

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA OPTIMIZAR LA
DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE AVIONES CESSNA DE LA EMPRESA
COLCHARTER IPS S.A.S.

JESSICA PAOLA MARQUEZ PEDROZA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA OPTIMIZAR LA
DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE AVIONES CESSNA DE LA EMPRESA
COLCHARTER IPS S.A.S.

JESSICA PAOLA MARQUEZ PEDROZA

MONOGRAFÍA DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR:
VICTOR HUGO MARQUEZ MONTERO
INGENIERO INDUSTRIAL ESPECIALISTA EN HIGIENE Y SALUD
OCUPACIONAL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

A mis padres por su apoyo, su incondicionalidad, sus enseñanzas y su ejemplo diario.

A mis hermanos como un testimonio que con disciplina y dedicación podemos obtener cualquier cosa que nos proponemos.

A mi ángel que desde el cielo me regala fortaleza espiritual para afrontar uno a uno los retos a los que a diario me enfrento.

A mi ingeniero, programador y profesor favorito.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi soporte espiritual.

A mi director de grado, el ingeniero Victor Márquez, por el tiempo, compromiso y dedicación durante el desarrollo de esta monografía.

A la organización por brindarme las herramientas y facilidades durante el proceso de formación académica y por permitirme hacer uso de la información de la compañía dentro del desarrollo de la presente monografía.

A mis compañeros de trabajo por su colaboración durante todo el proceso de recolección de información y etapas posteriores del desarrollo de la monografía.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron e hicieron parte el proceso de creación de este documento

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA COLCHARTER IPS S.A.S.....	16
1.1 DESCRIPCIÓN DE COLCHARTER IPS S.A.S.....	16
1.1.1 Visión.....	17
1.1.2 Misión	17
1.1.3 Servicios.....	17
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	19
2. MARCO TEORICO	21
3. MARCO CONCEPTUAL.....	23
3.1 LEY DE PARETO	23
3.1.1 Diagrama de Pareto	25
3.2 PRONÓSTICO.....	26
3.2.1 Coeficiente de autocorrelación.....	27
3.2.2 Método de Winters.....	28
3.3 ESTANDARIZACIÓN TIEMPOS.....	29
4. MARCO LEGAL.....	34

5. ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA.....	35
5.1 RECOLECCION DE DATOS DE VUELOS.....	35
5.1.1 Análisis de datos	36
5.1.2 Factor de autocorrelación.....	37
5.1.3 Pronóstico.....	37
5.2 ANALISIS DE PARETO PARA REPUESTOS	39
5.2.1 Análisis de Pareto.....	40
5.2.2 Procedimiento de manejo de repuestos	43
5.3 ESTUDIO DE TIEMPOS.....	46
5.3.1 Selección del trabajo.....	46
5.3.2 Descomponer el trabajo en elementos.....	46
5.3.3 Toma de observaciones iniciales	47
5.3.4 Cálculo de observaciones	47
5.3.5 Calculo del tiempo básico	52
5.3.6 Cálculo de Tolerancias.....	55
5.3.7 Patrón de Estandarización	57
5.3.8 Estándar de trabajo.....	58
6. EVALUACIÓN.....	61
7. CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXOS.....	67

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Métodos de análisis de tendencias	27
Tabla 2. Tabla datos de vuelo.....	36
Tabla 3. Tabla factor de auto correlación.....	37
Tabla 4. Tabla de pronóstico.....	38
Tabla 5. Tabla de repuestos	40
Tabla 6. Diagrama de Pareto reemplazo repuestos.....	41
Tabla 7. Diagrama de Pareto costos de inventario	42
Tabla 8. Procedimiento de manejo de repuestos.....	45
Tabla 9. Mediciones de tiempos por elemento (*).....	48
Tabla 10. Tiempos Observados	50
Tabla 11. Calculo de tiempos promedio.....	53
Tabla 12. Tiempos básicos por elemento	54
Tabla 13. Calculo de suplementos.....	55
Tabla 14. Tabla de tiempo estándar	57
Tabla 15. Tiempo estandarizado Servicio de 100 h.....	58
Tabla 16. Tiempo estandarizado Servicio de 200 h.....	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cessna 414 Colcharter IPS S.A.S.	16
Figura 2. Ley de Pareto	24
Figura 3. Análisis ABC, Ley de Pareto.....	24
Figura 4. Flujograma de Pareto	25
Figura 5. Técnicas de medición de trabajos	30
Figura 6. Tiempos de mantenimiento.....	33
Figura 7. Formato de reporte de operaciones de vuelo	35
Figura 8. Datos de vuelo.....	36
Figura 9. Grafica del pronóstico.....	39
Figura 10. Diagrama de Pareto reemplazo repuestos	41
Figura 11. Diagrama de Pareto costos de inventario.....	42
Figura 12. Diagrama de flujo manejo de repuestos	44
Figura 13. Tiempos totales de observación de elementos.....	50
Figura 14. Composición de los tiempos	62

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. FORMATO DE TOMA DE DATOS DE OBSERVACIONES	67
Anexo B. TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDAR.....	69
Anexo C. TABLA DE SUPLEMENTOS.....	70

RESUMEN

TITULO: MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA OPTIMIZAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE AVIONES CESSNA DE LA EMPRESA COLCHARTER IPS S.A.S. *

AUTOR: JESSICA PAOLA MÁRQUEZ PEDROZA **

PALABRAS CLAVES: PRONÓSTICO, PARETO, ESTUDIO DE TIEMPOS, ESTÁNDAR DE TRABAJO

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: Esta monografía tiene como objetivo estructurar un patrón de gestión de mantenimiento que permita mejorar las condiciones actuales de la ejecución del mismo en la empresa Colcharter IPS S.A.S., con el fin último de optimizar los tiempos en que las aeronaves permanecen en tierra y mejorar así la disponibilidad, particularmente, de la flota de aviones Cessna.

Para desarrollar el proyecto se tuvieron en cuenta varias consideraciones teóricas fundamentadas en la identificación de falencias en el modelo de mantenimiento actual de la organización. Como fueron, la teoría de los pronósticos con el fin de determinar los posibles patrones de tiempos de vuelo y poder estimar tiempos futuros. La teoría de Pareto cuya finalidad era poder establecer alternativas del manejo de repuestos y la rotación de los mismos teniendo en cuenta su movimiento y costo dentro del inventario y finalmente las técnicas de medición de tiempos con la que se buscaba proponer un estándar de trabajo para los servicios contemplados en el programa de mantenimiento programado de las aeronaves Cessna.

Se propuso una metodología de evaluación de resultados con el fin de comparar la efectividad del modelo planteado respecto a los datos históricos mantenidos por la organización, evidenciando una mejora considerable en los tiempos de ejecución de las tareas de mantenimiento programado impactando directamente en la disponibilidad operativa, lo que genera un impacto positivo en la prestación del servicio de transporte aéreo medicalizado.

*monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento,
Director: Victor Hugo Marquez Montero, Ingeniero Industrial

ABSTRACT

TITLE: MODEL OF MAINTENANCE MANAGEMENT TO OPTIMIZE THE AVAILABILITY OF THE CESSNA AIRCRAFT FLEET IN THE COLCHARTER IPS S.A.S. COMPANY *

AUTHOR: JESSICA PAOLA MÁRQUEZ PEDROZA **

KEYWORDS: PROGNOSIS, PARETO, STUDY TIMES, WORK STANDARD

DESCRIPTION OR CONTENT: This monograph aims to structure a maintenance management pattern that allows improving the current conditions of the execution of this in the company Colcharter IPS SAS, with the goal of optimizing the times when aircraft remain on land and thus improving the availability, particularly of the Cessna aircraft fleet.

To develop the project, I considered several theories based on the identification of flaws in the organization's current maintenance model. As they were, the theory of prognosis in order to determine possible patterns of flight times and be able to estimate future times. The Pareto theory whose purpose was to establish alternatives for the spare parts handling and their rotation, taking in count their movement and cost within the inventory and finally time measurement techniques which I sought to propose a standard of work for the services that are included in the scheduled maintenance program of Cessna aircraft.

A methodology for evaluating results was proposed, this in order to compare the effectiveness of the proposed model with the historical datas maintained by the organization, evidencing a considerable improvement in the execution times of the scheduled maintenance tasks, directly impacting the operational availability, that generates a positive impact in the provision of the medicalized air transport service.

*Monograph

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management, Director: Victor Hugo Marquez Montero, Industrial Engineer

INTRODUCCIÓN

Colcharter es una empresa cuya actividad es el transporte aéreo medicalizado de pacientes a lo largo del territorio colombiano, con una flota apropiada para las condiciones propias de la geografía y de los aeródromos nacionales.

Las dificultades en la programación de los servicios de mantenimiento debido a su operación no regular; los retrasos logísticos por la disponibilidad de los talleres de mantenimiento y la ausencia de los repuestos de alta rotación necesarios en los servicios generan disminución en la posibilidad de utilización de las aeronaves, incrementando los costos de operación para el cumplimiento de los requerimientos de los clientes.

Por lo anterior, en este proyecto se hace un análisis de los tiempos de vuelo, que permitan tener un pronóstico de la utilización de las aeronaves en periodos próximos permitiendo programar con mayor certeza los servicios correspondientes a 100 y 200 horas de vuelo.

A partir de la evaluación de las condiciones de mantenimiento, se determinan los factores que puedan estar afectando la duración de los servicios mencionados, de manera que se establezcan estándares de tiempo para la realización de estas actividades.

Así mismo, se revisan las partes requeridas en su desarrollo de manera que se puedan identificar aquellas críticas, teniendo en cuenta las cantidades utilizadas y los costos de las mismas, optimizando su manejo y garantizando que se cuente con ellas cuando se requieran.

Estos aspectos permitirán a la organización brindar una respuesta más oportuna a los clientes que requieran sus servicios en cualquier parte del territorio colombiano,

con menores costos de operación y cumplimiento de las regulaciones que en materia de aeronavegabilidad sean emitidas por parte de las autoridades respectivas.

1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA COLCHARTER IPS S.A.S.

1.1 DESCRIPCIÓN DE COLCHARTER IPS S.A.S.

Figura 1. Cessna 414 Colcharter IPS S.A.S.



Fuente: COLCHARTER IPS S.A.S.[sitio web]. 2017.Nuestra empresa. (recuperado sep. 2017). Disponible en : <http://www.colcharter.com/nuestra-empresa/>

Colcharter IPS SAS, es una empresa colombiana certificada por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil bajo la modalidad de “trabajos aéreos especiales ambulancia aérea”, especializada en vuelos ambulancia, la base principal es la ciudad de Bogotá (Aeropuerto El Dorado), y tiene una base auxiliar en la ciudad de Bucaramanga, cuenta con una variada flota de aeronaves, lo que ha permitido por 10 años, garantizar el mejor servicio en ambulancia aérea a nivel nacional y en ocasiones fuera del país, salvaguardando la vida de los pacientes.

1.1.1 Visión¹. Mantenernos como la mejor alternativa en ambulancia aérea en Colombia, gracias al liderazgo, seguridad, puntualidad y excelencia en el servicio, apoyándonos en altos niveles de competencia y compromiso de nuestros colaboradores.

1.1.2 Misión². Brindar un servicio de alta calidad, en el traslado aero-médico con la responsabilidad, seriedad y calidad que merece todos y cada uno de nuestros pacientes.

1.1.3 Servicios³. Prestamos servicios de transporte aéreo medicalizado nacional e internacional y traslado aéreo especializado de:

- ❖ Adultos.
- ❖ Pediátricos.
- ❖ Neonatales.
- ❖ Transporte de órganos.
- ❖ Prestamos servicios de transporte aéreo medicalizado nacional e internacional.
- ❖ Pacientes en condiciones de aislamiento.
- ❖ Quemados.
- ❖ Coronarios.
- ❖ Politraumatizados.
- ❖ Embarazadas de alto riesgo.
- ❖ Enfermedades crónicas.

¹ COLCHARTER IPS S.A.S.[sitio web]. Nuestra empresa. (recuperado sep. 2017). Disponible en : <http://www.colcharter.com/nuestra-empresa/>

² Ibid.,

³ Ibid,

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colcharter, es una empresa cuya actividad es el transporte aéreo medicalizado de pacientes a lo largo del territorio colombiano. Para cumplir dicha misión, cuenta en la actualidad con ocho aeronaves, un Twin Commander, dos Bechcraft C90, dos Piper PA34 y tres Cessna. Debido a las condiciones propias de la geografía y de los aeródromos nacionales, la flota de aeronaves que mejor se ajusta a estos requerimientos es la flota Cessna, de la cual dispone de los modelos C414 y C421C (*ver figura 1*). Sin embargo, a pesar de ser la flota óptima debido a sus condiciones técnicas, autonomía, rango de operación, distancias de despegue y aterrizaje, se ha evidenciado que dicha flota está presentando problemas de disponibilidad soportada en parte por el hecho que su operación *no regular*⁴ dificulta la programación de los servicios de mantenimiento.

El hecho de no tener programación en la operación genera problemas al momento del control y la ejecución de los servicios de mantenimiento (programado), principalmente por la falta de estandarización y la inestabilidad en las frecuencias de ejecución en los mismos, adicional a esto se evidencia que existen retrasos logísticos correspondientes con la disponibilidad de los talleres de mantenimiento, así como la ausencia de los repuestos de alta rotación en los servicios programados.

⁴. “Los servicios aéreos comerciales de transporte público podrán ser regulares o no regulares; los primeros son los que se prestan con arreglo a tarifas, itinerarios, condiciones de servicios y horarios fijos que se anuncian al público; los últimos no están sujetos a las modalidades mencionadas”. Fuente: Reglamentos aeronáuticos de Colombia RAC 3 Actividades Aéreas Civiles, numeral 3.6.3.3. Clases de servicios. <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%203%20-%20Actividades%20A%C3%A9reas%20Civiles.pdf>

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Plantear un modelo de gestión de mantenimiento para optimizar la disponibilidad de la flota de aviones Cessna para la empresa Colcharter IPS S.A.S.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ❖ Evaluar las condiciones actuales del mantenimiento y determinar los puntos críticos del modelo de gestión vigente
- ❖ Proponer un procedimiento de manejo de repuestos de alta rotación dentro de los servicios programados para aeronaves Cessna
- ❖ Estandarizar los tiempos de ejecución de los servicios de mantenimiento programado.
- ❖ Evaluar el desempeño del modelo de gestión de mantenimiento respecto a la disponibilidad de la flota Cessna.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a la misión propia de Colcharter IPS S.A.S. como ambulancia aérea, es decir el transporte aéreo medicalizado de pacientes a lo largo del territorio nacional, se hace necesario garantizar la disponibilidad de las aeronaves al momento que sean requeridas para operar.

