primera vista, se nombra al personal necesario según su experiencia y, en caso de ser necesario, también se nombra a un Investigador Trainee para que apoye el trabajo de investigación.

- **Asistencia al Lugar:** Una vez definidos los parámetros del caso a investigar, en función del lugar al que haya que acudir, se solicitan los servicios de transporte necesarios para que el o los investigadores puedan llegar al lugar del siniestro.

- **Recabar antecedentes:** Una vez en el lugar del suceso, el personal de investigación debe estudiar la situación del suceso, el contexto que lo rodea y las consecuencias que ha desencadenado. Para ello, hay que investigar los distintos aspectos relacionados con el vuelo y establecer la conexión que éstos tienen con la operación aérea.

- **¿Existe una relación directa con la operación aérea?:** Esta pregunta surge de la recopilación de los antecedentes y se hace para evaluar si cada característica recogida está directamente relacionada con el vuelo.

En caso de que no haya una relación directa con la operación aérea, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- **Identificar los procesos externos:** El objetivo de este punto de la investigación es identificar los procesos que no están directamente relacionados con la operación aérea pero que pueden influir, estos pueden provenir del mantenimiento de la aeronave, del estado del aeródromo o aeropuerto en el que se opera, de las decisiones tomadas por las diferentes organizaciones y de las características provenientes de la supervisión.

- **Evaluar su grado de participación:** El investigador evalúa cuál fue el impacto de estos procesos externos en la operación aérea, para ello se analiza si estos antecedentes recogidos contribuyeron a las fallas presentadas en el caso, de ser

así se determina en qué medida estas características están involucradas en el evento, entre mayor sea el grado de participación, el enfoque de la investigación se intensifica en estos apartados, la idea de esto es encontrar las principales vulnerabilidades que se originan en estos procesos externos para entender las falencias encontradas en ellos.

Al encontrar elementos que tienen una relación directa con la operación aérea, se debe analizar este tipo de actividades, junto con los procesos externos que se identificaron, dando como resultado el siguiente trabajo:

- **Analizar la operación aérea:** Se analiza el vuelo en su conjunto, con el fin de determinar los antecedentes que influyeron directamente en el accidente, para luego anexarlos con los respectivos procesos externos, este procedimiento se realiza utilizando el análisis del árbol de causas de la Ilustración 2-2, para ello se enumeran los hechos con el fin de identificar cronológicamente las fallas atribuidas al caso y así entender qué aspectos permitieron que se desencadenara este evento no deseado. El esquema se construye a partir del último evento identificado, lo que permite relacionar todas las causas del accidente o incidente de forma ordenada, dando un sentido lógico a cada una de ellas. Para establecer esta secuencia y vincular los antecedentes expuestos es necesario hacerse las siguientes preguntas: ¿Cuál es el último suceso?, correspondiente a la causa o consecuencia final en el accidente o incidente; ¿Qué antecedente fue necesario para producir el último suceso?, esta pregunta relaciona el suceso definitivo con las causas basales; ¿Fue necesario otro antecedente?, por último, para este tipo de antecedente se estipula si existieron características previas asociadas a estos, con el objetivo de encontrar los aspectos que son más lejanos al accidente y que aun así pueden influir en él. Estas preguntas se repiten para cada evento, hasta que no sea necesario responder a la pregunta ¿Fue necesario otro antecedente?

- **¿Se requiere de personal adicional?:** El investigador encargado de la investigación puede decidir si requiere o no personal adicional, en función de la

cantidad de información disponible y de si es suficiente para establecer las causas del caso.

Si el investigador responsable solicita la ayuda de personal externo, deberá colaborar con ellos en el trabajo de investigación, como se detalla a continuación:

- **Trabajo en conjunto:** En el caso de que el encargado de realizar la investigación considere que se necesita más información, ya que lo que se ha recabado no ha sido suficiente para determinar las causas del caso, puede solicitar el apoyo de personal externo, donde se cuenta con una variedad de especialistas preparados según lo que se necesite investigar, los cuales se encuentran detallados en la Ilustración 3-3. Al solicitar la ayuda de las personas seleccionadas, se debe trabajar en conjunto con ellas para compartir la información ya recabada y especificar lo que se quiere lograr al colaborar con estas, solicitando los puntos específicos que el responsable de la investigación necesita indagar para complementar esto con los datos ya obtenidos por el investigador.

El proceso de investigación del análisis de las causas se llevará a cabo directamente si no se requiere personal adicional; de lo contrario, se trabajará en conjunto con ellos para llevar a cabo el procedimiento:

- **Analizar las causas:** Para el análisis de las causas se utiliza el modelo de H. Facts con sus 4 niveles, con el objetivo de que los investigadores puedan identificar de manera organizada las fallas activas y latentes ocurridas dentro de un evento que culminó en un accidente o incidente, partiendo del trabajo orientado a los aspectos asociados al Nivel I de Actos Inseguros; que es donde se encuentran las particularidades más explícitas del accidente o incidente asociadas a errores o violaciones derivadas del comportamiento humano.

  Siguiendo con el Nivel II de Precondiciones para Actos Inseguros; que define las condiciones previas asociadas a aspectos tecnológicos, ambientales, de salud mental o física y de administración o preparación, ya que tales características

pueden influir de forma directa o indirecta en el vuelo, afectando a la aeronave o al personal implicado.

La siguiente categoría es la Supervisión No Segura de Nivel III; que en este caso permitirá evaluar las deficiencias en la supervisión, abarcando cuestiones relacionadas con la supervisión ineficiente, la mala planificación operacional, la falla en la resolución de problemas y las violaciones de la supervisión.

Una vez cubiertas estas situaciones, se analizan las causas vinculadas al Nivel IV de Aspectos Organizativos; en este apartado se investigan cuestiones relacionadas con la gestión de recursos, el clima organizativo y los procesos. La idea es encontrar al menos un aspecto relacionado con cada tipo de categoría de este modelo, buscando ser representativos en cada una de ellas.

En el caso de causas relacionadas con las características técnicas de la aeronave, la investigación puede complementar su análisis con el modelo del Nudo de Corbata, ya que como se ha visto en los casos registrados a lo largo de los 10 años se han producido eventos en los que el accidente o incidente se desencadenó por fallos asociados a un mal mantenimiento, corrosión, contaminación o mal funcionamiento de un componente interno. El objetivo de utilizar este modelo es rastrear el origen de este fallo, analizando las posibles causas y consecuencias del evento de riesgo.

- **¿Es la causa principal?:** Esta pregunta clasifica las causas encontradas, definiendo cuál es la principal según la información recopilada.

Si el antecedente analizado no es la causa principal, se clasifica como factor contribuyente según el siguiente procedimiento:

- **Identificar el tipo de factor contribuyente:** Este proceso consiste en identificar cada elemento que se considera dentro de lo que son los factores contribuyentes, esto bajo el modelo H. Facts, indicando a que nivel de este pertenece y porque se cataloga en este en base al análisis realizado.

- **Registrar cada factor encontrado:** Una vez identificados cada uno de estos factores, se registran para tener un recuento claro de ellos dentro del trabajo de investigación y analizar si se cubrió cada área del modelo H. Facts, la idea es tener al menos un factor asociado a cada categoría.

En el caso de que la situación analizada corresponda a la causa principal del suceso, se debe realizar el siguiente trabajo:

- **Indicar la causa del accidente/incidente:** Luego de analizar el contexto y los antecedentes del caso, con la información recabada es posible determinar cuál fue la causa final que desencadenó el accidente o incidente en cuestión, la idea de este punto es indicar explícitamente qué acción, omisión, evento o condición condujo finalmente al desencadenamiento del evento.

Una vez identificada la causa y los factores contribuyentes que han provocado el accidente o incidente, se agrupan en el siguiente proceso:

- **Clasificar las causas y subcausas:** En esta parte del proceso de investigación se categorizan las características encontradas en las causas y factores contribuyentes de cada caso, partiendo de la parte más general del caso, que es la fecha y la hora; el lugar y la zona del suceso, terminando con la parte más importante, que es el tipo de operación que se realizó y el tipo de aeronave que se utilizó. El objetivo de esto es poder identificar de forma sencilla los parámetros que están asociados al caso.

- **¿Son casos aislados?:** Esta pregunta surge del análisis de las causas y los factores contribuyentes, ya que, si existen casos con características similares, es necesario investigarlos para determinar las similitudes que puedan existir entre estos eventos.

Si no son casos aislados, este tipo de sucesos se investigan según los siguientes procedimientos:

- **Analizar los casos previos:** Este trabajo se realiza con el objetivo de encontrar aspectos que presenten similitudes entre el caso que se está investigando y los ocurridos con anterioridad, comparando la causa del accidente o incidente, los factores contribuyentes, el tipo de aeronave, la zona en la que ocurrió el evento, el tipo de operación y la fecha de ocurrencia.

- **Trazar patrones de comportamiento:** Una vez encontradas las particularidades de los eventos anteriores, éstos se comparan con el evento actual, trazando con ellos un patrón de comportamiento con el objetivo de encontrar los errores que tienen en común, para entender cuáles son las causas más frecuentes asociadas a estos casos.

Ya sea que se trate de un hecho aislado o que existan antecedentes, en ambas situaciones se deben hacer recomendaciones de acuerdo con los elementos recabados sobre el caso, la diferencia radica en el contenido de estas recomendaciones y las medidas a tomar, por lo que a continuación se presenta el procedimiento:

- **Establecer las recomendaciones pertinentes:** Si el caso es único, las recomendaciones se basarán en las deficiencias encontradas en el mismo, indicando que aspectos fallaron y cómo se pueden solucionar o mitigar. Si existen antecedentes de sucesos similares, además de indicar lo anterior, se debe indicar que fallos han sido reiterativos y que medidas pueden reducir la probabilidad de que estos se repitan.

- **Encargar la redacción del informe:** Una vez finalizado el proceso de investigación asociado al análisis de las causas, el investigador encargado procede a redactar el informe preliminar con la información recopilada, en el que se exponen los antecedentes del caso y se indican con detalle los hechos que han provocado el accidente o incidente.

- **Dar seguimiento al caso:** Mientras se elabora el informe preliminar, el Investigador debe hacer un seguimiento del caso para verificar qué acciones se llevaron a cabo por parte de los implicados en el suceso, esto se incluye en el

documento, para que las partes interesadas puedan conocer qué medidas se adoptaron con la intención de reducir las posibilidades de que vuelva a ocurrir un suceso de este tipo.

- **Revisión posterior:** Cuando se añaden los últimos datos del caso, el Investigador responsable procede a revisar el informe con el fin de comprobar que todo se ajusta a lo investigado en el caso y para que el informe sea comprensible para los lectores interesados.

- **Publicar el informe en la base de datos:** Una vez realizadas las revisiones correspondientes, se publica el informe final en la base de datos de la DGAC, el documento se clasifica según: número de matrícula; fecha del suceso; tipo de suceso (accidente o incidente); modelo de aeronave; tipo de aeronave; lugar del suceso; zona geográfica y tipo de operación. Por otro lado, además de estas características, se coloca un breve resumen del caso, indicando en otras dos casillas la causa y su respectiva clasificación en el modelo H. Facts y los factores contribuyentes asociados, siendo éstos clasificados según el mismo modelo ocupando dos recuadros más.

Es necesario indicar que dentro del proceso de investigación propuesto es necesario tener en cuenta las características asociadas a la supervisión y a la organización, ya que, como se ha demostrado en el análisis realizado, estos antecedentes representan una minoría dentro del presente trabajo de investigación, por lo que se deben considerar las siguientes particularidades:

Supervisión

En la supervisión pueden existir características que están involucradas con las operaciones aéreas, esto se observa en la contribución que tuvieron estos antecedentes para el evento investigado. Las fallas de este tipo de aspectos pueden provenir de lo que es una mala planeación, si no hay una adecuada solución de los problemas o hay una violación de esta. En base a estos antecedentes es que el personal asignado investiga estas particularidades analizando y evaluando el rol que tuvieron los trabajadores encargados

de supervisar en el momento en que ocurrió el accidente o incidente, quienes supervisan pueden provenir de diferentes áreas dentro de lo que es la operación aérea, por lo que esto debe ser considerado al momento de evaluar su grado de participación, indicando los errores que se cometieron y qué características aportan a lo que es la investigación para así barajar las causas y/o subcausas que puedan existir bajo estos aspectos.

Organización

Además de la supervisión, es necesario examinar los aspectos provenientes de la organización ya que, en jerarquía, es la mayor responsable de lo que sucede dentro de las operaciones aéreas, para ello se requiere que el personal encargado de investigar se enfoque en los antecedentes que se relacionan con los recursos destinados, la gestión de los procesos organizacionales y el clima que se maneja. Con estos puntos analizados, se puede estipular el grado de responsabilidad que tiene la organización dentro de la operación aérea, ya que se debe considerar que pueden estar involucrados directamente como los dueños y/o operadores de las aeronaves, o pueden estar en un plano secundario como las empresas que brindan mantenimiento y las encargadas de un recinto aéreo. Por otro lado, puede haber características terciarias asociadas a organizaciones externas como la propia autoridad aeronáutica, que pueden estar indirectamente vinculadas al incidente. Por estas razones, se evalúa la responsabilidad de cada organización dentro de estas tres categorías con el objetivo de encontrar los fallos que deben ser reportados para tomar las medidas correspondientes.

