



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PINTURA DE LAS
AERONAVES EN LA DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA
AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA (DIAF)
DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

Autor:

Machay Catota Alex Sebastián

Tutor:

Ing. MSC. Raúl Andrango

Latacunga – Ecuador

Agosto – 2021



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, MACHAY CATOTA ALEX SEBASTIAN con cédula de ciudadanía No. 1724701287, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PINTURA DE LAS AERONAVES EN LA DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA (DIAF) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, siendo el Ingeniero MSC. RAUL ANDRANGO, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Atentamente;

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alex Machay'.

Machay Catota Alex Sebastián

CI. 1724701287



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Optimización en el proceso de pintura de las aeronaves en la Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF) de la ciudad de Latacunga”, de Machay Catota Alex Sebastián , de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2021



Ing. MSC. Raúl Andrango
C.I: 1717526253



Ingeniería
Industrial

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** ; por cuanto, el postulante: **MACHAY CATOTA ALEX SEBASTIÁN**, con el título de Proyecto de titulación: **“OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PINTURA DE LAS AERONAVES EN LA DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA (DIAF) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto 2021

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Nombre: ING. MSC. DIANA MARIN

CC: 1204144503

Lector 2

Nombre: ING. MSC. ÁNGEL TELLO

CC: 050151855-9

Lector 3

Nombre: ING. MSC. MEDARDO ULLOA

C.I: 100097032-5



Ingeniería
Industrial

AVAL DE LA EMPRESA

CERTIFICADO

En calidad de Gerente de Operaciones de la Empresa DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA (DIAF). A petición de los interesados CERTIFICO que el Sr. Machay Catota Alex Sebastián portador de la cedula de ciudadanía N° 1724701287 realizo el proyecto de Titulación respectivo con el tema “OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PINTURA DE LAS AERONAVES EN LA DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA (DIAF) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”, cumple con los requerimientos metodológicos y aporte que requiere la empresa para una mejora en su proceso y autorizo LA IMPLEMENTACIÓN de dicho proyecto en las instalaciones de la DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA DEL ECUADOR (DIAF).

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que las interesadas puedan hacer uso para los fines que crea conveniente.

Atentamente:



Sr. MAYO. TÉC. AVC. PAUL GALLARDO FALCONI

GERENTE DE OPERACIONES DIAF ACC

CC. 1715363436

Cel. 0992690343



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por bríndame una vida llena de aprendizaje experiencias y sobre todo felicidad. Le doy gracias a mis padres Hilda y Sebastián por apoyarme en todo momento, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un ejemplo de vida a seguir.

Alex



DEDICATORIA

A mis padres Hilda y Sebastián quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo. A mis hermanas por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. Finalmente quiero dedicar este trabajo a todos mis amigos, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Alex



ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE LA EMPRESA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	5
4.1. Beneficiarios Directos.....	5
4.2. Beneficiarios Indirectos.....	5
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
6. OBJETIVOS 6	
6.1. Objetivo General.....	6
6.2. Objetivos Específicos.....	7
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	8
8.1. Introducción.....	8



8.2. Ingeniería Industrial.....	8
8.3. Ingeniería de métodos.....	8
8.4. Estandarización.....	9
8.5. Proceso	9
8.5.1. Elementos de un Proceso	10
8.5.2. Optimización de procesos.....	11
8.5.3. Diseño y selección de procesos	12
8.6. Diagrama de procesos.....	14
8.7. Diagrama de flujo	14
8.8. Diagrama de recorrido	15
8.9. Medición de trabajo	16
8.9.1. Procedimiento y técnicas para la medición del trabajo	16
8.10. Estudio de tiempos.	17
8.10.1. Requerimiento del estudio de tiempos.	18
8.10.2. Numero de muestras	18
8.10.3. Tiempo de ciclo	19
8.10.4. Tiempo normal	20
8.10.4.1. Sistema de calificación Westinghouse	20
8.10.4.2. Sistema de suplementos o tolerancias por descanso.....	20
8.10.5. Tiempo estándar	21
8.10.6. Productividad.....	22
8.11. Programación de la producción	22
8.11.1. Criterios de programación	22
9. HIPÓTESIS 24	
9.1. Variable dependiente	24
9.2. Variable independiente	24



10. METODOLOGÍAS	24
10.1. Tipos de investigación	24
10.1.1. Investigación exploratoria.	24
10.2. Métodos	25
10.2.1. Método Analítico	25
10.2.2. Método Inductivo	25
10.3. Técnicas	25
10.3.1. La observación directa.....	26
10.3.2. Estudio de tiempos.	26
10.4. Instrumentos	26
10.4.1. Diagrama de procesos.....	26
10.4.2. Diagrama de flujo.	26
10.4.3. Diagrama de recorrido.	27
10.4.5. Formas para el estudio de tiempos.	27
10.4.6. Cronometro.....	27
10.4.7. Tablero de registro.....	27
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
11.1. Antecedentes de la empresa.....	28
11.1.1. Visión	28
11.1.2. Misión.....	28
11.2. Descripción del proceso de pintura.	28
11.2.1. Proceso de pintura en las condiciones iniciales.....	29
11.2.1.1. Diagrama de procesos del método inicial.....	52
11.2.1.2. Diagrama de flujo del proceso inicial.....	53
11.2.1.3. Diagrama de recorrido del proceso inicial.....	55
11.2.2. Desarrollo del estudio de tiempos del método inicial.....	56



11.2.2.1. Número de muestras	56
11.2.2.2. Límites de control.....	58
11.2.2.3. Desviación estándar.....	58
11.2.2.4. Tiempo de ciclo observado.....	61
11.2.2.5. Sistema de calificación Westinghouse (C).....	61
11.2.2.6. Tiempo normal	63
11.2.2.7. Tiempo estándar	63
11.2.2.8. Productividad en el método inicial.....	67
11.2.3. Método propuesto del proceso de pintura.	69
11.2.3.1 Mejoras aplicadas al proceso.....	69
11.2.3.2. Descripción del método propuesto proceso de pintura.....	69
11.4.2. Diagrama de proceso del método propuesto.....	73
11.4.3. Diagrama de flujo para el método propuesto.	74
11.4.4. Diagrama de recorrido para el método propuesto.	75
11.2.3.3. Estudio de tiempos del proceso mejorado.....	75
11.2.3.3.1. Número de muestras	75
11.2.3.3.2. Límites de control y desviación estándar	77
11.2.3.3.3. Muestras dentro de los límites de control.....	78
11.2.3.3.4. Tiempo de ciclo observado promedio	79
11.2.3.3.5. Tiempo normal	79
11.2.3.3.6. Sistema de calificación Westinghouse (C).....	79
11.2.3.3.7. Tolerancias o suplementos.....	79
11.2.3.3.8. Tiempo estándar	79
11.4.6. Productividad del método propuesto.	81
11.4.7. Análisis de los resultados obtenidos en las condiciones iniciales y del método mejorado.....	82



11.4.1. Programación de la producción del proceso de pintura.....	83
11.4.1.1. Regla de prioridad utilizada: PEPT	84
11.4.1.2. Regla de prioridad utilizada: TOB	85
11.4.1.3. Regla de prioridad utilizada: PPP	85
11.4.1.4. Regla de prioridad utilizada: TOR	86
11.4.1.5. Regla de prioridad utilizada: ULPT	86
11.4.1.6. Regla de prioridad utilizada: Aleatorio (1).....	87
11.4.1.7. Regla de prioridad utilizada: Aleatorio (2).....	87
11.4.1.8. Comparación de resultados utilizando las diferentes reglas de prioridad	88
11.4.2. Optimización del uso de tiempos muertos mediante algoritmo Johnson.	89
11.5. Guía técnica del proceso de pintura.....	91
11.6. Respuesta referente a la hipótesis.....	93
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	93
12.1. Impactos técnicos.	93
12.2. Impacto social.....	93
12.3. Impacto ambiental.	93
12.4. Impacto económico.....	94
13. PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO	94
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
14.1. Conclusiones.....	95
14.2. Recomendaciones	95
ANEXOS:.....	98
ANEXO I. Hoja de vida del autor	98
ANEXO II. Hoja de vida del tutor.....	98
ANEXO III. Guía técnica del proceso de pintura.....	100



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios directos	5
Tabla 2. Actividades a realizar para cada uno de los objetivos.	7
Tabla 3: Número recomendado de ciclos de observación, tabla General Electric Company... ..	19
Tabla 4: Sistema de calificación Westinghouse.	20
Tabla 5: Sistema de suplementos o tolerancias por descanso.	21
Tabla 6: Diagrama de proceso de las condiciones iniciales	52
Tabla 7: Tiempos cronometrados de las actividades del proceso.....	57
Tabla 8: Límites de control y desviación estándar	59
Tabla 9: Muestras dentro de los límites de control.....	60
Tabla 10: Sistema de calificación Westinghouse.	62
Tabla 11: Sistema de calificación Westinghouse.	62
Tabla 12: Calificación del ritmo de trabajo.	63
Tabla 13: Suplementos asignados a cada actividad.....	65
Tabla 14: Estudio de tiempos en las condiciones iniciales.....	66
Tabla 15: Determinación del tiempo productivo e improductivo	67
Tabla 16: Diagrama de proceso del método propuesto.	73
Tabla 17: Diagrama de proceso del método propuesto.	76
Tabla 18: La tabla de los límites de control y de la desviación estándar	77
Tabla 19: Valores de tiempos dentro de los límites de control.	78
Tabla 20: Estudio de tiempos del método propuesto.....	80
Tabla 21: Tiempo productivo del método propuesto.....	81
Tabla 22: Resumen de los resultados obtenidos.....	82
Tabla 23: Datos para la programación.....	83
Tabla 24: Análisis con regla PEPT.....	84
Tabla 25: Aplicación de regla TOB.....	85
Tabla 26: Aplicación de regla PPP	85
Tabla 27: Aplicación de regla TOR.....	86
Tabla 28: Aplicación de regla ULPT.....	86
Tabla 29: Aplicación de regla aleatoria 1	87
Tabla 30: Aplicación de aleatoria 2	87



Tabla 31: Comparación de resultados.	88
Tabla 32: Designación de áreas y equipos.....	89
Tabla 33: Aplicación de algoritmo de Johnson.	90
Tabla 34: Asignación de actividades.	90
Tabla 35: Presupuesto para la ejecución del proyecto.....	94



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Disposición de componentes de un proceso.	10
Figura 2: Diagrama de procesos y su simbología.....	14
Figura 3: Simbología ISO 9000 para elaborar diagramas de flujo.....	15
Figura 4: Simbología ISO 9000 para elaborar diagramas de flujo.....	17
Figura 5: Datos técnicos de la pintura.	30
Figura 6: Pañol de herramientas de la DIAF.	30
Figura 7: Entrega del equipo al personal técnico.	31
Figura 8: Toma de conexiones a tierra del avión y del hangar.....	31
Figura 9: Puertas y tablero de control.....	32
Figura 10: Colocación de equipos de protección personal.....	32
Figura 11: Lavado superficial de la aeronave.....	33
Figura 12: Secado de la superficie de la aeronave.....	33
Figura 13: Bodega de materiales de la DIAF.	34
Figura 14: Entrega de materiales al personal técnico.	34
Figura 15: Limpieza superficial de la aeronave.....	35
Figura 16: Enmascarado de la superficie del avión.....	35
Figura 17: Enmascarado de las ventanas de la aeronave.....	36
Figura 18: Información sobre ubicación de placas y diseño del proceso.....	36
Figura 19: Área de pintura.....	37
Figura 20: Agitador de envases	37
Figura 21: Mezcla del activador con el endurecedor.....	38
Figura 22: Verificación de viscosidad.....	38
Figura 23: Traslado del personal hacia la aeronave.	39
Figura 24: Higrómetro	39
Figura 25: Charla técnica sobre el proceso.....	40
Figura 26: Filtrado de primer.....	40
Figura 27: Extractor del hangar.	41
Figura 28: Aplicación de primer.....	41
Figura 29: Aplicación total y curado de primer al avión.....	42
Figura 30: Medición de espesor.	42



Figura 31: Traslado del personal al área de pintura.....	43
Figura 32: Mezcla del primer con endurecedor.....	43
Figura 33: Verificación de viscosidad.....	44
Figura 34: Pintura ubicada junto a la aeronave.....	44
Figura 35: Filtración de pintura.....	45
Figura 36: Calibración de marmitas y sopletes.....	45
Figura 37: Aplicación de capa de pintura.....	46
Figura 38: Aplicación total y curado de primer al avión.....	46
Figura 39: Medición del espesor.....	47
Figura 40: Placas de aluminio instaladas.....	47
Figura 41: ELCOMETER 106 ADHESION TESTER.....	48
Figura 42: Limpieza del área de trabajo.....	48
Figura 43: Aplicación total y curado de primer al avión.....	49
Figura 44: Desenmascarado de la superficie de la aeronave.....	49
Figura 45: Impresión y documentación.....	50
Figura 46: Llenado de formatos para la documentación.....	50
Figura 47: Departamento de análisis de producción.....	51
Figura 48: Diagrama de flujo.....	53
Figura 49: Diagrama de recorrido.....	55
Figura 50: Diagrama de flujo.....	74
Figura 51: Diagrama de recorrido.....	75
Figura 52: Guía técnica del proceso de pintura.....	91



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de límites de control.....	58
Ecuación 2: Ecuación de la desviación estándar.....	58
Ecuación 3: Cálculo del tiempo de ciclo promedio.....	61
Ecuación 4: Para encontrar el tiempo normal.....	63
Ecuación 5: Cálculo del tiempo estándar.....	64
Ecuación 6: Cálculo de la productividad.....	68



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PINTURA DE LAS AERONAVES EN LA DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA (DIAF) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.

AUTOR: Alex Sebastián Machay Catota

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se lo realizó en el área de pintura de la empresa Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF) en el aeropuerto internacional Cotopaxi de la ciudad de Latacunga, la cual se dedica al mantenimiento de aeronaves tanto en el campo civil como militar, para lo cual uno de los procesos principales y finales es la pintura de la aeronave que entrega el centro de mantenimiento al cliente siendo este proceso tomado en cuenta como la presentación y calidad. El objetivo principal del presente proyecto se enfocó en optimizar dicho proceso, ya que la empresa contaba con un proceso generalizado y no específico, y a su vez se desconocía de un estándar de tiempo de las actividades y de la productividad en función al recurso humano empleado en el proceso, generando inconvenientes en la planificación del mantenimiento establecido. Aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería industrial y con la guía del personal docente se realizó el presente trabajo de investigación, utilizando principalmente las metodologías y técnicas de la ingeniería de métodos. En la primera fase se realizó un levantamiento del estado inicial del proceso cuyos resultados fueron representados en diagramas de proceso, de flujo y de recorrido; luego se realizó un estudio de tiempos en dicho estado, para determinar el estándar del tiempo y la producción; posteriormente se propuso un método mejorado, con reducción del tiempo estándar y con el aumento de la productividad y en función del método mejorado se realizó una programación de producción mediante la aplicación de algoritmos y por ultimo quedando optimizado y plasmado el proceso en una guía técnica de procedimientos para el proceso de pintura de la aeronave de la DIAF.

Palabras claves: Optimización de procesos, ingeniería de métodos, productividad, estudio de tiempos, guía técnica.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
SCIENCES OF ENGINEERING AND APPLIED FACULTY

THEME: OPTIMIZATION IN THE PROCESS OF RECEPTION OF PARTS AND SPARE PARTS IN THE DIRECTION OF THE AERONAUTICAL INDUSTRY OF THE ECUADORIAN AIR FORCE (DIAF) OF THE CITY OF LATACUNGA.

Authors: Alex Sebastián Machay Catota

ABSTRACT

This research project was carried out in the section for the picture of the company Directorate of the Aeronautical Industry of the Ecuadorian Air Force DIAF of the city of Latacunga, being the main economic activity of the DIAF the maintenance of civil aircraft and military, for which one of the main and final processes is the painting of the aircraft delivered by the maintenance center to the client, this process being taken into account as presentation and quality. The main objective of this project was focused on optimizing this process, since the company had a generalized and non-specific process, because of that a standard of time of the activities and productivity was unknown based on the resources in hand of work employees, affecting on several occasions compliance with maintenance planning. Based on the knowledge acquired in the industrial engineering career and with the guidance of the teaching staff, this work was carried out in the best way, mainly using the methodologies and techniques of method engineering. In the first phase, a survey of the initial state of the process was carried out, the results of which were represented in process, flow and path diagrams; then a time study was carried out in said state, to determine the standard of time and production; later an improved method was proposed, reducing standard time and increasing productivity. The improved method being standardized in a procedures manual for the DIAF aircraft painting process.

KEYWORDS: Process optimization, method engineering, productivity, time study, procedure manual.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA APLICADAS**; **MACHAY CATOTA ALEX SEBASTIÁN**, cuyo título versa **“OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PINTURA DE LAS AERONAVES EN LA DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA (DIAF) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, agosto del 2021

Atentamente.



MSc. Diana Karina Taibe Vergara
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 1720080934



**CENTRO
DE IDIOMAS**

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Optimización en el proceso de pintura de las aeronaves en la Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF) de la ciudad de Latacunga.

Fecha de inicio:

Abril 2021

Fecha de finalización:

Agosto 2021

Lugar de ejecución:

La propuesta se implementará en la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF) ubicada en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi, Hangar N° 1 de la ciudad de Latacunga en la provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Industrial.