Se ha evidenciado en diferentes ocasiones que, por situaciones propias de la programación y ejecución de las acciones de mantenimiento, se reduce la

disponibilidad de las aeronaves de la flota Cessna hasta en un 60% ocasionando que sea necesario reprogramar otras aeronaves (a veces alquiladas) con el fin de cumplir con los requerimientos de los clientes, incurriendo también en gastos adicionales.

Al plantear un modelo de gestión de mantenimiento para la flota Cessna de la organización, se busca no solo cumplir con los requerimientos propios de la operación no regular para el transporte aéreo medicalizado, sino también garantizar la oportuna respuesta ante cualquier necesidad de operación a lo largo del territorio nacional, incrementando la competitividad de la empresa y fortaleciendo su imagen ante los clientes y la autoridad aeronáutica.

2. MARCO TEORICO

La industria aeronáutica a lo largo de su desarrollo se ha posicionado como una de las más seguras, debido a la evolución en cuanto al control, vigilancia y gestión que a diario se establece, así como los procesos y procedimientos que se normalizan en materia de mantenimiento. De la misma manera las autoridades aeronáuticas y entes regulatorios de aviación civil establecen ciertos requerimientos que determinan y fijan la operación de las aeronaves independientemente si su operación es regular o no.

Colcharter cuenta actualmente con una flota diversa compuesta por un Twin Commander 690A, un C90 GTi, un C90, Dos C414, un C421C, un PA34-200T y un PA34-220T. La diversidad de flota con el fin de cubrir la mayoría de las rutas a nivel nacional y pudiendo operar casi cualquier aeródromo en Colombia.

Para la comprensión del contenido, metodología y desarrollo del proyecto de investigación que se adelanta para Colcharter IPS S.A.S., es necesario tener en cuenta algunos conceptos que son aplicables en la operación aérea y que serán de importante relevancia para llevar a cabo un óptimo modelo de gestión de mantenimiento.

El eje central que rige la operación de una aeronave y que en general proporciona parámetros de confiabilidad de esta, es lo que se entiende por aeronavegabilidad. Esta se define como una condición fundamental en una aeronave, que describe la aptitud técnica y legal que debe tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura, de tal manera que cumpla con los requisitos de su certificado tipo (TC) entendido este como el documento emitido por la entidad aeronáutica reguladora del estado fabricante (o certificador), por medio del cual se reconoce que un tipo de aeronave ha sido diseñada y aprobada para ser operada dentro de

las limitaciones establecidas en la hoja de datos del Certificado Tipo (TCDS) definiendo sus características y siguiendo las normas y procedimientos aprobados. Además de este cumple también con seguridad e integridad física, como aspecto vital que debe ser observado para cada una de sus partes, componentes y subsistemas, sin que con ello se altere su capacidad de ejecución y sus características de operación. La aeronavegabilidad es un aspecto importante para que la aeronave lleve una operación efectiva en cuanto al uso que se le da.

La condición aeronavegable de un producto aeronáutico se logra a través de la ejecución de un apropiado programa de mantenimiento, el cual es un compendio de todos los procedimientos, labores, equipos, instalaciones, documentos, repuestos, prácticas estándar y personal con el que debe contar una compañía para poder realizar labores de mantenimiento en todos sus niveles de manera cumplida, organizada y eficaz. Tal programa debe ser claro y ajustado a las políticas que la organización tenga frente al mantenimiento, así como del tipo y modelo de aeronaves con las que se cuente, donde se pueda dar cumplimiento a las reparaciones, inspecciones, pruebas y retorno a servicio de cada una. El principal propósito de consignar toda esta información dentro de un programa continuo es mantener en todo momento parámetros y medidas tolerables para que cada sistema o componente de la aeronave cumpla su función de manera correcta, y también poder generar un adecuado control y seguimiento a las acciones tomadas.

Todo esto bajo la premisa de mantener la disponibilidad, es decir la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que se le necesite después de haber iniciado su operación bajo condiciones estables, considerando que el tiempo total incluye el tiempo de operación, el de reparación, el inactivo, el gastado en mantenimiento preventivo, el administrativo y el logístico.

3. MARCO CONCEPTUAL

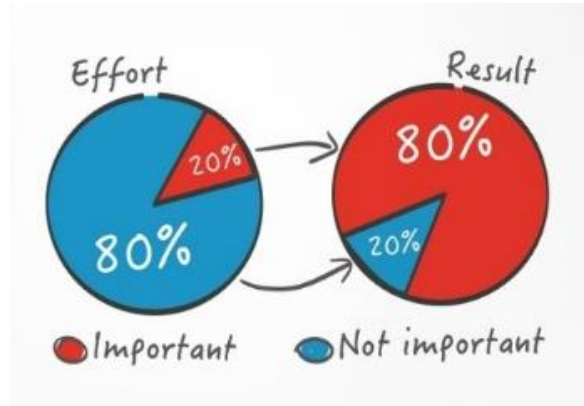
Existen, como ya se mencionó, una serie de factores generales que intervienen y son parte fundamental dentro del desarrollo del mantenimiento, tales como logística, programas, procedimientos, herramientas, repuestos, entre otros, que directamente afectan el desarrollo apropiado, en calidad y tiempo, de las labores de mantenimiento. Debido a esto, es importante efectuar un análisis de dichos factores teniendo en cuenta diferentes conceptos dentro del mantenimiento y establecer las estrategias para tratar los puntos críticos, teniendo en cuenta la estructura organizacional como operador y sin dejar de lado el propósito mismo de la organización y la exigencia de la autoridad aeronáutica, que es garantizar la condición de aeronavegabilidad de las aeronaves con el fin de que cumplan su propósito operativo de la mejor manera.

3.1 LEY DE PARETO

El principio de Pareto puede ayudar a hacer un análisis de problemas y poder priorizar, de las causas probables que generan un problema, cuáles son aquellas en las que nos tenemos que enfocar primero, a este principio se le conoce como el principio 80-20. (Ver figura 2)

Lo que Pareto analizó era como estaba distribuida la riqueza en Italia y se dio cuenta que un grupo muy pequeño de personas poseía la mayor cantidad de la riqueza, él determinó una proporción de 80-20: el 80% de la riqueza está en manos del 20% de la población, este principio se puede generalizar, lo que implica que en un proceso o una situación el 20% de las causas nos generan el 80% de los resultados.

Figura 2. Ley de Pareto



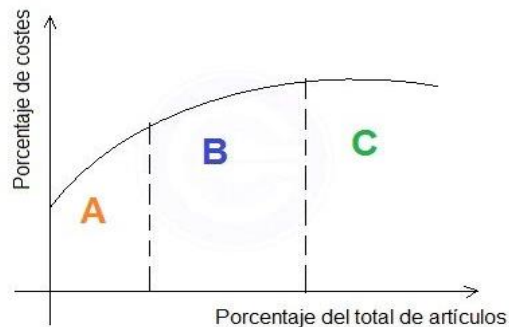
Fuente: 50minutos.es, El principio de Pareto [en línea] 2018. (recuperado enero 2018).

Disponible en: <https://www.50minutos.es/libro/el-principio-de-pareto/>

La ley de Pareto es una herramienta avanzada genérica de mantenimiento que sirve para identificar, jerarquizar y comparar datos, con el fin de mostrar que elementos componen el tema que se está analizando.

Este permite, mediante una representación gráfica o tabular, conocida como diagrama de Pareto, identificar en una forma decreciente los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o que tiene una ponderación o incidencia mayor y el análisis ABC (ver figura 3).

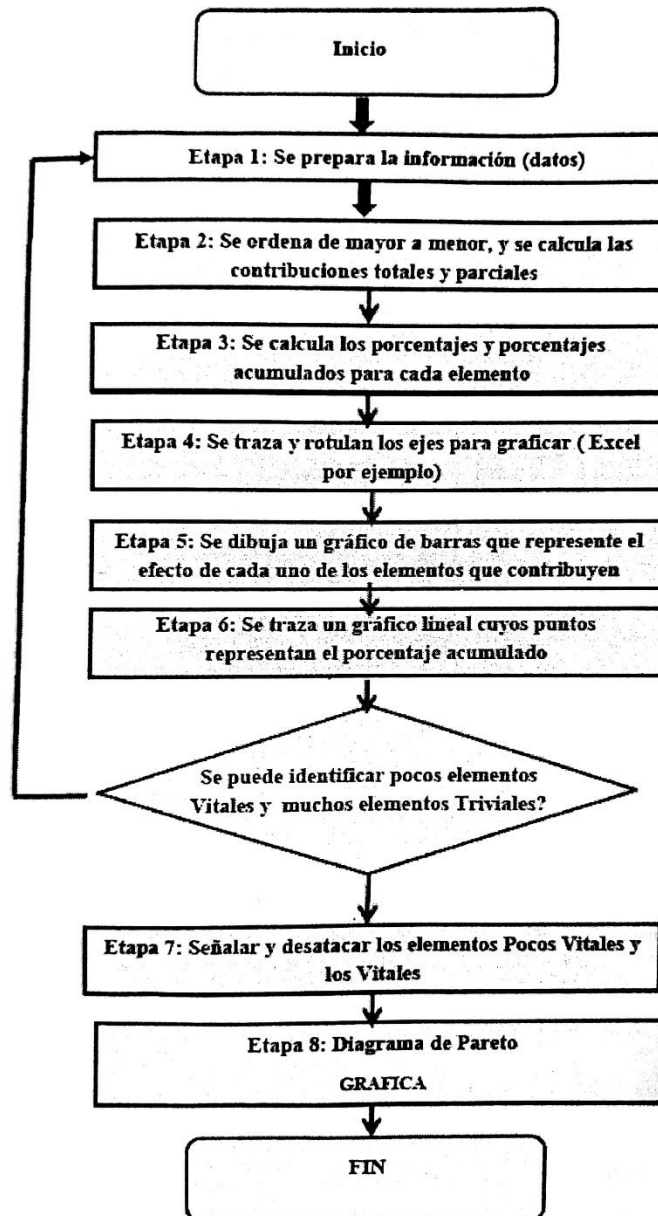
Figura 3. Análisis ABC, Ley de Pareto



Fuente: PEIRÓ, Rosario. Análisis ABC, Economipedia [sitio web]. (recuperado Enero 2018) Disponible: <http://economipedia.com/definiciones/analisis-abc.html>

3.1.1 Diagrama de Pareto. Para generar el diagrama de Pareto se tienen en cuenta las siguientes fases:

Figura 4. Flujograma de Pareto



Fuente: BORRÁS, Carlos. Memorias clase mantenimiento preventivo, Taller I) Pareto, p.1

3.2 PRONÓSTICO

Debido a la ausencia de programación de vuelos, como parte del procedimiento de manejo de repuestos es necesario hacer el análisis de los datos de vuelo y tiempos de mantenimiento a lo largo del año; se tienen en cuenta definiciones estadísticas como:

- Probabilidad: número que define la posibilidad que un evento suceda.
- Media: Promedio de los valores de la muestra.

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad [4.1]$$

- (σ^2 Varianza o s^2): promedio de las desviaciones cuadráticas de los valores de la muestra a partir de la media.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad [4.2]$$

- Desviación estándar (σ o s): es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

$$s = \sqrt{s^2} \quad [4.3]$$

Los datos de las series se examinan, buscando un patrón aprovechable para generar un pronóstico, teniendo en cuenta los conceptos de:

- Tendencia⁵: Es el componente de largo plazo que representa el crecimiento o disminución en la serie sobre un periodo de datos a largo plazo.
- Ciclo o ciclicidad⁶: Es la fluctuación en forma de onda (movimiento de datos hacia arriba y abajo) alrededor de una tendencia.
- Estacionalidad⁷: Es un patrón de cambio (variación regular) del nivel de los datos que se repite cada año para el mismo periodo.

⁵ HANKE, Jhon; E. REITSH, Arthur G. Pronósticos en los negocios. Eastern Washington University. 5^{ta}ed. México: Prentice Hall. (traducida al español), P.99

⁶ Ibíd.

⁷ Ibíd.

- Aleatoriedad⁸: mide la variabilidad de las series de tiempo después de retirar los otros componentes

Tabla 1. Métodos de análisis de tendencias

Método	Patrón de datos	No. Observaciones	Horizonte de Pronostico
Ingenuo	Estacionario	Pocas	Muy corto
Promedios móviles	Estacionario	Muchas	Muy corto
Suavización exponencial			
Simple	Estacionario	Pocas	Corto
De respuesta adaptativa	Estacionario	Pocas	Corto
De Holt	Tendencia	Pocas	Corto a medio
Suavización exponencial			
De Winters	Tendencia y estacionario	Mínimo 4 o 5 por estación	Corto a medio
Modelos de regresión			
De tendencia	Tendencia	Muchas	Corto a medio
Casual	Todos los patrones	Muchas, mínimo 10 datos por valor variable independiente	Corto, medio y largo
Descomposición de Series	Tendencia, estacionario y ciclos	Muchas	Corto, medio y largo
ARIMA	Estacionario o convertido en estacionario	Muchas	Corto, medio y largo

Fuente: JARAMILLO, Julian. Mantenimiento Predictivo, memorias clase mantenimiento preventivo: teoría de la predicción, Universidad Industrial de Santander, p.51

Es necesario determinar si los datos con los que se cuentan tienen o no un patrón de relación para así utilizar el método más adecuado para el análisis.

3.2.1 Coeficiente de autocorrelación⁹. Cuando se mide una variable a través del tiempo, con frecuencia está correlacionada consigo misma cuando se desfasa uno o más periodos.

⁸ HANKE, Jhon; E. REITSH, Arthur G. Pronósticos en los negocios. Eastern Washington University. 5^{ta}ed. México: Prentice Hall. (traducida al español), p.100

⁹ ibíd. P.101

Esta correlación se mide mediante el coeficiente de autocorrelación. Si este es 1 o -1 los datos están correlacionados, si este es 0 los datos no tienen relación.

$$P_t = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=k}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad [4.4]$$

En donde:

- $P_t =$ Coeficiente de autocorrelacion de primer orden
- $\bar{Y} =$ Media de los valores de la serie
- $Y_t =$ Observacion en el periodo t
- $Y_{t-k} =$ Observacion en k periodos anteriores o en el periodo t-k

3.2.2 Método de Winters. El modelo de atenuación exponencial lineal y estacional de Winters, es un método de pronóstico de triple exponente suavizante (tres parámetros de suavización Alfa, Beta y Gamma) y tiene la ventaja de ser fácil de adaptarse a medida que nueva información real está disponible, es una extensión del modelo de Holt (usado con frecuencia para manejar una tendencia lineal que atenúa en forma directa la tendencia y la pendiente, empleando diferentes constantes de atenuación para cada una de ellas), el método de Winters se usa para datos con patrón estacional o cíclico y tendencia, considera nivel, tendencia y estacionalidad de una determinada serie de tiempos.