Formato de Informes de Accidentes e Incidentes

Para implementar este método de investigación propuesto, es necesario cambiar el formato actual de los informes presentados, por lo que se deben agregar nuevos puntos y anexos al esquema actual del documento, para adaptarlo al proceso de investigación recomendado. Las nuevas características se muestran en el ANEXO 10, comenzando por añadir datos sencillos como la Zona y la Hora Estimada del suceso, hasta los detalles que se asocian a la aeronave, en los que se añade información relativa al Tipo de Motor/Avión, que hace referencia al tipo de motor que tiene el vehículo aéreo o en caso de no tenerlo, se clasifica según la aeronave que se estaba operando; En otro apartado se menciona el

propietario de la aeronave o helicóptero investigado y el tipo de propietario; además de estos datos, se informa sobre el o los pilotos involucrados en el evento y el tipo de operación que se realizaba; el último dato se refiere a la fecha de inicio y fin de la investigación, con el fin de dejar claro en los informes los tiempos requeridos para cada caso investigado.

Dentro de los antecedentes, la información relevante incluye los datos que el investigador o los investigadores consideran necesarios para esclarecer el suceso, esto variará según el contexto y las necesidades que se presenten por cada suceso que se produzca. La misma situación ocurre con la información adicional que involucra antecedentes que contribuyen en menor medida a lo que es el caso, investigando reglamentos, normas y referencias asociadas a recomendaciones anteriores para entender el contexto del accidente o incidente investigado, además de examinar datos históricos para determinar las posibles causas que llevaron al evento, utilizando como base situaciones similares.

Además de mencionar la causa principal y, de ser posible, considerar 4 factores contribuyentes asociados al caso, teniendo uno o más por cada nivel, estos son ahora categorizados de acuerdo con el modelo H. Facts, con el fin de filtrarlos para la base de datos propuesta en este documento, proporcionando así información que puede ser clasificada de manera sencilla dentro de esta herramienta digital.

En los Anexos se agrega la información que los profesionales externos recopilaron para el caso, por lo que se presentan diversos temas clasificados según el área que le corresponde a cada miembro de este tipo de personal involucrado.

3.2.6 Análisis de Datos

Esta categoría presenta los fundamentos necesarios para que la DGAC cuente con una base de datos que muestre la información histórica de los accidentes e incidentes presentados a lo largo de los años de investigación que se han realizado. El propósito de este trabajo es presentar una muestra que permita mostrar las diferentes características de los accidentes e incidentes que se han registrado, para que tanto la autoridad como los organismos involucrados en las actividades de la aviación puedan aprender de estos

eventos y así fortalecer los aspectos que se consideren necesarios dentro de los modelos de seguridad que han implementado. Además, la autoridad con esta herramienta puede fortalecer sus actividades porque ya tiene un conocimiento histórico de los eventos ocurridos, y al poseerlo, puede llevar a un mejor manejo de la situación con base en la experiencia adquirida a través de los años, tomando las medidas que sean pertinentes para cada caso.

El registro de estos datos permitiría mostrar cuál es la tendencia principal de los accidentes, para que de esta manera se pueda identificar de manera más sencilla cuál es el comportamiento que se sigue dentro de lo que son las operaciones aéreas, con esto se logra que ciertos accidentes sigan un patrón específico que es atribuible a ciertos comportamientos que son reiterativos en el tiempo, mientras que por otro lado hay otros casos que son aislados por lo que su registro se asocia exclusivamente a ese evento, el hecho de que la situación sea aislada permite aprender de nuevas perspectivas asociadas a estos. El siguiente esquema muestra cómo debería ser la base de datos propuesta:

Base de Datos

Dado que el ECCAIRS es una herramienta de información confidencial en Chile, por lo que la base propuesta es de carácter público y pretende complementar la existente, además de proponer elementos que pueden ser incorporados a la base de datos actual, debido a la capacidad del software de integrar nuevas categorías. En el ANEXO 11 se observa que la propuesta cuenta con varios atributos que se asignan por caso, representando lo siguiente:

- **Nro. de Registro:** Contiene el número al que se asocia el evento, teniendo un orden ascendente según cada informe que se registre.
- **Fecha:** Indica la fecha en que se produjo el accidente o incidente. Se elabora a partir de un orden histórico que permite establecer un punto de partida para los casos definiendo el momento concreto en el que ocurrió cada uno de ellos.
- **Tipo de Evento:** Debe indicarse en qué tipo de suceso se clasifica, es decir, si se trata de un accidente o de un incidente, y en caso de no tener una resolución clara, debe indicarse el motivo por el que se ha llegado a esta conclusión.

- **Aeronave:** Muestra el modelo de aeronave que estuvo involucrado en el evento, indicando su nombre y el número de serie asociado.

- **Tipo de Motor/Aeronave:** En este punto se especifica qué tipo de motor tiene el avión o helicóptero y se puede clasificar en una de estas 6 categorías Bimotor Turbofán, Bimotor Turbohélice, Cuatrimotor Turbofán, Monomotor Turbohélice y Turboeje. En caso de que la aeronave no tenga motor o no se presente como un modelo convencional, se clasifica según las características que posea, asociándose a lo que son: Dirigibles, Drones, Girocópteros, Parapentes y Planeadores. Si la información no está disponible, el vehículo aéreo se documenta como "Desconocido".

- **Lugar:** Indica el lugar del suceso, por lo que se trata de clasificar con la mayor precisión posible el sitio donde se ha producido el siniestro registrado.

- **Zona:** Especifica a qué macrozona pertenece el lugar indicado, para que así resulte más sencillo filtrar por aspectos geográficos. En este punto se consideran las 4 zonas del país, es decir, Zona Norte, Central, Sur y Austral. En caso de no disponer de la información del lugar, se indica como "Sin Especificar".

- **Tipo de Operación:** Se refiere a lo que estaba realizando la aeronave al momento del vuelo, se documenta según el tipo de uso que se le da, por lo que se presentan 8 categorías diferentes para ello, partiendo por: Examen de Vuelo, Trabajos Aéreos, Transporte de Pasajeros, Traslado Aeromédico, Vuelo Comercial de Pasajeros, Vuelo de Instrucción, Vuelo de Verificación y Vuelo Privado. Si no hay información para establecer el tipo de operación, el registro a añadir se documenta como "Sin información".

- **Propietario:** Entre las características a indicar en la base de datos, es necesario mencionar al propietario de la aeronave involucrada, para filtrar por este aspecto y evaluar si dicho titular está asociado a un caso aislado o ya ha estado involucrado en eventos anteriores. Si el dueño no puede ser categorizado por su nombre, se clasifica según el tipo de persona o entidad que es, siendo una

Persona Natural, Persona Jurídica o Institución Pública. Si no hay información al respecto, se registra como “No informado”.

- **Tipo de Propietario:** Se clasifica al propietario de la aeronave, por categorías, de acuerdo a la condición y flota que esta posea, en el escalón más bajo se encuentra el Privado, que es el único propietario de la aeronave, la utiliza a su disposición y no pertenece a ninguna entidad; al continuar con lo que son las aeronaves que están a disposición de una organización, en esta se encuentran las siguientes categorías: Pequeña Empresa de Servicios Aéreos, que tiene una flota de 1 a 5 aeronaves; Mediana Empresa de Servicios Aéreos, que tiene a su disposición una flota de 6 a 10 vehículos aéreos; Mediana Gran Empresa de Servicios Aéreos, que tiene entre 11 a 15 aeronaves y/o helicópteros; Gran Empresa de Servicios Aéreos, que tiene una flota de más de 15 aeronaves. Por otro lado, existen entidades estatales que cuentan con vehículos aéreos y son investigadas por la autoridad aeronáutica, este tipo de organizaciones se clasifican como Instituciones Públicas. En caso de que no se especifique la situación del propietario, se menciona como “No Informado”. El propósito de categorizar este tipo de aspectos es conocer las diferentes características que pueden existir detrás de una organización, o en caso de no existir, se asocian los antecedentes a la entidad correspondiente.

- **Resumen del Evento:** Contiene una breve narración del suceso, indicando cómo se produjo el vuelo y cuál fue el resultado. Este punto se incluye para facilitar el reconocimiento del caso al que se quiere acceder.

- **Causa del Accidente/Incidente:** Muestra la causa principal del accidente o incidente registrado, describiendo el motivo por el que se produjo el suceso. Esto se hace para que, al revisar la base de datos, se obtenga una primera impresión clara del suceso analizado.

- **H. Facts Causa del Accidente/Incidente:** Una vez descrita la causa del suceso, se categoriza según el modelo H. Facts en uno de sus 4 niveles para tener un

recuento claro de cuántos accidentes o incidentes están asociados a cada categoría.

- **Factores Contribuyentes:** En este recuadro se detalla cada uno de los factores asociados al caso, mostrando que sucesos han contribuido al evento en sí, con el fin de mostrar de forma sencilla que elementos están asociados a los accidentes e incidentes registrados a lo largo del tiempo.

- **H. Facts Factores Contribuyentes:** Al igual que en el caso de las causas principales, los factores pueden ser catalogados según el modelo de H. Facts, asignando cada antecedente registrado a uno de los cuatro niveles presentados. El propósito de documentar estos parámetros es poder dar cuenta de que aspectos predominan en cada caso y cómo se asocian a las diferentes características presentadas.

Transparencia

Al analizar los informes, no se menciona directamente a los tripulantes y propietarios de las aeronaves investigadas, desde 2010 hasta principios de 2013 se censuran sus nombres o características en los documentos publicados, después de ese año y hasta la actualidad no se menciona ningún aspecto de ellos. Es necesario contar con este tipo de información porque son antecedentes que permiten rastrear un historial previo de cada actor involucrado en el accidente o incidente a analizar. Si no es posible precisar el o los nombres de los propietarios, sería recomendable catalogarlos según el tipo de persona o entidad, para tener una particularidad que permita comprender el contexto asociado a los dueños de cada aeronave involucrada en un accidente y así entender qué aspectos de la seguridad fallaron o fueron vulnerados.

Posibles Funciones de la Base de Datos

Comportamiento Gráfico

Como se observa en los análisis realizados, contar con una base de datos permite mostrar gráficamente el comportamiento de las causas y factores analizados en cada uno de los casos que se han registrado, lo que permite al personal investigador y a las organizaciones

interesadas acceder a información que posibilita encontrar las violaciones y debilidades que existen dentro de las operaciones aéreas, tomando así las medidas correspondientes para poder mitigar estos aspectos.

Desempeño Histórico

A partir de este tipo de registros se puede construir una gráfica que muestre el comportamiento histórico de la investigación hasta la actualidad. La autoridad aeronáutica a cargo de la investigación puede aprender de estos datos y evaluar qué antecedentes se han dejado de lado en estos últimos años, identificando esto permite hacer retroalimentación dentro de las labores investigativas actuales para que de esta manera se puedan establecer mejoras mediante cambios en la metodología de investigación, enfocando así los esfuerzos de manera equitativa en cada aspecto que sea necesario investigar. Por el lado de las organizaciones que están vinculadas a las operaciones aéreas, esto les permite mejorar sus sistemas de seguridad gracias a la información histórica que muestra los errores del pasado y cómo estos pueden ser mitigados aprendiendo de ellos.

Análisis basados en Particularidades

Además del historial que existe en las operaciones aéreas, hay que tener en cuenta otros aspectos relevantes, ya que también se pueden filtrar los datos por los antecedentes que existen según el modelo de aeronave y el motor que tiene, lo que permite trabajar con aspectos específicos que dan cuenta de las características que existen detrás de estos elementos y los errores que existen en ellos, los cuales se pueden agrupar para determinar el comportamiento asociado a estas características particulares. La misma situación se da para los lugares donde se produjeron los eventos, ya que, filtrando por zona, se puede obtener la información vinculada a estos sitios. Finalmente, dentro de las características analizadas, se puede encontrar que cada vuelo asociado a un accidente o incidente puede ser categorizado según el tipo de operación que la aeronave estaba realizando en ese momento, por lo que es posible conocer cuáles son las operaciones que tienen el mayor número de registros asociados a una categoría en particular. Estos datos se presentan para que la autoridad pueda investigar que fallas se han manifestado en los vuelos de acuerdo con lo que corresponda para cada caso en particular.

Meteorología

La información registrada se almacena de acuerdo con la zona en la que se registró el evento y, en caso de que existan antecedentes, esta información se compara con los datos de los eventos registrados anteriormente para ver si las características presentadas son consistentes con los registros anteriores, pudiendo así considerar posibles causas y subcausas relacionadas con esta categoría. En caso de no existir antecedentes, se realiza un registro para informar a los pilotos que operan en el área analizada de este tipo de condiciones y para informar en investigaciones posteriores.

Errores Humanos

Dentro de los aspectos asociados a los errores humanos, la base de datos permite entender si las acciones realizadas dentro de un vuelo son únicas e inherentes a la persona que opera la aeronave, lo que define este evento como un caso aislado, por lo que se registra dejando información sobre cómo proceder en caso de un evento de características similares. Por otro lado, si existen antecedentes de casos que presentan similitudes con éste, da a entender que ha sido un error habitual dentro de las operaciones aéreas. Verificar esto permite entender el contexto detrás de estos errores humanos cometidos, lo que posibilita trazar los patrones de comportamiento asociados a estos casos y establecer las medidas pertinentes según lo que la situación requiera.