Proyecto de investigación vinculado:

No aplica a ningún proyecto vigente.

Equipo de trabajo:

Ing. MSC. Raúl Andrango/ Tutor del proyecto investigativo

Hoja de vida, ver **Anexo I.**

Machay Catota Alex Sebastián /Autor del proyecto investigativo

Hoja de vida, ver **Anexo II.**

Área de Conocimiento:

Ingeniería Industrial, Industria y construcción.

Art. 54. Industria y producción Alimentación y bebida, textiles, confección, calzado, cuero, materiales (madera, papel, plástico, vidrio, etc.), minería e industrias extractivas. (UNESCO, 1997, pág. 35)

Objetivos del Plan Toda una Vida:

La investigación se vincula con el objetivo N° 5 de Plan Nacional del Desarrollo “Toda una Vida” que define “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria”.

- Línea 5.4 Incrementar la productividad y generación de valor agregado creando incentivos diferenciados al sector productivo, para satisfacer la demanda interna, y diversificar la oferta exportable de manera estratégica. (Senplades, 2017-2021)

Línea de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi:

Se relaciona con la cuarta línea “Procesos Industriales”. (Universidad Técnica de Cotopaxi > INVESTIGACIÓN > Líneas Investigación, 2015-2020)

Sub líneas de investigación de la Carrera:

La sub línea a la cual se apega el proyecto corresponde a Calidad, diseño de procesos productivos e ingeniería de métodos. (Universidad Técnica de Cotopaxi > INVESTIGACIÓN > Líneas Investigación, 2015-2020)

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La DIAF es una organización de más alto nivel en el Ecuador dedicado al mantenimiento aeronáutico, electrónica, aviónica, ingeniería e investigación aplicada a producción de bienes y servicios aeronáuticos, construcción de elementos necesarios para la industria integrando la más alta calidad con tecnología de punta en todo servicio que brinda.

Cabe destacar que la empresa no cuenta con estudios preliminares donde se haya determinado un estándar de tiempos, ni una programación de las actividades realizadas por el personal

dedicado a la inspección y mantenimiento las aeronaves y en especial al personal técnico de pintura; por tal razón se aplicará una metodología exploratoria para el desarrollo del presente proyecto y para la recopilación y análisis de los datos, se aplicara los métodos (Analítico e inductivo), técnicas (observación) e instrumentos (registros, fotografías, formas etc.).

En primera estancia se identificarán las actividades del personal inmerso en el proceso de pintura, luego se medirá el tiempo de cada actividad con las herramientas establecidas. Para conocer las condiciones actuales del trabajo se especificarán las actividades en diagramas como de flujo, de proceso, de recorrido, etc. Los datos de los tiempos obtenidos se tabularán y analizaran calculando los tiempos normales, y estándar; además se obtendrá la productividad.

Por consiguiente, se eliminarán actividades que produzcan demoras y se graficarán nuevamente los diferentes diagramas (de flujo, recorrido y proceso.) y se calcularán los nuevos tiempos normales y estándar y la productividad. Se realizará una comparación en base a los datos obtenidos al principio de la investigación.

En base al estudio de tiempos y ya optimizado el proceso en cierta manera se procederá a realizar una programación de producción en el cual se aplicará las reglas de asignación tomando en cuenta ciertos datos que se obtendrá en la investigación previa como días de plazo y los requerimientos por cada aeronave.

Por ultimo para plasmar la investigación y la optimización realizada se elaborará una guía técnica del proceso donde se incluirá las actividades estandarizadas y los diagramas del método mejorado que será entregad al personal del área de pintura.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Desde su creación, la estación reparadora DIAF ha realizado un gran número de inspecciones a diferentes tipos de aeronaves; gracias a la experiencia y capacidad del personal técnico y a la calidad en la ejecución de los trabajos, la DIAF permanece dando servicio de mantenimiento a la aviación mayor y menor del país y ha proyectado su presencia hacia el exterior conquistando el mercado aeronáutico internacional.

Debido a que uno de los servicios que brinda es el de pintura, la DIAF dispone de los equipamientos e instalaciones que compiten con instalaciones reparadoras de otros países, así como de personal ciento por ciento ecuatorianos altamente calificados, lo que le ha permitido recibir el reconocimiento y la confianza de las compañías de aviación nacional e internacional.

Ya que el proceso de pintura es una parte esencial en la presentación al momento de terminar con la inspección y mantenimiento de la aeronave se hace énfasis en este proceso ya que con lleva de varias actividades que no cuentan con un debido control de tiempo e incluso una secuencia optima por lo cual genera pérdidas de material como económicas y a su vez generando demoras al momento de entregar la aeronave al cliente.

Se mencionó anteriormente que la DIAF no cuenta con estudios previos donde se haya establecido un estándar de tiempos de acuerdo a su realidad actual, es por ello que se realizará dicho estudio de tiempos, el cual servirá como base para optimizar el proceso de pintura y a su vez una programación de producción que ayudara en una proyección a corto plazo beneficiando así la productividad de la organización. Con el desarrollo del presente trabajo se podrá identificar las causas de las demoras, y así proponer soluciones para la problemática.

Por tales razones es necesaria la aplicación de la presente investigación ya que se evaluará cada actividad que se realiza en el proceso de pintura y se le dará una mejor organización y secuencia a las mismas. Además, que se tendrán establecidos los tiempos reales utilizados en las diferentes tareas que competen a dicha área.

El desarrollo del presente trabajo de investigación ayudará al momento de la toma de decisiones para la mejora del proceso de pintura y a la planificación en general, y se logrará optimizar los recursos de la empresa.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios Directos

El presente proyecto de investigación tiene la finalidad una optimización en el área de pintura y los procesos que conllevan al momento de pintar una aeronave Boeing por lo cual también se pretenden brindar beneficios en las diferentes estaciones y trabajadores que intervienen en este proceso

Tabla 1. Beneficiarios directos

ÁREA	OFICIALES	AEROTÉCNICOS	SP/TP. FAE	SP/TP. DIAF	SER. PROF.	TOTAL
PINTURA	1	2	1	6	0	10
MANTENIMIENTO	1	35	2	21	22	81
ADMINISTRATIVA	4	7	2	16	13	42
TOTAL	5	42	4	37	35	137

Elaborado por: Alex Machay

4.2. Beneficiarios Indirectos

Son los clientes o dueños de las aeronaves que ingresan al centro de mantenimiento para los cuales la DIAF posee las respectivas certificaciones y habilitaciones tales como aviación civil y militar dentro y fuera del país.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF) es una entidad de derecho público, adscrita a la Comandancia General de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, para el cumplimiento de sus actividades cuenta con la aprobación de las autoridades aeronáuticas civiles: Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC), Federal Administration Aviation (FAA).

En los últimos años se ha observado la evolución y apertura de los mercados internacionales y el crecimiento de la competencia, todo esto ha obligado a que las instituciones cumplan con estándares reconocidos a nivel mundial para sus productos y servicios; por lo que la DIAF no

es indiferente a esta situación y tiene el afán de estandarizar sus procesos para generar los resultados deseados e incrementar su competitividad y satisfacción del cliente; de hacerlos eficientes, minimizando los recursos empleados y capaces de adaptarse a los cambios y necesidades del cliente y de la misma institución y por otro lado de hacerlos eficaces, cumpliendo con los objetivos trazados por la institución y por los clientes

Actualmente las compañías aéreas son quienes se preocupan por el peso y hacer que un avión vuele ligero es una fijación del sector del transporte aéreo el pintado de una aeronave no es algo sencillo. La aplicación de una o varias capas de pintura tiene una relación directa con el peso del avión y con la aerodinámica, y por tanto, en el consumo de combustible. Por lo cual este proceso cada vez es parte fundamental al momento de optimizar el funcionamiento de una aeronave.

Debido a estos aspectos mencionados la DIAF al brindar el servicio de pintura dentro del plan de mantenimiento aeronáutico está en la obligación de cumplir con los estándares de calidad requeridos por el fabricante y a su vez del cliente. Por lo cual el presente proyecto de investigación tiene como finalidad contribuir a la mejora de este proceso

Es claro que la DIAF presenta inconvenientes en el control de tiempos en las actividades realizadas por el personal técnico que labora en el área de pintura, los efectos negativos de aquello generan una reacción en cadena que afecta a todos los niveles de la organización.

¿Cómo mejorar el proceso de pintura de las aeronaves en la DIAF?

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Optimizar el proceso de pintura en la Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Área Ecuatoriana (DIAF), para el mejoramiento de la planificación y entrega al cliente.

6.2. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de información detallada de las actividades en el proceso de pintura
- Aplicar métodos y técnicas de optimización para el mejoramiento del proceso.
- Elaboración de una guía técnica del procedimiento para el área de pintura.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

La siguiente tabla se muestran las actividades necesarias que darán cumplimiento a los objetivos específicos y finalmente la consecución del objetivo general del presente trabajo.

Tabla 2. Actividades a realizar para cada uno de los objetivos.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Realizar un levantamiento de información detallada de las actividades en el proceso de pintura para la determinar las condiciones actuales del proceso.	- Identificación de las actividades para la elaboración de diagramas.	Establecimiento de condiciones actuales del proceso.	- Diagrama de procesos. - Diagrama de flujo. - Diagrama de recorrido.
Aplicar métodos y técnicas de optimización para el mejoramiento del proceso	- Aplicación del estudio de tiempos y programación de la producción.	- Forma de tiempos cronometrados de cada actividad. -Métodos para la programación de producción.	- Tabla de resultados de los tiempos cronometrados. - Estudio de programación y control.
Elaboración de una guía técnica del proceso para el área de pintura	-Análisis de métodos de producción.	-Aplicación de algoritmos y herramientas de programación productiva.	- Guía técnica del proceso de pintura.

Elaborado por: Alex Machay.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1. Introducción

El proyecto de investigación se centra en el estudio de tiempos y su estandarización y la programación de la producción del proceso de pintura y en el cual el presente capítulo recopila información bibliográfica de diferentes autores la cual servirá de guía para el desarrollo práctico de la investigación. Con el levantamiento de la información se puede diseñar un nuevo proceso mejorado y eficiente, tomando en consideración los recursos disponibles de la empresa.

8.2. Ingeniería Industrial

Según Stincer Gómez es la disciplina con la cual se puede mejorar todo el sistema y el entorno en el que vivimos. Consiste en adaptar la ciencia y todo el conocimiento humano adquirido durante años de estudio e investigación de manera práctica en funciones de satisfacer y dar soluciones a las necesidades humanas.

(Stincer Gomez, 2012, Pag 13)

Se encarga del estudio, análisis y transformación de la materia prima en general dando como resultado a un producto terminado, creando así una comunidad de consumidores es así que la ingeniería Industrial se manifiesta de maneras aplicable a su forma, tiempo y zona. Una de sus características es diseñar eficientemente el mejor método para cumplir el objetivo de esa determinada transformación.

(Bernal & Iglesias, 2012, Pag 56)

De acuerdo con los autores citados anteriormente se concluye que la ingeniería industrial es el mejoramiento continuo de sistemas productivos de bienes y servicios conformado por recursos con el fin de incrementar la productividad y competitividad de las organizaciones.

8.3. Ingeniería de métodos

La Ingeniería de Métodos y Tiempos es una disciplina de finales del siglo XVIII y principios del XIX. Se considera su aplicación como clave a la hora de acrecentar los índices de productividad en la empresa, y el perfeccionamiento y estandarización de sus procesos.

(Salamanca, 2018)

La ingeniería de métodos implica la utilización de la capacidad tecnológica. Debido principalmente a la ingeniería de métodos, las mejoras en la productividad nunca terminan. El diferencial de productividad que resulta de la innovación tecnológica puede ser de tal magnitud que los países desarrollados siempre podrán mantener su competitividad respecto a los países en desarrollo de bajos sueldos.

(Bello, 2020, Pag 272)

La Ingeniería de métodos es la técnica encargada de incrementar la productividad con los mismos recursos u obtener lo mismo con menos dentro de una organización, empleando para ello un estudio sistemático y crítico de las operaciones, procedimientos y métodos de trabajo.

8.4. Estandarización

De acuerdo con Lullen se denomina estandarización al proceso de unificación de características en un producto, servicio, procedimiento, etc. Este implica en muchas ocasiones la redacción de normas de índole prescriptiva que deben seguirse con la finalidad de conseguir el objetivo de la empresa (Lluen-joel, 2011).

Según Peña (2007), es la recolección y documentación de información acerca del funcionamiento (quién, cómo y cuándo) de los procesos de una manera precisa, clara, exacta y de fácil comprensión.

Con los conceptos antes mencionados se puede concluir que estandarización es una implantación de normas claras y precisas de los métodos y formas de ejecutar un proceso concreto de las organizaciones que utilizan diferentes prácticas para el mismo proceso.

8.5. Proceso

Un proceso es comprendido como todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos

ordenados u organizados, que se efectúan o suceden de forma alternativa o simultánea, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso. Desde una perspectiva general se entiende que el devenir de un proceso implica una evolución en el estado del elemento sobre el que se está aplicando el mismo hasta que este desarrollo llega a su conclusión.

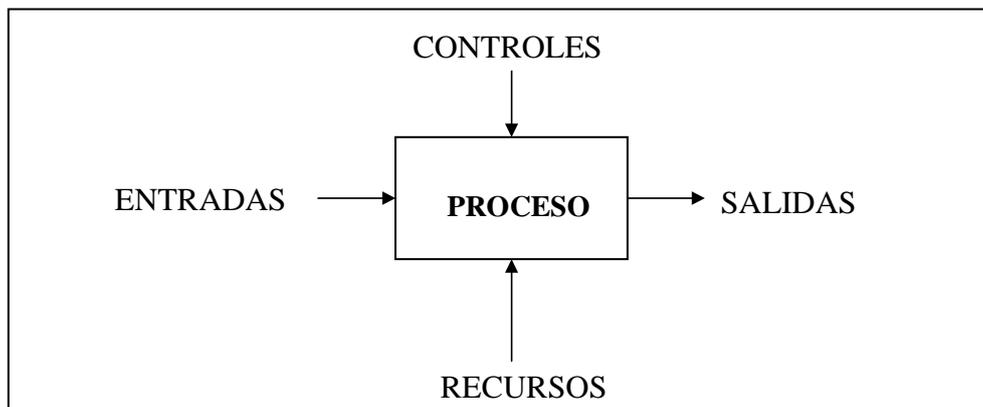
(Prokopenko, 1999, pág. 29).

Vivanco menciona que un proceso es cualquier actividad o conjunto de actividades que emplea insumos, les agrega valor y suministra un producto o servicio a los clientes ya sean internos o externos. En otras palabras, “Sencillamente por proceso se entiende una serie de actividades que, tomada conjuntamente, producen un resultado valioso para el cliente”

(Vivanco, 2017, Pag. 34)

De las definiciones anteriores queda claro que un proceso consiste básicamente y esencialmente en transformar entradas (materia prima, recursos) en salidas (bienes o servicios) que satisfagan alguna necesidad.

Figura 1: Disposición de componentes de un proceso.



Fuente: (Calidad ISO 9001, 2013).

8.5.1. Elementos de un Proceso

- **Entrada:** “Insumo” que responda al estándar o criterio de aceptación definido y que proviene de un proveedor (interno o externo). También se puede decir que es el material o información transformada por una actividad para producir un producto (salida).

- **Recursos o estructuras:** Aquellos mecanismos que el proceso necesita y que generalmente no son consumidos durante el mismo. Ejemplo: personal cuantitativa y cualitativamente adecuado, máquinas, equipamiento de informática, copadoras, etc.
- **Salida:** “Producto” resultado de la actividad de un proceso y que representa algo de valor para el cliente interno o externo.
- **Sistemas de medida o de control:** Reglamentan, limitan o establecen la forma en que los procesos desarrollan sus actividades para producir las salidas a partir de las entradas. Cada proceso debe tener por lo menos un control. Los más comunes son leyes, decretos, normativas, directrices, procedimientos.
- **Límites y conexiones:** También se conocen como condiciones de frontera y permiten las conexiones con otros procesos en forma clara y definida, es decir identifica las entradas y salidas de un proceso.
(Pérez Fernández, 1996, pág. 379).

8.5.2. Optimización de procesos

El autor James Harrington publica en su libro *Business Process Improvement* (Perfeccionando los Procesos Empresariales) que un proceso es toda actividad que recibe una entrada, agregando valor a la misma, y genera una salida para un cliente interno o externo. Para ello, durante este proceso se necesitan unos recursos, con el propósito de generar unos determinados resultados. Para ello, es importante añadir ese valor a la actividad. Aquí es donde entra la optimización de procesos, la manera en la que los recursos que invertimos son los más eficientes posibles.

La optimización de procesos es la disciplina de ajustar un proceso para optimizar un conjunto específico de parámetros sin transgredir algunas restricciones. Los objetivos más comunes están relacionados con minimizar el costo, maximizar el rendimiento y / o la eficiencia. Esta es una de las principales herramientas cuantitativas en la toma de decisiones industriales.

Optimizar un proceso industrial significa mejorarlo utilizando o asignando todos los recursos que intervienen en el de la manera más excelente posible. La optimización está orientada hacia dos metas fundamentales:

- Maximizar ganancias y minimizar costos.
- Producir más y mejor a un costo menor. (Salamanca, 2018, pág. 24).