Este método tiene dos principales modelos, según la estacionalidad; el modelo multiplicativo y el modelo aditivo. Este análisis se enfoca en el modelo multiplicativo cuyas formulas son:

La serie exponencialmente atenuada:

$$S_t = \alpha \left(\frac{X_t}{E_t} \right) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + B_{t-1}) \quad [4.5]$$

La estimación de la tendencia:

$$B_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)B_{t-1} \quad [4.6]$$

El factor estacional:

$$E_{t+P} = \gamma \left(\frac{X_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma) E_t \quad [4.7]$$

El pronóstico de P periodos en el futuro:

$$P_{t+p} = (S_t + B_t) E_{t+P} \quad [4.8]$$

En donde:

S_t = Nuevo valor atenuado (nivel)

α = Constante de atenuación de los datos ($0 < \alpha < 1$)

X_t = Nueva observación o valor real de la serie en el periodo t

β = Constante de atenuación de la estimación de la tendencia ($0 < \beta < 1$)

B_t = Estimación de la tendencia

P = Periodos a pronosticar en el futuro

P_{t+1} = Pronóstico de p periodos en el futuro

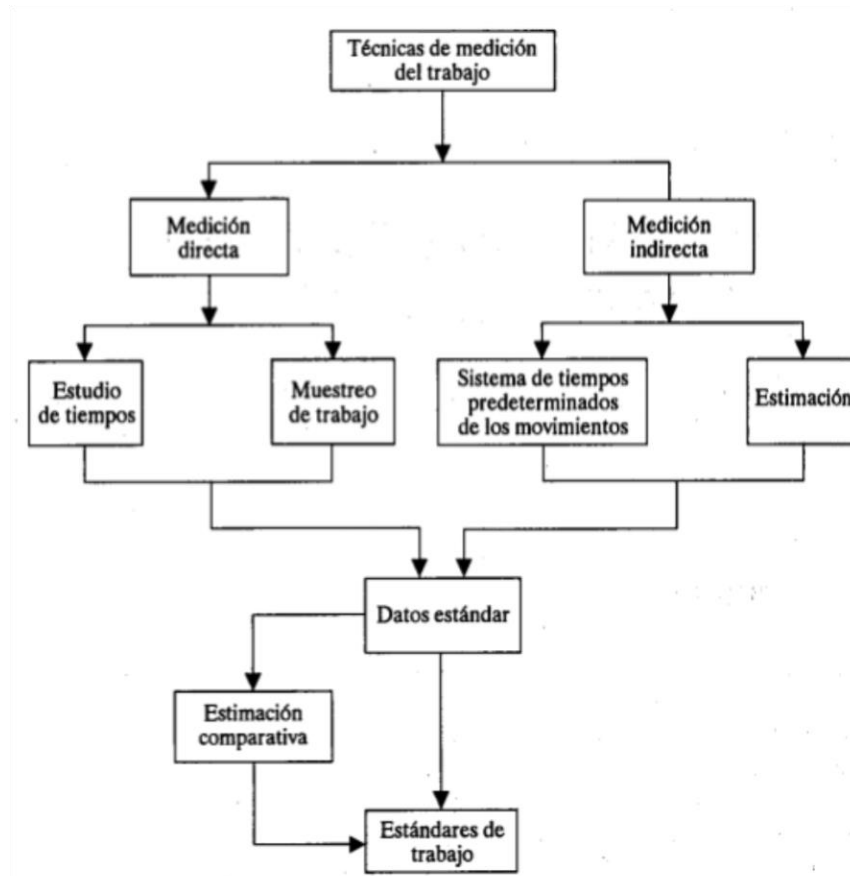
E_t = Estimación de la estacionalidad

γ = Constante de atenuación de la estimación de estacionalidad ($0 < \gamma < 1$)

3.3 ESTANDARIZACIÓN TIEMPOS

Con relación a la estandarización de los tiempos de trabajo, se utilizan las técnicas de medición de trabajo (ver figura 4), estas técnicas se utilizan cuando se requiere el desarrollo de datos estándar para trabajos de mantenimiento, se consideró un enfoque de medición directa, estudio de tiempos.

Figura 5. Técnicas de medición de trabajos



Fuente: DUFFUAA, Shalih; RAOUF. A; DIXON, John . Sistemas de mantenimiento Planeación y control. Mexico: Limusa,2000, p.124

Para desarrollar la técnica, se toma una muestra de tiempos a los técnicos de mantenimiento, se hace la medición del tiempo de trabajo, se suman los tiempos de trabajo y se adicionan tolerancias por condiciones variables de trabajo. Para hacer esto efectivo es necesario determinar la cantidad de observaciones requeridas, el aumento de estas incrementa la exactitud de la información.

El número de observaciones requeridas se determina así:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{A\mu} \right)^2 \quad [4.9]$$

Donde:

- $n =$ Número total de observaciones que deberán hacerse para proporcionar la exactitud deseada.
- $\mu =$ Media verdadera del tiempo de la actividad.
- $A =$ Exactitud deseada, expresada como una fracción del valor verdadero del parámetro de la población.
- $Z_{\alpha/2} =$ Desviación normal estandarizada que tiene $\frac{1}{2} \alpha$ como área restante en la cola de la distribución normal estandar mas allá de ella.
- $\sigma =$ Desviación estándar de la población.

Otro método estadístico sugiere aplicar la siguiente formula para un cierto número de observaciones preliminares (n'), con un nivel de confianza del 95.45% y un margen de error del $\pm 5\%$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n'} \sum x^2 - \sum (x)^2}{\sum x} \right)^2 \quad [4.10]^{10}$$

Donde:

- $n =$ Tamaño de la muestra que se desea calcular (número de observaciones)
- $n' =$ Número de observaciones del estudio preliminar
- $\Sigma =$ Suma de los valores
- $x =$ Valor de las observaciones
- 40 = Constante para un nivel de confianza de 95,45%.

El objetivo es llegar a un estándar (tiempo básico de trabajo) apropiado para un trabajador calificado. Este tiempo entonces corresponde con el tiempo que le toma

¹⁰ KANAWATY, G (publicado con la dirección de), Introducción al estudio del trabajo, Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo (OIT), cuarta edición (revisada), 1996, p.300

a un trabajador ejecutar su labor cuando trabaja a un ritmo estándar. Este tiempo se calcula así:

$$BT = OT \left(\frac{\text{calificación}}{\text{calificación estándar}} \right) \quad [4.11]$$

Donde:

BT= tiempo básico
 OT= Tiempo observado
 Calificación estándar = 100%

Al tiempo básico de trabajo es necesario adicionar tolerancias debidas a demoras o fatigas dadas en porcentaje del tiempo básico, las cuales pueden ser variables o constantes. Finalmente se establece un estándar de trabajo, que corresponde a:

$$\text{Estándar de Trabajo} = BT(1 + \text{Tolerancias}) \quad [4.12]$$

Finalmente, para evaluar el desempeño del modelo de gestión de mantenimiento se tendrá en cuenta la disponibilidad, entendiéndola como la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba/up) para realizar una función requerida bajo condiciones específicas en un instante dado de tiempo o durante un intervalo de tiempo determinado (*ver figura 5*).

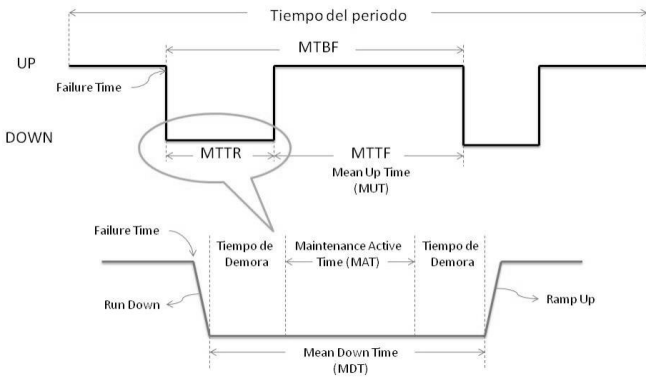
La disponibilidad Operacional (Do), se establece así:

$$Do = \frac{MUT}{MUT+MTTR} \quad [4.13]$$

Donde:

MTTR (Mean Time To Repair)= Es el tiempo promedio para reparar.
 MUT (Mean Up Time)= Es el tiempo promedio en operación (arriba) o tiempo promedio para fallar.

Figura 6. Tiempos de mantenimiento



Fuente: JIMENEZ, Alirio. Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, entendiendo sus diferencias. [En línea]. 24 octubre 2011. (recuperado en enero 2018) Disponible en: <https://mantenancela.blogspot.com.co/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>

4. MARCO LEGAL

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil o Aerocivil es el organismo estatal colombiano encargado del control y regulación de la aviación civil en Colombia. Es el resultado de la fusión del Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil y el Fondo Aeronáutico Nacional, ordenado por el Art. 67 del Decreto 2171 de 1992. En la actualidad la entidad se rige por el Decreto 260 del 28 de enero de 2004 con un nuevo ordenamiento administrativo y con nuevas dependencias.¹¹

La Aerocivil es la entidad encargada de normalizar y vigilar las operaciones aéreas; toda la normatividad aeronáutica de Colombia está contemplada bajo los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos (RAC). El RAC 3 normaliza todas las actividades aéreas civiles.

El RAC 4 es el que establece las normas de aeronavegabilidad y operación de aeronaves, donde se plantean los requerimientos y procedimientos de mantenimiento de aeronavegabilidad los cuales debe cumplir cualquier operador, y bajo el capítulo XXI se establecen las “normas especiales de operación para aeronaves en servicios aéreos comerciales de trabajos aéreos especiales” y el numeral “4.21.2.3. Ambulancia aérea” determina los requisitos para el transporte aéreo medicalizado.

Debido a que se efectúa el transporte de pacientes, es necesario también cumplir con la normatividad establecida para tal fin por el Ministerio de Salud y Protección Social.

¹¹ Fuente: UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONAUTICA CIVIL [sitio web]. Historia. (recuperado Julio 2018). Disponible en : <http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/historia>

5. ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA

Al iniciar el proyecto se realiza una evaluación inicial de las condiciones existentes del mantenimiento con el fin de determinar los factores que afectan los tiempos de ejecución de las tareas asociadas a este. Como resultado de esta evaluación se determinan dos actores principales que corresponden, en primer lugar con el suministro de los repuestos y en segundo lugar la ausencia de un estándar de trabajo para la ejecución de servicios.

Con esta premisa se determinan dos puntos principales para intervención que son:

1. Estructurar un procedimiento de manejo de repuestos; y
2. Establecer un estándar de trabajo.

5.1 RECOLECCION DE DATOS DE VUELOS

Apoyados del software de manejo de información de la organización y a partir de los reportes de operaciones de vuelo se toman los datos históricos de vuelos efectuados dentro del periodo comprendido entre los años 2016 y 2017 con el fin de establecer si tienen un patrón pronosticable.

Figura 7. Formato de reporte de operaciones de vuelo

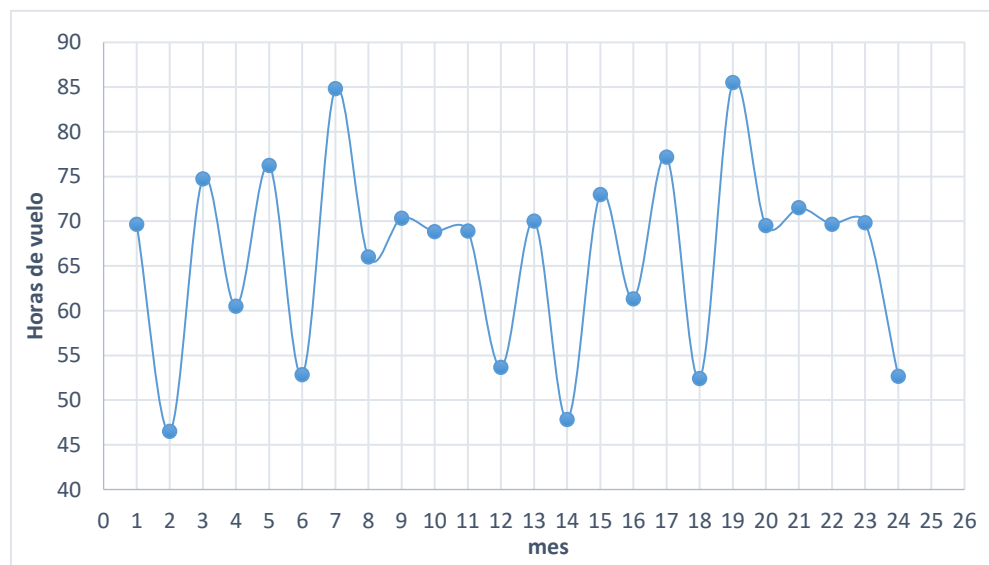
COLCHARTER IPS S.A.S.										
REPORTE DE OPERACIONES DE VUELO										
PERIODO: Desde: 01 Feb 14 hasta: 14 Feb 17 MATRICIAS: 16-1423										
Fecha	Hora Orig. - Desti...	Hora Estimada	Hora Adaptada	Tiempo Media	Hora Zona	Hora Luz	Tiempo Vuelo	Tripulación		
								Plaz.	Código	Nombre
22 Ene	1730			3:20	2:50					
	S101	17:05	17:35	1:00	17:10	17:30	1:00	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	17:55	18:25	1:00	17:50	18:20	1:00	Cap: 028	L. BARRIOS	
05 Feb	1731			2:08	2:08					
	S101	6:30	6:30	0:00	6:30	6:30	0:00	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	6:30	17:35	1:30	6:30	17:30	1:30	Cap: 028	L. BARRIOS	
05 Feb	1733			0:50	0:50					
	S101	17:50	18:00	0:10	18:00	18:10	0:10	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	17:50	18:00	0:10	18:00	18:10	0:10	Cap: 028	L. BARRIOS	
13 Feb	1734			0:20	0:00					
	S101	17:50	18:15	0:25	18:00	18:10	0:10	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	17:55	18:25	0:30	18:00	18:20	0:20	Cap: 028	L. BARRIOS	
13 Feb	1735			0:55	0:30					
	S101	0:30	11:45	1:15	0:30	11:30	1:00	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	0:30	17:35	1:05	0:30	17:30	1:00	Cap: 028	L. BARRIOS	
13 Feb	1736			0:50	0:50					
	S101	0:55	17:35	1:00	0:55	17:35	1:00	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	0:55	17:35	1:00	0:55	17:35	1:00	Cap: 028	L. BARRIOS	
14 Feb	1737			2:10	2:08					
	S101	11:40	12:15	0:35	11:30	12:10	0:40	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	11:45	12:15	0:30	11:30	12:10	0:40	Cap: 028	L. BARRIOS	
15 Feb	1738			0:15	0:00					
	S101	17:50	18:05	0:15	18:00	18:10	0:10	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	17:55	18:10	0:15	18:00	18:10	0:10	Cap: 028	L. BARRIOS	
18 Feb	1739			3:10	2:35					
	S101	18:15	18:45	0:30	18:10	18:30	0:20	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	18:20	18:50	0:30	18:10	18:30	0:20	Cap: 028	L. BARRIOS	
19 Feb	1740			3:30	3:35					
	S101	0:30	2:30	1:00	0:30	2:30	0:50	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	0:30	17:30	1:00	0:30	17:30	1:00	Cap: 028	L. BARRIOS	
21 Feb	1741			0:30	0:30					
	S101	2:10	0:15	0:05	2:10	0:10	0:50	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	2:10	17:35	1:35	2:10	17:30	1:30	Cap: 028	L. BARRIOS	
28 Feb	1742			0:55	0:30					
	S101	0:30	10:30	1:00	0:30	10:30	1:00	Plano: 020	W. ORTIZ	
	S102	0:30	17:35	1:00	0:30	17:35	1:00	Cap: 028	L. BARRIOS	

5.1.1 Análisis de datos. Con el fin de determinar y poder hacer un pronóstico de los tiempos (meses), se tabulan y grafican los datos recolectados de los en los reportes de operaciones de vuelo.