Factores Técnicos

En el apartado técnico, al investigar los antecedentes, el tener acceso a registros anteriores permite obtener información asociada a la propia aeronave analizada o a otras que presenten casos similares, esto permite entender el tipo de fallas que se están analizando en base a un patrón de comportamiento encontrado en las estructuras, sistemas y motores de la aeronave. De no ser así, por tratarse de un caso único, es necesario registrarlo, ya que puede permitir la incorporación de soluciones a futuras operaciones aéreas para reducir la posibilidad de que este evento se repita. Dentro de estos aspectos hay que mencionar que hay fallas que se pueden encontrar a simple vista o que están directamente asociadas a fallas provenientes de los mismos sistemas, motores o estructuras investigadas en otros eventos, por lo que es más probable encontrar registros de estos. Por

otro lado, los componentes secundarios de la aeronave son difíciles de detectar a simple vista durante la investigación, por lo que es difícil determinar si contribuyeron a desencadenar el evento. Si lo hicieron, es aconsejable registrarlos en una base de datos para que los registros puedan utilizarse para reducir la probabilidad de futuros sucesos relacionados con estas características.

Reportes Anuales

Mediante el uso de esta herramienta construida por los datos proporcionados por los reportes de accidentes e incidentes registrados a lo largo de los años, es posible realizar reportes anuales que muestren el comportamiento de estos eventos investigados, analizando el crecimiento o caída de estos en comparación con los años anteriores, lo que provocó estos cambios en el número de casos y los comportamientos predominantes que existieron en ese periodo de tiempo. Para ello, se muestra la concentración de accidentes e incidentes de forma cuantitativa en base a las diferentes categorías asociadas a las respectivas causas y subcausas que existen detrás, teniendo así una forma de mostrar la situación que se dio en el año que se está analizando en varios temas, obteniendo así los datos necesarios para evaluar la industria de la aviación y la evolución histórica que ha tenido en comparación con períodos anteriores en lo que es el concepto de seguridad aérea. Un ejemplo de este trabajo se refleja en el Gráfico 3-33, en el que se muestran las frecuencias relativas de cada factor contribuyente registrado entre 2010 y 2020, lo que sirve para entender la situación histórica de la investigación en un periodo de tiempo determinado. Otro ejemplo de este trabajo lo encontramos en la propia industria de la aviación en los informes anuales de la IATA, que se representan gráficamente en el ANEXO 12. Este tipo de informes analizan las distintas características que se presentan a lo largo del periodo transcurrido para comparar la situación existente con la encontrada en temporadas anteriores. Por otro lado, ejemplos fuera de la industria también se pueden encontrar en la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), que en el ANEXO 13, muestra en forma resumida el comportamiento de los accidentes laborales en 9 años desde el 2011 al 2020, comparando la caída que estos han tenido en el tiempo.

3.2.7 Tiempo de Implementación

Para realizar estos cambios dentro del esquema actual de investigación de la DGAC, se requiere de cierto tiempo para ajustarse a las modificaciones a implementar, para lo cual se utiliza el Diagrama de Gantt que se presenta a continuación:

		CARTA GANTT IMPLEMENTACIÓN PROPUESTA INVESTIGATIVA											
Id.	Tarea/Meses	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	Asignación y Contratación de Personal para el Equipo Central de Investigación												
2	Capacitación del Equipo Central de Investigación												
3	Creación de la Nómina de Personal Externo												
4	Incorporación del Personal Externo a las labores investigativas												
5	Aplicación de cambios a los esquemas presentados en los informes												
6	Creación de la base de datos con la información recopilada												

Ilustración 3-5: Carta Gantt realizada para la implementación del modelo investigativo propuesto. Fuente: Elaboración Propia.

Se considera un año para introducir las características propuestas en el modelo de investigación actual, cada una de las medidas se menciona en la Ilustración 3-5, empezando por:

- **Asignación y Contratación de Personal para el Equipo Central de Investigación:** En un período de 2 a 3 meses[3], el personal actual de la entidad aeronáutica será reasignado de acuerdo con la experiencia de cada miembro, mientras que, de ser necesario, se contempla la posibilidad de contratar trabajadores adicionales para cubrir el número de puestos requeridos para el Equipo Central de Investigación.

[3] Los meses requeridos son obtenidos de una página web que estableció el tiempo promedio que las empresas tardan en contratar personal. Para más información consulta el siguiente enlace: https://www.randstad.cl/mercado-laboral/liderazgo/60-de-las-empresas-tarda-entre-1-y-3-meses-en-cubrir-una-vacante-de/ [Revisado al 28 de noviembre del 2021]

- **Capacitación del Equipo Central de Investigación:** Una vez organizado el personal propio de la DGAC, se debe capacitar a estos empleados[4], para que se adapten al esquema de investigación propuesto. Esto tomará 3 meses; el personal que recién se incorpora a los trabajos de investigación requerirá de más tiempo para familiarizarse con estos aspectos, ya que, si bien tienen experiencia en la industria, no necesariamente tienen experiencia en el área de investigación. Por esta razón, se les capacita para que se adapten a los requerimientos que se presentan en los trabajos de investigación, mientras que el personal antiguo partirá de una base de conocimientos proporcionada por la experiencia que tienen en la organización estatal, pero deberán implementar ciertos esquemas que les permitan acostumbrarse a los modelos de análisis de causas propuestos, lo que llevará a una clasificación más diversa, ordenada y específica de los accidentes e incidentes investigados.
- **Creación de la Nómina de Personal Externo:** Como se muestra en la Ilustración 3-3, el Equipo Central de Investigación, según lo considere conveniente, puede solicitar el apoyo de personal externo, el cual se solicita de acuerdo con el tiempo que se considere necesario, por lo que no son fijos por contrato, pero es necesario tener una nómina con este tipo de trabajadores para asegurar su disponibilidad según lo requieran los investigadores. Por las características de estos empleados, se considera un tiempo promedio de 2 meses para encontrar este tipo de proveedores de servicios, ya que son requeridos para trabajos puntuales que puedan surgir dentro del proceso de investigación.

[4] Las capacitaciones provienen de las labores efectuadas por la DGAC, por lo que se toma como base a estas actividades formativas para lo que se propone en esta situación, considerando un tiempo mayor debido al tipo de personal que se está contratando. En caso de requerir más información, consultar los siguientes enlaces: https://www.dgac.gob.cl/dgac-dicta-cursos-on-line-a-fuerza-aerea-de-chile/ [Revisado al 29 de noviembre del 2021] https://www.dgac.gob.cl/escuela-aeronautca-capacitacion-para-instructores-en-seguridad-de-aviacion/ [Revisado al 29 de noviembre del 2021]

- **Incorporación del Personal Externo a las labores investigativas:** Este tipo de personal debe incorporarse de manera orgánica al ambiente de trabajo de la investigación, para ello se debe coordinar cómo cada una de estas personas trabajará en conjunto con el Equipo Central de Investigación, con el fin de establecer los límites de su trabajo a la investigación cuando alguno de ellos sea solicitado. Se considera un plazo de 2 meses debido a las diferentes áreas que deben involucrarse en la investigación, ya que cada una de ellas significa un aporte diferente, por lo que queda a criterio de cada investigador en que aspectos debe ser solicitado. Esto es lo que se debe consolidar en el tiempo estipulado.
- **Aplicación de cambios a los esquemas presentados en los informes:** Aunque la propuesta se aplica principalmente al proceso de investigación en el análisis de las causas, hay que hacer algunos cambios en los informes de investigación, añadiendo algunos aspectos a estos documentos para adaptarlos a la propuesta de investigación, como se puede ver en el ANEXO 10, que muestra que el cambio no es brusco, pero esto permite procesar los datos necesarios para que puedan ser utilizados en futuras investigaciones. La aplicación de esta medida llevaría 2 meses, ya que, aunque las modificaciones son pequeñas, repercuten en un sistema de informes que se viene utilizando desde hace años.
- **Creación de la base de datos con la información recopilada:** Como se mencionó anteriormente, se propone la creación de una base de datos como la que se muestra en el ANEXO 11, con el objetivo de poder acceder a la información histórica y construir reportes con ella, para ello se requieren 3 meses para construir un esquema que considere todos los accidentes e incidentes que se han registrado a lo largo de los años dentro de lo que es la página de Investigación de la DGAC, el tiempo se basa en lo que le toma a una persona construir un repositorio con estas características.

3.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Con el modelo de investigación propuesto, es necesario evaluar los requerimientos económicos para su implementación. Se considerarán 3 aspectos, los cuales deben tener un presupuesto asignado, siendo estas áreas por cubrir las siguientes:

- Sueldos
- Viáticos
- Equipamiento

Con estos 3 puntos para tener en cuenta, los valores calculados para cada categoría se suman para obtener la estimación económica total a considerar para la propuesta de investigación.

3.3.1 Sueldos

Observando las remuneraciones de nómina publicadas por la DGAC[5] para el mes de octubre de 2021, es posible tener como referencia los valores que se deben presentar para los salarios del Equipo de Investigación.

Equipo de Investigación Central

Partiendo de la búsqueda de referencias presupuestarias dentro del personal de investigación, es posible encontrar un salario bruto mínimo de $1.215.846, el cual se puede tomar como base para los Investigadores Trainee, teniendo 3 en total, lo que lleva a un gasto total de $3.647.538 pesos mensuales. Mientras que en el caso de los Investigadores se calcula un valor promedio de $1.726.067 de salario bruto, que se destinará para 3 personas, esto lleva a un monto total de $5.178.021. Por último, existe un salario bruto de $3.056.273 para el Investigador Senior debido a su experiencia y tareas asignadas, el monto se basa en el valor máximo de los salarios pagados para el personal

[5] Los valores expuestos en esta sección, provienen de los sueldos publicados por la DGAC, para más información visitar:

https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/directorio-de-organismos-regulados/?org=AD020&pagina=59334281 [Revisado al 30 de Noviembre del 2021]

de investigación de la DGAC y las cifras utilizadas se muestran en el ANEXO 14. Con estos valores obtenidos, existe un gasto mensual de $11.851.832 pesos chilenos asociados al Equipo Central de Investigación.

Personal de Investigación Externo

En el caso de que se requiera personal externo, se le paga en base a honorarios[6], con el fin de retribuirle por el trabajo realizado y no mediante un contrato que le vincule a la organización a largo plazo. Para ello, el valor estimado y el tiempo requerido para cada profesional se detalla en la tabla siguiente:

Área	Personal Externo	Tiempo Estimado	Tiempo Equivalente en Horas	Sueldo Bruto
Supervisión y Organización	Auditor	2 Meses	360	$2.422.497
Meteorología	Meteorólogo	1 Día	9	$60.562
Motores, Sistemas y Estructuras	Peritos Mecánicos	2 Meses	360	$2.422.497
	Inspector Aeronáutico	1 Mes	180	$1.211.249
Simulaciones y Modelos 3D	Peritos Digitales	1 Mes	180	$1.211.249
Desempeño Humano	Médico	1 Semana	45	$302.812
	Psicólogo	1 Semana	45	$302.812
	Instructor de Vuelo	1 Mes	180	$1.211.249
Comunicaciones e Información de Vuelo	Técnico en Telecomunicaciones	1 Mes	180	$1.211.249

Tabla 3-1: Presupuesto y tiempo estimado por cada persona externa que se requiera para el proceso investigativo. Fuente: Elaboración Propia.

Los valores estimados para la Tabla 3-1 se toman del ANEXO 15, que muestra los pagos de honorarios presentados por la DGAC. Para obtener los valores requeridos, se consideran sólo los montos mensuales para calcular el pago que se debe realizar por cada hora de trabajo registrada, el cálculo se realiza bajo una estimación proporcionada por la Dirección del Trabajo[7], la cual establece que; para calcular el valor de las horas extras, se debe asumir que se trabaja durante 45 horas semanales y se tiene un sueldo mensual, éste

[6] Los valores expuestos en esta sección, provienen de los sueldos por honorarios publicados por la DGAC provenientes del portal transparencia, para más información visitar:

https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/directorio-de-organismos-regulados/?org=AD020&pagina=59334171 [Revisado al 01 de diciembre del 2021]

[7] El valor de hora trabajado se ha estipulado según la Dirección del Trabajo, para más información consultar: https://www.dt.gob.cl/portal/1628/w3-article-95182.html [Revisado al 01 de diciembre del 2021]

se debe dividir por 30 y luego se multiplica por 28, el resultado se debe dividir por 180, para obtener la estimación de cada hora ordinaria. Aplicando esto al valor promedio de $1.297.766, obtenido del ANEXO 15, se puede obtener una remuneración por hora de $6.729, que se considera en términos brutos. El monto se multiplica por el tiempo estimado para cada miembro del personal externo, obteniendo así el salario bruto aproximado para cada profesional requerido.

Capacitaciones

Como se muestra en la Ilustración 3-5, se requerirá de capacitación para el personal asignado al Equipo Central de Investigación, ya que debe ser introducido al modelo de investigación propuesto. Por esta razón se solicitará un profesor para realizar esta tarea y se considerarán 3 horas semanales para este tipo de actividades con 3 meses asignados para estas, el tiempo se estima a partir de las horas pedagógicas presentadas en la universidad, considerando un trimestre para adquirir los conocimientos necesarios. El valor que se cobra por hora pedagógica es de aproximadamente $453.238 de salario bruto, esto de acuerdo con lo que se muestra en el ANEXO 16. Al trasladarlo a un monto trimestral, es de $1.631.358, asignado a la formación de estos profesionales.

3.3.2 Viáticos

Este tipo de retribución corresponde a la asignación de dinero realizada para que en este caso el investigador cubra los gastos generados por el desempeño de sus funciones fuera de su lugar habitual de trabajo, debido a las tareas que realiza, se tiene 3 tipos de viáticos:

- Pasajes
- Estadía
- Gastos Generales

---

[8] Los valores expuestos en esta sección, provienen de los sueldos para profesores asignados por hora pedagógica publicados por la DGAC provenientes del portal transparencia, para más información visitar:

https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/documents/10179/62801/PROFESOR+2021.xls/b03822ff-d6a7-43ed-b192-21c92c918333 [Revisado al 05 de diciembre del 2021]

Pasajes

Como se muestra en el Análisis Zonal, los accidentes e incidentes pueden ocurrir a lo largo de todo Chile, por lo que es necesario utilizar los servicios de las aerolíneas para viajar fuera de Santiago, para los casos que requieran viajar largas distancias, ya que LATAM, SKY y JETSMART son las únicas que proveen la oferta de vuelos comerciales dentro del país, por esta razón se debe cotizar con ellas para obtener un valor promedio del costo de viajar a lo largo de Chile.