La optimización de procesos industriales es el esfuerzo de la organización destinado a garantizar:

- El aumento máximo de la productividad.
- El aumento máximo de la seguridad.
- La reducción de los costos de operación.

El objetivo es mantener los niveles de productividad y eficiencia lo más alto posible. (Castro, 2018, pág. 11).

En resumen, se puede decir que para la optimización de los procesos es necesario un levantamiento de las actividades en un estado inicial luego se aplicaran métodos y técnicas de la ingeniería de métodos para la optimización de procesos (diagramas de proceso, recorrido, estudio de tiempos, etc.). Y finalmente se podrá diseñar un proceso estandarizado.

8.5.3. Diseño y selección de procesos

El diseño de procesos tiene el objetivo de cambiar los recursos, objetivos, visión y medios que dispone una empresa para variar su organización y lograr otro enfoque. Lo primero que se debe diseñar son las prácticas que realizan la empresa y también las que llevan a cabo otras organizaciones. Con ello se pueden lograr estándares que estén presentes dentro de una determinada industria. El equipo de diseño de procesos es recomendable que emplee también la experiencia previa que tienen los trabajadores de una empresa porque les permitirá arreglar fallos que pudieran estar presentes.

Una decisión de proceso (o de transformación) es el sistema que adquiere una organización para transformar los recursos en bienes y servicios que ofrece al mercado. El objetivo del diseño de procesos es encontrar una manera de producir bienes que cumplan con los requerimientos de

los clientes, las especificaciones del producto dentro del costo y otras restricciones administrativas. El proceso seleccionado tendrá un efecto a largo plazo sobre la eficiencia y la producción, así como en la flexibilidad, costo y la calidad de los bienes producidos por la empresa.

La selección del proceso es una decisión estratégica que involucra seleccionar qué tipos de procesos de producción debemos considerar. Una decisión esencial en el diseño de un sistema de producción es el proceso que se usará para hacer productos o brindar servicios. Esto involucra decisiones en campos tales como recursos humanos, equipos, materiales y tecnología, entre otros. Este tipo de decisiones, al ser estratégicas, afectan la competitividad de la empresa en el largo plazo y dependen en gran medida de las prioridades competitivas: costo, calidad, flexibilidad y tiempo. Por ejemplo, si la organización decidió competir en tiempos de entrega, deberíamos establecer un proceso que nos permita responder rápidamente.

La administración del proceso abarca la selección de las entradas, las operaciones, los flujos de trabajo y los métodos utilizados para producir bienes y servicios. La selección de las entradas supone decidir sobre qué tipo de habilidades humanas y materias primas vamos a necesitar, cuáles operaciones se llevarán a cabo por trabajadores y cuáles por máquinas, qué servicios externos tomaremos, etc.; consistente con la estrategia de posicionamiento de la organización y su habilidad para obtener recursos.

Este tipo de decisiones se toman, por lo general, en alguno de los siguientes casos:

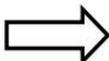
- Cuando hay modificaciones importantes en el producto.
- Cuando tenemos problemas de calidad.
- Cuando hay cambio de las prioridades competitivas.
- Cuando ha cambiado la demanda del producto.
- Cuando la performance corriente no es adecuada.
- Cuando la competencia está por delante debido al uso de nuevos procesos o tecnologías.
- Cuando hay cambios importantes en los insumos o su disponibilidad ha variado de manera importante.

8.6. Diagrama de procesos

Es una representación gráfica secuencial, donde se expone las operaciones, inspecciones, tolerancias de tiempo y materia prima que van a ser parte del proceso. Esta muestra de forma puntual el evento en orden cronológico, desde la materia prima hasta el producto terminado. (Vera, 2012)

Los diagramas de procesos son la representación gráfica de los procesos y son una herramienta de gran valor para analizar los mismos y ver en qué aspectos se pueden introducir mejoras. Otros autores lo definen como la Representación gráfica de un proceso de manufactura. (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 550).

Figura 2: Diagrama de procesos y su simbología.

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso Agrega, modifica, montaje, etc.
	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén
	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas

Fuente: (Render & Heizer, 2007).

8.7. Diagrama de flujo

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis. Sirve para las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etc. Este diagrama muestra la secuencia cronológica de

todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo (Vivanco, 2017)

El diagrama de flujos también llamado el diagrama a nivel detallado también se puede representar gráficamente mediante un flujo debido a que especifica las actividades realizadas por cada uno de los autores del proceso, así como los documentos y sistemas empleados. (Secretaría de la Función Pública, 2016)

Diagrama de flujo o diagramación lógica, es una herramienta para entender el funcionamiento interno y las relaciones entre los procesos y áreas funcionales de una empresa.

Figura 3: Simbología ISO 9000 para elaborar diagramas de flujo.

Símbolo	Representa
	Operaciones. Fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección y medición. Representa el hecho de verificar la naturaleza, calidad y cantidad de los insumos y productos.
	Operación e inspección. Indica la verificación o supervisión durante las fases del proceso, método o procedimiento de sus componentes.
	Transportación. Indica el movimiento de personas, material o equipo.
	Demora. Indica retraso en el desarrollo del proceso, método o procedimiento.
	Decisión. Representa el hecho de efectuar una selección o decidir una alternativa específica de acción.
	Entrada de bienes. Productos o material que ingresan al proceso.
	Almacenamiento. Depósito y/o resguardo de información o productos.

Fuente: (Vivas, 2008).

8.8. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido se utiliza para complementar el análisis del proceso, se traza tomando como base un plano a escala de la fábrica, a veces esta información es útil para desarrollar un nuevo método, pues mediante este podemos observar u obtener información como: existencia

de suficiente espacio, que distancia de transporte puede acortarse y visualizar áreas de almacenaje, estaciones de inspección y los puntos de trabajo.

(Stincer Gomez, 2012)

Otro concepto podría ser que: Un diagrama de recorrido de actividades es “Una representación de la distribución de las zonas y edificios, en la que se indica la localización de todas las actividades registradas en el diagrama de procesos”.

(Niebel, 1006, p.42).

8.9. Medición de trabajo

La medición del trabajo se basa en la calificar la actuación del operario, el analista evalúa el ritmo de trabajo del operario en comparación de su concepto de un operario que ejecuta el mismo elemento. La calificación o valoración se expresa en forma decimal o en porcentaje y se asigna al elemento observado.

(Escalante, 2013)

Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución establecida.

(Escobar Ojeda, 2010)

La medición de trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución establecida.

8.9.1. Procedimiento y técnicas para la medición del trabajo

Cuando mencionábamos que el término Medición del Trabajo no era equivalente al término Estudio de Tiempos, nos referíamos a que el Estudio de Tiempos es tan solo una de las técnicas contenidas en el conjunto «Medición». Las principales técnicas que se emplean en la medición del trabajo son:

- Muestreo del Trabajo
- Estimación Estructurada
- Estudio de Tiempos

- Normas de Tiempo Predeterminadas
- Datos Tipo

Figura 4: Simbología ISO 9000 para elaborar diagramas de flujo.



Fuente: (Kanawaty, 2013, pág. 256).

8.10. Estudio de tiempos.

Ibarra define al estudio de tiempos como un procedimiento que permite el análisis de métodos manual descomponiéndolo en los movimientos básicos requeridos asignados a cada movimiento un tiempo standard predeterminado basado en la naturaleza del movimiento y en las condiciones en las que es realizado.

(Ruíz Ibarra et al., 2017)

Según Mundel el estudio de tiempos y movimientos se refiere a la amplia rama del conocimiento que trata la determinación científica de los métodos preferentes de trabajo, la estimación, en función del tiempo, del valor del trabajo que implica la actividad humana, y el desarrollo del material requerido para hacer uso práctico de estos datos.

(Mundel 1984, Pág. 21).

El estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada

conforme a un método especificado. (Sección 4. Cap.2, pág. 4.13) El estudio de tiempos es una técnica utilizada para la obtención de un tiempo adecuado en la realización de una determinada actividad. Que se basa en el 3 establecimiento de estándares de tiempo permitido para realizar una tarea con los suplementos u holguras por fatigas o por retrasos personales e inevitables, y de esta manera resolver problemas relacionados con los procesos de fabricación.

El estudio de tiempos comprende tres técnicas secuenciales de actividades que son importantes para medir el trabajo manual.

- La secuencia de mover general (para movimiento espacial de un objeto que esta libremente por el aire).
- La secuencia de mover controlado (para el movimiento de un objeto cuando queda en contacto con una superficie o se junta durante el movimiento).
- La secuencia de utilización de herramientas (para el uso de herramientas manuales comunes).

(Ruíz Ibarra et al., 2017)

8.10.1. Requerimiento del estudio de tiempos.

Requerimientos: antes de emprender el estudio hay que considerar básicamente los siguientes

- Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar
- El método a estudiar debe haberse estandarizado
- El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato
- El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación
- El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato reimpreso y una calculadora.
- La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero

8.10.2. Numero de muestras

Es la cantidad de datos que se va a estudiar y evaluar con el fin de llegar a un estándar equitativo, como también el análisis de las actividades o tareas de un todo. Para la toma de tiempos es

necesario conocer el número recomendado de muestras para iniciar con el estudio. (Niebel, Benjamin; Freivalds, 2012b)

Niebel & Freivalds dicen que, la determinación de la cantidad de ciclos que se van a estudiar para llegar a un estándar equitativo es un asunto que ha causado una discusión considerable entre los analistas de estudio de tiempos, así como entre los representantes sindicales. Como la actividad de una tarea y su tiempo de ciclo influyen el número de ciclos que se pueden estudiar, desde el punto de vista económico, el analista no puede estar completamente gobernado por la práctica estadística común que demanda cierto tamaño de muestra basado en la dispersión de las lecturas individuales del elemento. General Electric Company estableció la siguiente tabla como una guía aproximada para el número de ciclos que se deben observar. (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 340).

Tabla 3: Número recomendado de ciclos de observación, tabla General Electric Company

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: Niebel & Freivalds, 2012, pág. 340.

8.10.3. Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo es un parámetro que queda establecido para cada proceso. Se define como el tiempo en el que un proceso se ejecuta, ya sea un proceso de máquina o un proceso manual. Este tiempo queda definido en función de una serie de parámetros y de él dependerán diferentes aspectos relacionados con la productividad y la gestión de la producción.

Niebel & Freivalds lo definen como la suma de todos los tiempos elementales divididos entre el número de observaciones que se hicieron durante el ciclo. (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 560).

8.10.4. Tiempo normal

Una vez obtenido el tiempo de ciclo observado promedio se procede a calcular el tiempo normal, la fuente consultada menciona que, es el tiempo que se requiere para que un operario estándar realice una operación cuando trabaja a paso estándar, sin demoras por razones personales o por circunstancias inevitables. (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 560.).

Para poder comprender sobre este término se toma la definición del autor Kanawaty, G. (1996), donde el tiempo normal representa el tiempo de ejecución de una tarea, con el operario trabajando a un ritmo del 100% (ritmo tipo), no mayor ni menor

8.10.4.1. Sistema de calificación Westinghouse

Método de calificación desarrollado en Westinghouse Corp., que se basa en cuatro factores, habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 558).

Tabla 4: Sistema de calificación Westinghouse.

HABILIDAD			ESFUERZO		
0,15	A1	EXTREMA	0,13	A1	EXCESIVO
0,13	A2	EXTREMA	0,12	A2	EXCESIVO
0,11	B1	EXCELENTE	0,1	B1	EXCELENTE
0,08	B2	EXCELENTE	0,08	B2	EXCELENTE
0,06	C1	BUENA	0,05	C1	BUENO
0,03	C2	BUENA	0,02	C2	BUENO
0,00	D	REGULAR	0,00	D	REGULAR
-0,05	E1	ACEPTABLE	-0,04	E1	ACEPTABLE
-0,10	E2	ACEPTABLE	-0,08	E2	ACEPTABLE
-0,16	F1	DEFICIENTE	-0,12	F1	DEFICIENTE
-0,22	F2	DEFICIENTE	-0,17	F2	DEFICIENTE
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
0,06	A	IDEALES	0,04	A	PERFECTA
0,04	B	EXCELENTES	0,03	B	EXCELENTE
0,02	C	BUENAS	0,01	C	BUENA
0,00	D	REGULARES	0,00	D	REGULAR
-0,03	E	ACEPTABLES	-0,02	E	ACEPTABLE
-0,07	F	DEFICIENTES	-0,04	F	DEFICIENTE

Fuente: García, R. (2005)

8.10.4.2. Sistema de suplementos o tolerancias por descanso.

Según García, R. (2005). Los suplementos no son otra cosa que el tiempo que se da al operador para compensar demoras dentro de una tarea realizada. Los suplementos, según el tipo que sea

se dividen en tres grupos que son:

- Por necesidades personales o asignables al trabajador
- Por fatiga, asignable al tipo de trabajo
- Especiales o no asignables

Para el cálculo de los suplementos, es necesario sumar los valores que se muestran en la siguiente tabla, según el nivel de condiciones o necesidades en las que trabajen los operarios.

Tabla 5: Sistema de suplementos o tolerancias por descanso.

SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER
Necesidades personales	5	7	e) Condiciones atmosféricas		
Básico por fatiga	4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)		
SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER			
a) Trabajo de pie			16		0
Trabajo se realiza sentado(a)	0	0	14		0
Trabajo se realiza de pie	2	4	12		0
b) Postura normal			10		3
Ligeramente incómoda	0	1	8		10
Incómoda (inclinación del cuerpo)	2	3	6		21
Muy incómoda (Cuerpo estirado)	7	7	5		31
			4		45
			3		64
			2		100
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)			f) Tensión visual		
Peso levantado por kilogramo			Trabajos de cierta precisión	0	0
2,5	0	1	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
5	1	2	Trabajos de gran precisión	5	5
7,5	2	3	g) Ruido		
10	3	4	Sonido continuo	0	0
12,5	4	6	Sonidos intermitentes y fuertes	2	2
15	5	8	Sonidos intermitentes y muy fuertes	5	5
17,5	7	10	Sonidos estridentes	7	7
20	9	13	h) Tensión mental		
22,5	11	16	Proceso algo complejo	1	1
25	13	20 (máx)	Proceso complejo o de atención dividida	4	4
30	17		Proceso muy complejo	8	8
33,5	22		i) Monotonía mental		
d) Iluminación			Trabajo monótono	0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo bastante monótono	1	1
Bastante por debajo	2	2	Trabajo muy monótono	4	4
Absolutamente insuficiente	5	5	j) Monotonía física		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	2
			Trabajo muy aburrido	5	5

Fuente: (Rodríguez, 2015, pág.3).

8.10.5. Tiempo estándar

Es el tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a un

paso estándar y realizando un esfuerzo promedio para realizar las operaciones por lo general es quien conoce todo el cuerpo del proceso de la estación a la que está a cargo, adicional al tiempo normal se le atribuye los suplementos u Holguras como un multiplicador para que el tiempo básico se ajuste al tiempo estándar TS. (Niebel, Benjamin; Freivalds, 2012b)

Chase & Jacobs explican que el tiempo estándar, Se encuentra mediante la suma del tiempo normal más ciertas permisibilidades para necesidades personales (descansos para ir al baño o tomar café), demoras inevitables (descomposturas del equipo o falta de materiales) y fatiga del trabajador (física o mental). (Chase & Jacobs, 2014, pág. 143).

8.10.6. Productividad

Anteriormente se dijo que uno de los objetivos de la optimización del proceso es aumentar la productividad, la cual se la define como, un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos). La productividad será el indicador principal del desarrollo exitoso del presente proyecto.

8.11. Programación de la producción

La dirección de operaciones debe planificar, es decir, diseñar y poner en funcionamiento los planes para que la empresa consiga los objetivos a largo plazo. Estos plazos llevarán asociados una serie de actividades a realizar, que se establecerán en el nivel estratégico y táctico, esto es, en el largo y medio plazo. Cuando estos planes se concretan en el nivel operativo o en el corto plazo, es cuando podemos hablar de programación.

Por tanto, la programación de la producción, en este caso, se dedicará a establecer en qué momento deben realizarse las distintas actividades u operaciones, con qué personal y equipos se debe contar, etc. Estas operaciones se habrán planificado en una fase anterior, por lo que la programación deberá concretar tanto los objetivos como las actividades especificadas en el largo y medio plazo.