Tabla 2. Tabla datos de vuelo

año	mes	Tiempo (h)	año	mes	Tiempo (h)
2016	ene	69,666	2017	ene	70
	feb	46,5		feb	47,833
	mar	74,75		mar	73
	apr	60,5		apr	61,333
	may	76,25		may	77,166
	jun	52,833		jun	52,416
	jul	84,833		jul	85,5
	ago	66		ago	69,5
	sep	70,333		sep	71,5
	oct	68,833		oct	69,666
	nov	68,916		nov	69,833
	dic	53,666		dic	52,666

Figura 8. Datos de vuelo



5.1.2 Factor de autocorrelación. Para determinar si los datos están o no correlacionados se aplica la fórmula 4.4

Tabla 3. Tabla factor de auto correlación

t	Yt	Yt-1	(Yt- \bar{Y})	(Yt- \bar{Y}) ²	(Yt- \bar{Y})-(Yt- \bar{Y}) ²
1	69,666	0	3,27045833	10,69589771	-7,425439377
2	46,5	6,97E+01	-19,8955417	395,8325782	-415,7281199
3	74,75	4,65E+01	8,35445833	69,79697404	-61,44251571
4	60,5	7,48E+01	-5,89554167	34,75741154	-40,65295321
5	76,25	6,05E+01	9,85445833	97,11034904	-87,25589071
6	52,833	7,63E+01	-13,5625417	183,9425365	-197,5050781
7	84,833	5,28E+01	18,4374583	339,9398698	-321,5024115
8	66	8,48E+01	-0,39554167	0,15645321	-0,551994877
9	70,333	6,60E+01	3,93745833	15,50357813	-11,56611979
10	68,833	7,03E+01	2,43745833	5,941203127	-3,503744793
11	68,916	6,88E+01	2,52045833	6,35271021	-3,832251877
12	53,666	6,89E+01	-12,7295417	162,041231	-174,7707727
13	70	5,37E+01	3,60445833	12,99211988	-9,387661543
14	47,833	7,00E+01	-18,5625417	344,5679531	-363,1304948
15	73	4,78E+01	6,60445833	43,61886988	-37,01441154
16	61,333	7,30E+01	-5,06254167	25,62932813	-30,69186979
17	77,166	6,13E+01	10,7704583	116,0027727	-105,2323144
18	52,416	7,72E+01	-13,9795417	195,4275852	-209,4071269
19	85,5	5,24E+01	19,1044583	364,9803282	-345,8758699
20	69,5	8,55E+01	3,10445833	9,637661543	-6,53320321
21	71,5	6,95E+01	5,10445833	26,05549488	-20,95103654
22	69,666	7,15E+01	3,27045833	10,69589771	-7,425439377
23	69,833	6,97E+01	3,43745833	11,81611979	-8,37866146
24	52,666	6,98E+01	-13,7295417	188,5003144	-202,229856

\bar{Y}	6,64E+01	conclusion:	Son datos con tendencia
$\Sigma [(Yt-\bar{Y})-(Yt-\bar{Y})^2]$	-2671,99524	P_1	-1
$\Sigma (Yt-\bar{Y})^2$	2671,99524		

De la cual se obtiene que la autocorrelación es igual a “-1”, por lo que se puede establecer que los datos si están relacionados. Una vez se establece esto se procede a plantear el método pronóstico, como ya se estableció se utiliza el método de Winters para esto.

5.1.3 Pronóstico. Con base en los datos históricos recolectados se procede a hacer uso de las fórmulas establecidas en el numeral 3.2.2 y se obtiene lo siguiente:

Tabla 4. Tabla de pronóstico

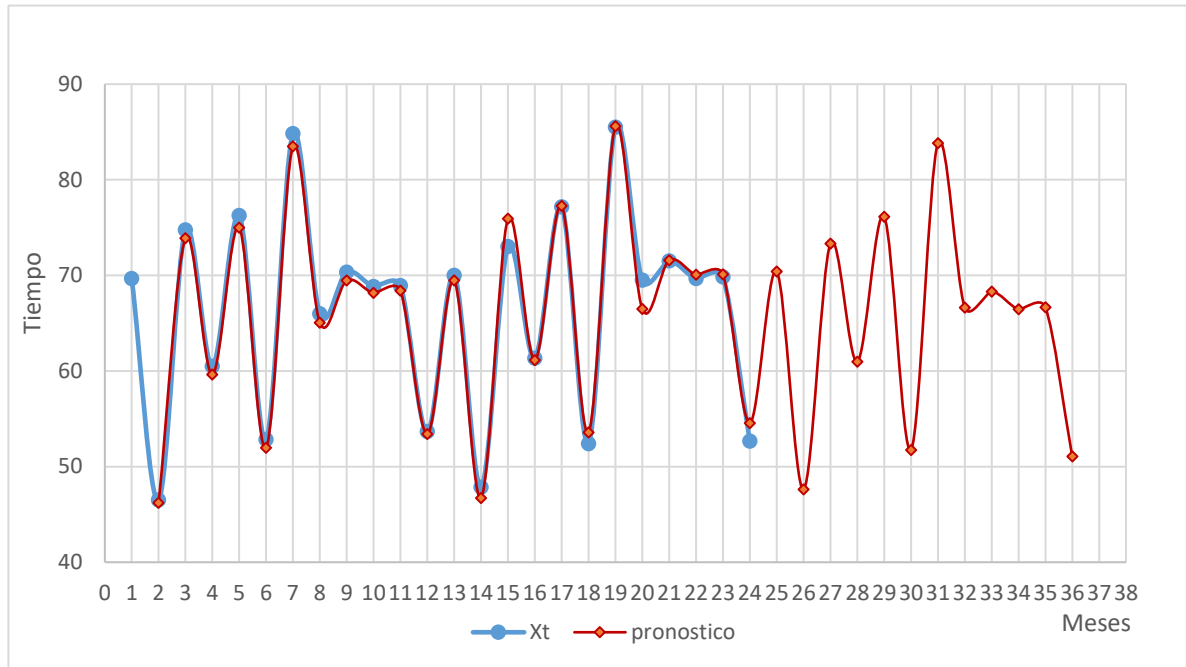
año		t	X _t	S _t	B _t	E _t	P _t	error	L	12
2016	2017	1	69,666	793,074	-5,22225	0,087842			alfa α	0,2
69,666	70	2	46,5	788,8974	-4,90856	0,058632	46,19346	0,306544	beta β	0,3
46,5	47,833	3	74,75	785,8071	-4,36309	0,094253	73,89313	0,856867	gamma γ	0,75
74,75	73	4	60,5	783,7712	-3,66493	0,076285	59,61235	0,887651	s1	793,074
60,5	61,333	5	76,25	782,701	-2,8865	0,096144	75,00265	1,247348	b1	-5,22225
76,25	77,166	6	52,833	782,4676	-2,09057	0,066617	51,94929	0,883713		
52,833	52,416	7	84,833	782,9176	-1,32839	0,106967	83,47421	1,358792		
84,833	85,5	8	66	783,8874	-0,63895	0,08322	65,04374	0,95626		
66	69,5	9	70,333	785,2148	-0,04905	0,088683	69,4611	0,871896		
70,333	71,5	10	68,833	786,7486	0,425803	0,086792	68,1461	0,686898		
68,833	69,666	11	68,916	788,3555	0,780142	0,086897	68,40282	0,51318		
68,916	69,833	12	53,666	789,9245	1,016804	0,067668	53,39909	0,266907		
53,666	52,666	13	70	792,1286	1,37299	0,087843	69,47853	0,521473		
Σ	793,074	800,413	14	47,833	797,318	2,517924	0,058865	46,70972	1,123282	
			15	73	793,7035	0,678187	0,094907	75,91007	2,910066	
			16	61,333	794,8856	0,829348	0,076964	61,1391	0,1939	
			17	77,166	795,5127	0,768679	0,0971	77,26418	0,098184	
			18	52,416	792,8046	-0,27436	0,067295	53,58585	1,169855	
			19	85,5	792,346	-0,32962	0,108008	85,59948	0,099475	
			20	69,5	799,1843	1,820765	0,083952	66,49119	3,008808	
			21	71,5	800,8496	1,774106	0,08935	71,56948	0,069482	
			22	69,666	801,6713	1,488406	0,087316	70,08177	0,41577	
			23	69,833	802,5352	1,301034	0,087287	70,10559	0,272586	
			24	52,666	798,2644	-0,37051	0,067871	54,55681	1,890814	
			25	70,40442	797,8939	-0,37051	0,088238	70,40442		
			26	46,19346	792,7431	-1,80458	0,059711	47,6206		
			27	73,89313	792,1627	-1,43732	0,092707	73,32568		
			28	59,61235	787,1952	-2,49638	0,077111	60,97343		
			29	75,00265	782,3618	-3,19749	0,097026	76,13641		
			30	51,94929	779,7822	-3,01213	0,06641	51,74413		
			31	83,47421	776,0946	-3,21478	0,107933	83,83875		
			32	65,04374	769,1987	-4,31912	0,086211	66,63051		
			33	69,4611	767,4759	-3,54021	0,089298	68,30186		
			34	68,1461	767,7978	-2,38156	0,087005	66,46598		
			35	68,40282	769,4302	-1,17738	0,087083	66,65508		
			36	53,39909	775,3234	0,943794	0,066449	51,04992		
								error	0,896076	

Obteniendo los siguientes datos como pronóstico para el 2018:

	t	X _t	S _t	B _t	E _t	P _t
Pronóstico 2018	25	70,40442	797,8939	-0,37051	0,088238	70,40442
	26	46,19346	792,7431	-1,80458	0,059711	47,6206
	27	73,89313	792,1627	-1,43732	0,092707	73,32568
	28	59,61235	787,1952	-2,49638	0,077111	60,97343
	29	75,00265	782,3618	-3,19749	0,097026	76,13641
	30	51,94929	779,7822	-3,01213	0,06641	51,74413
	31	83,47421	776,0946	-3,21478	0,107933	83,83875
	32	65,04374	769,1987	-4,31912	0,086211	66,63051
	33	69,4611	767,4759	-3,54021	0,089298	68,30186
	34	68,1461	767,7978	-2,38156	0,087005	66,46598

	t	X _t	S _t	B _t	E _t	P _t
	35	68,40282	769,4302	-1,17738	0,087083	66,65508
	36	53,39909	775,3234	0,943794	0,066449	51,04992

Figura 9. Grafica del pronóstico



El propósito del pronóstico es poder determinar y tener un estimado de los tiempos mensuales de vuelo para así establecer la frecuencia (aproximada) en meses de la entrada de las aeronaves a los servicios de mantenimiento.

5.2 ANALISIS DE PARETO PARA REPUESTOS

Se busca proponer un procedimiento de manejo de repuestos que busca determinar las acciones de mejora posibles teniendo en cuenta la normatividad aeronáutica vigente, las exigencias de manejo y control de la trazabilidad, además de las teorías de manejo y gestión de inventarios para determinar qué modelo de

reaprovisionamiento es el óptimo y permite equilibrar costos, estableciendo cuando y cuanto pedir.

5.2.1 Análisis de Pareto. Teniendo registro del historial de repuestos utilizados en los servicios se utiliza el diagrama de Pareto para determinar cuáles son los repuestos que mayor rotación tienen y que se requieren con mayor frecuencia.

Tabla 5. Tabla de repuestos

ITEM	REPUESTO	NUMERO DE PARTE	FREC FALLO / AÑO	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO REEMPLAZO AL AÑO
1	FILTER ASSY OIL	V14351	60	27,38	1642,8
2	HINGE DOOR LH & RH	5127050-15	15	135	2025
3	TUB PITOT DUAL SYSTEM	PH502	1	1668	1668
4	VALVE ASSY MANIFOLD DRAIN 1	1H19-5	3	500	1500
5	TIRE 6,50*10	C262003-0210	20	434,66	8693,2
6	LINING BRAKE	66-33	35	12,18	426,3
7	TIRE 6,00*6	CA262003-0204	10	241,48	2414,8
8	PIN COTTER	MS24665-143	15	0,08	1,2
9	VALVE FUEL SHUT OFF	9910201-2	1	1356	1356
10	VALVE DRAIN	50BSH4G	8	21,88	175,04
11	SEAL RETENTION FITTING	600-001-625	2	2,51	5,02
12	BATTERY BOX	5118347-12	3	443,48	1330,44
13	LIGHT ASSY TAXI	0842215-8	5	50	250
14	NAV LIGHT ASSY	C622001-0501/0502	4	86,35	345,4
15	ANTICOLLITION	30-1080-1/-5	1	21,85	21,85

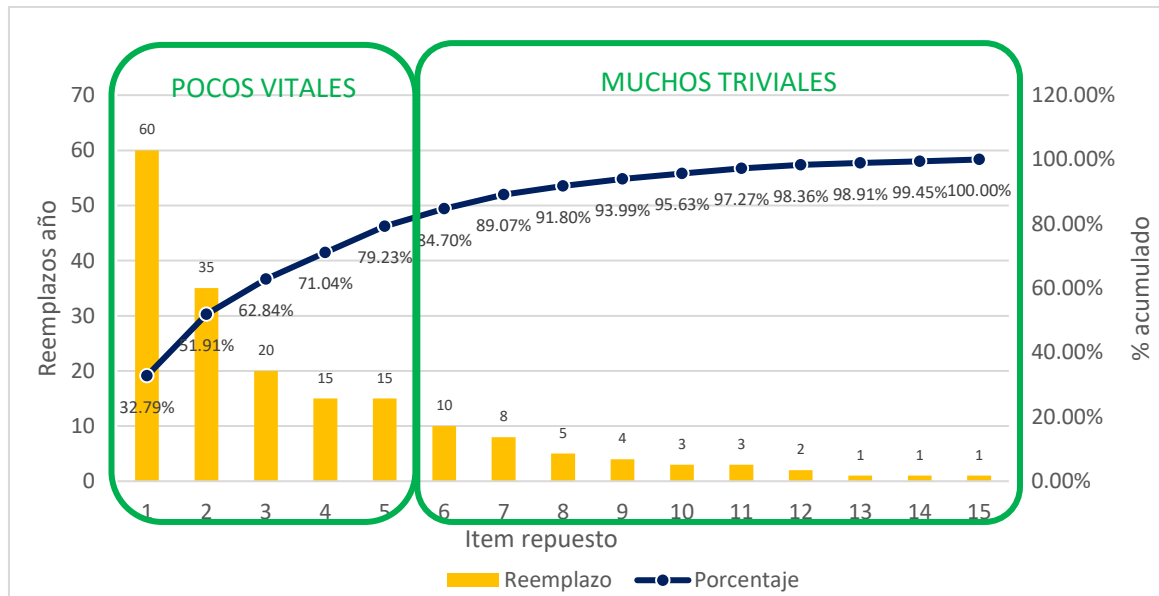
Con base en esta información se plantea el diagrama de Pareto, con el fin de determinar numéricamente la minoría de características vitales, es decir aquellos

repuestos que representan el 80% de los reemplazos (en este caso), entonces tenemos:

Tabla 6. Diagrama de Pareto reemplazo repuestos

ITEM	ITEM ORDENADO	REPUESTO	NUMERO DE PARTE	FREC. REEMPLAZO/ AÑO	% FALLAS	% ACUMULADO	COSTO UNITARIO	COSTO REEMPLAZO/ AÑO
1	1	FILTER ASSY OIL	V14351	60	32,79%	32,79%	27,38	1642,8
2	6	LINING BRAKE	66-33	35	19,13%	51,91%	12,18	426,3
3	5	TIRE 6,50*10	C262003-0210	20	10,93%	62,84%	434,66	8693,2
4	2	HINGE DOOR LH & RH	5127050-15	15	8,20%	71,04%	135	2025
5	8	PIN COTTER	MS24665-143	15	8,20%	79,23%	0,08	1,2
6	7	TIRE 6,00*6	CA262003-0204	10	5,46%	84,70%	241,48	2414,8
7	10	VALVE DRAIN	50BSH4G	8	4,37%	89,07%	21,88	175,04
8	13	LIGHT ASSY TAXI	0842215-8	5	2,73%	91,80%	50	250
9	14	NAV LIGHT ASSY	C622001-0501/0502	4	2,19%	93,99%	86,35	345,4
10	4	VALVE ASSY MANIFOLD DRAIN	1H19-5	3	1,64%	95,63%	500	1500
11	12	BATTERY BOX	5118347-12	3	1,64%	97,27%	443,48	1330,44
12	11	SEAL RETENTION FITTING	600-001-625	2	1,09%	98,36%	2,51	5,02
13	3	TUB PITOT DUAL SYSTEM	PH502	1	0,55%	98,91%	1668	1668
14	9	VALVE FUEL SHUT OFF	9910201-2	1	0,55%	99,45%	1356	1356
15	15	ANTICOLLISION	30-1080-1/5	1	0,55%	100,00%	21,85	21,85
			Σ	183	100%			21855,05

Figura 10. Diagrama de Pareto reemplazo repuestos

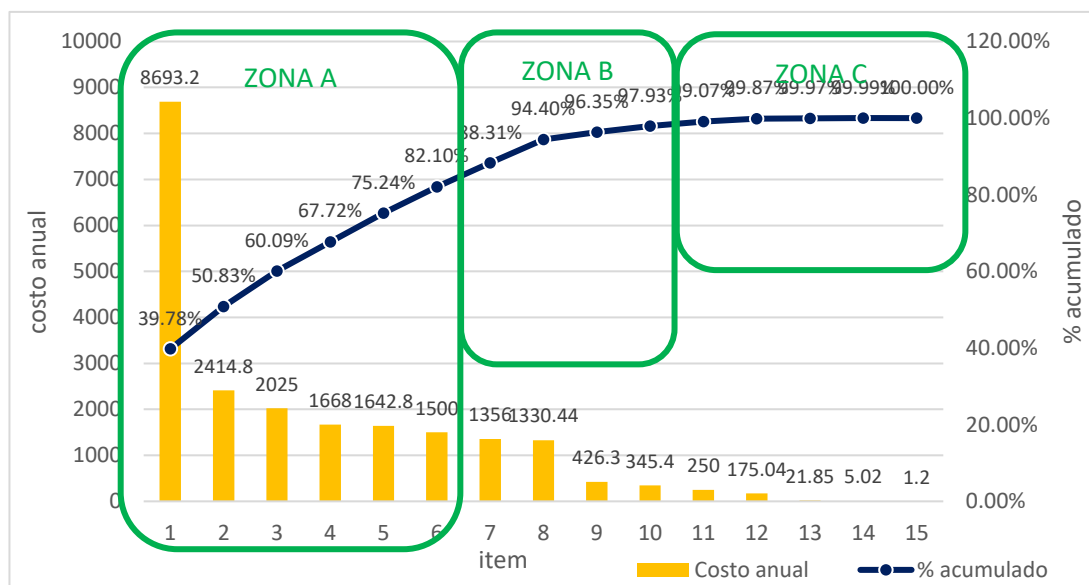


Con esta información se puede determinar que los repuestos de mayor rotación corresponden con los ítems 1, 6, 5, 2 y 8 de la tabla 5 pues representan el 80% del total de reemplazos, requieren mayor control, así como medidas que garanticen su disponibilidad como pueden ser contratos de suministro con proveedores. De la misma manera se evaluaron los costos de inventario actuales.

Tabla 7. Diagrama de Pareto costos de inventario

ITEM	ITEM ORDENADO	REPUESTO	NUMERO DE PARTE	FREC. REEMPL AZO / AÑO	COSTO UNITARIO	COSTO REEMPL AZO/AÑO	% COSTOS	% ACUMULADO
1	5	TIRE 6,50*10	C262003-0210	20	434,66	8693,2	39,78%	39,78%
2	7	TIRE 6,00*6	CA262003-0204	10	241,48	2414,8	11,05%	50,83%
3	2	HINGE DOOR LH & RH	5127050-15	15	135	2025	9,27%	60,09%
4	3	TUB PITOT DUAL SYSTEM	PH502	1	1668	1668	7,63%	67,72%
5	1	FILTER ASSYOIL	V14351	60	27,38	1642,8	7,52%	75,24%
6	4	VALVE ASSY MANIFOLD DRAIN 1	1H19-5	3	500	1500	6,86%	82,10%
7	9	VALVE FUEL SHUT OFF	9910201-2	1	1356	1356	6,20%	88,31%
8	12	BATTERY BOX	5118347-12	3	443,48	1330,44	6,09%	94,40%
9	6	LINING BRAKE	66-33	35	12,18	426,3	1,95%	96,35%
10	14	NAV LIGHT ASSY	C622001-0501/0502	4	86,35	345,4	1,58%	97,93%
11	13	LIGHT ASSY TAXI	0842215-8	5	50	250	1,14%	99,07%
12	10	VALVE DRAIN	50BSH4G	8	21,88	175,04	0,80%	99,87%
13	15	ANTICOLLITION	30-1080-1/-5	1	21,85	21,85	0,10%	99,97%
14	11	SEAL RETENTION FITTING	600-001-625	2	2,51	5,02	0,02%	99,99%
15	8	PIN COTTER	MS24665-143	15	0,08	1,2	0,01%	100,00%
			Σ	183		21855,05	100%	

Figura 11. Diagrama de Pareto costos de inventario



Los repuestos de la zona "A" que corresponden con los ítems 5, 7, 2, 3, 1 y 4 de la tabla 5, requieren un mayor nivel de exigencia y rigor en el control y la seguridad, pues corresponde con aquellos repuestos que representan el 80% del valor total del inventario además debe de contar con ventajas de ubicación y espacio respecto a los otros repuestos

Los repuestos de la zona "B" que corresponden con el 15% del valor total del inventario deben ser seguidos y controlados idealmente por un sistema computarizado que incluya revisiones periódicas, además los requerimientos en cuanto a la de seguridad que brinden un control adecuado aun cuando la frecuencia de órdenes para estos es menor.

Finalmente los repuestos de la zona "C" que representan el 5% del valor total del inventario corresponden con el menor número de unidades dentro del inventario por lo que no requieren un sistema de control exigente, una simple rutina de verificación es adecuada para su seguimiento.

5.2.2. Procedimiento de manejo de repuestos. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, una vez identificados los repuestos de mayor rotación y mayor impacto en el costo de los inventarios, se estableció el procedimiento de manejo de los mismos, esto con el fin de tener el control y poder hacer un mejor seguimiento no solo de los repuestos que ya hacen parte del inventario sino de los que sean requeridos conforme se desarrollen las labores de mantenimiento. Dicho procedimiento se describe en el diagrama de flujo a continuación:

Figura 12. Diagrama de flujo manejo de repuestos

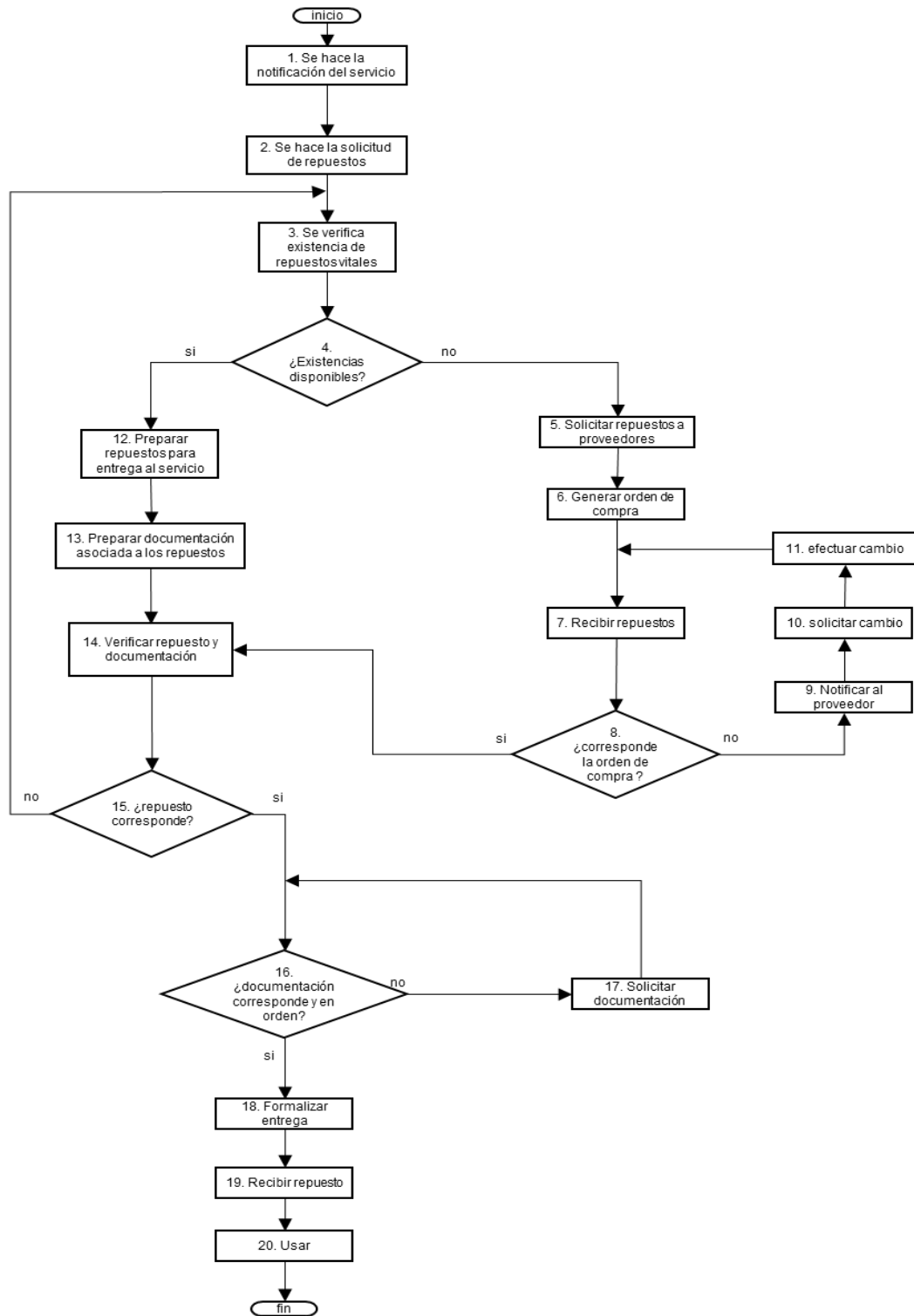


Tabla 8. Procedimiento de manejo de repuestos

ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	AREA INTERESADA
inicio			
1.	Se hace la notificación del servicio	Ingeniería	Inspección
2.	Se hace la solicitud de repuestos	Inspector técnico (AIT)	almacén
3.	Se verifica existencia de repuestos vitales	Almacén- AIT	Inspección
4.	Se verifican si las existencias requeridas están disponibles. Si hay existencias prosiga al paso 12. Si no hay existencias siga al paso 5.	Almacén	Inspección
5.	Solicitar repuestos a proveedores	Almacén	Compras
6.	Generar orden de compra	Compras	Proveedores
7.	Recibir repuestos	Almacén- AIT	Inspección
8.	Verificar si la orden de compra corresponde con lo entregado, si corresponde siga al paso 14, si no corresponde vaya al paso 9.	Almacén	Almacén
9.	Hacer la notificación al proveedor de la inconsistencia	Almacén	proveedores
10.	Solicitar el cambio de la orden	Almacén	proveedores
11.	Efectuar cambio. Una vez se hace este paso se repite el proceso desde el paso 7	Proveedor	Almacén-inspección
12.	Preparar repuestos para entrega al servicio	Almacén	inspección
13.	Preparar documentación asociada a los repuestos	Almacén	inspección
14.	Verificar repuestos y documentación	AIT	Calidad
15.	Comprobar que los repuestos correspondan con la solicitud. Si corresponden ir al paso 16. Si no corresponden regresar al paso 3	AIT	Almacén

ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	AREA INTERESADA
16.	Evaluar que la documentación suministrada corresponda con el repuesto y este de acuerdo con lo requerido. Si la documentación cumple los requisitos siga al paso 18. Si no cumple vaya al paso 17	AIT	Calidad
17.	Solicitar documentación	AIT	Almacén
18.	Formalizar entrega	Almacén	AIT
19.	Recibir repuestos	AIT	Técnico
20.	Usar	Técnico	
fin			

5.3. ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es un método de medición de trabajo directo, mediante el registro de los tiempos y ritmos de trabajo en el desarrollo de las actividades dentro de un proceso determinado. Para efectuar dicha medición se tuvieron en cuenta los siguientes pasos.