El propósito de este ejercicio es conocer el valor estimado que requerirá cada investigador, para trasladarlo al lugar del siniestro, dentro del día en que se contacte al personal y para los eventos que ocurran fuera de la Región Metropolitana.

Para obtener la información requerida, se consideran los aeropuertos y aeródromos de la red primaria de la DGAC[9], y se asocian estos lugares con los valores ofrecidos por las aerolíneas para volar a ellos. De este modo, se obtiene la siguiente tabla:

Destino/Aerolínea	LATAM	SKY	JETSMART
Arica	$ 75.025	$ 200.597	$ 110.551
Iquique	$ 89.567	$ 88.985	$ 147.826
Calama	$ 42.159	$ 53.043	$ 53.995
Antofagasta	$ 141.427	$ 117.361	$ 160.679
Copiapo	$ 93.993	$ 77.635	$ 109.625
La Serena	$ 88.315	$ 107.272	$ 109.265
Concepción	$ 76.302	$ 69.438	$ 122.119
Temuco	$ 93.361	$ 92.138	$ 96.412
Valdivia	$ 84.522	$ 70.699	$ 92.556
Puerto Montt	$ 124.975	$ 147.629	$ 147.826
Balmaceda	$ 156.589	$ 179.862	$ 134.972
Punta Arenas	$ 147.105	$ 237.170	$ 123.404
Promedio	**$ 101.112**	**$ 120.152**	**$ 117.436**
Promedio General	**$ 112.900**		

Tabla 3-2: Valores obtenidos de la cotización de pasajes provenientes de las tres aerolíneas principales de Chile y sus rutas por medio de Despegar.com y Booking.com entre el 3 y 5 de diciembre del 2021. Fuente: Elaboración Propia.

[9] Red Aeroportuaria de Chile: https://www.dgac.gob.cl/aeropuertos/red-aeroportuaria-nacional/red-aeroportuaria/ [Revisado al 02 de diciembre del 2021]

Con la cotización realizada se obtiene un promedio general de $112.900 entre las tres aerolíneas, como se debe considerar tanto la ida y vuelta del investigador, el valor estimado asciende a $225.800 por cada viaje realizado para asistir al lugar de los hechos.

Como se mencionó anteriormente, en caso de tener que desplazarse a un lugar de difícil acceso en la Región Metropolitana o zonas aledañas, se pueden solicitar los servicios aéreos de un helicóptero para desplazarse dentro de la periferia para llegar al lugar del siniestro. El valor estimado[10] es de $191.990 pesos.

Estadía

Debido a las distancias que implica cada viaje fuera de la zona central, será necesario considerar el alojamiento del personal. Para ello, al igual que en el caso de los vuelos, se utiliza como referencia la información proporcionada por los portales de búsqueda Despegar.com y Booking.com, con los que se obtiene un precio promedio para cada lugar, considerando una noche de estancia en estas ciudades:

Ciudad	Valor Estadía
Arica	$ 62.906
Iquique	$ 83.335
Calama	$ 67.356
Antofagasta	$ 78.882
Copiapo	$ 84.195
La Serena	$ 78.450
Concepción	$ 71.400
Temuco	$ 67.830
Valdivia	$ 99.850
Puerto Montt	$ 61.880
Balmaceda	$ 87.869
Punta Arenas	$ 109.079
Promedio	**$ 79.419**

Tabla 3-3: Valores obtenidos de la cotización de la estadía en las diferentes ciudades de Chile por medio de Despegar.com y Booking.com entre el 3 y 5 de diciembre del 2021. Fuente: Elaboración Propia.

[10] Valor de vuelo en helicóptero obtenido de la Empresa Humming Bird, para más información visitar:

https://hummingbird.cl/viajes/Experiencias/air2lITg0lANHJxlcLr6?gclid=Cj0KCQiA15yNBhDTARIsAGnwe0WyD68vvH1Rz7QWYP8Zc3-GOXkabPLsMpNMM0SgprqTtU50ZB8vV-UaAnizEALw_wcB [Revisado al 02 de diciembre del 2021]

Al comparar los valores entre las diferentes ciudades que se muestran en la Tabla 3-3, se obtiene un costo promedio de $79.419 pesos por noche de estadía.

Gastos Generales

Los gastos de alimentación y transporte local se estiman en $300.000 pesos. Este monto está considerado para la Región Metropolitana y para algunas regiones aledañas (Región de Valparaíso, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Región del Maule), abarcando gran parte de la Zona Central.

Para aquellos casos en los que la distancia a Santiago requiera de un vuelo comercial y alojamiento, se consideran los mismos gastos generales, pero además se suman los ítems antes mencionados, con un monto total de $605.219 pesos presupuestados para los eventos que ocurran fuera de la periferia central.

En el ANEXO 17 se muestra el número de eventos que ocurren por mes Cerca de Santiago[11] y Lejos de Santiago[12], con estos datos se obtiene el promedio de eventos que se registran en la Región Metropolitana y/o en las regiones aledañas con un valor de 2 casos por mes, mientras que para los lugares que están lejos de la ciudad, se tiene un promedio aproximado de 1 evento registrado por mes. Por lo tanto, se considera que el viático asignado para cada mes debe ser de $600.000 para la capital y sus alrededores. Por otro lado, para los lugares fuera de esta zona, se debe considerar un presupuesto de $605.219. Por lo tanto, ambos montos suman un valor de $1.205.219 mensuales, asignados para gastos asociados a las operaciones de movilización en el proceso investigativo.

---

[11] Cerca de Santiago: Se refiere a los eventos que ocurren en la misma ciudad o en las regiones que se consideran cercanas ya que se puede llegar en poco tiempo por medio de transporte terrestre como la Región de Valparaíso, Región del Libertador Bernardo O'Higgins y la Región del Maule.

[12] Lejos de Santiago: Se refiere a los casos que ocurren fuera de la ciudad y que por su distancia no resulta factible el movilizarse por tierra, por lo que es necesario tomar un vuelo para trasladarse hacia esos destinos.

3.3.3 Equipamiento

Como se mencionó en el punto 3.2.3 de Hardware y Software, los investigadores necesitarán de herramientas tecnológicas que los acompañen en su labor investigativa, para lo cual se requiere de dispositivos con un hardware que cumpla con los estándares tecnológicos para este tipo de trabajos, por lo que se recomendó el uso de notebooks para trabajar en cada proceso requerido, debido a su portabilidad y componentes internos. Al consultar una página de cotización[13] de equipos electrónicos, se encontró un valor promedio de $900.000 para un computador portátil con las características solicitadas para los procedimientos de investigación a realizar. Al ser 7 investigadores, se debe considerar un presupuesto de $6.300.000 para la adquisición de estos productos.

[13] Para la cotización de los notebooks se utilizaron los precios mostrados en la página de Solo Todo, con el objetivo de encontrar un computador con las características requeridas. Para más información visitar: https://www.solotodo.cl/ [Revisado al 03 de diciembre del 2021]

3.3.4 Resultados

Para efectos prácticos, se considerará un año base, el cual se tomará en cuenta como el inicial, enseñando todos los elementos antes mencionados, con el fin de mostrar cuánto es el presupuesto que se debe utilizar para implementar esta propuesta de investigación, luego el segundo año, no se considera la inversión para la adquisición de equipos y las capacitaciones.

	Tópico	Presupuesto	
Sueldos Equipo de Investigación Central	Investigadores Trainee	$	43.770.456
	Investigadores	$	62.137.452
	Investigador Senior	$	36.675.276
Sueldos Personal Externo	Auditor	$	2.422.497
	Meterológo	$	60.562
	Peritos Mecánicos	$	2.422.497
	Inspector Aeronáutico	$	1.211.249
	Peritos Digitales	$	1.211.249
	Médico	$	302.812
	Psicológo	$	302.812
	Instructor de Vuelo	$	1.211.249
	Técnico en Telecomunicaciones	$	1.211.249
Capacitaciones	Profesor	$	1.631.358
Viáticos	Pasajes	$	1.580.600
	Traslado en Helicóptero	$	190.000
	Estadía	$	1.111.866
	Gastos Generales	$	10.800.000
Equipamiento	Notebook	$	6.300.000
Total Presupuesto Año 1		$	174.553.183
Total por mes		$	14.546.099
Total Presupuesto Año 2		$	166.621.825
Total por mes		$	13.885.152

Tabla 3-4: Resumen de los presupuestos anuales asignados a cada punto dentro de lo que es la Evaluación Económica. Fuente: Elaboración Propia.

Considerando el presupuesto del Año 1 como punto de partida, se tiene un total de $174.553.183, que distribuido por meses da un valor de $14.546.099 para la propuesta de investigación. En tanto, en el año 2, el monto requerido baja a $166.621.825, ya que la compra de notebooks y la capacitación se realizaron en el primer año de implementación del modelo. En este caso, el presupuesto asignado por mes es de $13.885.152 pesos. Estos valores, al ser convertidos a diferentes monedas para adaptarlos a la inflación a través de la Unidad de Fomento (UF) y al dólar (USD), que es la moneda internacional, dan como resultado los siguientes costos por mes:

AÑO	UNIDAD	VALOR MENSUAL
AÑO 1	PESOS CHILENOS (CLP)	$ 14.546.099
	DÓLARES (USD)[14]	USD 17.459
	UNIDAD DE FOMENTO (UF)[15]	472
AÑO 2	PESOS CHILENOS (CLP)	$ 13.885.152
	DÓLARES (USD)[14]	USD 16.665
	UNIDAD DE FOMENTO (UF)[15]	451

Tabla 3-5: Valores mensuales en distintas unidades. Fuente: Elaboración Propia.

3.3.5 Comparación con la Inversión realizada por la DGAC

Por medio de las Cuentas Públicas[16] presentadas por la DGAC para estos últimos 4 años, se obtienen las inversiones que esta entidad ha realizado en diferentes áreas, en el ANEXO 18 se muestran los montos que se han invertido en los diferentes estratos que la autoridad aeronáutica ha estipulado, gracias a esta información es posible analizar los valores presentados en el área de Seguridad Operacional, que es donde se encuentra el trabajo de investigación de accidentes e incidentes. Por ello, se presenta una tabla considerando los valores registrados entre los años 2017 y 2020 respectivamente:

Período	Inversión en Seguridad Operacional	Margen de Crecimiento
2017	$ 47.567.611	
2018	$ 46.700.543	-1,82%
2019	$ 75.592.738	61,87%
2020	$ 244.953.615	224,04%
Promedio General	$ 103.703.627	94,70%

Tabla 3-6: Inversiones realizadas por la DGAC en el área de la Seguridad Operacional entre los años 2017 y 2020. Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil.

Debido a las inversiones que la DGAC ha realizado en materia de Seguridad Operacional,

[14] Resultado obtenido con un valor estimado por Google de $833,18 por dólar, correspondiente al día 04 de diciembre del 2021.

[15] Resultado obtenido con un valor estimado por el SII de $ 30.815,83 por UF, correspondiente al día 04 de diciembre del 2021.

[16] La Cuenta Pública de la Dirección General de Aeronáutica Civil, es un documento que presenta los aspectos fundamentales de la gestión institucional desarrollados durante el año 2020 y un resumen de las principales actividades realizadas en torno de la actividad aérea en Chile. Para más información visitar:

https://www.dgac.gob.cl/cuenta-publica-2020/ [Revisado al 04 de diciembre del 2021]

y gracias a los márgenes de crecimiento económico que esta ha presentado entre los años 2017 y 2020, se puede observar que los presupuestos estimados en la Tabla 3-4, no se alejan del financiamiento mostrado en la Tabla 3-6, ya que esta cercanía se debe a que ambos valores presentes dentro del Año 1 y 2 de la implementación representan el 71,25% y 68,02% de los $244.953.615 de pesos chilenos invertidos en el año 2020, porcentajes que si se comparan con el 94,70% obtenido del margen de crecimiento promedio, se presentan como cifras cercanas a la inversión promedio realizada por la autoridad aeronáutica en los últimos 4 años, por lo que estas estimaciones económicas calculadas, pueden considerarse como un escenario realista al ser implementadas dentro de las inversiones realizadas por la DGAC, sobre todo considerando que parte del personal incluido en el equipo central y externo ya está presente en la nómina de la autoridad aeronáutica, como se muestra en el ANEXO 14, que resume los investigadores con los que cuenta este organismo.

CONCLUSIONES

Al estudiar los procedimientos que se implementan en la investigación de accidentes e incidentes en Chile, se observa que la relación entre cada uno de estos es de seguir un patrón de comportamiento ligado a lo que es el desempeño humano y los antecedentes que existen por detrás, analizando principalmente las falencias asociadas al personal que se encuentra en la primera línea de las aeronaves, es decir la tripulación aérea, lo que se ve reflejado en el dictamen de las causas y factores que se tiene en la mayoría de los casos estudiados en estos 10 años. Solo en ocasiones particulares los investigadores a cargo de la investigación indagaron en características inherentes a los responsables que tenían una mayor jerarquía dentro de las operaciones aéreas.