(Frederick Taylor.2002, Pág. 234)

8.11.1. Criterios de programación

Para realizar una técnica correcta de programación no solo depende del volumen de los pedidos, de la forma como se ejecutan las operaciones y de la dificultad de los trabajos, también existe cuatro criterios que (Render & Heizer, 2014, págs. 592-593)

1. Disminuir al mínimo el tiempo de terminación
2. Incrementar al máximo la utilización
3. Disminuir al mínimo el inventario de trabajo en proceso (WIP)
4. Disminuir al mínimo el tiempo de espera del cliente

8.11.2. Reglas de prioridad

Después de analizar cómo se van a cargar los centros de trabajos se procede a determinar el orden en que se ejecutarán mediante las reglas de prioridad; estas reglas solo son aplicables a las instalaciones que estén orientadas al proceso los cuales son sistemas de alta variedad y bajo volumen, por lo general se encuentran las organizaciones manufactureras y en las de servicios donde la producción depende de los pedidos de los clientes. La finalidad de las reglas de prioridad tal como señala Render & Heizer es “intentan disminuir al mínimo el tiempo de terminación, el número de trabajos en el sistema, y el retraso de los trabajadores, al mismo tiempo que incrementan al máximo la utilización de las instalaciones”. (Render & Heizer, 2014, pág. 599)

A continuación, se detallan las reglas de prioridad más comunes:

1. PEPT (Primero en entrar, primero en trabajarse), los pedidos se ejecutan según el orden de llegada al departamento.
2. TOB (Tiempo de operación más breve), se ejecuta primero el trabajo que tenga un tiempo de terminación más breve, luego por la siguiente más breve, así sucesivamente.
3. PPP (Primero el plazo más próximo), se realiza el pedido que tenga una fecha de caducidad más próxima.
4. TOR (Tiempo ocioso restante), se calcula como el tiempo que queda antes de que se venza el plazo menos el tiempo restante de procesamiento. El pedido con menor tiempo ocioso restante se ejecuta primero. $TOR = \text{Tiempo restante antes de la fecha de vencimiento} - \text{tiempo de procesamiento restante}$

5. TOR/PO (Tiempo ocioso restante por operación), se realizan primero los pedidos que tengan el menor tiempo ocioso por el número de operaciones. $TOR/PO = TOR / \text{Número de operaciones restantes}$

6. ULPT (Último en llegar, primero en trabajarse), esta regla se aplica a menudo automáticamente. Cuando llegan los pedidos, por rutina se colocan arriba de la pila; el operador toma primero el que esté más alto.

7. Orden aleatorio, se escoge aleatoriamente la ejecución de los pedidos.

9. HIPÓTESIS

¿La optimización de las actividades en el proceso de pintura de la aeronave mejorara la planificación de entrega al cliente?

9.1. Variable dependiente

Optimización de las actividades en el proceso de pintura de la aeronave.

9.2. Variable independiente

Planificación de entrega al cliente.

10. METODOLOGÍAS

10.1. Tipos de investigación

10.1.1. Investigación exploratoria.

Morales define a la investigación exploratoria, como aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimiento. (Morales, 2012)

La investigación exploratoria se aplicará ya que se desconoce de estudios previos de la optimización de las actividades en el proceso de pintura o en dicha área de la DIAF.

10.2. Métodos

10.2.1. Método Analítico

Abreu define el método analítico como aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular.(Abreu, 2014, pág 199).

Se aplicará el método analítico para identificar cada una de actividades del proceso de pintura y lograr determinar las actividades que generen demoras.

10.2.2. Método Inductivo

El método inductivo es una estrategia de razonamiento que se basa en la inducción, para ello, procede a partir de premisas particulares para generar conclusiones generales. En este sentido, el método inductivo opera realizando generalizaciones amplias apoyándose en observaciones específicas. Esto es así porque en el razonamiento inductivo las premisas son las que proporcionan la evidencia que dota de veracidad una conclusión.
(Abreu, 2014, pág 200).

Se aplicará en método inductivo de investigación ya que se realizará un análisis de cada actividad del proceso, se identificará las actividades innecesarias que puedan ser eliminadas del proceso para finalmente dar cumplimiento al objetivo general.

10.3. Técnicas

Según los tipos de investigación a aplicar las técnicas necesarias son las siguientes:

10.3.1. La observación directa

La observación directa se da cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar. (Díaz, 2011)

Consiste en observar directa, detallada y atentamente el lugar de la aplicación de la investigación, además la observación es la técnica que ayuda a la obtención de toda la información posible y necesaria que se podrá registrar y analizar posteriormente.

10.3.2. Estudio de tiempos.

En base a la definición planteada en el marco teórico se tiene claro que, el estudio de tiempos es la técnica de la medición del trabajo aplicada para la obtención y análisis de los resultados de los tiempos del proceso. Es de gran importancia ya que se cronometrará el tiempo de cada actividad por ende se podrá saber con datos numéricos exactos el ritmo de trabajo del técnico del área de pintura.

10.4. Instrumentos

10.4.1. Diagrama de procesos.

En base a la definición planteada en el marco teórico se tiene claro que en el diagrama de procesos se tendrá detallada cada una de las actividades, con su respectivo tiempo y distancia, con lo cual se podrán identificar las actividades innecesarias que con el posterior análisis se las podrán eliminar.

10.4.2. Diagrama de flujo.

Ya definido el diagrama de flujo anteriormente es claro que se lo aplicará para apreciar fácilmente la distribución de la operación desde su entrada hasta su salida, además que se podrá apreciar la lógica de la secuencia del proceso. Y al igual que en el diagrama de proceso se podrá identificar las actividades innecesarias que generan demoras.

10.4.3. Diagrama de recorrido.

Anteriormente ya se definió al diagrama de recorrido, por tal razón con dicho diagrama se podrá apreciar el camino que sigue el proceso desde su inicio hasta su fin, con sus respectivas medidas ya que dicho diagrama se lo hará dentro del plano de la sección logística. En dicho diagrama se podrá apreciar principalmente los transportes innecesarios.

10.4.5. Formas para el estudio de tiempos.

Todos los detalles del estudio se registran en una forma de estudio de tiempos. La forma proporciona espacio para registrar toda la información pertinente sobre el método que se estudia, las herramientas utilizadas, etc. (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 331).

Es uno de los instrumentos necesarios para el estudio de tiempos, en dicha forma se registrarán todas las muestras de tiempos requeridas para la aplicación del estudio de tiempos del proceso.

10.4.6. Cronómetro.

En referencia al cronómetro se tiene que, en la actualidad se usan dos tipos de cronómetros: el tradicional cronómetro minuter decimal (0.01 min) y el cronómetro electrónico que es mucho más práctico. (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 330)

Es otro de los instrumentos para el estudio de tiempos por cronómetro, con el cual se obtendrá la medida de tiempo de cada actividad, dicha medida será registrada en la forma descrita anteriormente.

10.4.7. Tablero de registro.

El tablero debe ser ligero, de manera que no se canse el brazo, ser fuerte y suficientemente duro para proporcionar el apoyo necesario para la forma de estudio de tiempos. (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 331)

Se utilizara este instrumento para el estudio de tiempos, en donde estarán alojadas y aseguradas las formas para el registro de los tiempos, además que se podrá tener en orden las muestras de los tiempos medidos.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Antecedentes de la empresa

La Dirección de Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana “DIAF”, ha sido durante más de 27 años el organismo de más alto nivel en el Ecuador en la prestación de servicios aeronáuticos, mantenimiento técnico, aprovisionamiento de partes y repuestos a las Fuerzas Armadas, aviación Estatal y aviación comercial nacional e internacional

11.1.1. Visión

Ser una organización competitiva en el mantenimiento aeronáutico e innovación tecnológica orientada a la defensa y desarrollo.

11.1.2. Misión

Proveer bienes y servicios aeronáuticos de calidad a fin de satisfacer las necesidades de fuerzas armadas, empresas públicas, operadores aéreos y afines; y, contribuir a la defensa nacional y desarrollo. (Diaf - Dirección de La Industria Aeronáutica Del Ecuador, 2019)

11.2. Descripción del proceso de pintura.

El proceso está a cargo de la sección de pintura la cual consta del personal técnico y de un supervisor los cuales se desempeñan en seis estaciones de trabajo dentro de las instalaciones de la DIAF las cuales se enlistan y describen a continuación:

- **Bodega de materiales.-** El área donde se encuentran los insumos, materiales y a su vez el personal técnico recibe el equipo EEPs de dotación, esta área se encuentra a cargo del personal de logística.
- **Pañol de herramientas.-** Lugar donde se encuentran todo el equipo y herramientas que

se utilizan en la inspección y mantenimiento de la aeronave y también está a cargo del personal de logística.

- **Aeronave.-** Se considera como estación de trabajo debido a que en el fuselaje de la aeronave se cumplen tareas y secuencias de las mismas y lo principal es en donde se aplica la pintura.
- **Hangar.-** Lugar donde se encuentran ubicados los aviones para cumplimiento de la inspección y mantenimiento.
- **Área de pintura.-** Lugar donde se cumplen las tareas de lijado, premiado y pintura de los componentes y ciertos paneles.
- **Departamento de Análisis de Producción.** Esta área de trabajo es en donde se realiza todo lo que se refiere a documentación y almacenamiento de todo lo relacionado a la inspección y trabajos que se cumplen.

Para el proceso de pintura no se toma en cuenta el lijado debido a que al momento que ingresa el avión al centro de mantenimiento para la inspección es necesario la remoción de componentes y paneles dependiendo del tipo de inspección que va hacer sometido o del algún trabajo en específico que requiera el fabricante o el cliente por lo cual dichos componentes son llevados al área de pintura y lijados o en ciertos casos son sometidos a tratamientos anticorrosivos y son instalados mediante se va realizando la inspección y mantenimiento del aeronave razón por la cual la actividad de lijado no pude ser estandarizada. Una vez que la aeronave haya terminado su inspección y todos los componentes se encuentren instalados y la aeronave lijada en su totalidad se procede con el proceso de pintura.

11.2.1. Proceso de pintura en las condiciones iniciales.

En el proceso se pudo determinar 45 actividades y 55 metros en recorrido que a continuación se describen:

Actividad 1.- El supervisor de pintura verificará los datos técnicos del fabricante y hojas técnicas del producto a fin de cumplir con los mismos durante el proceso de pintura.

Figura 5: Datos técnicos de la pintura.

AkzoNobel Aerospace Coatings		Eclipse High Solids Polyurethane Topcoat		AkzoNobel																																
	Base: ECL-G-XXX 2 filled gallons 2 parts	Curing Solution: PC-233 1 gallon 1 part	Thinner: TR-109 (see chart below) 1 gallon 1 part																																	
	At 75-80°F: (24-27°C)	Mix Viscosity: Pot life with TR-109: Induction Time:	17-23 seconds signature Zahn Cup 2 4 hours-white, 3 hours-color; pot life will be reduced with the addition of an alternate thinner, see chart below 15 to 30 minutes																																	
	Minimum 2 coats needed with TR-109. Apply a wet closed coat 45 to 120 minutes between coats. Dry film thickness: 2.0 - 3.0 mils (51 - 76 microns) Wet edge time: 35 - 45 minutes at 77°F (25°C), 50% RH																																			
	Drying Times <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>77°F (25°C)</th> <th>77°F (25°C)</th> <th>90°F (32°C)</th> <th>120°F (48°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TR-109</td> <td>3-4 hrs</td> <td>10-12 hrs</td> <td>8-9 hrs</td> <td>4-5 hrs</td> </tr> <tr> <td>TR-111</td> <td>1½-2 hrs</td> <td>7-8 hrs</td> <td>4-5 hrs</td> <td>3-4 hrs</td> </tr> <tr> <td>TR-112</td> <td>1-1½ hrs</td> <td>5-6 hrs</td> <td>2-3 hrs</td> <td>1½-2 hrs</td> </tr> <tr> <td>TR-113</td> <td>½-1 hr</td> <td>2-3 hrs</td> <td>1-2 hrs</td> <td><1 hr</td> </tr> <tr> <td>TR-141</td> <td>3 hrs</td> <td>10-12 hrs</td> <td>7-8 hrs</td> <td>4-6 hrs</td> </tr> </tbody> </table>					77°F (25°C)	77°F (25°C)	90°F (32°C)	120°F (48°C)	TR-109	3-4 hrs	10-12 hrs	8-9 hrs	4-5 hrs	TR-111	1½-2 hrs	7-8 hrs	4-5 hrs	3-4 hrs	TR-112	1-1½ hrs	5-6 hrs	2-3 hrs	1½-2 hrs	TR-113	½-1 hr	2-3 hrs	1-2 hrs	<1 hr	TR-141	3 hrs	10-12 hrs	7-8 hrs	4-6 hrs	Note: TR-112 & TR-113 are recommended for touch-up areas and speed lines only and are pre-adjusted to meet specific dry times, no additional accelerator should be added. The pot life & wet edge of the topcoat are dramatically reduced when mixed with TR-112 & TR-113.	
	77°F (25°C)	77°F (25°C)	90°F (32°C)	120°F (48°C)																																
TR-109	3-4 hrs	10-12 hrs	8-9 hrs	4-5 hrs																																
TR-111	1½-2 hrs	7-8 hrs	4-5 hrs	3-4 hrs																																
TR-112	1-1½ hrs	5-6 hrs	2-3 hrs	1½-2 hrs																																
TR-113	½-1 hr	2-3 hrs	1-2 hrs	<1 hr																																
TR-141	3 hrs	10-12 hrs	7-8 hrs	4-6 hrs																																
	Type equipment HVLP Low Pres. Electrostatic Air Assisted Electrostatic	Tip Size 1.2-1.4 mm 1.2-1.5 mm .009-.013 in																																		

Fuente: DIAF.

Actividad 2.- El técnico de pintura se acerca al pañol de herramientas del hangar para retirar el equipo que se utilizara en lavado y secado de la superficie a pintar.

Figura 6: Pañol de herramientas de la DIAF.



Fuente: DIAF

Actividad 3.- EL personal del pañol de herramientas entrega el equipo al personal técnico de pintura en donde se registra la descripción y la cantidad de los mismos en el sistema que cuenta la DIAF.

Figura 7: Entrega del equipo al personal técnico.



Fuente: DIAF

Actividad 4.- El personal técnico de pintura conecta la aeronave a tierra en los puntos asignados en el hangar para evitar alguna descarga eléctrica que se pueda suscitar al momento de ejecutar el proceso.

Figura 8: Toma de conexiones a tierra del avión y del hangar.



Fuente: DIAF

Actividad 5.- Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pintura y en ciertos casos vientos cruzados que interfieren en la adherencia de la pintura.

Figura 9: Puertas y tablero de control.



Fuente: DIAF

Actividad 6.- El personal de pintura se pone el traje de protección y todos los EPP's de dotación que le fueron entregados para que de esta manera se encuentre protegido de algún contacto con las sustancias químicas que implica el proceso.

Figura 10: Colocación de equipos de protección personal.



Fuente: DIAF

Actividad 7.-El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para remover polvos, suciedades, grasa u otros contaminantes y restos de pintura que provoco el lijado en la superficie.

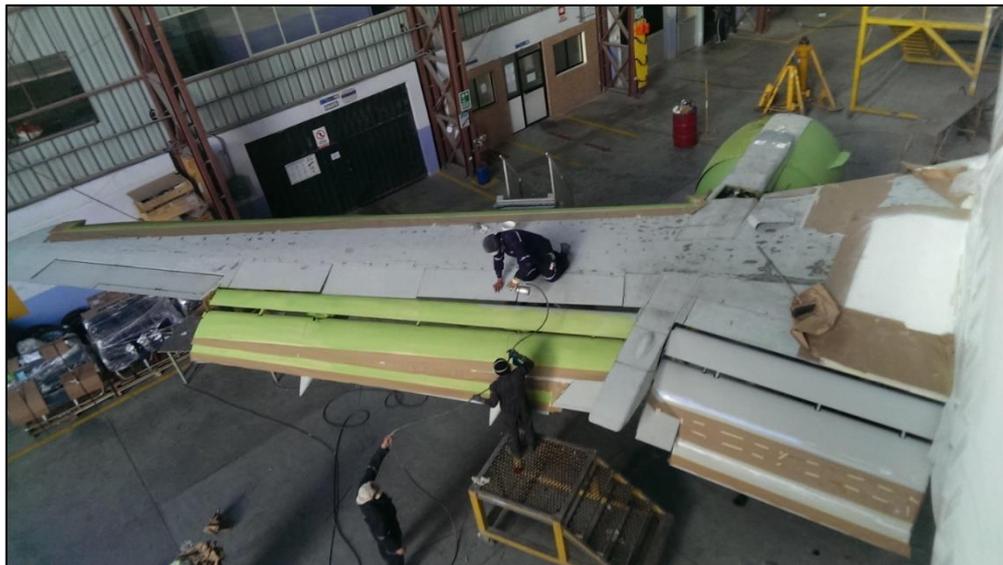
Figura 11: Lavado superficial de la aeronave



Fuente: DIAF

Actividad 8.- Al terminar el lavado se realiza un secado de la superficie para agilizar el proceso mediante la aplicación de aire utilizando sopletes.

Figura 12: Secado de la superficie de la aeronave.



Fuente: DIAF

Actividad 9.- El personal de técnico de pintura se dirige a la bodega de materiales del hangar para retirar los insumos que va a utilizar para enmascarar las superficies y a su vez la pintura y primer que serán aplicados a la aeronave.

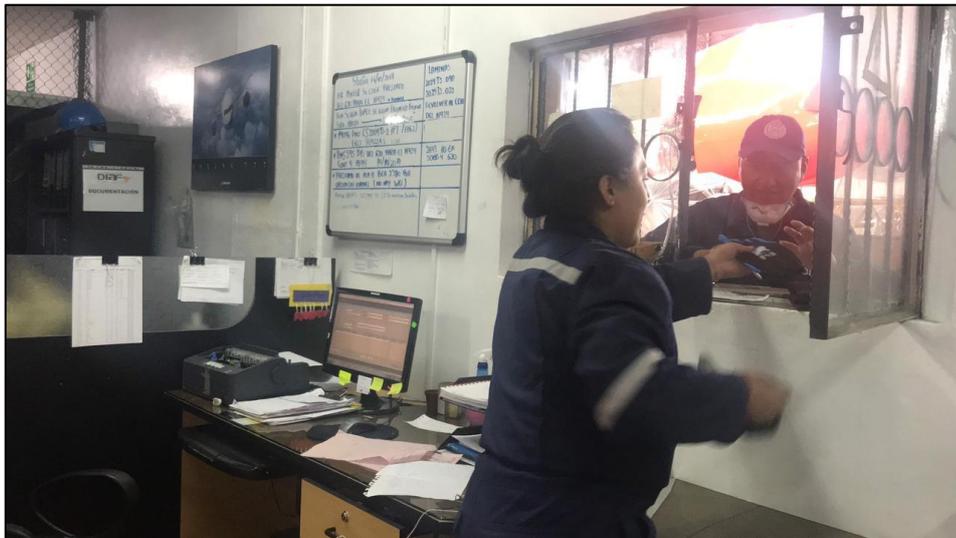
Figura 13: Bodega de materiales de la DIAF.