5.3.1 Selección del trabajo. Se ha determinado que el trabajo en el cual se va a efectuar la observación son las tareas descritas dentro de los servicios de 100 y 200 horas, ejecutadas en el Taller Aeronáutico de Reparaciones (TAR) de la base Bucaramanga.

5.3.2 Descomponer el trabajo en elementos. Cada elemento corresponderá con las tareas descritas en el paso a paso del servicio según sistema, para facilitar la medición y el análisis del tiempo de trabajo. De acuerdo con las guías de trabajo, se determinaron veintinueve elementos a medir numerados de 1 a 29; cada elemento corresponde con un sistema de avión

5.3.3 Toma de observaciones iniciales. Como parte del proceso de toma de datos se requiere una muestra de observaciones iniciales, para dicha toma se eligieron los técnicos que serán medidos quienes cumplen a cabalidad requisitos como entrenamiento en la ejecución de la tarea, experticia en el desarrollo de la tarea además de aptitudes físicas y mentales para la ejecución de las tareas, se evalúan teniendo en cuenta la manera habitual en que desarrollan las actividades incluidas las pausas usuales de la labor.

El analista encargado de tomar los tiempos fue seleccionado considerando sus facultades y actitudes como paciencia y serenidad, además se le entrenó en el manejo del cronómetro y el diligenciamiento del formato de registro (anexo A).

Se determinó también hacer la medición con el cronometraje de vuelta a cero, es decir al acabar cada elemento, el reloj vuelve a cero y vuelve de nuevo en marcha al iniciar inmediatamente el próximo elemento.

5.3.4 Cálculo de observaciones. Para tener un resultado fiable de tiempos es necesario determinar el número de observaciones requeridas. Para tal fin es necesario, *“tomar una muestra inicial n_1 y estimar σ y μ , con S y \bar{X} respectivamente, sustituir S y \bar{X} en lugar de σ y μ en 4.9 y calcular n ”*.¹²

Se determinó tomar 15 observaciones como muestra previa para el cálculo de las observaciones requeridas, con un 95% de nivel de confianza y un 5% de margen de error.

¹² DUFFUAA, Shalih; RAOUF. A; DIXON, John. Sistemas de mantenimiento Planeación y control. Mexico: Limusa,2000 p.126

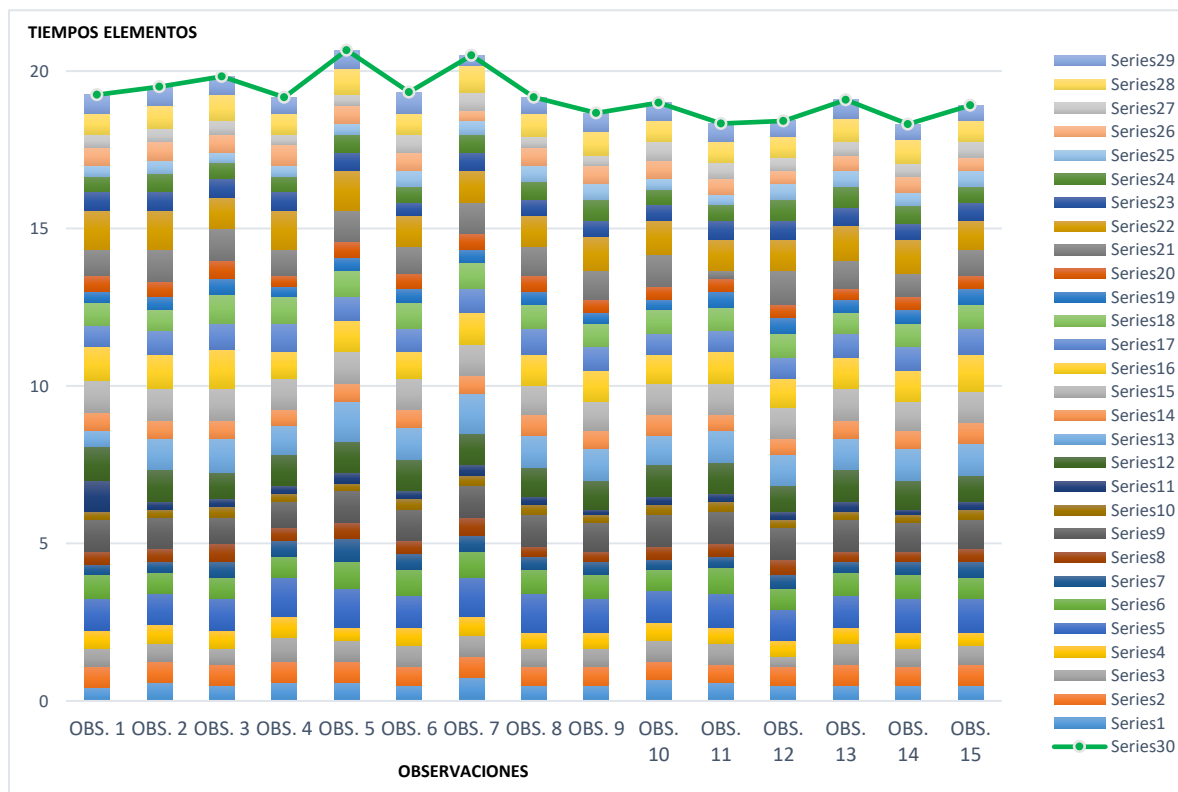
Tabla 9. Mediciones de tiempos por elemento (*)

ELE.	100	200	OBS.1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	OBS. 7	OBS. 8
1		X	0,417	0,583	0,500	0,583	0,583	0,500	0,750	0,500
2	X	X	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,583	0,667	0,583
3		X	0,583	0,583	0,500	0,750	0,667	0,667	0,667	0,583
4	X	X	0,583	0,583	0,583	0,667	0,417	0,583	0,583	0,500
5		X	1,000	1,000	1,000	1,250	1,250	1,000	1,250	1,250
6	X	X	0,750	0,667	0,667	0,667	0,833	0,833	0,833	0,750
7	X	X	0,333	0,333	0,500	0,500	0,750	0,500	0,500	0,417
8	X	X	0,417	0,417	0,583	0,417	0,500	0,417	0,583	0,333
9		X	1,000	1,000	0,833	0,833	1,000	1,000	1,000	1,000
10	X	X	0,250	0,250	0,333	0,250	0,250	0,333	0,333	0,333
11	X	X	1,000	0,250	0,250	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250
12	X	X	1,083	1,000	0,833	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917
13		X	0,500	1,000	1,083	0,917	1,250	1,000	1,250	1,000
14	X	X	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,583	0,583	0,667
15		X	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917
16		X	1,083	1,083	1,250	0,833	1,000	0,833	1,000	1,000
17		X	0,667	0,750	0,833	0,917	0,750	0,750	0,750	0,833
18	X	X	0,750	0,667	0,917	0,833	0,833	0,833	0,833	0,750
19	X	X	0,333	0,417	0,500	0,333	0,417	0,417	0,417	0,417
20	X	X	0,500	0,500	0,583	0,333	0,500	0,500	0,500	0,500
21	X	X	0,833	1,000	1,000	0,833	1,000	0,833	1,000	0,917
22		X	1,250	1,250	1,000	1,250	1,250	1,000	1,000	1,000
23	X	X	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583	0,417	0,583	0,500
24		X	0,500	0,583	0,500	0,500	0,583	0,500	0,583	0,583
25	X	X	0,333	0,417	0,333	0,333	0,333	0,500	0,417	0,500
26	X	X	0,583	0,583	0,583	0,667	0,583	0,583	0,333	0,583
27	X	X	0,417	0,417	0,417	0,333	0,333	0,583	0,583	0,333
28		X	0,667	0,750	0,833	0,667	0,833	0,667	0,833	0,750
29	X	X	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,667	0,333	0,500
TOTAL			19,250	19,500	19,833	19,167	20,667	19,333	20,500	19,167

ELE.	100	200	OBS. 9	OBS. 10	OBS. 11	OBS. 12	OBS. 13	OBS. 14	OBS. 15
1		X	0,500	0,667	0,583	0,500	0,500	0,500	0,500
2	X	X	0,583	0,583	0,583	0,583	0,667	0,583	0,667
3		X	0,583	0,667	0,667	0,333	0,667	0,583	0,583
4	X	X	0,500	0,583	0,500	0,500	0,500	0,500	0,417
5		X	1,083	1,000	1,083	1,000	1,000	1,083	1,083
6	X	X	0,750	0,667	0,833	0,667	0,750	0,750	0,667
7	X	X	0,417	0,333	0,333	0,417	0,333	0,417	0,500
8	X	X	0,333	0,417	0,417	0,500	0,333	0,333	0,417
9		X	0,917	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	0,917
10	X	X	0,250	0,333	0,333	0,250	0,250	0,250	0,333
11	X	X	0,167	0,250	0,250	0,250	0,333	0,167	0,250
12	X	X	0,917	1,000	1,000	0,833	1,000	0,917	0,833
13		X	1,000	0,917	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
14	X	X	0,583	0,667	0,500	0,500	0,583	0,583	0,667
15		X	0,917	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	1,000
16		X	1,000	0,917	1,000	0,917	1,000	1,000	1,167
17		X	0,750	0,667	0,667	0,667	0,750	0,750	0,833
18	X	X	0,750	0,750	0,750	0,750	0,667	0,750	0,750
19	X	X	0,333	0,333	0,500	0,500	0,417	0,417	0,500
20	X	X	0,417	0,417	0,417	0,417	0,333	0,417	0,417
21	X	X	0,917	1,000	0,250	1,083	0,917	0,733	0,833
22		X	1,083	1,083	1,000	1,000	1,083	1,083	0,917
23	X	X	0,500	0,500	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583
24		X	0,667	0,500	0,500	0,667	0,667	0,583	0,500
25	X	X	0,500	0,333	0,333	0,500	0,500	0,417	0,500
26	X	X	0,583	0,583	0,500	0,417	0,500	0,500	0,417
27	X	X	0,333	0,583	0,500	0,417	0,417	0,417	0,500
28		X	0,750	0,667	0,667	0,667	0,750	0,750	0,667
29	X	X	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,500	0,500
TOTAL			18,667	19,000	18,333	18,417	19,083	18,317	18,917

(*) Los tiempos se tienen en unidades horarias porque es en la que se mide el tiempo de trabajo; es sobre la que liquidan el salario y es la de interés para la operación.

Figura 13. Tiempos totales de observación de elementos



Análisis de las observaciones para el cálculo del número requerido:

Tabla 10. Tiempos Observados

Observación	Tiempo del elemento observado X_i	X_i^2
1	19,250	370,5625
2	19,500	380,2500
3	19,833	393,3478
4	19,167	367,3738
5	20,667	427,1248
6	19,133	366,0716
7	20,500	420,2500
8	19,167	367,3738
9	18,667	348,4568
10	19,000	361,0000
11	18,333	336,0988

Observación	Tiempo del elemento observado Xi	Xi ²
12	18,417	339,1858
13	19,083	364,1608
14	18,317	335,5124
15	18,917	357,8528
Σ	287,951	5534,622

Entonces:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n'} X_i}{n'} = \frac{287,951}{15} = 19,1967333$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - \left(\frac{\sum(X_i)^2}{n}\right)}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5534,62268 - \left(\frac{287,951^2}{15}\right)}{14}} = 0.7022474$$

Usando la ecuación 4.9, se obtiene n (Z = desviación normal estandarizada 1.96 de la tabla normal estándar, ver anexo B)

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} S}{A\bar{X}}\right)^2$$

$$n = \left(\frac{1.96(0.7022474)}{0.05(19,1967333)}\right)^2$$

$$n = \left(\frac{1.37640482}{0.95983667}\right)^2 = 2.05635$$

Como medida de verificación se usó la ecuación 4.10:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n'} \sum x^2 - \sum(x)^2}{\sum x} \right)^2$$

Con $n' = 15$ y los valores para X de la tabla 3, obteniendo entonces:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{15} * 5534,62268 - (287,951)^2}{287,951} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{407,06127}{287,951} \right)^2 = 1,9983 \approx 2$$

De acuerdo con los datos señalados las dos fórmulas establecen que son requeridas 2 observaciones por lo que las tomadas previamente son suficientes para el estudio.

5.3.5 Cálculo del tiempo básico. El tiempo básico corresponde con el tiempo que le toma al trabajador ejecutar el trabajo a un ritmo estándar, se estudian las lecturas tomadas y se determinan las variaciones. Teniendo en cuenta esto, se excluyen las lecturas consideradas no consistentes y se promedian los tiempos con la cantidad de lecturas consistentes obteniendo así el tiempo promedio por elemento.