Este tipo de resultados al analizarlos por medio del modelo H. Facts demuestran que la mayoría de los casos se encuentran vinculados al Nivel I y II de este modelo, predominando en lo que son las causas de los accidentes e incidentes, debido a que es el suceso que conllevo a que se desencadenara el evento, siendo en la mayoría de las veces aspectos vinculados al comportamiento humano ya que el personal es la última barrera para este tipo de siniestros. Pero esta característica también predomina en los factores contribuyentes que demuestran una alta tendencia a estos dos niveles debido a las frecuencias relativas que han marcado, siendo los dos tipos de antecedentes que más aparecen en los registros. Esto al simplemente asociarlo con cada uno de los 363 accidentes e incidentes, que resultan en el Gráfico 3-5, que muestra la alta diferencia de las incidencias que existe por cada nivel y la poca recurrencia que existe ante el Nivel III de Supervisión No Segura y los Aspectos Organizacionales de Nivel IV.

Características de los factores contribuyentes que si se dividen en diferentes aspectos de la investigación llevan a la misma predominancia, ya que al ser analizadas bajo las diferentes zonas del país se observa que ambos niveles siguen teniendo frecuencias similares que no rompen la predominancia de este tipo de hechos. Algo que, si bien cambia en la categoría de Operaciones Aéreas, no es en su totalidad, la mayor parte de este sigue teniendo un dominio del Nivel I y II, por lo que únicamente se puede destacar la representatividad de cada categoría en los Exámenes de Vuelo en el Gráfico 3-14, este tipo de eventos sirve para demostrar que si es posible indagar en características que

presenten antecedentes de una mayor jerarquía. Pasando a la categoría de Aeronaves, se observa que en esta siguen predominando los Actos Inseguros de Nivel I principalmente y en segundo lugar siguen estando las Precondiciones de Nivel II para Actos Inseguros presente en la mayoría de los casos.

El panorama expuesto no ha cambiado a lo largo de los años, de hecho, las frecuencias de los niveles de mayor jerarquía han ido decayendo como se muestra en el Gráfico 3-33. Lo que conlleva a que históricamente se tenga una predominancia del Nivel I y II. Mientras que el Nivel III se mantiene por debajo de estos dos y el Nivel IV, desde el año 2016 al 2020 ha desaparecido de los antecedentes que se han investigado dentro de los factores contribuyentes. ¿Que muestra todo esto?, *que el proceso de investigación en Chile cumple con el comportamiento humano y las precondiciones que existieron por detrás de este, pero fallan a la hora de cubrir características asociadas a la supervisión y organización que existen detrás de cada nivel en la jerarquía aeronáutica.*

La propuesta ha nacido de este análisis, debido a las debilidades que ha mostrado la investigación en Chile, por lo que se plantea el esquema de la Ilustración 3-4, que toma como base los procedimientos que actualmente se realizan, pero incorpora características de los análisis de causas expuestos, otras agencias de investigación, las recomendaciones de la OACI, ideas de las normas ISO y del SMS en la aviación. Como se han tomado características de diferentes entidades que ya han sido aplicadas tanto dentro como fuera de la industria aeronáutica, ya existen antecedentes que demuestran la efectividad de ocupar estas medidas dentro la investigación, para de esta forma conseguir una distribución más representativa dentro de lo que son los futuros casos por investigar. Esto se ha adaptado en la forma de analizar las operaciones aéreas, ya que se incorpora el modelo del árbol de causas con el propósito de poder extender la investigación de los hechos hasta los aspectos que se encuentren más alejados de lo que es relación entre la tripulación y la aeronave, investigando características asociadas a la supervisión de este tipo de procedimientos y las organizaciones que se encuentran ligadas a cada caso registrado. Además de esto el investigador cuenta con la posibilidad de solicitar apoyo de los profesionales que estime necesario para las labores investigativas, como bien se

muestra en la Ilustración 3-3. Este tipo de medidas se puede observar en los 3 métodos de investigación que ocupan las agencias de investigación internacionales, donde recurren a personal propio o externo para tener un aporte en cada área que sea requerida. El objetivo de todo esto es encontrar diversas causas basales asociadas al caso, para de esta forma poder identificar los diferentes aspectos de un siniestro aéreo.

El modelo H. Facts se ha implementado en la investigación para poder analizar y clasificar cada causa principal y factor contribuyente, con registros que muestren la situación presentada de acuerdo a cada nivel, con el fin de identificar las fallas activas y latentes que culminaron en un accidente o incidente, la idea es tener estos datos disponibles de acuerdo al formato de reporte propuesto en el ANEXO 10, contando con información que permita clasificarla en una base de datos, similar a lo realizado por otras agencias de investigación y la DGAC a través de ECCAIRS, lo que demuestra la factibilidad de realizar este trabajo para conocer los antecedentes históricos que se han registrado de acuerdo a cada particularidad asociada a diferentes características. Teniendo un esquema similar al que se muestra en la página web de la DGAC para los reportes, pero contando con diferentes categorías que permitan agrupar los eventos de acuerdo con los antecedentes con los que cuentan. Por lo que, en el futuro, la propuesta busca aumentar la representatividad de los diferentes factores contribuyentes para identificar las deficiencias que existen en las diferentes áreas, aprendiendo de los trabajos de investigación anteriores, evitando cometer el error de centrarse en un área en particular.

Dentro de la parte económica se ha demostrado que los valores estimados no se alejan de los sueldos e inversiones que ha tenido en su nómina la DGAC, por lo que es posible implementar estos cambios en base a los recursos económicos que ha publicado la autoridad aeronáutica en estos últimos años.

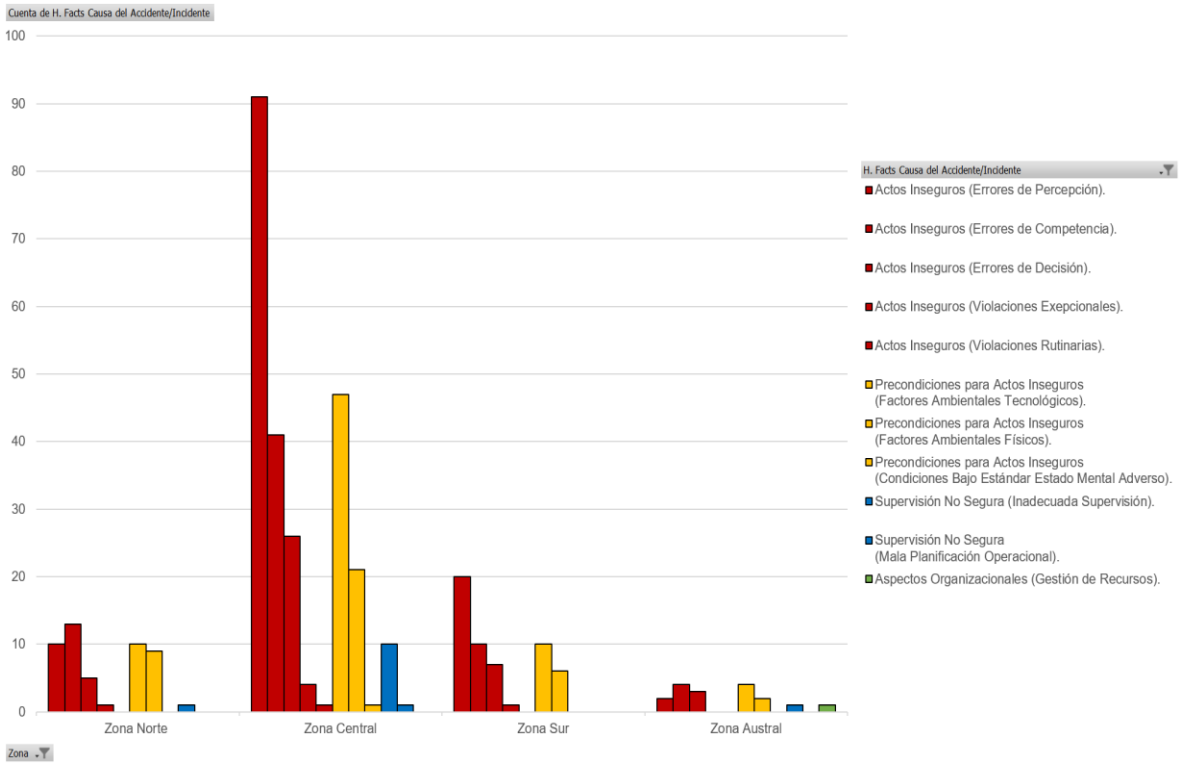
Es por estos motivos que tanto los antecedentes provenientes de la investigación nacional e internacional, como de los diversos modelos asociados a lo que es la seguridad y los recursos económicos asignados, demuestran que es viable el implementar estas características dentro de lo que es el modelo de Investigación en Chile.

ANEXOS

ANEXO 1: EVENTOS REGISTRADOS POR ZONA GEOGRÁFICA

Fecha/Zona	Zona Norte	Zona Central	Zona Sur	Zona Austral
2010	2	16	4	3
2011	3	26	7	1
2012	9	25	7	4
2013	6	27	7	2
2014	8	21	4	0
2015	6	23	3	1
2016	4	26	6	3
2017	6	27	2	1
2018	2	32	4	1
2019	2	15	7	1
2020	1	5	3	0
Total	**49**	**243**	**54**	**17**
Margen Porcentual	**13,50%**	**66,94%**	**14,88%**	**4,68%**
Promedio	**4**	**22**	**5**	**2**

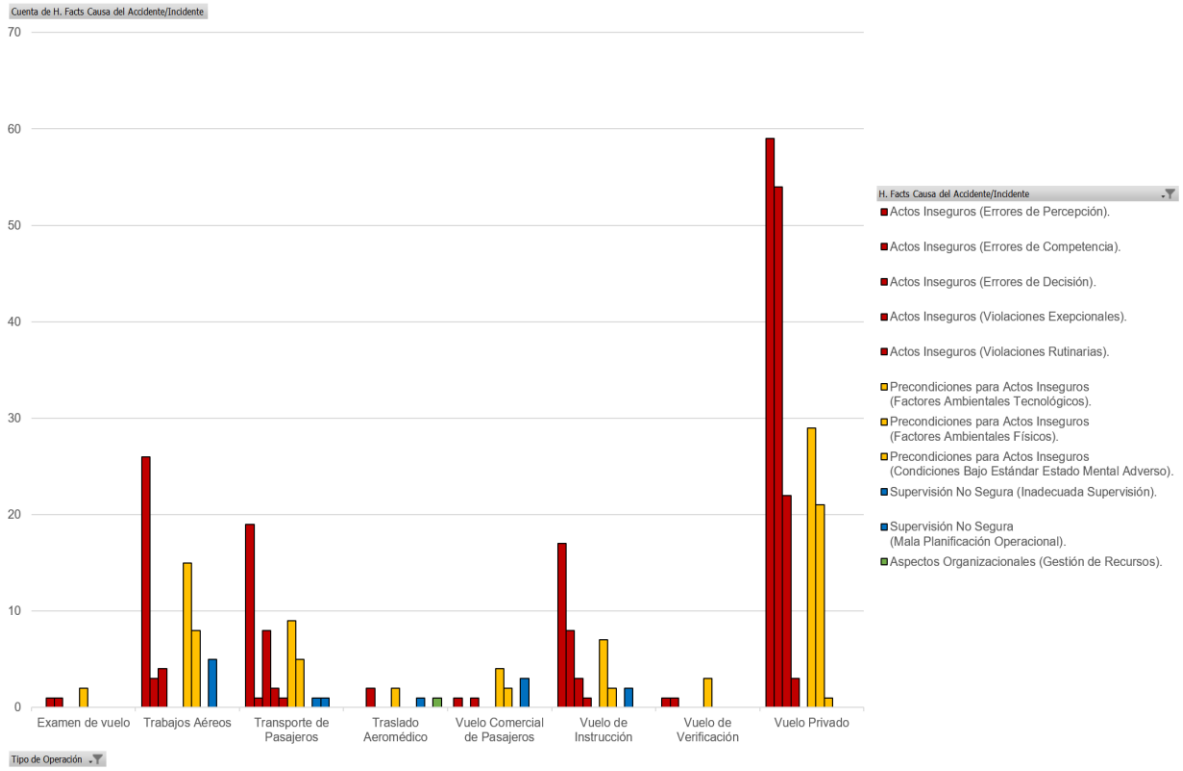
ANEXO 2: DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ACCIDENTES E INCIDENTES ACONTECIDOS EN TERRITORIO NACIONAL



ANEXO 3: EVENTOS REGISTRADOS POR OPERACIÓN AÉREA

Tipo de Operación	Nro. de Accidentes e Incidentes	Margen Porcentual
Examen de vuelo	4	1,10%
Trabajos Aéreos	61	16,80%
Transporte de Pasajeros	47	12,95%
Traslado Aeromédico	6	1,65%
Vuelo Comercial de Pasajeros	11	3,03%
Vuelo de Instrucción	40	11,02%
Vuelo de Verificación	5	1,38%
Vuelo Privado	189	52,07%
Total	**363**	**100,00%**