Fuente: DIAF

Actividad 10.-El personal de la bodega de materiales entregara los insumos anteriormente mencionados los técnicos de pintura.

Figura 14: Entrega de materiales al personal técnico.



Fuente: DIAF

Actividad 11.- Una vez ya con el material; el personal técnico de pintura prepara la superficie limpiando exhaustivamente y constantemente con tela y gasa de limpieza para asegurar una correcta limpieza de un área descontaminada.

Figura 15: Limpieza superficial de la aeronave.



Fuente: DIAF

Actividad 12.- Ya con la superficie limpia en su totalidad el personal técnico de pintura procede a enmascarar las superficies, componentes, ciertas aberturas del fuselaje las cuales no deben tener contacto con la pintura u otros solventes.

Figura 16: Enmascarado de la superficie del avión.



Fuente: DIAF

Actividad 13.- Ya enmascarado los compenretes del fuselaje se continua con la protección de ventanas laterales, así como con las de cabina de pilotos.

Figura 17: Enmascarado de las ventanas de la aeronave.



Fuente: DIAF

Actividad 14.- El personal del departamento de Ingeniería & Planificación y el Supervisor de pinturas, determinarán la ubicación de las placas que se deberán tomar para medir el espesor de las capas y para efectuar la prueba de adherencia de la pintura después del curado efectivo de la pintura.

Figura 18: Información sobre ubicación de placas y diseño del proceso.



Fuente: DIAF

Actividad 15.- El personal técnico de pintura se dirige al área de pintura que se encuentra al lado norte y fuera del hangar para posteriormente continuar con la preparación del primer y pintura.

Figura 19: Área de pintura



Fuente: DIAF

Actividad 16.- El técnico de pintura procede con un envase a ubicar en el agitador el envase de primer que será aplicado.

Figura 20: Agitador de envases



Fuente: DIAF

Actividad 17.- En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla del activador con el endurecedor o de la base con agua limpia y se dejará el tiempo de inducción este puede ser pasivo o con movimiento constante.

Figura 21: Mezcla del activador con el endurecedor.



Fuente: DIAF

Actividad 18.- La mezcla será verificada con la copa de viscosidad por el supervisor de pintura, para obtener la viscosidad adecuada del primer.

Figura 22: Verificación de viscosidad.



Fuente: DIAF

Actividad 19.- Una vez que la pintura este completamente mezclada del primer técnico de pintura lleva la pintura hacia la aeronave.

Figura 23: Traslado del personal hacia la aeronave.



Fuente: DIAF

Actividad 20.- Se continua con llevando a la zona de pintura junto a la aeronave un higrómetro para control de temperatura y humedad.

Figura 24: Higrómetro



Fuente: DIAF

Actividad 21.- El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y emitirá las respectivas indicaciones de seguridad al personal que vaya a intervenir en la aplicación de la pintura.

Figura 25: Charla técnica sobre el proceso.



Fuente: DIAF

Actividad 22.- Se procederá a traspasar en los sopletes y filtrar el primer mediante una malla tipo nylon.

Figura 26: Filtrado de primer.



Fuente: DIAF

Actividad 23.- Antes de comenzar a pintar se procede a encender los extractores de aire en cada una de las áreas del hangar para la ventilación y extracción de los gases producidos en la aplicación de primer y pintura.

Figura 27: Extractor del hangar.



Fuente: DIAF

Actividad 24.- Una vez cumplidas las actividades anteriores el personal técnico de pintura procede aplicar una capa uniforme y delgada de primer.

Figura 28: Aplicación de primer.



Fuente: DIAF

Actividad 25.- Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el fabricante y a una temperatura entre los 12 a 32°C.

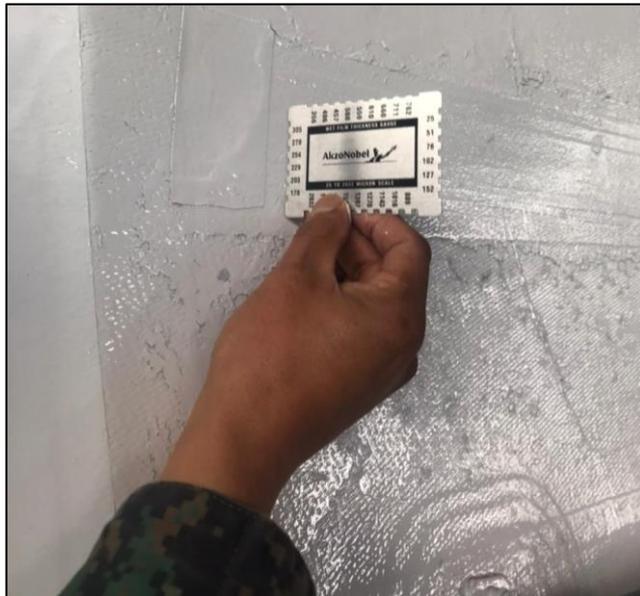
Figura 29: Aplicación total y curado de primer al avión.



Fuente: DIAF

Actividad 26.- Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del primer con la regla de humedad.

Figura 30: Medición de espesor.



Fuente: DIAF

Actividad 27.- EL personal de pintura se dirige al área de pintura para continuar con la preparación de la pintura.

Figura 31: Traslado del personal al área de pintura.



Fuente: DIAF

Actividad 28.- En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla de la base con agua o la base con el endurecedor.

Figura 32: Mezcla del primer con endurecedor.



Fuente: DIAF

Actividad 29.- La mezcla será verificada con la copa de viscosidad, si la mezcla es muy densa se pondrá thinner.

Figura 33: Verificación de viscosidad.



Fuente: DIAF

Actividad 30.- Una vez ya preparada y verificada la pintura el personal técnico lleva el hacia la aeronave.

Figura 34: Pintura ubicada junto a la aeronave.



Fuente: DIAF

Actividad 31.- Ya con la pintura lista se procederá a traspasar a los sopletes mediante una malla tipo nylon para que la pintura sea filtrada.

Figura 35: Filtración de pintura.



Fuente: DIAF

Actividad 32.- Con los sopletes y marmitas, se realizará la calibración de los mismos en los papelotes sobre el primer de los siguientes puntos: fluido, presión, cobertura y desplazamiento, en caso de no ser óptimo se repetirá hasta que este sea de buena calidad, si la calibración es óptima se procederá aplicar en la aeronave.

Figura 36: Calibración de marmitas y sopletes



Fuente: DIAF

Actividad 33.- El personal técnico de pintura impregnará una capa de pintura de acuerdo a los espesores de los datos técnicos de mantenimiento de la aeronave, manual de mantenimiento de componentes, órdenes de ingeniería u hojas técnicas del producto.

Figura 37: Aplicación de capa de pintura.



Fuente: DIAF

Actividad 34.- Espera de curado antes de aplicar una segunda capa de pintura.

Actividad 35.- Una vez dado un tiempo de curado el personal técnico de pintura aplica una segunda mano de pintura al fuselaje de la aeronave.

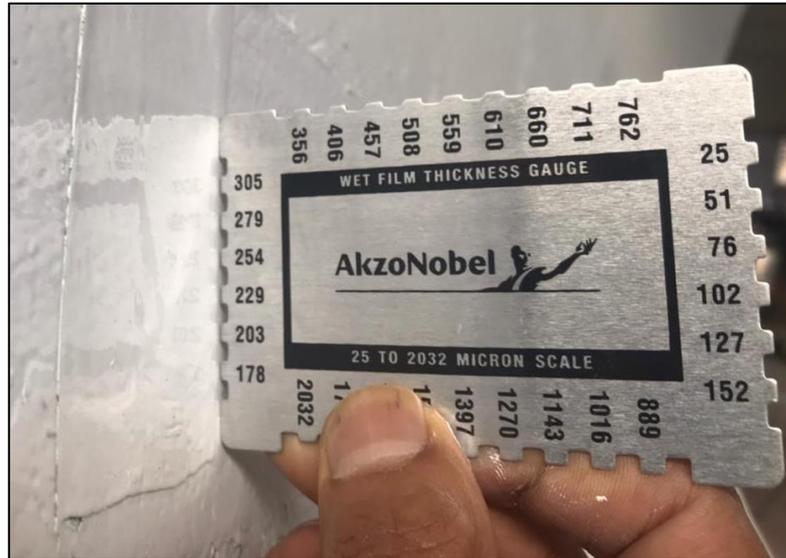
Figura 38: Aplicación total y curado de primer al avión.



Fuente: DIAF

Actividad 36.- Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave o componentes aeronáuticos pintados se encuentren de buena calidad, medirá el espesor de la pintura final con la regla de humedad.

Figura 39: Medición del espesor.



Fuente: DIAF

Actividad 37.-El Supervisor de Pintura con la ayuda de un Técnico de Pintura, procederá a retirar las placas de aluminio que están pintadas, colocará las probetas de adherencia en las mismas y serán colocadas en un lugar seguro para que éstas se curen en el tiempo indicado según las hojas técnicas de la pintura.

Figura 40: Placas de aluminio instaladas.



Fuente: DIAF

Actividad 38.-El Dpto. de ingeniería tomará los espesores de la pintura nueva y conjuntamente con el supervisor de pintura registra el espesor de la pintura, en los puntos determinados anteriormente por el departamento de ingeniería, así como se deberá comprobar la adherencia de la pintura en las probetas con el equipo ELCOMETER 106 ADHESION TESTER.

Figura 41: ELCOMETER 106 ADHESION TESTER.



Fuente: DIAF

Actividad 39.- Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente los Técnicos de Pintura ordenarán el área de trabajo y limpiarán sus equipos.

Figura 42: Limpieza del área de trabajo.



Fuente: DIAF

Actividad 40.- Se entrega el equipo a la bodega de herramientas.

Actividad 41.- Espera de curado antes del desenmascarado

Figura 43: Aplicación total y curado de primer al avión.



Fuente: DIAF

Actividad 42.- Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a desenmascarar toda la aeronave

Figura 44: Desenmascarado de la superficie de la aeronave.



Fuente: DIAF

Actividad 43.- El supervisor recopila e imprime toda la información respecto al proceso de pintura.

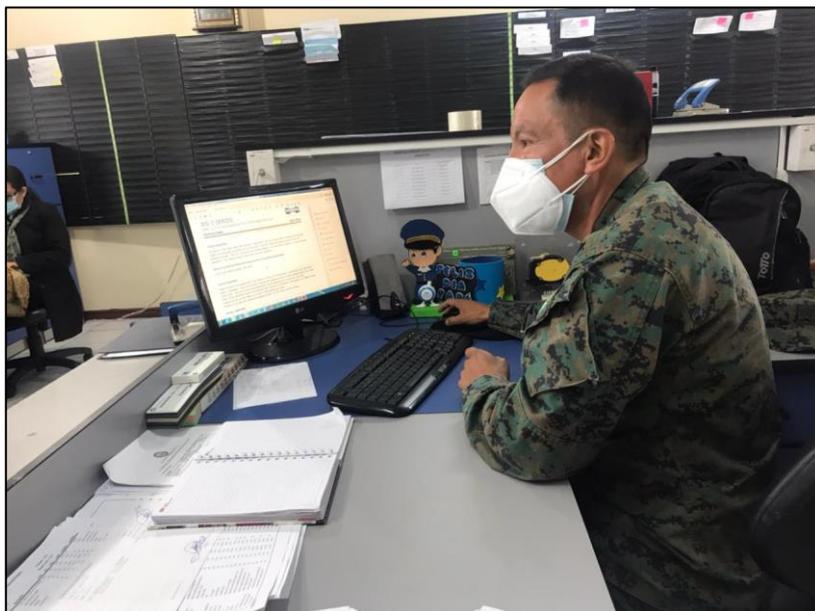
Figura 45: Impresión y documentación.



Fuente: DIAF

Actividad 44.- El supervisor llena la orden Work Order QC 015 y el formato DIAF FORM PR 004.

Figura 46: Llenado de formatos para la documentación.



Fuente: DIAF

Actividad 45.- El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de análisis de producción dando, así como terminado el proceso.

Figura 47: Departamento de análisis de producción.



Fuente: DIAF

11.2.1.1. Diagrama de procesos del método inicial.

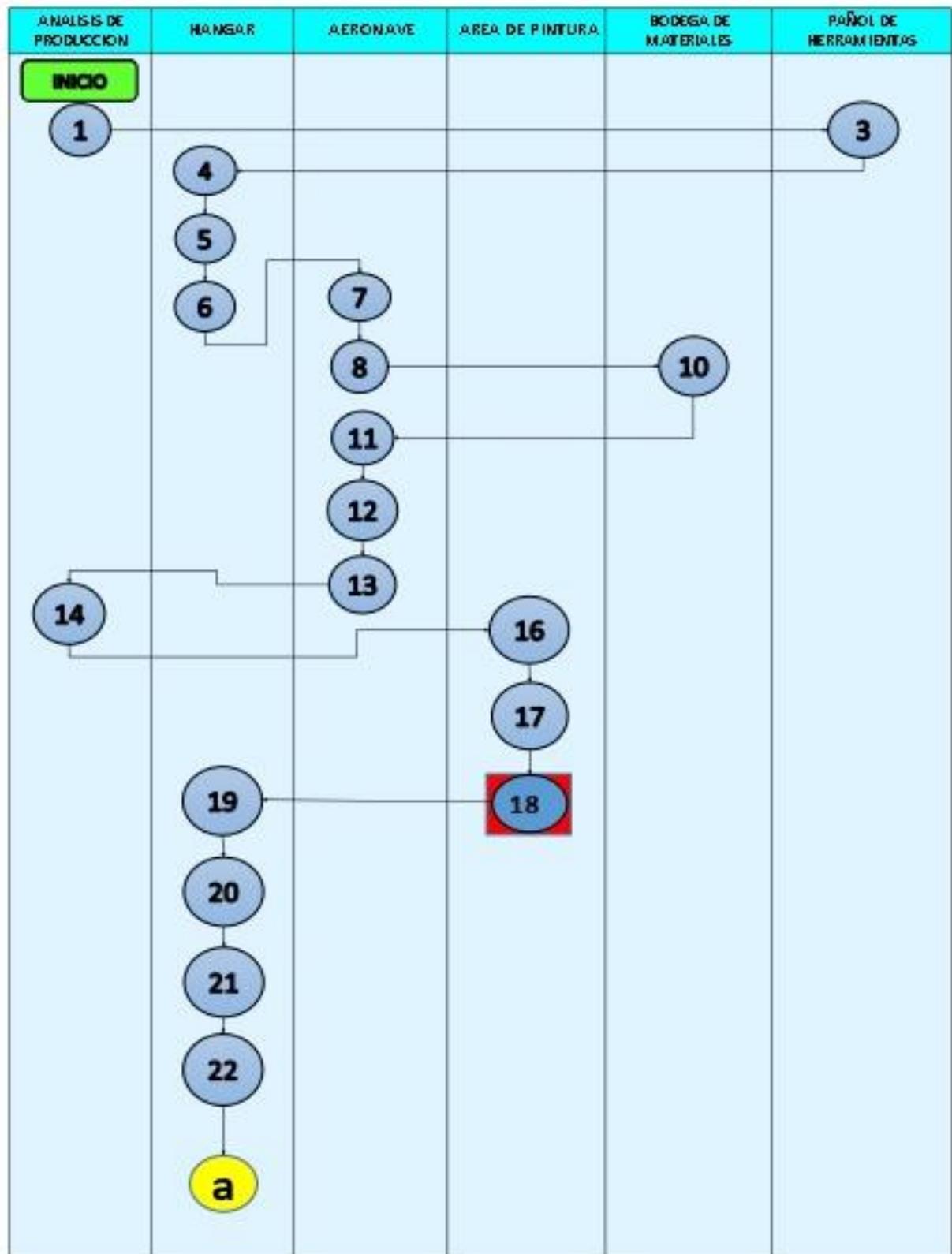
Tabla 6: Diagrama de proceso de las condiciones iniciales