$$OT = \frac{\sum Xi}{Lc} \quad [4.14]$$

Tabla 11. Calculo de tiempos promedio

ELEMENTO	100	200	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	OBS. 7	OBS. 8	OBS. 9	OBS. 10	OBS. 11	OBS. 12	OBS. 13	OBS. 14	OBS. 15	Σxi	LC	OT
1		X	0,417	0,583	0,500	0,583	0,583	0,500	0,750	0,500	0,500	0,667	0,583	0,500	0,500	0,500	0,500	7,500	13	0,577
2	X	X	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,583	0,667	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583	0,667	0,583	0,667	9,417	15	0,628
3		X	0,583	0,583	0,500	0,750	0,667	0,667	0,667	0,583	0,583	0,667	0,667	0,333	0,667	0,583	0,583	8,000	13	0,615
4	X	X	0,583	0,583	0,583	0,667	0,417	0,583	0,583	0,500	0,500	0,583	0,500	0,500	0,500	0,500	0,417	6,500	13	0,500
5		X	1,000	1,000	1,000	1,250	1,250	1,000	1,250	1,083	1,083	1,000	1,083	1,000	1,000	1,083	1,083	11,333	11	1,030
6	X	X	0,750	0,667	0,667	0,667	0,833	0,833	0,833	0,750	0,750	0,667	0,833	0,667	0,750	0,750	0,667	7,750	11	0,705
7	X	X	0,333	0,333	0,500	0,500	0,750	0,500	0,500	0,417	0,417	0,333	0,333	0,417	0,333	0,417	0,500	5,833	14	0,417
8	X	X	0,417	0,417	0,583	0,417	0,500	0,417	0,583	0,333	0,333	0,417	0,417	0,500	0,333	0,333	0,417	5,250	13	0,404
9		X	1,000	1,000	0,833	0,833	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	0,917	11,750	13	0,904
10	X	X	0,250	0,250	0,333	0,250	0,250	0,333	0,333	0,333	0,250	0,333	0,333	0,250	0,250	0,250	0,333	4,333	15	0,289
11	X	X	1,000	0,250	0,250	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250	0,167	0,250	0,250	0,250	0,333	0,167	0,250	3,583	14	0,256
12	X	X	1,083	1,000	0,833	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	0,917	1,000	1,000	0,833	1,000	0,917	0,833	10,833	12	0,903
13		X	0,500	1,000	1,083	0,917	1,250	1,000	1,250	1,000	1,000	0,917	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	14,417	14	1,030
14	X	X	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,583	0,583	0,667	0,667	0,583	0,667	0,500	0,500	0,583	0,583	6,750	12	0,563
15		X	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	0,917	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	1,000	14,750	15	0,983
16		X	1,083	1,083	1,250	0,833	1,000	0,833	1,000	1,000	1,000	0,917	1,000	0,917	1,000	1,000	1,167	13,417	13	1,032
17		X	0,667	0,750	0,833	0,917	0,750	0,750	0,750	0,833	0,750	0,667	0,667	0,667	0,750	0,750	0,833	10,417	14	0,744
18	X	X	0,750	0,667	0,917	0,833	0,833	0,833	0,833	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,667	0,750	0,750	10,667	14	0,762
19	X	X	0,333	0,417	0,500	0,333	0,417	0,417	0,417	0,417	0,333	0,333	0,500	0,500	0,417	0,417	0,500	4,917	11	0,447
20	X	X	0,500	0,500	0,583	0,333	0,500	0,500	0,500	0,500	0,417	0,417	0,417	0,417	0,333	0,417	0,417	6,083	13	0,468
21	X	X	0,833	1,000	1,000	0,833	1,000	0,833	1,000	0,917	0,917	1,000	0,250	1,083	0,917	0,733	0,833	12,900	14	0,921
22		X	1,250	1,250	1,000	1,250	1,250	1,000	1,000	1,000	1,083	1,083	1,000	1,083	1,083	0,917	0,917	15,333	14	1,095
23	X	X	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583	0,417	0,583	0,500	0,500	0,500	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	7,833	14	0,560
24		X	0,500	0,583	0,500	0,500	0,583	0,500	0,583	0,583	0,667	0,500	0,500	0,667	0,667	0,583	0,500	6,417	12	0,535
25	X	X	0,333	0,417	0,333	0,333	0,333	0,500	0,417	0,500	0,500	0,333	0,333	0,500	0,500	0,417	0,500	6,250	15	0,417
26	X	X	0,583	0,583	0,583	0,667	0,583	0,583	0,333	0,583	0,583	0,583	0,500	0,417	0,500	0,417	0,500	6,833	12	0,588
27	X	X	0,417	0,417	0,333	0,333	0,583	0,583	0,583	0,333	0,333	0,583	0,500	0,417	0,417	0,417	0,500	5,417	13	0,417
28		X	0,667	0,750	0,833	0,667	0,833	0,667	0,833	0,750	0,750	0,667	0,667	0,667	0,750	0,750	0,667	8,417	12	0,701
29	X	X	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,667	0,333	0,500	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,500	0,500	7,167	13	0,551

ELEMENTO	Σxi	LC	OT	tiempo normal
1	7,500	13	0,577	0,500
2	9,417	15	0,628	0,583
3	8,000	13	0,615	0,583
4	6,500	13	0,500	0,500
5	11,333	11	1,030	1,083
6	7,750	11	0,705	0,750
7	5,833	14	0,417	0,417
8	5,250	13	0,404	0,333
9	11,750	13	0,904	0,917
10	4,333	15	0,289	0,250
11	3,583	14	0,256	0,167
12	10,833	12	0,903	0,917
13	14,417	14	1,030	1,000
14	6,750	12	0,563	0,583
15	14,750	15	0,983	0,917
16	13,417	13	1,032	1,000
17	10,417	14	0,744	0,750
18	10,667	14	0,762	0,750
19	4,917	11	0,447	0,417
20	6,083	13	0,468	0,417
21	12,900	14	0,921	0,917
22	15,333	14	1,095	1,083

ELEMENTO	Σx_i	LC	OT	tiempo normal
23	7,833	14	0,560	0,500
24	6,417	12	0,535	0,583
25	6,250	15	0,417	0,417
26	6,833	12	0,569	0,500
27	5,417	13	0,417	0,417
28	8,417	12	0,701	0,750
29	7,167	13	0,551	0,500

Con el tiempo observado (OT) y el tiempo normal se hace la calificación por elemento, posterior a esto y usando la ecuación 4.11 se determina el tiempo básico (BT) correspondiente para cada elemento.

Tabla 12. Tiempos básicos por elemento

ELEMENTO	OT	tiempo normal	% desempeño	BT
1	0,577	0,500	84,615	0,488
2	0,628	0,583	92,319	0,580
3	0,615	0,583	94,445	0,581
4	0,500	0,500	100,000	0,500
5	1,030	1,083	104,866	1,080
6	0,705	0,750	106,061	0,747
7	0,417	0,417	100,080	0,417
8	0,404	0,333	78,725	0,318
9	0,904	0,917	101,434	0,917
10	0,289	0,250	84,444	0,244
11	0,256	0,167	46,735	0,120
12	0,903	0,917	101,551	0,917
13	1,030	1,000	97,024	0,999
14	0,563	0,583	103,516	0,582
15	0,983	0,917	92,766	0,912
16	1,032	1,000	96,795	0,999
17	0,744	0,750	100,794	0,750
18	0,762	0,750	98,413	0,750

ELEMENTO	OT	tiempo normal	% desempeño	BT
19	0,447	0,417	92,813	0,415
20	0,468	0,417	87,782	0,411
21	0,921	0,917	99,517	0,917
22	1,095	1,083	98,870	1,083
23	0,560	0,500	88,095	0,493
24	0,535	0,583	108,281	0,579
25	0,417	0,417	100,080	0,417
26	0,569	0,500	86,111	0,490
27	0,417	0,417	100,080	0,417
28	0,701	0,750	106,481	0,747
29	0,551	0,500	89,744	0,495

5.3.6 Cálculo de Tolerancias. Las tolerancias corresponden con un porcentaje del tiempo básico que se adiciona por conceptos de retraso o agotamiento y pueden considerarse constantes, como las necesidades personales o variables de acuerdo con las características del trabajo.

Para calcular los suplementos adicionales se tuvo en consideración la tabla de suplementos del anexo C, teniendo en cuenta los suplementos variables establecidos para hombres y mujeres se hizo la valoración para cada elemento, como se muestra a continuación:

Tabla 13. Calculo de suplementos

ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
ITEM TABLA	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
SUPLEMENTOS	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
A	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
B	1	0	1	0	1	0	3	2	3	2	1	0	1	0	1	0	3	2	3	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
C	2	1	1	0	1	0	1	0	2	1	2	1	1	0	1	0	1	0	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	10	7	7	3	6	2	13	9	11	8	6	2	7	4	7	4	6	2	8	4	9	5	14	10	6	2	8	4	10	9

ELEMENTO	SUPLEMENTOS			
	MUJERES		HOMBRES	
	FIJOS	0,11	FIJOS	0,09
	VARIABLES	TOTAL	VARIABLES	TOTAL
1	10	0,21	7	0,16
2	7	0,18	3	0,12
3	6	0,17	2	0,11
4	6	0,17	2	0,11
5	13	0,24	9	0,18
6	11	0,22	8	0,17
7	6	0,17	2	0,11
8	7	0,18	4	0,13
9	7	0,18	4	0,13
10	6	0,17	2	0,11
11	8	0,19	4	0,13
12	9	0,2	5	0,14
13	14	0,25	10	0,19
14	6	0,17	2	0,11
15	8	0,19	4	0,13
16	10	0,21	9	0,18
17	7	0,18	3	0,12
18	8	0,19	5	0,14
19	9	0,2	8	0,17
20	7	0,18	3	0,12
21	6	0,17	2	0,11
22	14	0,25	11	0,2
23	7	0,18	4	0,13
24	7	0,18	4	0,13
25	6	0,17	2	0,11
26	8	0,19	4	0,13
27	6	0,17	4	0,13
28	5	0,16	3	0,12
29	6	0,17	4	0,13

5.3.7 Patrón de Estandarización. Una vez determinadas las tolerancias se establece el estándar de trabajo. Utilizando la ecuación 4.12 y se obtiene:

Tabla 14. Tabla de tiempo estándar

ELEMENTO	100	200	OBSERVACIONES															BT	SUPLEMENTOS					
			OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	OBS. 7	OBS. 8	OBS. 9	OBS. 10	OBS. 11	OBS. 12	OBS. 13	OBS. 14	OBS. 15		MUJERES	TOTAL	0,11 HOMBRES	TOTAL	0,09	TIEMPO ESTANDAR
1	X	X	0,417	0,583	0,500	0,583	0,583	0,500	0,750	0,500	0,500	0,667	0,583	0,500	0,500	0,500	0,500	0,488	10	0,21	7	0,16	0,591	0,566
2	X	X	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,583	0,667	0,583	0,667	0,583	0,583	0,583	0,667	0,583	0,667	0,580	7	0,18	3	0,12	0,684	0,649
3	X	X	0,583	0,583	0,500	0,750	0,667	0,667	0,583	0,583	0,667	0,583	0,667	0,667	0,583	0,583	0,581	6	0,17	2	0,11	0,680	0,645	
4	X	X	0,583	0,583	0,583	0,667	0,417	0,583	0,583	0,500	0,500	0,583	0,500	0,500	0,500	0,417	0,500	6	0,17	2	0,11	0,585	0,555	
5	X	X	1,000	1,000	1,000	1,250	1,250	1,000	1,250	1,250	1,083	1,000	1,083	1,000	1,000	1,083	1,080	13	0,24	9	0,18	1,340	1,275	
6	X	X	0,750	0,667	0,667	0,667	0,833	0,833	0,833	0,750	0,750	0,667	0,833	0,667	0,750	0,750	0,667	0,747	11	0,22	8	0,17	0,912	0,874
7	X	X	0,333	0,333	0,500	0,500	0,750	0,500	0,500	0,417	0,417	0,333	0,333	0,417	0,333	0,417	0,500	0,417	6	0,17	2	0,11	0,488	0,463
8	X	X	0,417	0,417	0,583	0,417	0,500	0,417	0,583	0,333	0,333	0,417	0,417	0,500	0,333	0,333	0,417	0,318	7	0,18	4	0,13	0,375	0,359
9	X	X	1,000	1,000	0,833	0,833	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	1,000	1,000	1,000	0,917	0,917	7	0,18	4	0,13	1,082	1,036	
10	X	X	0,250	0,250	0,333	0,250	0,250	0,333	0,333	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250	0,250	0,250	0,244	6	0,17	2	0,11	0,285	0,271	
11	X	X	1,000	0,250	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250	0,250	0,333	0,167	0,250	0,120	8	0,19	4	0,13	0,142	0,135
12	X	X	1,083	1,000	0,833	1,000	1,000	1,000	0,917	0,917	1,000	1,000	0,833	1,000	0,917	0,833	0,917	9	0,2	5	0,14	1,100	1,045	
13	X	X	0,500	1,000	1,083	0,917	1,250	1,000	1,250	1,000	1,000	0,917	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	14	0,25	10	0,19	1,249	1,189	
14	X	X	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,583	0,667	0,583	0,667	0,500	0,583	0,583	0,667	0,582	6	0,17	2	0,11	0,681	0,646		
15	X	X	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	0,917	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	1,000	0,912	8	0,19	4	0,13	1,086	1,031	
16	X	X	1,083	1,083	1,250	0,833	1,000	0,833	1,000	0,833	1,000	1,000	0,917	1,000	1,000	1,167	0,999	10	0,21	9	0,18	1,209	1,179	
17	X	X	0,667	0,750	0,833	0,917	0,750	0,750	0,750	0,833	0,750	0,667	0,667	0,667	0,750	0,750	0,833	0,750	7	0,18	3	0,12	0,885	0,840
18	X	X	0,750	0,667	0,667	0,833	0,833	0,833	0,750	0,750	0,750	0,667	0,750	0,667	0,750	0,667	0,750	0,667	8	0,19	5	0,14	0,892	0,855
19	X	X	0,333	0,417	0,500	0,333	0,417	0,417	0,417	0,417	0,333	0,333	0,500	0,500	0,417	0,417	0,500	0,415	9	0,2	8	0,17	0,488	0,485
20	X	X	0,500	0,500	0,583	0,333	0,500	0,500	0,500	0,500	0,417	0,417	0,417	0,417	0,583	0,417	0,417	0,411	7	0,18	3	0,12	0,485	0,480
21	X	X	0,833	1,000	1,000	0,833	1,000	0,833	1,000	0,917	0,917	1,000	1,000	1,083	0,917	0,733	0,833	0,917	6	0,17	2	0,11	1,073	1,018
22	X	X	1,250	1,250	1,000	1,250	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,083	1,083	1,083	0,917	1,083	1,083	14	0,25	11	0,2	1,354	1,299	
23	X	X	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583	0,417	0,583	0,500	0,500	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,493	7	0,18	4	0,13	0,582	0,557	
24	X	X	0,500	0,583	0,500	0,500	0,583	0,500	0,583	0,583	0,667	0,500	0,500	0,667	0,667	0,583	0,500	0,579	7	0,18	4	0,13	0,683	0,648
25	X	X	0,333	0,417	0,333	0,333	0,333	0,500	0,417	0,500	0,500	0,333	0,333	0,500	0,500	0,417	0,500	0,417	6	0,17	2	0,11	0,488	0,483
26	X	X	0,583	0,583	0,583	0,667	0,583	0,583	0,333	0,583	0,583	0,583	0,583	0,500	0,417	0,500	0,417	0,490	8	0,19	4	0,13	0,488	0,554
27	X	X	0,417	0,417	0,417	0,333	0,333	0,583	0,583	0,333	0,333	0,583	0,500	0,417	0,417	0,417	0,500	0,417	6	0,17	4	0,13	0,488	0,471
28	X	X	0,667	0,750	0,833	0,667	0,833	0,667	0,833	0,750	0,750	0,667	0,667	0,667	0,750	0,750	0,667	0,747	5	0,16	3	0,12	0,866	0,836
29	X	X	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,667	0,333	0,500	0,583	0,583	0,583	0,500	0,583	0,500	0,485	6	0,17	4	0,13	0,579	0,559	

ELEMENTO	BT	TIEMPO ESTANDAR	
		MUJER	HOMBRE
1	0,488	0,591	0,566
2	0,580	0,684	0,649
3	0,581	0,680	0,645
4	0,500	0,585	0,555
5	1,080	1,340	1,275
6	0,747	0,912	0,874
7	0,417	0,488	0,463
8	0,318	0,375	0,359
9	0,917	1,082	1,036
10	0,244	0,285	0,271
11	0,120	0,142	0,135
12	0,917	1,100	1,045
13	0,999	1,249	1,189
14	0,582	0,681	0,646
15	0,912	1,086	1,031
16	0,999	1,209	1,179
17	0,750	0,885	0,840
18	0,750	0,892	0,855
19	0,415	0,498	0,485