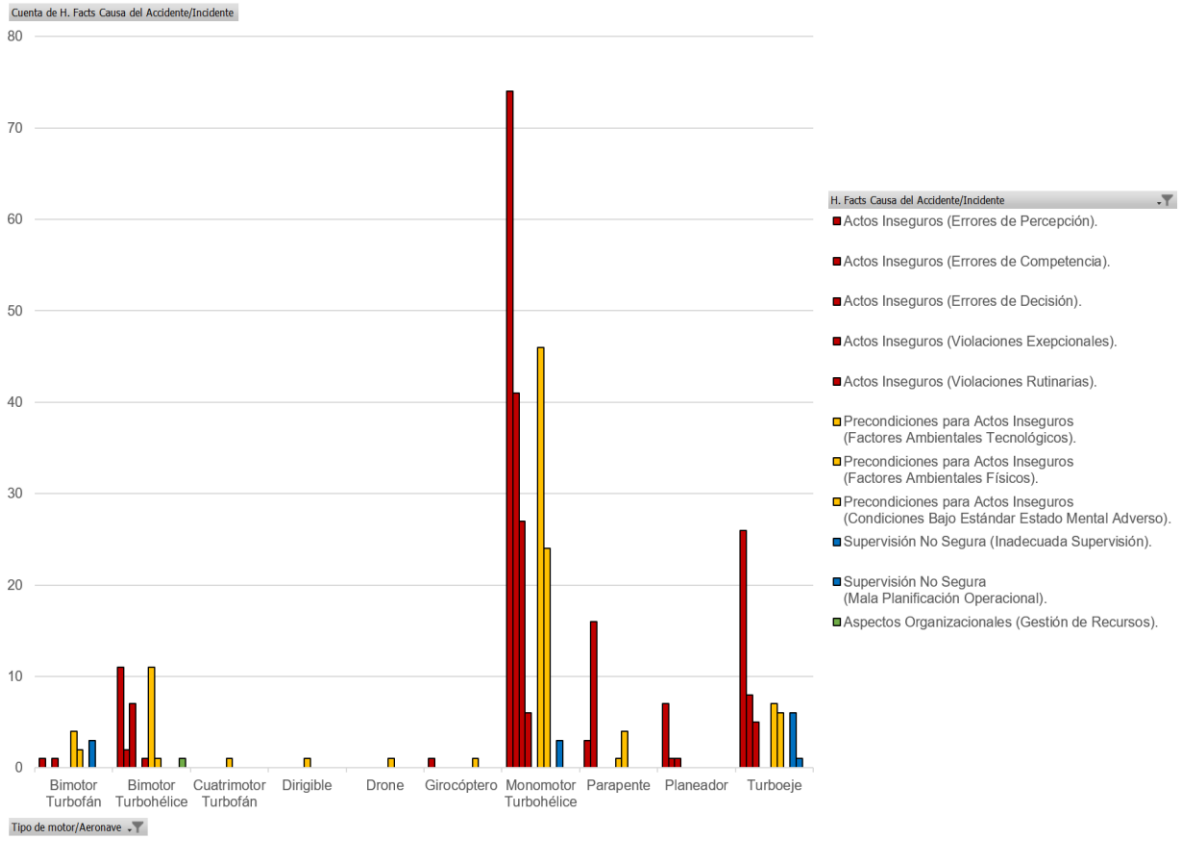
ANEXO 4: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES SEGÚN CADA OPERACIÓN AÉREA



ANEXO 5: EVENTOS REGISTRADOS POR TIPO DE AERONAVE

Tipo de Operación	Nro. de Accidentes e Incidentes	Margen Porcentual
Bimotor Turbofán	11	3,03%
Bimotor Turbohélice	34	9,37%
Cuatrimotor Turbofán	1	0,28%
Dirigible	1	0,28%
Drone	1	0,28%
Girocóptero	2	0,55%
Monomotor Turbohélice	221	60,88%
Parapente	24	6,61%
Planeador	9	2,48%
Turboeje	59	16,25%
Total	**363**	**100,00%**

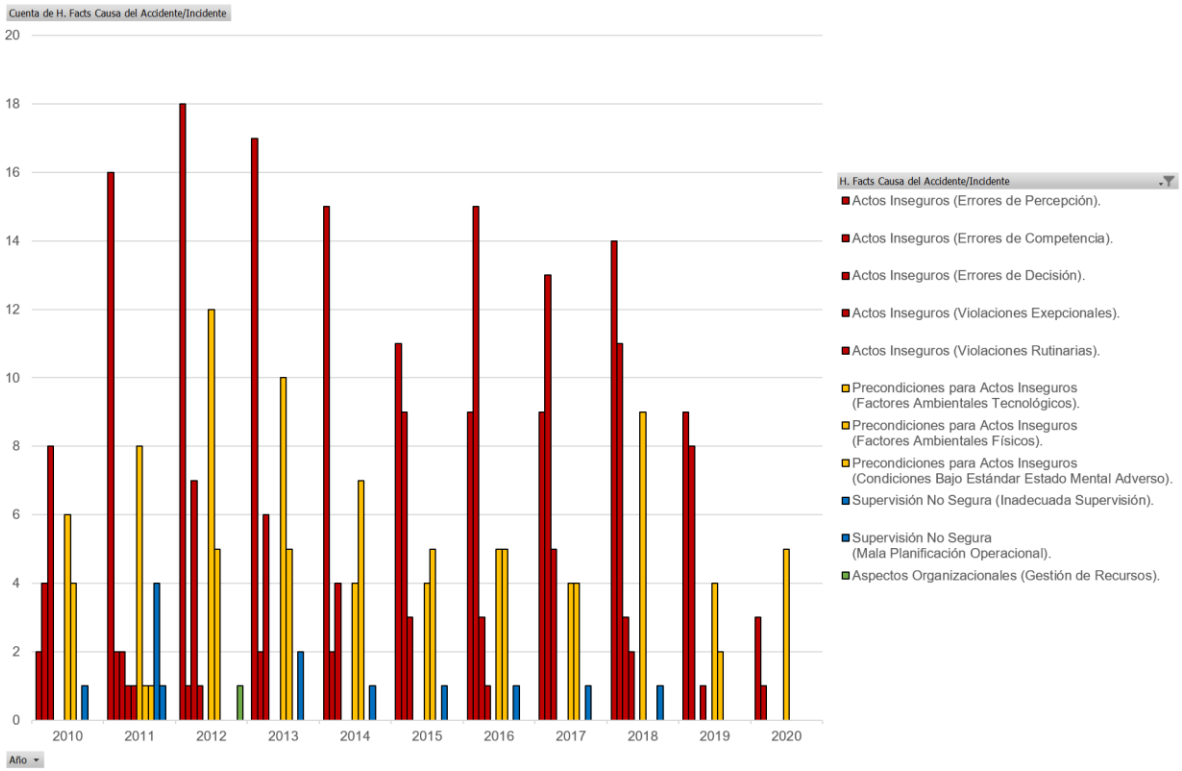
ANEXO 6: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES SEGÚN CADA TIPO DE AERONAVE



ANEXO 7: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES SEGÚN CADA AÑO REGISTRADO

Año	Nro. de Accidentes e Incidentes	Margen Porcentual
2010	25	6,89%
2011	37	10,19%
2012	45	12,40%
2013	42	11,57%
2014	33	9,09%
2015	33	9,09%
2016	39	10,74%
2017	36	9,92%
2018	40	11,02%
2019	24	6,61%
2020	9	2,48%
Total	**363**	**100,00%**

ANEXO 8: DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES SEGÚN CADA AÑO REGISTRADO



ANEXO 9: NÓMINA DE INVESTIGADORES DEL DEPARTAMENTO DE PREVAC DE LA DGAC

Año	Estamento	Cargo o función	Calificación profesional o formación
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO AGRICOLA (CDMC035)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	OFICIAL DE EJERCITO, MENCION CABALLERIA BLINDADA
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE FENOMENOS AEREOS ANOMALOS (CDSG030)	PROFESOR DE EDUCACION MEDIA EN BIOLOGIA
2021	Profesional	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	INGENIERO AERONAUTICO
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO AGRICOLA (CDMC035)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE TRANSITO AEREO (CDPA005)	CONTROLADOR DE TRANSITO AEREO
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO AGRICOLA (CDMC035)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	INGENIERO EN CRIMINALISTICA
2021	Técnico	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	INGENIERO EN PREVENCION DE RIESGOS
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	OFICIAL DE EJERCITO, MENCION CABALLERIA BLINDADA
2021	Técnico	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	TECNICO NIVEL SUPERIOR
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO
2021	Técnico	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	PROFESOR DE EDUCACION TECNICA Y FORMACION PROFESIONAL
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE TRANSITO AEREO (CDPA005)	TECNICO AERONAUTICO EN CONTROL DE TRANSITO AEREO
2021	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	INGENIERO DE EJECUCION INDUSTRIAL
2021	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	OFICIAL DE ESTADO MAYOR
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	OFICIAL DE ORDEN Y SEGURIDAD PUBLICA
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE TRANSITO AEREO (CDPA005)	INGENIERO DE EJECUCION EN CONTROL DE TRANSITO AEREO
2021	Técnico	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	PROFESOR DE EDUCACIÓN TÉCNICO PROFESIONAL
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO AGRICOLA (CDMC035)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO
2021	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	TECNICO AERONAUTICO EN CONTROL DE TRANSITO AEREO

ANEXO 10: FORMATO INFORME DE INVESTIGACIÓN[17]

DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL

DEPARTAMENTO DE PREVENCION DE ACCIDENTES

INFORME FINAL

INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTE/INCIDENTE AERONÁUTICO

N.º XXXXXX

GENERALIDADES

LUGAR:

ZONA:

FECHA:

HORA ESTIMADA:

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE/INCIDENTE:

DETALLES AERONAVE:

- AERONAVE:
- TIPO DE MOTOR/AERONAVE:
- MOTOR:
- MATRÍCULA:
- PROPIETARIO:
- TIPO DE PROPIETARIO:
- PILOTO/PILOTOS:
- TIPO DE OPERACIÓN:

FECHA INICIO INVESTIGACIÓN:

FECHA TÉRMINO INVESTIGACIÓN:

---

[17] El formato propuesto para los informes de investigación son obtenidos de los modelos estipulados por la DGAC en el procedimiento aeronáutico DAP 13-04, ubicado en el ANEXO A. Para más información visitar: https://www.dgac.gob.cl/normativa/reglamentacion-aeronautica/procedimientos-dap/ [Revisado al 04 de Diciembre del 2021]

ANTECEDENTES:

1. INFORMACIÓN SOBRE EL SUCESO:

a. Reseña cronológica del vuelo:

b. Información relevante:

c. Datos importantes adicionales:

2. ANÁLISIS

a. Descripción del último suceso:

b. Descripción de los antecedentes necesarios para el último suceso:

c. Diagrama del Árbol de Causas:

3. CONCLUSIONES

4. CAUSA DEL ACCIDENTE/INCIDENTE

a. Descripción de la causa principal

b. H. Facts de la Causa del Accidente/Incidente

5. FACTORES CONTRIBUYENTES

a. Factores Contribuyentes asociados:

1.

2.

3.

4.

b. H. Facts de los Factores Contribuyentes:

1.

2.

3.

4.