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA								
Tipo de Diagrama:		Proceso	RESUMEN					
Método actual:		X	ACTIVIDAD	SIMBOLOGIA	TOTAL			
Método propuesto:			Proceso		21			
Fecha de realización:		15/1/2021	Transporte		5			
Proceso:		Plumas	Inspección		0			
Área:		Sección de Plumas	Espera		4			
Eficiencia gráfica:		73%	Almacenamiento		0			
Elaborado por:		Alex Méndez	Operación continuada		1			
Página:		1 de 1						
Nº	Actividad						DISTANCIA (Metros)	
1	El supervisor de pluma verifica los datos técnicos del fabricante y los requisitos del producto.							
2	El técnico de pluma se acerca al panel de instrumentos del lenguaje para retirar el equipo que se utiliza.						15	
3	El personal del panel de instrumentos entrega el equipo al personal pluma.							
4	Se procede a cortar las plumas del lenguaje para evitar el riesgo de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pluma.							
5	El personal técnico de pluma conecta la sopleira a tierra en los puntos asignados en el lenguaje.						5	
6	Se procede a cortar las plumas del lenguaje para evitar el riesgo de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pluma.							
7	El personal de pluma se pone el traje de protección y todos los EPPs de trabajo.							
8	Se procede a cortar las plumas del lenguaje para evitar el riesgo de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pluma.							
9	El personal de técnico de pluma se dirige a la bodega de herramientas del lenguaje para retirar los instrumentos que se a utilizar para asegurar las superficies de la aeronave.							
10	El personal de la bodega de herramientas entrega los instrumentos a los técnicos de pluma.							
11	El personal técnico de pluma prepara la superficie limpiando exhaustivamente y constantemente con tal y gas de lenguaje.							
12	El personal técnico de pluma procede a ensamblar las superficies, componentes, varillas y otros elementos los cuales no deben estar contacto con la pluma u otros sistemas.							
13	Ya ensamblado los componentes se continúa con la preparación de varillas y tornillos así como con las de cabina de piloto.							
14	El personal del departamento de Ingeniería de Plásticos y el Supervisor de pluma, determinan la ubicación de las pluma.							
15	El personal técnico de pluma se dirige al área de pluma.							
16	Con la guía de la hoja técnica del producto, el área del activador o controlador.							
17	En un entorno limpio de almacenamiento y limpio, se procede a la marca del activador con el estatus de:							
18	La muestra será verificada con la copia de visibilidad al status o modelo de copia exacta dada por la hoja técnica del producto.							
19	Una vez que la pluma está completamente montada del primer técnico de pluma lleva la pluma hacia el área de:							
20	Se lleva a la zona de pluma un lenguaje para control de temperatura y humedad se registran en la DIAJ FORM PR 004 y DIAJ FORM QC 015.							
21	El Supervisor de pluma proporciona la información técnica y analiza las reportes indicaciones de seguridad al personal.							
22	Se procede a preparar a los sopletes ya filtrado el primer:							
23	Antes de comenzar pluma se procede a asegurar los extremos de aire en cada una de las áreas del lenguaje.							
24	Una vez cumplidas las actividades anteriores el personal técnico de pluma procede aplicar una capa uniforme y delgada de primer.							
25	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pluma medirá el espesor del primer con la regla de longitud y los técnicos de pluma proceden a lavar su equipo utilizado.							
26	Permitir un tiempo de curado del primer de momento a lo recomendado por el fabricante y a una temperatura entre los 12 a 32 °C.							
27	El personal de pluma se dirige al área de pluma para comenzar con la preparación de la pluma.							
28	En un entorno limpio de almacenamiento y limpio, se procede a la marca de la base con agua (pluma base agua) o la base con el estatus de:							
29	La muestra será verificada con la copia de visibilidad al status o modelo de copia exacta dada por la hoja técnica del producto.							
30	El personal técnico lleva la pluma hacia la aeronave.							
31	Se procede a preparar a los sopletes la pluma ya final.							
32	Con los sopletes y herramientas, se realizará la aplicación de los mismos en los perfiles.							
33	El personal técnico de pluma asegurará una capa de primer de acuerdo a los espesores de los datos técnicos.							
36	Espera de cuando menos de aplicar una segunda capa de pluma.							
37	Aplicar segunda mano de pluma.							
38	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pluma, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave o componentes aerodinámicos pluma se aseguran de buena calidad, medirá el espesor de la pluma final con la regla de longitud.							
39	Una vez que se ha completado la aplicación de la pluma, el supervisor técnico de pluma procede a retirar las pluma y posar las pluma y colocar en ellas la base pluma junto con el equipo.							
40	El Depto. de Ingeniería revisa los espesores de la pluma nueva y comparemos con el supervisor de pluma según el espesor de la pluma.							
41	Se entrega el equipo a la bodega de instrumentos.						5	
42	Espera de cuando menos de 1 almacenamiento.							
43	Desensamblado de la aeronave.							
44	El supervisor lleva la copia Work Order QC 015.							
45	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de análisis de producción dando así como terminado el proceso.							
TOTAL		21	2	0	4	0	1	45

Fuente: Autor.

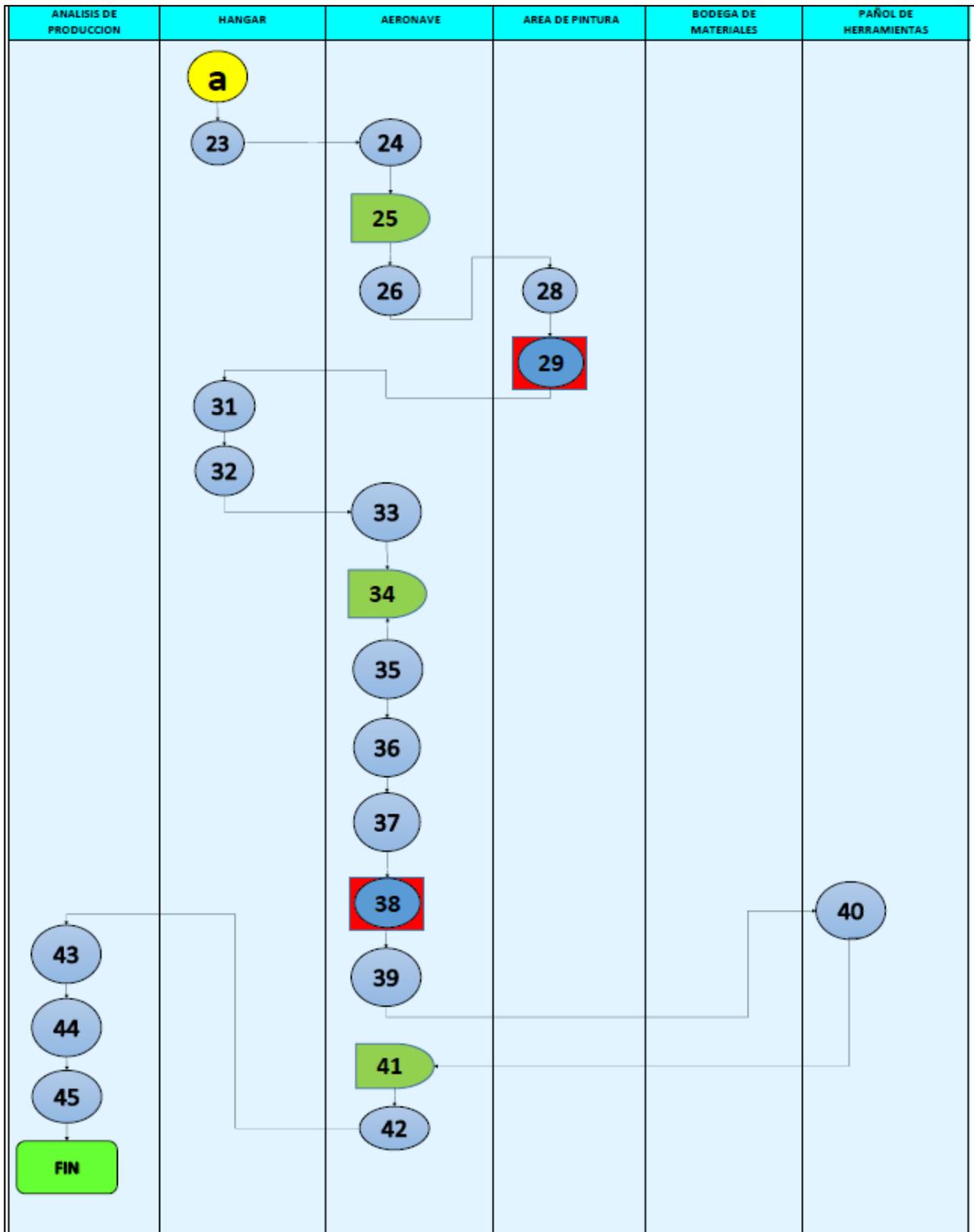
11.2.1.2. Diagrama de flujo del proceso inicial.

Figura 48: Diagrama de flujo.



Fuente: Autor.

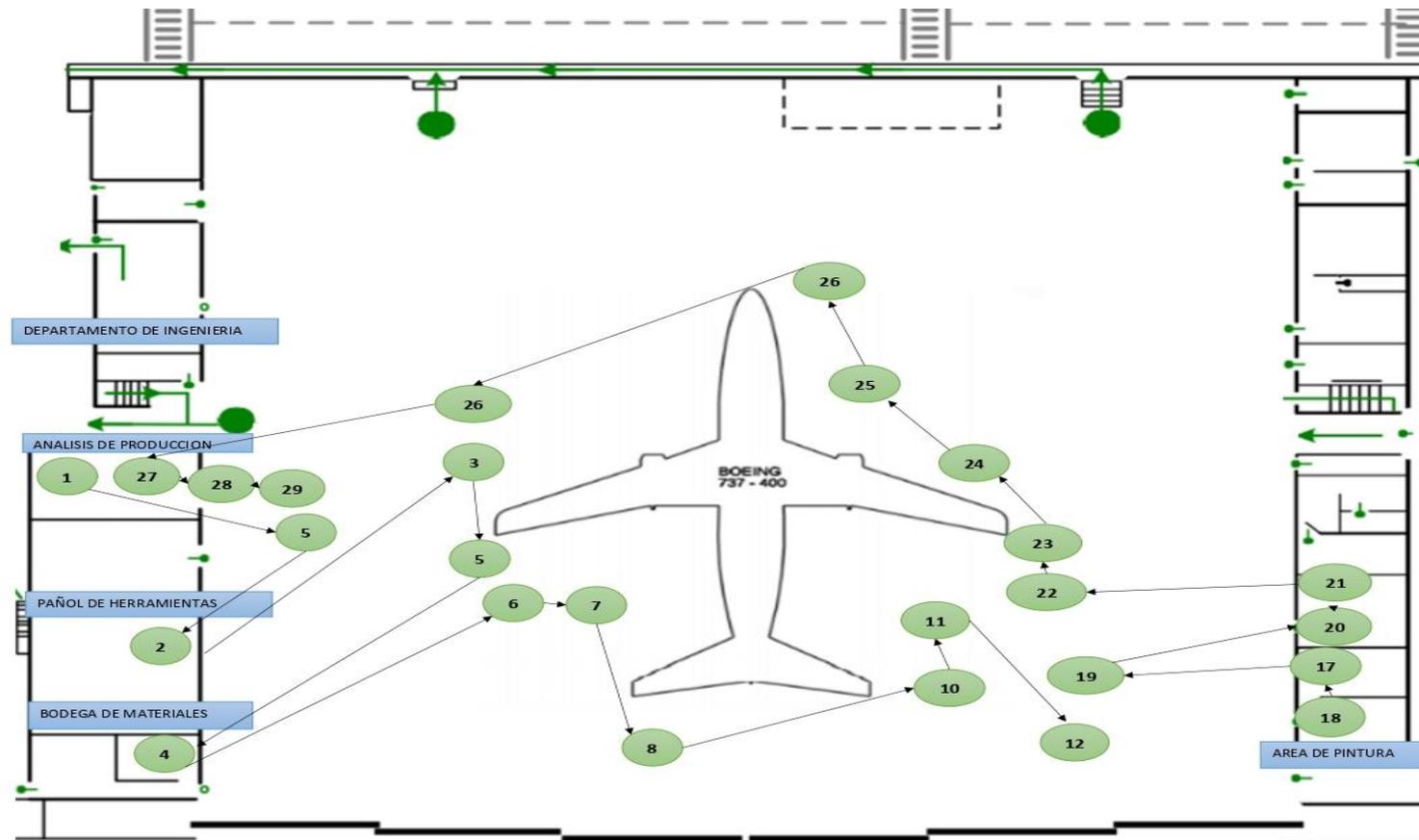
Figura 49: Diagrama de flujo.



Fuente: Autor.

11.2.1.3. Diagrama de recorrido del proceso inicial.

Figura 49: Diagrama de recorrido.



Fuente: Autor.

11.2.2. Desarrollo del estudio de tiempos del método inicial

Esta técnica se aplicó para la medición del trabajo y determinar el tiempo estándar. Por lo cual se desarrollaron formas para plasmar dichos tiempos. Las formas, los cálculos y las resoluciones de las ecuaciones que se muestran a continuación en su gran mayoría se realizaron en Microsoft Excel.

11.2.2.1. Número de muestras

El muestreo del trabajo permite estimar el porcentaje de tiempo que un trabajador dedica a distintas tareas. Se utilizaron cinco observaciones aleatorias para registrar la actividad que está realizando el personal.

En la siguiente *tabla 7* se puede observar los tiempos cronometrados en cada actividad y se encuentran expresados en formato hora, minutos y segundos (HH:MM:SS).

Tabla 7: Tiempos cronometrados de las actividades del proceso

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA						
FORMA No. 04 EL ESTUDIO DE TIEMPOS						
FECHA:		25-Jun-21				
ESTUDIO:		Tiempo				
PROCESO:		Pintura de la aeronave				
SECCION:		Pintura				
EMPRESA:		DIAF				
ANALISTA:		Nicolay Alex				
Nº	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5
1	El supervisor de pintura verificará los datos técnicos del fabricante y hojas técnicas del producto.	0:05:03	0:05:30	0:04:21	0:05:42	0:04:31
2	El técnico de pintura se acerca al panel de herramientas del hangar para revisar el equipo que se utilizará.	0:02:12	0:02:04	0:01:47	0:02:21	0:01:30
3	El personal del panel de herramientas entrega el equipo al personal pintura.	0:10:03	0:08:14	0:10:05	0:12:46	0:09:07
4	El personal técnico de pintura comienza la aeronave a pintar en los puntos asignados en el hangar.	0:04:35	0:05:36	0:06:02	0:05:21	0:04:07
5	Se proceden a comenzar las pruebas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pintura.	0:09:37	0:10:12	0:11:26	0:09:40	0:08:11
6	El personal de pintura se pone el traje de protección y todos los EPP's de protección.	0:08:54	0:08:06	0:07:56	0:07:32	0:09:18
7	El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para remover polvo, suciedad, grasas u otros contaminantes.	0:45:09	0:40:17	0:42:42	0:45:19	0:43:58
8	Al finalizar el lavado se realiza un secado de la superficie para aplicar el proceso mediante la aplicación de aire utilizando sopleteras.	0:30:03	0:28:14	0:30:05	0:32:46	0:29:07
9	El personal de técnico de pintura se dirige a la bodega de materiales del hangar para revisar los insumos que va a utilizar.	0:06:20	0:06:16	0:06:27	0:06:22	0:06:19
10	El personal de la bodega de materiales entregara los insumos a los técnicos de pintura.	0:06:05	0:04:26	0:05:26	0:07:33	0:04:09
11	El personal técnico de pintura prepara la superficie lijando extensivamente y contaminando con esta y gas de limpieza.	0:45:32	0:46:04	0:48:17	0:46:24	0:50:50
12	El personal técnico de pintura procede a ensamblar las superficies, componentes, y otras aeronaves.	0:34:24	0:35:20	0:29:22	0:31:03	0:32:20
13	Ya ensamblado los componentes se comienza con la preparación de vacunas basadas en el caso con las de colores de pintura.	0:30:24	0:35:20	0:29:22	0:31:03	0:32:20
14	El personal del departamento de Ingeniería de Planificación y el Supervisor de pintura, documentan la ubicación de las pinturas.	0:08:04	0:07:12	0:08:51	0:08:22	0:08:21
15	El personal técnico de pintura se dirige al área de pintura.	0:02:08	0:03:14	0:04:22	0:03:30	0:05:48
16	El técnico de pintura procede con un ensayo de la cámara o catalizador a utilizar en el girador.	0:05:19	0:04:55	0:05:17	0:05:11	0:04:53
17	En un ensayo primero descontaminado y lijado, se proceden a la prueba del activador con el catalizador.	0:13:20	0:12:04	0:11:15	0:10:56	0:13:09
18	La prueba será verificada con la copa de viscosidad aluseno o modelo de copa cuando dada por la hoja técnica del producto.	0:04:58	0:05:01	0:05:03	0:05:12	0:05:09
19	Una vez que la pintura este completamente mezclada del primer técnico de pintura lleva la pintura hacia el área.	0:03:17	0:04:11	0:03:42	0:03:14	0:03:48
20	Se lleva a la zona de pintura un litro de pintura para control de temperatura y humedad.	0:04:58	0:05:01	0:05:13	0:04:52	0:04:49
21	El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y revisará las siguientes indicaciones de seguridad al personal.	0:05:15	0:04:29	0:06:44	0:05:17	0:06:13
22	Se procederá a ensayar a los sopleteras ya lijado el primer.	0:07:26	0:08:31	0:08:12	0:07:09	0:07:27
23	Antes de comenzar a pintar se procede a ensayar los cronómetros de aire en cada una de las áreas del hangar.	0:02:15	0:02:29	0:02:44	0:02:17	0:02:13
24	Una vez cumplidas las actividades anteriores el personal técnico de pintura procede aplicar una capa uniforme y delgada de pintura.	1:00:01	1:09:45	1:05:03	1:01:39	1:03:46
25	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pintura medirá el espesor del primer con la regla de humedad y los técnicos de pintura procederán a lavar su equipo.	0:05:23	0:05:44	0:05:19	0:05:36	0:05:27
26	Para un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el fabricante ya una temperatura entre los 12 a 32 °C.	1:00:08	1:00:14	1:00:05	1:00:21	1:00:17
27	El personal de pintura se dirige al área de pintura para comenzar con la preparación de la pintura.	0:06:21	0:05:05	0:05:23	0:07:39	0:06:35
28	En un ensayo primero descontaminado y lijado, se proceden a la prueba.	0:06:47	0:05:18	0:05:49	0:05:50	0:06:11
29	La prueba será verificada con la copa de viscosidad aluseno o modelo de copa cuando dada por la hoja técnica del producto.	0:05:05	0:04:46	0:06:19	0:05:30	0:05:22
30	El personal técnico lleva la pintura hacia la aeronave.	0:06:05	0:05:16	0:05:13	0:07:34	0:06:09
31	Se procederá a ensayar a los sopleteras la pintura ya lijada.	0:10:05	0:10:34	0:11:53	0:09:25	0:11:19
32	Se realizará la calibración de los sensores en los papeleros.	0:11:45	0:12:06	0:10:53	0:11:54	0:12:08
33	El personal técnico de pintura inspeccionará una capa de pintura de acuerdo a los espesores de los datos técnicos.	1:30:14	1:30:17	1:30:36	1:30:07	1:30:18
34	Espera de curado antes de aplicar una segunda capa de pintura.	1:00:45	1:00:06	1:00:53	1:00:04	1:00:08
35	Aplicar segunda mano de pintura.	1:32:14	1:34:17	1:30:36	1:33:07	1:29:18
36	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pintura, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave o componentes aeronáuticos pintados se aseguraran de buena calidad, medirá el espesor de la pintura final con la regla de humedad.	0:05:01	0:04:37	0:05:15	0:05:29	0:04:25
37	Una vez que se ha culminado la aplicación de la pintura, el supervisor y técnico de pintura procederán a revisar las pinturas y pondrán las protecciones.	0:20:05	0:23:37	0:25:45	0:21:07	0:21:35
38	El Dept. de Ingeniería revisará los espesores de la pintura nueva y conjuntamente con el supervisor de pintura registrará el espesor de la pintura.	0:08:05	0:06:37	0:08:45	0:07:04	0:08:12
39	Trasmita de la inspección de la pintura en la aeronave los Técnicos de Pintura certificará el área de trabajo y limpiarán sus equipos.	0:10:45	0:12:06	0:11:13	0:11:03	0:11:38
40	Se entrega el equipo a la bodega de herramientas.	0:20:14	0:22:17	0:20:36	0:20:07	0:21:18
41	Espera de curado antes del ensamblado.	2:00:05	2:00:54	2:00:12	2:00:29	2:00:39
42	Para el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a desensamblar toda la aeronave.	0:35:05	0:33:37	0:35:45	0:33:07	0:31:46
43	El supervisor lleva a inspección toda la información respecto al proceso de pintura.	0:03:14	0:02:17	0:03:36	0:01:35	0:04:18
44	El supervisor lleva la orden Work Order QC 015.	0:10:05	0:13:09	0:11:45	0:09:07	0:12:46
45	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de calidad de producción dando así como concluido el proceso.	0:05:05	0:04:37	0:06:00	0:05:07	0:05:12