ELEMENTO	BT	TIEMPO ESTANDAR	
		MUJER	HOMBRE
20	0,411	0,485	0,460
21	0,917	1,073	1,018
22	1,083	1,354	1,299
23	0,493	0,582	0,557
24	0,579	0,683	0,654
25	0,417	0,488	0,463
26	0,490	0,584	0,554
27	0,417	0,488	0,471
28	0,747	0,866	0,836
29	0,495	0,579	0,559

5.3.8 Estándar de trabajo. Una vez efectuados todos los cálculos anteriores se determinaron los tiempos estándar para los servicios de 100 horas y 200 horas así:

Tabla 15. Tiempo estandarizado Servicio de 100 h

TIEMPO ESTANDAR			
ELEMENTO	100	MUJER	HOMBRE
2	X	0,684	0,649
4	X	0,585	0,555
6	X	0,912	0,874
7	X	0,488	0,463
8	X	0,375	0,359
10	X	0,285	0,271
11	X	0,142	0,135
12	X	1,100	1,045
14	X	0,681	0,646
18	X	0,892	0,855
19	X	0,498	0,485
20	X	0,485	0,460
21	X	1,073	1,018
23	X	0,582	0,557

TIEMPO ESTANDAR			
ELEMENTO	100	MUJER	HOMBRE
25	X	0,488	0,463
26	X	0,584	0,554
27	X	0,488	0,471
29	X	0,579	0,559
TIEMPO TOTAL		9,905	9,590

Tabla 16. Tiempo estandarizado Servicio de 200 h

TIEMPO ESTANDAR			
ELEMENTO	200	MUJER	HOMBRE
1	X	0,591	0,566
2	X	0,684	0,649
3	X	0,680	0,645
4	X	0,585	0,555
5	X	1,340	1,275
6	X	0,912	0,874
7	X	0,488	0,463
8	X	0,375	0,359
9	X	1,082	1,036
10	X	0,285	0,271
11	X	0,142	0,135
12	X	1,100	1,045
13	X	1,249	1,189
14	X	0,681	0,646
15	X	1,086	1,031
16	X	1,209	1,179
17	X	0,885	0,840
18	X	0,892	0,855
19	X	0,498	0,485
20	X	0,485	0,460
21	X	1,073	1,018
22	X	1,354	1,299

TIEMPO ESTANDAR			
ELEMENTO	200	MUJER	HOMBRE
23	X	0,582	0,557
24	X	0,683	0,654
25	X	0,488	0,463
26	X	0,584	0,554
27	X	0,488	0,471
28	X	0,866	0,836
29	X	0,579	0,559
TIEMPO TOTAL		19,924	19,284

6. EVALUACIÓN

Con el fin de determinar la efectividad del estándar planteado se aplica la ecuación 4.13 para calcular la disponibilidad operacional y se compara con la obtenida por los datos históricos.

- Disponibilidad datos históricos

16,25h = Dato de tiempo promedio de duración de los servicios de 100h, año 2017

26,917h = Dato de tiempo promedio de duración de los servicios de 200h, año 2017

100 horas	200 horas
$Do = \frac{100h}{100+16,25h}$	$Do = \frac{200h}{200+26,917h}$
Do =86.02%	Do =88.14%

- Disponibilidad operacional Planteada tiempo estándar Mujeres

9,905h = tiempo estándar para servicio de 100h

19,924h = tiempo estándar para servicio de 100h

100 horas	200 horas
$Do = \frac{100h}{100+9.905h}$	$Do = \frac{200h}{200+19,924h}$
Do =90.99%	Do =90.94%

- Disponibilidad Operacional Planteada tiempo estándar Hombres

9,590h = tiempo estándar para servicio de 100h

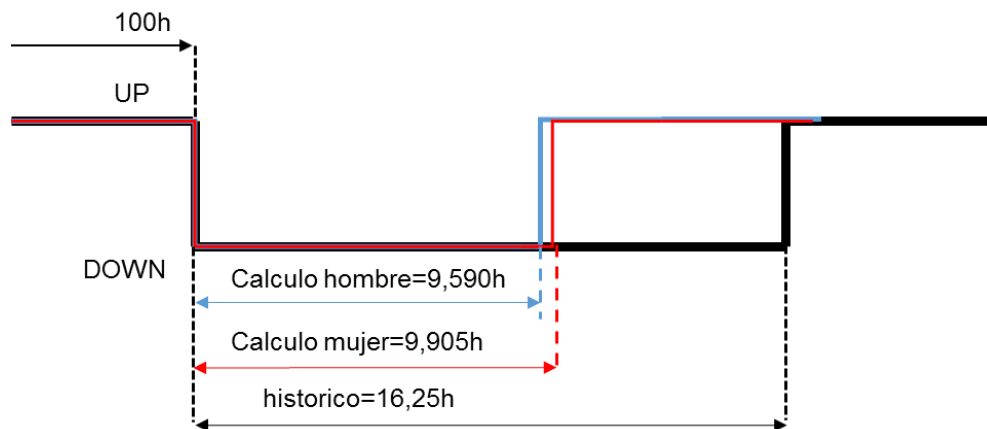
19,284h = tiempo estándar para servicio de 100h

100 horas	200 horas
$Do = \frac{100h}{100+9,590h}$	$Do = \frac{200h}{200+19,284h}$
Do =91.25%	Do =91.21%

Por lo anterior podemos comprobar que la disponibilidad operacional respecto a los datos históricos:

Para los servicios de 100 horas, mejora 39,05% y 40,99% en mujeres y hombres respectivamente como se percibe en la figura 13 y para los servicios de 200 horas, mejora 25,98% y 28,36% en mujeres y hombres respectivamente.

Figura 14. Composición de los tiempos



7. CONCLUSIONES

- Se evaluaron las condiciones del mantenimiento existentes en la organización para determinar las falencias históricas, los puntos críticos del modelo de gestión actual y las alternativas de mejora para ser implementadas
- Se propuso un método de pronóstico que permite determinar con mayor precisión los tiempos mensuales de vuelo y poder así programar los recursos para las entradas de las aeronaves a mantenimiento
- Se identificaron los repuestos de mayor rotación, así como los costos de inventario y se planteó un procedimiento de manejo de estos dentro de los servicios programados para las aeronaves de la flota Cessna, teniendo en cuenta la evaluación de los mismos
- Se propuso un modelo de tiempos estandarizados para la ejecución de los servicios de mantenimiento programado de 100 y 200 horas.
- Se planteó un modelo de gestión de mantenimiento que integra además del control y gestión de repuestos, nuevos estándares de trabajo y herramientas de pronóstico que nos permiten atender las necesidades de mantenimiento de manera prevista y así garantizar la disponibilidad de la flota de aviones Cessna para la empresa Colcharter IPS S.A.S.
- De acuerdo con los datos históricos, se evaluó la disponibilidad operacional y se comparó con la obtenida a partir del estándar planteado.

BIBLIOGRAFÍA

CAMANCHO GONZALES, Javier Alfonso, FONSECA VARGAS, Julio Alberto. Modelo de mantenimiento para la mejora de la disponibilidad de la flota Dash8-100/200/300 y Boeing 737-700NG Monografía de Grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2012.

COLCHARTER IPS S.A.S. [sitio web]. Nuestra empresa. (recuperado sep. 2017). Disponible en : <http://www.colcharter.com/nuestra-empresa/>

CORONEL Iván, Atlantic International University, Honolulu, Hawaii, Summer 2013 [en línea], (recuperado junio 2018) disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos98/medicion-del-trabajo-tiempos-y-movimientos/medicion-del-trabajo-tiempos-y-movimientos2.shtml>

DUFFUAA, Salih. RAOUF, A; DIXON, Jhon. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO planeación y control. Mexico: Limusa, Primera Edición, 2000. Capítulo 4. Medicion del trabajo de mantenimiento.

DUFFUAA, Shalih; RAOUF. A; DIXON, John. Sistemas de mantenimiento Planeación y control. Mexico: Limusa,2000

HANKE, Jhon; E. REITSH, Arthur G. Pronósticos en los negocios. Eastern Washington University. 5^{ta}ed. Mexico: Prentice Hall. (traducida al español), P.99

JARAMILLO, Julian. Mantenimiento Predictivo, memorias clase mantenimiento preventivo: teoría de la predicción. Universidad Industrial de Santander. p.51

JIMENEZ, Alirio. Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, entendiendo sus diferencias. [En línea]. 24 octubre 2011. (recuperado en enero 2018) Disponible en :<https://maintenancela.blogspot.com.co/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>

KANAWATY, G (publicado con la dirección de), Introducción al estudio del trabajo, Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo (OIT), cuarta edición (revisada), 1996, p.300

PEIRÓ, Rosario. Economipedia [sitio web]. (recuperado Enero 2018) Disponible: <http://economipedia.com/definiciones/analisis-abc.html>

PINILLA TELLEZ, Edinson Fabian. Diseño de un modelo de gestión de confiabilidad para optimizar el mantenimiento de la flota Beechcraft de la empresa de ambulancias aéreas Medicalfly S.A.S. Monografía de Grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2016.

UNICEN, facultad de ciencias economicas [en línea], recuperado julio 2018), Disponible en: https://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/6670_TECNICASCUATITATIVASITa_blas.pdf

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONAUTICA CIVIL [sitio web]. Historia. (recuperado Julio 2018). Disponible en : <http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/historia>

Unidad administrativa especial de Aeronautica civil. [sitio web]. Reglamentos aeronáuticos de Colombia. RAC 3, Actividades Aéreas Civiles, numeral 3.6.3.3. Clases de servicios. Disponible en : <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%203%20-%20Actividades%20A%C3%A9reas%20Civiles.pdf>

VARGAS SILVA, Joe Sergio. Estructuración del plan de mantenimiento para la flota de helicópteros UH-60L en la compañía PAE. Monografía de Grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2014.

50minutos.es [en línea] (recuperado enero 2018). Disponible en: <https://www.50minutos.es/libro/el-principio-de-pareto/>

ANEXOS

Anexo A. FORMATO DE TOMA DE DATOS DE OBSERVACIONES

HOJA DE OBSERVACIONES - ESTUDIO DE TIEMPOS				
SERVICIO 200 HORAS			FECHA INICIO:	
			AERONAVE:	
HORA INICIAL:	TECNICO:		OBSERVADOR:	APROBADO POR:
ELEMENTO	TIEMPO			NOTAS DEL OBSERVADOR
	1	2	3	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
TIEMPO TOTAL:			FECHA FINALIZACION:	
NOTAS: RECUERDE DILIGENCIAR EL DOCUMENTO CON LETRA LEGIBLE Y EN TINTA INDELEBLE, SI NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL FORMATO O TIENE DUDAS RESPECTO AL DILIGENCIAMIENTO DEL MISMO CONSULTE EL INSTRUCTIVO AL RESPALDO. EN CASO DE COMETER ALGUNA EQUIVOCACIÓN EN EL REGISTRO DE DATOS DE TIEMPO USE LA CACHA AL COSTADO.				
FORMA: COL-EDT-01		REVISION: ORIGINAL	FECHA: 20 AGOSTO 2017	

INSTRUCTIVO DE DILIGENCIAMIENTO				
HOJA DE OBSERVACIONES - ESTUDIO DE TIEMPOS				
SERVICIO 200 HORAS		FECHA INICIO:	REGISTRE FECHA DE INICIO DEL SERVICIO	
		AERONAVE:	REGISTRE MATRICULA DE LA AERONAVE	
HORA INICIAL:	TECNICO:	OBSERVADOR:		APROBADO POR:
REGISTRE LA HORA DE INICIO DE LAS TAREAS	NOMBRE DEL TECNICO QUE EJECUTA EL SERVICIO	NOMBRE DEL OBSERVADOR		NOMBRE Y FIRMA DE QUIEN RECIBE EL FORMATO
ELEMENTO	TIEMPO			NOTAS DEL OBSERVADOR
	1	2	3	
1	0:30	REGISTRO DE TIEMPO*		ACLARACIONES QUE EL OBSERVADOR CONSIDERE PERTINENTES
2	0:25	0:20		
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
TIEMPO TOTAL:	SUMATORIA DE TIEMPOS DE LOS ELEMNTOS		FECHA FINALIZACION:	REGISTRO DE LA FECHA DE FINALIZACION DEL SERVICIO
NOTAS: RECUERDE DILIGENCIAR EL DOCUMENTO CON LETRA LEGIBLE Y EN TINTA INDELEBLE, SI NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL FORMATO O TIENE DUDAS RESPECTO AL DILIGENCIAMIENTO DEL MISMO CONSULTE EL INSTRUCTIVO AL RESPALDO. EN CASO DE COMETER ALGUNA EQUIVOCACIÓN EN EL REGISTRO DE DATOS DE TIEMPO USE LA CASILLA AL COSTADO.				
FORMA: COL-EDT-01		REVISION: ORIGINAL		FECHA: 20 AGOSTO 2017

* EN CASO SE COMETER ALGUN ERROR EN EL DILIGENCIAMIENTO DEL TIEMPO SE USARA LA CASILLA CONTIGUA, ANULANDO LA

CORRESPONDE CON EL SISTEMA DESCRITO EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA AERONAVE Y LAS ACTIVIDADES DESCRITAS EN CADA UNO

Anexo B. TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDAR

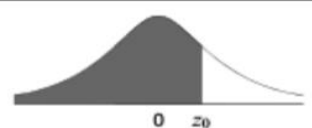
TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR (ACUMULADA)

$\mu =$ Media

$\sigma =$ Desviación típica

Tipificación: $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$



z_0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z_0
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
α	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{1-\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
z_{α}	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:

$1-\alpha =$ Nivel de confianza

$\alpha =$ Nivel de significación

Fuente: UNICEN, facultad de ciencias económicas [en línea], recuperado julio 2018),
 Disponibles: https://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/6670_TECNICASCUATITATIVA_SITablas.pdf

Anexo C. TABLA DE SUPLEMENTOS

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4		4	45
B. Suplemento por postura anormal				2	100
Ligeramente incómoda	0	1	F. Concentración intensa		
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Peso levantado [kg]			G. Ruido		
2,5	0	1	Continuo	0	0
5	1	2	Intermitente y fuerte	2	2
10	3	4	Intermitente y muy fuerte	5	5
25	9	20	Estridente y fuerte		
35,5	22	máx	H. Tensión mental		
D. Mala iluminación			Proceso bastante complejo	1	1
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Bastante por debajo	2	2	Muy complejo	8	8
Absolutamente insuficiente	5	5	I. Monotonía		
E. Condiciones atmosféricas			Trabajo algo monótono	0	0
Índice de enfriamiento Kata			Trabajo bastante monótono	1	1
16		0	Trabajo muy monótono	4	4
8		10	J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

¹ Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. **Ejemplo sin valor normativo**

Fuente: KANAWATY, G (publicado con la dirección de), Introducción al estudio del trabajo, Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo (OIT), cuarta edición (revisada), 1996, p.300