6. RECOMENDACIONES

7. SEGUIMIENTO

a. Acciones Realizadas

b. Responsables de su Ejecución

c. Plazos por cumplir

NOMBRE Y FIRMA INVESTIGADOR ENCARGADO

ANEXOS DEL INFORME

ANEXO “X”: BASE DE DATOS

ANEXO “X”: INFORME AUDITORÍA

ANEXO “X”: INFORME TÉCNICO

ANEXO “X”: INFORME DESEMPEÑO HUMANO

ANEXO “X”: REGISTROS DE AUDIO E INFORMACIÓN DEL VUELO

ANEXO “X”: MODELOS DIGITALES

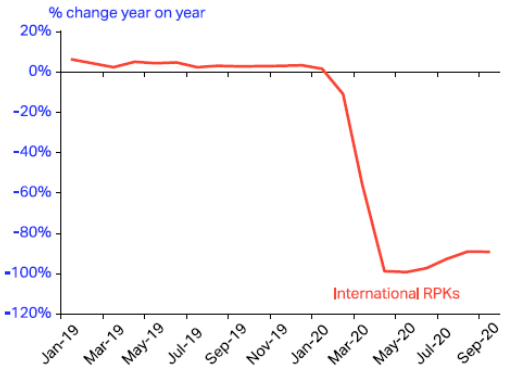
ANEXO “X”: INFORME METEROLÓGICO

ANEXO 11: RECUADRO REPRESENTATIVO DE LA BASE DE DATOS PROPUESTA

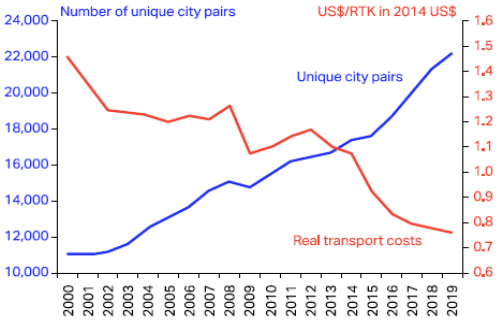
Nro. de Registro	Fecha	Tipo de evento	Aeronave	Tipo de Motor/Aeronave	Lugar	Zona	Tipo de Operación	Propietario	Tipo de Propietario	Resumen del evento	Causa del Accidente/Incidente	H. Facts Causa del Accidente/Incidente	Factores Contribuyentes	H. Facts Factores Contribuyentes
1544	11-01-2010	Accidente	MOONEY M20F	Monomotor Turbohélice	QUEBRADA LA CACHINA, SECTOR ALTOVALSOL, LA SERENA	Zona Norte	Vuelo Privado	No Informado	No Informado	El día 11 de enero de 2010, el piloto al mando de la aeronave Mooney 20F, despegó desde el Aeródromo "La Florida" de la ciudad de La Serena, con destino al aeródromo "Tabalí Bajo" de la ciudad de Ovalle, junto a tres pasajeros. Posterior al despegue y transcurridos 4 minutos de vuelo aproximadamente, la aeronave impactó contra un cerro en la Quebrada la Cachina de la ciudad de La Serena. Producto de lo anterior, el piloto al mando de la aeronave y sus tres pasajeros fallecieron y la aeronave resultó destruida.	Impacto inadvertido, el piloto no contaba con la habilitación de vuelo por instrumentos.	Actos Inseguros (Errores de Competencia).	Ingresar en condiciones meteorológicas de vuelos por instrumentos sin encontrarse habilitado.	Actos Inseguros (Errores de Competencia).
													No mantener el vuelo VFR planificado.	Actos Inseguros (Errores de Decisión).
1545	21-01-2010	Accidente	ROBINSON R-44	Turboeje	SECTOR CURIMON, KM 36, RUTA 60	Zona Central	Vuelo Privado	No Informado	No Informado	El día 21 de enero de 2010, mientras el piloto privado al mando del helicóptero efectuaba un vuelo desde el Aeródromo Eulogio Sánchez Errázuriz, con destino al Aeródromo Las Tacas, al encontrarse durante la fase de vuelo crucero y a una altitud de 9.150 pies, tuvo una detención de motor, efectuando una autorrotación, aterrizando de emergencia sobre un viñedo en la ciudad de San Felipe. El piloto resultó ileso, el pasajero con lesiones leves y la aeronave con daños en su estructura.	Detención del motor por formación de hielo en el carburador.	Precondiciones para Actos Inseguros (Factores Ambientales Tecnológicos).	Condiciones meteorológicas en ruta propicias para la formación de hielo en el carburador.	Precondiciones para Actos Inseguros (Factores Ambientales Físicos).
1546	11-02-2010	Accidente	PIPER PA-38	Monomotor Turbohélice	AERÓDROMO "EULOGIO SÁNCHEZ"	Zona Central	Vuelo de Instrucción	No Informado	No Informado	El día 11 de febrero del año 2010, la alumno pilota al mando de la aeronave marca Piper, modelo PA-38, realizaba su tercera práctica de vuelo solo. Al momento de regresar al Aeródromo "Eulogio Sánchez", en la carrera de aterrizaje, la alumna perdió el control direccional de la aeronave en tierra, la que al derrapar resultó con diversos daños en la estructura de la aeronave. La alumno piloto no tuvo lesiones.	Error operacional por parte de la alumno piloto, al no mantener el control direccional de la aeronave al momento de la toma de contacto con la superficie de fa pista durante el aterrizaje.	Actos Inseguros (Errores de Decisión).	Aplicación inadecuada de técnicas para controlar la dirección la aeronave en tierra (Excesiva aplicación de los pedales).	Actos Inseguros (Errores de Competencia).
													Aceleración involuntaria de la aeronave durante la perdida de control.	Actos Inseguros (Errores de Percepción).
													La alumno piloto solo tenía 01:51 horas de vuelo solo.	Supervisión No Segura (Inadecuada Supervisión).
1547	15-02-2010	Incidente	CESSNA 172	Monomotor Turbohélice	AERÓDROMO "VÍCTOR LAFÓN"	Zona Central	Vuelo Privado	No Informado	No Informado	El día 15 de febrero de 2010, la aeronave marca Cessna modelo 172 al mando de un piloto privado de avión, en circunstancia que aproximaba al aeródromo Víctor Lafón de la ciudad de San Felipe, se le desprendió la hélice en vuelo, cayendo ésta sobre un terreno eriazo. El piloto logró controlar la aeronave y aterrizó sin inconvenientes en la pista del aeródromo. A consecuencia del incidente, el piloto y único ocupante resultó ileso y la aeronave con daños en el motor y carenado de éste.	Ruptura del cigüeñal del motor en la zona del flange, debido a un colapso mecánico por fatiga de material, que provocó el desprendimiento de la hélice durante el vuelo.	Precondiciones para Actos Inseguros (Factores Ambientales Tecnológicos).	Probable daño interno del flange del cigüeñal, el cual se habría producido al impactar la hélice contra el terreno en un accidente anterior y que no fuera detectado con el procedimiento de inspección aplicado.	Supervisión No Segura (Inadecuada Supervisión).
													Fatiga del material que fue aumentando en el tiempo y que no fue detectada durante las inspecciones.	Precondiciones para Actos Inseguros (Factores Ambientales Tecnológicos).
1548	20-02-2010	Accidente	HILLER UH-12E	Turboeje	RÍO BUENO, 40 KM AL NORTE DE OSORNO	Zona Sur	Vuelo de Pasajeros	No Informado	No Informado	El día 20 de febrero de 2010, el helicóptero marca Hiller, modelo UH-12E, de propiedad privada, al mando del piloto comercial de helicóptero efectuaba un vuelo de entre las ciudades de Osorno y Santiago. El despegue desde el Aeródromo "Cañal Bajo" se realizó aproximadamente a las 11:29 HL, y luego de 49 minutos de vuelo la aeronave se precipitó a tierra a la cuadra de Río Bueno, 28 NM al noreste de la ciudad de Osorno. El piloto al mando y un pasajero abandonaron la aeronave por sus propios medios y sin lesiones. La aeronave resultó con daños de consideración.	La causa del accidente fue la pérdida del control direccional de la aeronave, debido a la pérdida de la funcionalidad del rotor de cola al ser impactado probablemente por un pájaro.	Actos Inseguros (Errores de Decisión).	No haber aterrizado para efectuar el chequeo en tierra, ante una aparente anomalía en el rotor de cola.	Actos Inseguros (Errores de Decisión).

ANEXO 12: EJEMPLO DE REPORTES ANUALES UTILIZADOS POR LA IATA EN LOS AÑOS 2019-2020, PARA INFORMES FINANCIEROS

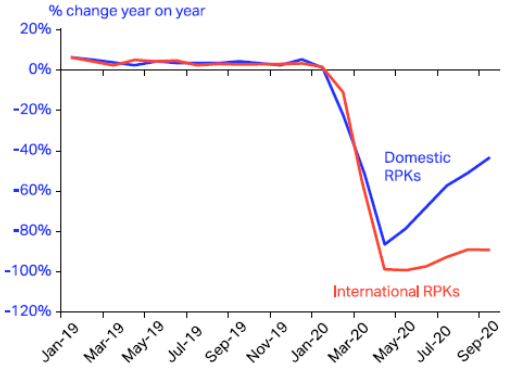
International RPKs
Source: IATA Economics, using data from IATA Statistics



Unique city pairs and the real cost of air transport
Sources: IATA, Schedule Reference Service (SRS) Analyzer

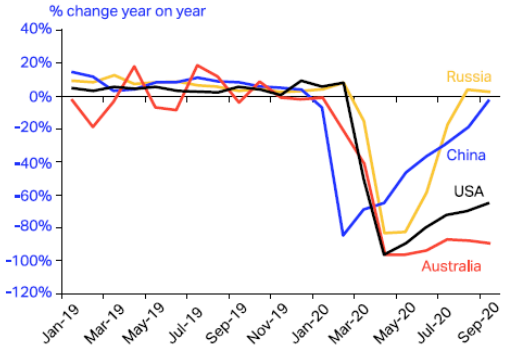


International and domestic RPKs
Source: IATA Economics, using data from IATA Statistics

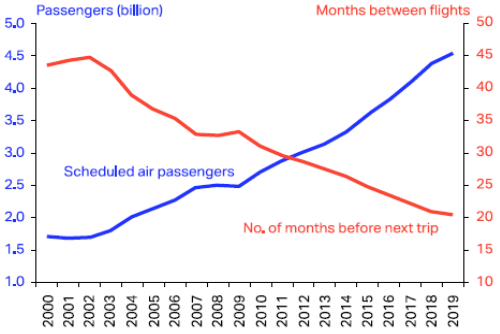


Air tourist spending and the value of trade by air
Sources: IATA, World Travel & Tourism Council (WTTC), IHS Markit

Domestic RPKs
Source: IATA Economics, using data from IATA Statistics



Accessibility of air travel
Sources: IATA, International Monetary Fund (IMF)



ANEXO 13: EJEMPLO DE REPORTE ANUAL UTILIZADO POR LA ACHS, PARA LA TASA DE ACCIDENTABILIDAD POR AÑO

ANEXO 14: REMUNERACIONES PRESENTADAS POR LA DGAC PARA EL PERSONAL INVESTIGATIVO

Año	Mes	Estamento	Cargo o función	Calificación profesional o formación	Remuneración bruta mensualizada	Remuneración líquida mensualizada	Fecha de inicio dd/mm/aa	Fecha de término dd/mm/aa	Viáticos
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO AGRICOLA (CDMC035)	METEOROLOGO	1.468.964	1.244.909	25-03-2013	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO	1.430.569	1.206.875	04-01-2016	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	OFICIAL DE EJERCITO, MENCION CABALLERIA BLINDADA	2.069.915	1.917.701	19-02-2018	31-12-2021	691.864
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO	1.392.173	1.231.498	21-01-2020	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE FENOMENOS AEREOS ANOMALOS (CDSG030)	PROFESOR DE EDUCACION MEDIA EN BIOLOGIA	1.215.846	979.061	15-03-2018	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	INGENIERO AERONAUTICO	3.056.273	2.656.978	01-06-2005	31-12-2021	1.022.071
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO AGRICOLA (CDMC035)	METEOROLOGO	1.449.766	1.275.260	01-01-2014	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO	1.557.393	1.327.883	04-01-2016	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO	1.430.569	1.260.231	04-01-2016	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO	1.430.569	1.251.935	04-01-2016	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE TRANSITO AEREO (CDPA005)	CONTROLADOR DE TRANSITO AEREO	2.174.796	2.029.184	15-08-2014	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO AGRICOLA (CDMC035)	METEOROLOGO	1.449.766	1.180.135	01-08-2014	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO	1.468.964	1.196.349	01-01-2010	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	INGENIERO EN CRIMINALISTICA	2.030.251	1.678.063	05-08-2019	31-12-2021	188.690
2021	Octubre	Técnico	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	INGENIERO EN PREVENCION DE RIESGOS	2.121.430	1.786.022	01-10-2011	31-12-2021	723.312
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO	1.392.173	1.230.170	01-04-2021	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	OFICIAL DE EJERCITO, MENCION CABALLERIA BLINDADA	2.056.694	1.903.277	19-08-2019	31-12-2021	62.896
2021	Octubre	Técnico	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	TECNICO NIVEL SUPERIOR	1.503.031	1.250.318	09-12-2019	31-12-2021	110.069
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO	1.430.569	1.260.308	08-02-2016	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO	1.392.173	1.152.937	21-01-2020	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Técnico	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	PROFESOR DE EDUCACION TECNICA Y FORMACION PROFESIONAL	2.108.208	1.602.487	15-08-2010	31-12-2021	534.622
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO	1.430.569	1.204.956	04-01-2016	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE TRANSITO AEREO (CDPA005)	TECNICO AERONAUTICO EN CONTROL DE TRANSITO AEREO	2.162.956	1.782.091	01-11-2012	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	INGENIERO DE EJECUCION INDUSTRIAL	2.636.577	2.248.820	01-06-2015	31-12-2021	110.069
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	OFICIAL DE ESTADO MAYOR	2.096.359	1.883.449	19-08-2019	31-12-2021	172.965
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO	1.486.385	1.303.927	21-01-2020	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO	1.430.569	1.262.475	01-08-2018	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	OFICIAL DE ORDEN Y SEGURIDAD PUBLICA	2.996.015	2.435.470	01-09-2017	31-12-2021	377.380
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE TRANSITO AEREO (CDPA005)	INGENIERO DE EJECUCION EN CONTROL DE TRANSITO AEREO	2.178.792	1.778.629	01-06-2012	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Técnico	INVESTIGADOR TECNICO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA007)	PROFESOR DE EDUCACIÓN TÉCNICO PROFESIONAL	2.134.652	1.869.766	15-08-2010	31-12-2021	172.965
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO AGRICOLA (CDMC035)	METEOROLOGO	1.392.173	1.232.308	21-01-2020	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO	1.466.804	1.295.635	04-01-2016	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR DE APLICACIONES METEOROLOGICAS (CDMC033)	METEOROLOGO	1.392.173	1.176.584	21-01-2020	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR METEOROLOGICO DE CLIMATOLOGIA (CDMC036)	METEOROLOGO	1.449.766	1.239.008	01-01-2014	31-12-2021	No informa
2021	Octubre	Profesional	INVESTIGADOR OPERACIONAL DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACION (CDPA006)	TECNICO AERONAUTICO EN CONTROL DE TRANSITO AEREO	1.860.900	1.492.931	05-01-2017	31-12-2021	No informa

Mínimo Remuneraciones	1.215.846	979.061
Máximo Remuneraciones	3.056.273	2.656.978
Promedio Remuneraciones	1.764.137	1.509.361