Fuente: Autor.

11.2.2.2. Límites de control

Es indispensable la determinación de los límites de control máximos al igual que los mínimos de las muestras obtenidas con la finalidad de determinar las lecturas consistentes para cada actividad. Para lo cual se aplican las siguientes ecuaciones.

Ecuación 1: Cálculo de límites de control.

$$\begin{aligned} T_{max.} &= \bar{X} + s \\ T_{min.} &= \bar{X} - s \end{aligned}$$

Fuente: (Render & Heizer, 2007, pág. 268)

Dónde: T_{max} y T_{min} son los límites de control máximo y mínimo respectivamente, \bar{X} es el tiempo promedio de cada actividad y s es la desviación estándar, dichos datos se obtienen en base a la *tabla 8*.

11.2.2.3. Desviación estándar

La desviación estándar representa la tolerancia en relación al tiempo promedio, ya que se tendrá más ajustado y controlado el número de muestras en base al nivel de confianza. Se aplicó la siguiente ecuación para hallar la desviación estándar:

Ecuación 2: Ecuación de la desviación estándar.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_j - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{cada observación de la muestra} - \bar{x})^2}{\text{número en la muestra} - 1}}$$

donde x_j = valor de cada observación
 \bar{x} = media de las observaciones
 n = número de observaciones en la muestra

Fuente: (Render & Heizer, 2007, pág. 267)

Los resultados de s y de los límites de control calculados se muestran continuación en la *tabla 8*.

Tabla 8: Límites de control y desviación estándar

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA											
FORMA PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS											
FECHA:	25-ene-20										
ESTUDIO:	Tiempos										
PROCESO:	Pintura de la aeronave										
SECCION:	Pintura										
EMPRESA:	DIAF										
ANALISTA:	Machay Alex										
Nº	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	Σ T	T ^{tc}	S	LCS	LCI
1	El supervisor de pintura verificará los datos técnicos del fabricante y	0:05:03	0:05:30	0:04:21	0:05:42	0:04:51	0:25:27	0:05:05	0:00:32	0:05:38	0:04:33
2	El técnico de pintura se acerca al pañol de herramientas del hangar para	0:02:12	0:02:04	0:01:47	0:02:21	0:01:50	0:10:14	0:02:03	0:00:14	0:02:17	0:01:48
3	EL personal del pañol de herramientas entrega el equipo al personal	0:10:03	0:08:14	0:10:05	0:12:46	0:09:07	0:50:15	0:10:03	0:01:42	0:11:45	0:08:21
4	El personal técnico de pintura conecta la aeronave a tierra en los puntos	0:04:35	0:05:36	0:06:02	0:05:21	0:04:07	0:25:41	0:05:08	0:00:47	0:05:55	0:04:22
5	Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de	0:09:37	0:10:12	0:11:26	0:09:40	0:08:11	0:49:06	0:09:49	0:01:10	0:10:59	0:08:39
6	El personal de pintura se pone el traje de protección y todos los EPP's	0:08:54	0:08:06	0:07:56	0:07:32	0:09:18	0:41:46	0:08:21	0:00:44	0:09:05	0:07:38
7	El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para	0:45:09	0:40:17	0:42:42	0:45:19	0:43:58	3:37:25	0:43:29	0:02:05	0:45:34	0:41:24
8	El personal de técnico de pintura se dirige a la bodega de materiales del	0:30:03	0:28:14	0:30:05	0:32:46	0:29:07	2:30:15	0:30:03	0:01:42	0:31:45	0:28:21
9	El personal de la bodega de materiales entregara los insumos a los	0:06:20	0:06:16	0:05:27	0:06:22	0:06:19	0:30:44	0:06:09	0:00:23	0:06:32	0:05:45
10	El personal técnico de pintura prepara la superficie limpiando	0:06:05	0:04:26	0:05:26	0:07:33	0:04:09	0:27:39	0:05:32	0:01:22	0:06:54	0:04:10
11	El personal técnico de pintura procede a enmascarar las superficies,	0:45:32	0:46:04	0:48:17	0:46:24	0:50:50	3:57:07	0:47:25	0:02:10	0:49:36	0:45:15
12	Ya enmascarado los compenertes se continua con la protección de	0:34:24	0:35:20	0:29:22	0:31:03	0:32:20	2:42:29	0:32:30	0:02:26	0:34:55	0:30:04
13	El personal del departamento de Ingeniería & Planificación y el	0:30:24	0:35:20	0:29:22	0:31:03	0:32:20	2:38:29	0:31:42	0:02:18	0:34:00	0:29:24
14	El personal técnico de pintura se dirige al área de pintura	0:08:04	0:07:12	0:08:51	0:08:22	0:08:21	0:40:50	0:08:10	0:00:37	0:08:47	0:07:33
15	El técnico de pintura procede con un envase del activador o catalizador	0:02:08	0:03:14	0:04:22	0:03:30	0:05:48	0:19:02	0:03:48	0:01:22	0:05:11	0:02:26
16	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la	0:05:19	0:04:55	0:05:17	0:05:11	0:04:53	0:25:35	0:05:07	0:00:12	0:05:19	0:04:55
17	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o	0:13:20	0:12:04	0:11:15	0:10:56	0:13:09	1:00:44	0:12:09	0:01:05	0:13:14	0:11:04
18	Una vez que la pintura este completamente mezclada del primer técnico	0:04:58	0:05:01	0:05:03	0:05:12	0:05:09	0:25:23	0:05:05	0:00:06	0:05:10	0:04:59
19	Se llevará a la zona de pintura un higrómetro para control de	0:03:17	0:04:11	0:03:42	0:03:14	0:03:48	0:18:12	0:03:38	0:00:24	0:04:02	0:03:15
20	El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y emitirá	0:04:58	0:05:01	0:05:13	0:04:52	0:04:49	0:24:53	0:04:59	0:00:09	0:05:08	0:04:49
21	Se procederá a traspasar a los sopletes ya filtrado el primer.	0:05:15	0:04:29	0:06:44	0:05:17	0:06:13	0:27:58	0:05:36	0:00:53	0:06:29	0:04:42
22	Antes de comenzar a pintar se procede a encender los extractores de	0:07:26	0:08:31	0:08:12	0:07:09	0:07:27	0:38:45	0:07:45	0:00:35	0:08:20	0:07:10
23	Una vez cumplidas las actividades anteriores el personal técnico de	0:02:15	0:02:29	0:02:44	0:02:17	0:02:13	0:11:58	0:02:24	0:00:13	0:02:37	0:02:11
24	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del	1:00:01	1:09:45	1:05:03	1:01:39	1:03:46	5:20:14	1:04:03	0:03:44	1:07:46	1:00:19
25	Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado	0:05:23	0:05:44	0:05:19	0:05:36	0:05:27	0:27:29	0:05:30	0:00:10	0:05:40	0:05:20
26	El personal de pintura se dirige al área de pintura para continuar con la	1:00:08	1:00:14	1:00:05	1:00:21	1:00:17	5:01:05	1:00:13	0:00:07	1:00:20	1:00:06
27	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la	0:06:21	0:05:05	0:05:23	0:07:39	0:06:35	0:31:03	0:06:13	0:01:01	0:07:14	0:05:11
28	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o	0:06:47	0:05:18	0:05:49	0:05:50	0:06:11	0:29:55	0:05:59	0:00:33	0:06:32	0:05:26
29	El personal técnico lleva la pintura hacia la aeronave	0:05:05	0:04:46	0:06:19	0:05:30	0:05:22	0:27:02	0:05:24	0:00:35	0:05:59	0:04:50
30	Se procederá a traspasar a los sopletes la pintura ya filtrada	0:06:05	0:05:16	0:05:13	0:07:34	0:06:09	0:30:17	0:06:03	0:00:57	0:07:00	0:05:06
31	Con los sopletes y marmitas, se realizará la calibración de los mismos	0:10:05	0:10:34	0:11:53	0:09:25	0:11:19	0:53:16	0:10:39	0:00:59	0:11:38	0:09:41
32	El personal técnico de pintura impregnará una capa de pintura de	0:11:45	0:12:06	0:10:53	0:11:54	0:12:08	0:58:46	0:11:45	0:00:31	0:12:16	0:11:15
33	Espera de curado antes de aplicar una segunda capa de pintura.	1:30:14	1:30:17	1:30:36	1:30:07	1:30:18	7:31:32	1:30:18	0:00:11	1:30:29	1:30:08
34	Aplicar segunda mano de pintura	1:00:45	1:00:06	1:00:53	1:00:04	1:00:08	5:01:56	1:00:23	0:00:24	1:00:47	0:59:59
35	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección	1:32:14	1:34:17	1:30:36	1:33:07	1:29:18	7:39:32	1:31:54	0:01:59	1:33:53	1:29:55
36	Una vez que se ha culminado la aplicación de la pintura, el supervisor y	0:05:01	0:04:37	0:05:15	0:05:29	0:04:25	0:24:47	0:04:57	0:00:26	0:05:24	0:04:31
37	El Dpto. de ingeniería tomara los espesores de la pintura nueva y	0:20:05	0:23:37	0:25:45	0:21:07	0:21:35	1:52:09	0:22:26	0:02:15	0:24:41	0:20:10
38	Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente	0:08:05	0:06:37	0:08:45	0:07:04	0:08:12	0:38:43	0:07:45	0:00:53	0:08:37	0:06:52
39	Se recoge las líneas de aire y conexiones eléctricas	0:10:45	0:12:06	0:11:13	0:11:03	0:11:38	0:56:45	0:11:21	0:00:32	0:11:53	0:10:49
40	Se entrega el equipo a la bodega de herramientas.	0:20:14	0:22:17	0:20:36	0:20:07	0:21:18	1:44:32	0:20:54	0:00:54	0:21:48	0:20:01
41	Espera de curado antes del enmascarado	2:00:05	2:00:54	2:00:12	2:00:29	2:00:39	10:02:19	2:00:28	0:00:20	2:00:48	2:00:08
42	Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a	0:35:05	0:33:37	0:35:45	0:33:07	0:31:46	2:49:20	0:33:52	0:01:35	0:35:27	0:32:17
43	El supervisor busca e imprime toda la información respecto al proceso	0:03:14	0:02:17	0:03:36	0:01:35	0:04:18	0:15:00	0:03:00	0:01:05	0:04:05	0:01:55
44	El supervisor llena la orden Work Order QC 015.	0:10:05	0:13:09	0:11:45	0:09:07	0:12:46	0:56:52	0:11:22	0:01:44	0:13:06	0:09:38
45	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de	0:05:05	0:04:37	0:06:00	0:05:07	0:05:12	0:26:01	0:05:12	0:00:30	0:05:42	0:04:42

Fuente: Autor.

Las muestras que no se encuentren dentro del rango de los límites de control no se las toma en cuenta. En la siguiente tabla se detallan las muestras consideradas como consistentes para el estudio de tiempos.

Tabla 9: Muestras dentro de los límites de control.

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA								
FORMA PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS								
FECHA:	25-ene-20							
ESTUDIO:	Tiempos							
PROCESO:	Pintura de la aeronave							
SECCION:	Pintura							
EMPRESA:	DIAF							
ANALISTA:	Machay Alex							
Nº	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	LCS	LCI
1	El supervisor de pintura verificará los datos técnicos del fabricante y hojas	0:05:03	0:05:30			0:04:51	0:05:38	0:04:33
2	El técnico de pintura se acerca al pañol de herramientas del hangar para	0:02:12	0:02:04			0:01:50	0:02:17	0:01:48
3	EL personal del pañol de herramientas entrega el equipo al personal pintura.	0:10:03		0:10:05		0:09:07	0:11:45	0:08:21
4	El personal técnico de pintura conecta la aeronave a tierra en los puntos	0:04:35	0:05:36		0:05:21		0:05:55	0:04:22
5	Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o	0:09:37	0:10:12		0:09:40		0:10:59	0:08:39
6	El personal de pintura se pone el traje de protección y todos los EPP's de	0:08:54	0:08:06	0:07:56			0:09:05	0:07:38
7	El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para remover	0:45:09		0:42:42	0:45:19	0:43:58	0:45:34	0:41:24
8	El personal de técnico de pintura se dirige a la bodega de materiales del	0:30:03		0:30:05		0:29:07	0:31:45	0:28:21
9	El personal de la bodega de materiales entregara los insumos a los técnicos	0:06:20	0:06:16		0:06:22	0:06:19	0:06:32	0:05:45
10	El personal técnico de pintura prepara la superficie limpiando	0:06:05	0:04:26	0:05:26			0:06:54	0:04:10
11	El personal técnico de pintura procede a enmascarar las superficies,	0:45:32	0:46:04	0:48:17	0:46:24		0:49:36	0:45:15
12	Ya enmascarado los compenretres se continua con la protección de ventanas	0:34:24			0:31:03	0:32:20	0:34:55	0:30:04
13	El personal del departamento de Ingeniería & Planificación y el Supervisor	0:30:24			0:31:03	0:32:20	0:34:00	0:29:24
14	El personal técnico de pintura se dirige al área de pintura	0:08:04			0:08:22	0:08:21	0:08:47	0:07:33
15	El técnico de pintura procede con un envase del activador o catalizador a		0:03:14	0:04:22	0:03:30		0:05:11	0:02:26
16	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla del		0:04:55	0:05:17	0:05:11		0:05:19	0:04:55
17	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de		0:12:04	0:11:15		0:13:09	0:13:14	0:11:04
18	Una vez que la pintura este completamente mezclada del primer técnico de		0:05:01	0:05:03		0:05:09	0:05:10	0:04:59
19	Se llevará a la zona de pintura un higrometro para control de temperatura y	0:03:17		0:03:42	0:03:14		0:04:02	0:03:15
20	El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y emitirá las	0:04:58	0:05:01		0:04:52		0:05:08	0:04:49
21	Se procederá a traspasar a los sopletes ya filtrado el primer.	0:05:15			0:05:17	0:06:13	0:06:29	0:04:42
22	Antes de comenzar a pintar se procede a encender los extractores de aire en	0:07:26		0:08:12		0:07:27	0:08:20	0:07:10
23	Una vez cumplidas las actividades anteriores el personal técnico de pintura	0:02:15	0:02:29		0:02:17	0:02:13	0:02:37	0:02:11
24	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del primer	1:00:01			1:01:39	1:03:46	1:07:46	1:00:19
25	Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el	0:05:23			0:05:36	0:05:27	0:05:40	0:05:20
26	El personal de pintura se dirige al área de pintura para continuar con la	1:00:08	1:00:14			1:00:17	1:00:20	1:00:06
27	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla de	0:06:21		0:05:23		0:06:35	0:07:14	0:05:11
28	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de			0:05:49	0:05:50	0:06:11	0:06:32	0:05:26
29	El personal técnico lleva la pintura hacia la aeronave	0:05:05			0:05:30	0:05:22	0:05:59	0:04:50
30	Se procederá a traspasar a los sopletes la pintura ya filtrada	0:06:05	0:05:16	0:05:13		0:06:09	0:07:00	0:05:06
31	Con los sopletes y mamitas, se realizará la calibración de los mismos en los	0:10:05	0:10:34			0:11:19	0:11:38	0:09:41
32	El personal técnico de pintura impregnará una capa de pintura de acuerdo a	0:11:45	0:12:06		0:11:54	0:12:08	0:12:16	0:11:15
33	Espera de curado antes de aplicar una segunda capa de pintura.	1:30:14	1:30:17			1:30:18	1:30:29	1:30:08
34	Aplicar segunda mano de pintura	1:00:45	1:00:06		1:00:04	1:00:08	1:00:47	0:59:59
35	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección de	1:32:14		1:30:36	1:33:07		1:33:53	1:29:55
36	Una vez que se ha culminado la aplicación de la pintura, el supervisor y	0:05:01	0:04:37	0:05:15			0:05:24	0:04:31
37	El Dpto. de ingeniería tomara los espesores de la pintura nueva y		0:23:37		0:21:07	0:21:35	0:24:41	0:20:10
38	Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente los	0:08:05			0:07:04	0:08:12	0:08:37	0:06:52
39	Se recoge las líneas de aire y conexiones eléctricas			0:11:13	0:11:03	0:11:38	0:11:53	0:10:49
40	Se entrega el equipo a la bodega de herramientas.	0:20:14		0:20:36	0:20:07	0:21:18	0:21:48	0:20:01
41	Espera de curado antes del enmascarado			2:00:12	2:00:29	2:00:39	2:00:48	2:00:08
42	Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a	0:35:05	0:33:37		0:33:07		0:35:27	0:32:17
43	El supervisor busca e imprime toda la información respecto al proceso de	0:03:14	0:02:17	0:03:36			0:04:05	0:01:55
44	El supervisor llena la orden Work Order QC 015	0:10:05		0:11:45		0:12:46	0:13:06	0:09:38
45	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de análisis de	0:05:05			0:05:07	0:05:12	0:05:42	0:04:42