ANEXO 15: REMUNERACIONES POR HONORARIOS MENSUALES PRESENTADOS POR LA DGAC

Año	Mes	Descripción de la función	Calificación profesional o formación	Región	Honorario total bruto	Remuneración líquida mensualizada	Pago mensual	Fecha de inicio	Fecha de término
2021	Octubre	Investigación y difusión de fenómenos aéreos anómalos en Chile.	PERIODISTA	Región Metropolitana de Santiago	1.180.073	1.044.365	Sí	01-07-2021	31-12-2021
2021	Octubre	Nuevo Sistema Eléctrico edificio Bienestar Social	INGENIERO CIVIL EN ELECTRICIDAD	Región Metropolitana de Santiago	2.291.667	2.028.125	Sí	06-09-2021	31-10-2021
2021	Octubre	Desarrollo y mejoras de funcionalidades en el Módulo Nómina	TECNICO DE NIVEL SUPERIOR TECNICO PROGRAMADOR EN COMPUTACION E INFORMATICA	Región Metropolitana de Santiago	1.400.000	1.239.000	Sí	01-10-2021	31-12-2021
2021	Octubre	Red Convergente de Telecomunicaciones Ethernet/IP.	INGENIERO CIVIL EN ELECTRONICA	Región Metropolitana de Santiago	1.912.393	1.692.468	Sí	01-07-2021	31-12-2021
2021	Octubre	Apoyo administrativo para el Subdepartamento Soporte Tics.	LICENCIA DE EDUCACION MEDIA	Región Metropolitana de Santiago	563.253	498.479	Sí	01-07-2021	31-12-2021
2021	Octubre	Sistema de Detección de Humo en edificio Bienestar Social	ARQUITECTO	Región Metropolitana de Santiago	1.300.000	1.150.500	Sí	06-09-2021	30-11-2021
2021	Octubre	Implementar el Sist. de Apoyo al Prog. Estatal de Seg. Operacional desarrollado por el Depto. Tics.	LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA	Región Metropolitana de Santiago	1.233.826	1.091.936	Sí	01-07-2021	31-12-2021
2021	Octubre	Apoyo Oficina de Partes.	LICENCIA ENSEÑANZA MEDIA	Región Metropolitana de Santiago	618.612	547.472	Sí	01-09-2021	31-12-2021
2021	Octubre	Apoyar a la Sección Finanzas en el proceso financiero contable.	ADMINISTRADOR PUBLICO	Región Metropolitana de Santiago	1.180.073	1.044.365	Sí	01-07-2021	31-12-2021

Promedio	1.297.766	1.148.523
Pago por Hora	6.729	5.955

ANEXO 16: REMUNERACIONES PRESENTADAS POR LA DGAC PARA EL PERSONAL INVESTIGATIVO

Estamento	Jornada	Unidad Monetaria	Valor Hora por Orden Ministerial	Bonificación Docente (30%) Art. 185, Letra m), D.F.L. Nº1 de 1997	Asig. Movilización, D.L. Nº 97, Art 6º de 1973	Comp. Base Asig. Modernizac. Ley 19.618	Incremento Colectivo, Ley 19.618.-	Incremento Institucional, Ley 19.618	Bono Imp. Asig. Modernización, Ley 19.618	Total Remuneración Bruta Mensualizada por Hora
PROFESOR CON TITULO	1	PESOS	24.157	7.247	7.335	3.624	0	1.840	1.120	**45.323**
PROFESOR SIN TITULO	1	PESOS	20.131	6.039	7.335	3.020	0	1.530	933	**38.988**

ANEXO 17: NÚMERO DE CASOS POR MES ACONTECIDOS CERCA Y LEJOS DE SANTIAGO A LO LARGO DE 10 AÑOS

Año/Tipo de Lugar	Cerca de Santiago	Lejos de Santiago	Total
2010	14	12	26
2011	25	12	37
2012	22	25	47
2013	23	22	45
2014	20	15	35
2015	19	14	33
2016	27	15	42
2017	25	11	36
2018	33	8	41
2019	12	15	27
2020	16	6	22
Promedio	21	14	36

Cerca de Santiago

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio
2010	1	2	3	2	0	1	1	0	1	1	1	1	14	1,17
2011	6	2	4	4	0	0	0	2	0	1	2	4	25	2,08
2012	1	3	2	0	1	0	2	4	0	2	2	4	21	1,75
2013	5	1	3	1	0	0	1	0	2	4	5	1	23	1,92
2014	5	0	3	0	0	1	2	3	0	1	2	1	18	1,50
2015	1	0	1	3	0	4	1	1	2	2	3	2	20	1,67
2016	2	2	2	1	3	1	1	2	1	1	6	5	27	2,25
2017	4	4	2	1	0	1	2	2	3	2	2	3	26	2,17
2018	3	4	3	1	1	7	4	3	0	3	2	1	32	2,67
2019	0	1	2	2	1	1	0	1	0	1	2	2	13	1,08
2020	3	1	2	1	1	0	0	0	0	3	1	2	14	1,17
												Promedio General	**21**	**2**

Lejos de Santiago

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio
2010	1	2	1	2	0	1	1	0	0	2	2	0	12	1,00
2011	2	2	0	1	1	2	1	1	0	0	1	1	12	1,00
2012	3	2	3	2	2	3	1	1	2	2	3	1	25	2,08
2013	2	4	2	1	0	2	1	1	1	2	4	2	22	1,83
2014	2	3	1	0	0	1	0	1	1	2	2	2	15	1,25
2015	1	3	3	0	1	0	1	0	0	1	2	1	13	1,08
2016	2	1	1	0	2	0	0	0	1	2	1	4	14	1,17
2017	1	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2	10	0,83
2018	2	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	8	0,67
2019	3	4	0	2	0	1	1	1	0	0	2	1	15	1,25
2020	4	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	8	0,67
												Promedio General	**14**	**1**

ANEXO 18: INICIATIVAS DE INVERSIONES EJECUTADAS POR LA DGAC A LO LARGO DE LOS AÑOS EN DIVERSAS ÁREAS

Las iniciativas de inversión ejecutadas por la DGAC el año 2017 sumaron un total de $12.197.304.129, distribuidas en las siguientes áreas:

Área del Proyecto	Monto en $
Seguridad Aeroportuaria	4.403.157.776
Navegación Aérea	**3.084.048.006**
Meteorología	2.224.633.878
Infraestructura y/o Equipamiento	**1.283.134.847**
Otros	1.070.170.020
Suministro y Respaldo de Energía	**84.591.991**
Seguridad Operacional	47.567.611
Total Inversión	**12.197.304.129**

Las iniciativas de inversión ejecutadas por la DGAC el año 2018 sumaron un total de $14.603.413.655, distribuidas en las siguientes áreas:

Área del Proyecto	Monto en $
Navegación Aérea	5.717.437.767
Seguridad Aeroportuaria	4.656.632.607
Otros	1.663.027.092
Infraestructura y/o Equipamiento	1.362.666.957
Meteorología	977.338.138
Suministro y Respaldo de Energía	179.610.551
Seguridad Operacional	46.700.543
Total Inversión	14.603.413.655

Las iniciativas de inversión ejecutadas por la DGAC el año 2019 sumaron un total de $13.026.211.223, distribuidas en las siguientes áreas:

Área del Proyecto	Monto en $
Navegación Aérea	5.722.140.643
Infraestructura y/o Equipamiento	2.363.050.134
Seguridad Aeroportuaria	1.826.820.550
Logística	1.596.719.900
Meteorología	1.225.493.468
Suministro/Respaldo de Energía	216.393.790
Seguridad Operacional	75.592.738
Total Inversión	**13.026.211.223**

Las iniciativas de inversión ejecutadas por la DGAC el año 2020 sumaron un total de M$7.707.609, distribuidas en las siguientes áreas:

Área del Proyecto	Monto en $
Navegación Aérea	4.043.968.959
Infraestructura y/o Equipamiento	1.672.224.706
Logística	1.043.916.160
Seguridad Aeroportuaria	389.340.211
Seguridad Operacional	244.953.615
Suministro/Respaldo de Energía	184.887.468
Meteorología	128.318.414
Total Inversión	**7.707.609.533**

BIBLIOGRAFÍA

DGAC. (2010). CAPÍTULO I GENERALIDADES. En DGAC, *DAP 13-16 INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN QUE INVOLUCRAN AERONAVES DE PESO MÁXIMO DE DESPEGUE SUPERIOR A 5.700 KGS* (pág. 2). Santiago: Dirección General de Aeronáutica Civil.

DGAC. (2017). ANEXO "A" INFORME DE INVESTIGACIÓN DE INCIDENTE DE TRÁNSITO AÉREO. En DGAC, *DAP 13-04 INVESTIGACIÓN DE INCIDENTE DE TRÁNSITO AÉREO* (págs. 14-15). Santiago: Dirección General de Aeronáutica Civil.

DGAC. (2017). CAPÍTULO 2 PRIMERAS MEDIDAS EN EL LUGAR DEL SUCESO. En DGAC, *DAP 13-02 NOTIFICACIÓN Y PRIMERAS MEDIDAS EN CASO DE ACCIDENTES E INCIDENTES* (págs. 7-8). Santiago : Dirección General de Aeronáutica Civil.

DGAC. (2017). CAPÍTULO I NOTIFICACIONES. En DGAC, *DAP 13-02 NOTIFICACIÓN Y PRIMERAS MEDIDAS EN CASO DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN* (págs. 5-6). Santiago: Dirección General de Aeronáutica Civil.

DGAC. (2017). PROPÓSITO. En DGAC, *DAP 13-02 NOTIFICACIÓN Y PRIMERAS MEDIDAS EN CASO DE ACCIDENTES E INCIDENTES* (pág. 3). Santiago: Dirección General Aeronáutica Civil.

DGAC. (2021). CAPÍTULO 1.- DEFINICIONES. En DGAC, *DAR 13 Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación* (págs. 1-3). Santiago: Dirección General de Aeronáutica Civil.

DGAC. (2021). CAPÍTULO 1.- DEFINICIONES. En DGAC, *DAR 13 Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación* (pág. 2). Santiago : Dirección General de Aeronáutica Civil.

DGAC. (2021). CAPÍTULO 5.- INVESTIGACIÓN; RESPONSABILIDAD POR LA INSTRUCCIÓN Y REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. En DGAC, *DAR 13*

Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación (pág. 13). Santiago: Dirección General de Aeronáutica Civil.

DGAC. (2021). CAPÍTULO 5.- INVESTIGACIÓN; RESPONSABILIDAD POR LA INSTRUCCIÓN Y REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. En DGAC, *INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN* (págs. 13-14). Santiago: Dirección General de Aeronáutica Civil.

DGAC. (2021). CAPÍTULO 6.- INFORME FINAL. En DGAC, *DAR 13 Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación* (págs. 20-22). Santiago: Dirección General de Aeronáutica Civil.

FUNDIBEQ. (2002). DEFINICIONES / CONCEPTOS; PROCESO. En FUNDIBEQ, *DIAGRAMA CAUSA – EFECTO* (págs. 2-10). Iberoamérica: FUNDIBEQ.

ISO. (22 de Septiembre de 2015). *ISO 9001:2015(es): Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*. Obtenido de ISO Online Browsing Platform (OBP): https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es

ISO. (03 de Abril de 2018). *ISO 31000:2018(es): Gestión del riesgo - Directrices*. Obtenido de ISO Online Browsing Platform (OBP): https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es

JTSB. (29 de Agosto de 2016). *Investigation Procedure*. Obtenido de Japan Transportation Safety Board Web site: https://www.mlit.go.jp/jtsb/investigation.html

NTSB. (1996). *The Investigation Process*. Obtenido de National Transport Safety Board Web Site: https://www.ntsb.gov/investigations/process/Pages/default.aspx

NTSB. (21 de Noviembre de 2021). *Investigation Reports Highway*. Obtenido de National Transport Safety Board Web Site: https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Pages/Reports.aspx?mode=Highway

OACI. (2003). Capítulo 2. ANTECEDENTES DE EXPERIENCIA PARA INVESTIGADORES. En OACI, *Cir 298. Guía de Instrucción para Investigadores de Accidentes de Aviación* (pág. 7). Québec: Organización de Aeronáutica Civil Internacional.

OACI. (27 de Agosto de 2018). Capítulo 2. Fundamentos de la gestión de la seguridad operacional ; La evolución de la seguridad operacional. En OACI, *Doc 9859 Manual de gestión de la seguridad operacional Cuarta Edición* (págs. 23-24). Quebec: Organización Civil de Aviación Internacional. Obtenido de Helinotas.

OACI. (2018). Capítulo 2. Fundamentos de la gestión de la seguridad operacional; El concepto de seguridad operacional. En OACI, *Doc 9859 Manual de gestión de la seguridad operacional Cuarta Edición* (pág. 23). Quebec: Organización Civil de Aviación Internacional.

OACI. (2020). Capítulo 8. Medidas de Prevención de Accidentes. En OACI, *Anexo 13 Investigación de accidentes e incidentes de aviación Duodécima Edición* (pág. 49). Québec: Organización Civil de Aviación Internacional.

OIT. (2019). EL MÉTODO ÁRBOL DE CAUSAS. En OIT, *Investigación de accidentes del trabajo a través del método del árbol de causas. Manual de formación para investigadores* (págs. 31-48). Santiago: Organización Internacional del Trabajo.

PS&M. (13 de Enero de 2019). *Análisis de Riesgo de Procesos (PHA) / BOW-TIE*. Obtenido de Process Safety & Management: https://psymingenieria.com/seguridad-procesos/analisis-riesgo-procesos-pha/bow-tie/

Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press.

Reason, J. (1990). The Contribution of Latent Human Failures to the Breakdown of Complex Systems. En J. Reason, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* (págs. 475-484). Londres: Royal Society.

Reason, J. (2004). Managing the Risks of Organizational Accidents. *Risk Management Conference* (pág. 5). Cleveland: University of Manchester.

SHK. (05 de Junio de 2015). *Investigation process*. Obtenido de Statens haverikommission Web site: https://www.havkom.se/en/om-shk/utredningsarbetet

SKYbrary. (30 de Noviembre de 2008). *Safety Management System*. Obtenido de SKYbrary Aviation Safety: https://skybrary.aero/articles/safety-management-system

SKYbrary. (21 de Marzo de 2017). *Sistema de clasificación y análisis de factores humanos (HFACS)*. Obtenido de SKYbrary Aviation Safety: https://skybrary.aero/articles/human-factors-analysis-and-classification-system-hfacs