Fuente: Autor

11.2.2.4. Tiempo de ciclo observado

Ya determinadas las muestras y los límites de control, se calcula el tiempo de ciclo observado promedio (\overline{TC}) en base a los datos de la *tabla 10* aplicando la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Cálculo del tiempo de ciclo promedio.

$$\overline{TC} = \frac{(\sum \text{tiempos elementales registrados})}{\# \text{ de ciclos observados}}$$

Fuente: Autor.

En la *tabla 15* se pueden apreciar los resultados de los tiempos de ciclo observado promedio.

11.2.2.5. Sistema de calificación Westinghouse (C)

Uno de los sistemas de calificación más antiguos y de los más utilizados ampliamente y consiste en darle una calificación numérica al trabajador, basados en los siguientes cuatro factores:

- **Habilidad:** Se observó y evaluó la agilidad exhibida en el empleo de equipos y la destreza con la cual el personal ejecuta cada una de sus actividades del proceso.
- **Esfuerzo:** Se calificó la demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia, rapidez con que se aplica la habilidad, está bajo el control del personal.
- **Condiciones:** Se refiere aquellas que afectan al personal y no a la operación, los elementos que incluyen son: ruido, temperatura, ventilación e iluminación. En este caso el hangar está ubicado junto a la pista del aeropuerto el técnico generalmente está expuesto al ruido, por lo cual se debe utilizar protección auditiva constantemente y en el caso del proceso de pintura el personal está expuesto a contaminación lo cual le obliga a utilizar equipos de protección respiratoria.
- **Consistencia:** Se evalúa mientras se realiza el estudio, al final, los valores elementales que se repiten constantemente tendrán una consistencia perfecta Se verificó la variación del tiempo de cada actividad en cada ciclo

Cabe recalcar que el trabajador debe ser una persona de amplia experiencia en el desarrollo de

su trabajo. Los valores de calificación se obtienen de las tablas del sistema de calificación Westinghouse detallados en la *tabla 10* y con los criterios de valoración del técnico y supervisor del área de pintura, ya que son las personas que se encuentran día a día en la empresa y por su amplia experiencia.

Los valores obtenidos se encuentran detallados en la *tabla 10*; en la cual se aprecia una calificación promedio tanto para la habilidad y esfuerzo

Tabla 10: Sistema de calificación Westinghouse.

SISTEMA DE CALIFICACIÓN WESTINGHOUSE					
HABILIDADES			ESFUERZO		
+ 0,15	A1	Superior	+ 0,13	A1	Superior
+ 0,13	A2	Superior	+ 0,12	A2	Superior
+ 0,11	B1	Excelente	+ 0,10	B1	Excelente
+ 0,08	B2	Excelente	+ 0,08	B2	Excelente
+ 0,06	C1	Bueno	+ 0,05	C1	Bueno
+ 0,03	C2	Bueno	+ 0,02	C2	Bueno
0,00	D	Promedio	0,00	D	Promedio
- 0,05	E1	Aceptable	- 0,04	E1	Aceptable
- 0,10	E2	Aceptable	- 0,18	E2	Aceptable
- 0,16	F1	Malo	- 0,12	F1	Malo
- 0,22	F2	Malo	- 0,17	F2	Malo

Fuente: Autor.

En la *tabla 11* se tiene un valor promedio tanto para habilidad y constancia

Tabla 11: Sistema de calificación Westinghouse.

SISTEMA DE CALIFICACIÓN WESTINGHOUSE					
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+ 0,06	A	Ideal	+ 0,04	A	Perfecta
+ 0,04	B	Excelente	+ 0,03	B	Excelente
+ 0,02	C	Bueno	+ 0,01	C	Buena
0,00	D	Promedio	0,00	D	Promedio
- 0,03	E	Aceptable	- 0,02	E	Aceptable
- 0,07	F	Malo	- 0,04	F	Mala

Fuente: Autor.

A continuación, se presenta la *tabla 12* del resumen de los valores y de la sumatoria de la calificación del ritmo del trabajo. Como se puede apreciar que se obtuvo una calificación estándar del 100/100 (100%), debido a la experiencia que el técnico tiene en su trabajo y en

referencia a los textos consultados. Además de la experiencia; el personal inmerso es capacitado mediante cursos establecidos por el departamento de capacitación de la DIAF.

Tabla 12: Calificación del ritmo de trabajo.

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO	
FACTORES	CALIFICACIÓN
Habilidad	0,00
Esfuerzo	0,00
Condiciones	0,00
Consistencia	0,00
TOTAL	0,00
%	0%
C	100%

Fuente: Autor.

Una vez obtenida la calificación del ritmo del trabajo C , se calculó el tiempo normal, cuyos valores se muestran en la *tabla 13*.

11.2.2.6. Tiempo normal

Una vez obtenidos el tiempo de ciclo observado promedio (\overline{TC}) el siguiente paso consistió en determinar el tiempo normal, aplicando la *ecuación 4*.

Ecuación 4: Para encontrar el tiempo normal.

$$TN = \overline{TC} \times \frac{C}{100}$$

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2012, pág. 362).

Tiempo normal = (Tiempo observado promedio) X (Factor de calificación del desempeño)

Teniendo C , un factor de calificación el cual se lo debió determinar para la resolución de hallar el TN.

11.2.2.7. Tiempo estándar

Una vez encontrado el tiempo normal, se procede en calcular el tiempo estándar aplicando la ecuación 5.

Ecuación 5: Cálculo del tiempo estándar.

	$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} + (\text{Tolerancias} \times \text{Tiempo normal})$
o	$TE = TN (1 + \text{permisibilidades})$
y	$TE = \frac{TN}{1 - \text{Tolerancias}}$

Fuente: (Chase & Jacobs, 2014, pág. 143).

Para calcular el tiempo estándar (TE) fue necesario determinar las tolerancias o suplementos que establece la OIT en la *tabla 13*, clasificándolos en suplementos fijos (Necesidades personales, fatigas normales) y variables (Suplementos por contingencias, por políticas de la empresa, especiales, etc.). Los valores a atribuir en los suplementos variables dependerán de si la persona evaluada es hombre o mujer, para el caso del presente estudio las personas son de sexo masculino.

A continuación, se detallan los valores asignados para las tolerancias:

Tabla 13: Suplementos asignados a cada actividad.

SISTEMA DE SUPLEMENTOS ASIGNADOS		Nº	ACTIVIDADES						TOTAL
		1	El supervisor de pintura verifica los datos técnicos	9					0,09
		2	El técnico de pintura se acerca al pañol de herramientas para el equipo	9	2				0,11
Suplementos constantes		3	Proteger equipos en el hangar	9	2				0,11
Necesidades personales		5	En todo el proceso	4	2				0,11
Básico por fatiga		4		5	2	1			0,12
TOTAL SUPL. CTES.		9		6	2				0,11
Suplementos variables				7	2	1	2	5	0,19
Trabajo de pie		2	Act: 3-7, 10-25, 28,29	8	2				0,11
Levantar objetos 5 Kg.		1	Act.: 19, 22	9	2	1			0,12
Trabajos de precisión o fatigosos		2	Act.: 20,21	10	2		2		0,13
Ruido intermitente y muy fuerte		5	En todo el proceso	11	2			5	0,16
Proceso algo complejo		1	Act.: 20,21	12					0,09
				13	2				0,11
				14	2		2		0,13
				15	2				0,11
				16	2	1			0,12
				17	2				0,11
				18	2				0,11
				19	2		2		0,13
				20	2	1			0,12
				21	2				0,11
				22	2	1		5	0,17
				23	2				0,11
				24	2		2	5	1
				25					0,09
				26	2				0,11
				27	2				0,11
				28	2		2		1
				29	2	1			0,12
				30	2			1	0,12
				31	2		2	5	1
				32					0,09
				33	2			5	1
				34	2		2	5	1
				35	2				1
				36					1
				37	2		2		0,13
				38	2	1			0,12
				39	2	1			0,12
				40	2		2		0,13
				41					0,09
				42	2		2		0,13
				43					0,09
				44			2		1
				45	2				0,11

Fuente: Autor.

Los suplementos constantes aplican a todas las actividades del proceso, mientras que los suplementos variables aplican a las actividades que se detallaron en la *tabla 14*.

En la *tabla 14* se pueden apreciar los resultados del estudio de tiempos en las condiciones iniciales. Se obtuvo un tiempo de ciclo promedio de 16 horas con 49 minutos y 03 segundos, un tiempo normal de 16 horas con 49 minutos y 03 segundos y un tiempo estándar de 19 horas con 04 minutos y 03 segundos.

Tabla 14: Estudio de tiempos en las condiciones iniciales

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA												
ESTUDIO DE TIEMPOS EN LAS CONDICIONES INICIALES												
FECHA DE INICIO:	25-ene-20											
FECHA DE ESTUDIO:	30-ene-20											
PROCESO:	Pintura del aeronave											
SECCION:	Pintura											
EMPRESA:	DIAF											
ANALISTA:	Machay Alex											
												
Nº	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	TC	C	TN	Tolerancias	TS	
1	El supervisor de pintura verificará los datos técnicos del fabricante y hojas	0:05:03	0:05:30				0:04:51	0:05:08	100%	0:05:08	0,09	0:05:36
2	El técnico de pintura se acerca al pañol de herramientas del hangar para retirar	0:02:12	0:02:04				0:01:50	0:02:02	100%	0:02:02	0,11	0:02:15
3	EL personal del pañol de herramientas entrega el equipo al personal pintura	0:10:03		0:10:05			0:09:07	0:09:45	100%	0:09:45	0,11	0:10:49
4	El personal técnico de pintura conecta la aeronave a tierra en los puntos	0:04:35	0:05:36		0:05:21			0:05:11	100%	0:05:11	0,11	0:05:45
5	Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o	0:09:37	0:10:12		0:09:40			0:09:50	100%	0:09:50	0,12	0:11:00
6	El personal de pintura se pone el traje de protección y todos los EPP's de	0:08:54	0:08:06	0:07:56				0:08:19	100%	0:08:19	0,11	0:09:14
7	El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para remover	0:45:09		0:42:42	0:45:19	0:43:58	0:44:17	100%	0:44:17	0,18	0:52:15	
8	El personal de técnico de pintura se dirige a la bodega de materiales del hangar	0:30:03		0:30:05			0:29:07	0:29:45	100%	0:29:45	0,11	0:33:01
9	El personal de la bodega de materiales entregara los insumos a los técnicos de	0:06:20	0:06:16		0:06:22	0:06:19	0:06:19	100%	0:06:19	0,12	0:07:05	
10	El personal técnico de pintura prepara la superficie limpiando exhaustivamente	0:06:05	0:04:26	0:05:26				0:05:19	100%	0:05:19	0,13	0:06:00
11	El personal técnico de pintura procede a enmascarar las superficies,	0:45:32	0:46:04	0:48:17	0:46:24			0:46:34	100%	0:46:34	0,11	0:51:42
12	Ya enmascarado los componentes se continua con la protección de ventanas	0:34:24			0:31:03	0:32:20	0:32:36	100%	0:32:36	0,11	0:36:11	
13	El personal del departamento de Ingeniería & Planificación y el Supervisor de	0:30:24			0:31:03	0:32:20	0:31:16	100%	0:31:16	0,13	0:35:20	
14	El personal técnico de pintura se dirige al área de pintura	0:08:04			0:08:22	0:08:21	0:08:16	100%	0:08:16	0,11	0:09:10	
15	El técnico de pintura procede con un envase del activador o catalizador a ubicar		0:03:14	0:04:22	0:03:30			0:03:42	100%	0:03:42	0,11	0:04:06
16	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla del		0:04:55	0:05:17	0:05:11			0:05:08	100%	0:05:08	0,12	0:05:45
17	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa		0:12:04	0:11:15			0:13:09	0:12:09	100%	0:12:09	0,11	0:13:30
18	Una vez que la pintura este completamente mezclada del primer técnico de		0:05:01	0:05:03			0:05:09	0:05:04	100%	0:05:04	0,11	0:05:38
19	Se llevará a la zona de pintura un higómetro para control de temperatura y	0:03:17		0:03:42	0:03:14			0:03:24	100%	0:03:24	0,13	0:03:51
20	El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y emitirá las	0:04:58	0:05:01		0:04:52			0:04:57	100%	0:04:57	0,11	0:05:30
21	Se procederá a traspasar a los sopletes ya filtrado el primer.	0:05:15			0:05:17	0:06:13	0:05:35	100%	0:05:35	0,11	0:06:12	
22	Antes de comenzar a pintar se procede a encender los extractores de aire en	0:07:26		0:08:12		0:07:27	0:07:42	100%	0:07:42	0,11	0:08:32	
23	una vez cumplidas las actividades anteriores el personal técnico de pintura	0:02:15	0:02:29		0:02:17	0:02:13	0:02:18	100%	0:02:18	0,11	0:02:34	
24	proceda aplicar una capa uniforme y delgada de primer.											
25	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del primer con	0:05:23			0:05:36	0:05:27	0:05:29	100%	0:05:29	0,14	0:06:15	
26	Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el	0:05:23			0:05:36	0:05:27	0:05:29	100%	0:05:29	0,09	0:05:58	
27	El personal de pintura se dirige al área de pintura para continuar con la	1:00:08	1:00:14			1:00:17	1:00:13	100%	1:00:13	0,11	1:06:50	
28	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla de la	0:06:21		0:05:23		0:06:35	0:06:06	100%	0:06:06	0,11	0:06:47	
29	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa			0:05:49	0:05:50	0:06:11	0:05:57	100%	0:05:57	0,14	0:06:47	
30	El personal técnico lleva la pintura hacia la aeronave	0:05:05			0:05:30		0:05:22	0:05:19	100%	0:05:19	0,12	0:05:57
31	Se procederá a traspasar a los sopletes la pintura ya filtrada	0:10:05	0:10:34	0:11:53			0:11:19	0:10:58	100%	0:10:58	0,12	0:12:17
32	Con los sopletes y mamitas, se realizará la calibración de los mismos en los pape	0:10:05	0:10:34				0:11:19	0:10:39	100%	0:10:39	0,14	0:12:09
33	El personal técnico de pintura impregnará una capa de pintura de acuerdo a los e	0:11:45	0:12:06			0:11:54	0:12:08	0:11:58	100%	0:11:58	0,11	0:13:17
34	Espera de curado antes de aplicar una segunda capa de pintura.	1:30:14	1:30:17				1:30:18	1:30:16	100%	1:30:16	0,12	1:41:06
35	Aplicar segunda mano de pintura	1:00:45	1:00:06		1:00:04	1:00:08	1:00:16	100%	1:00:16	0,19	1:11:43	
36	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección de todas l	1:32:14		1:30:36	1:33:07		1:31:59	100%	1:31:59	0,12	1:43:01	
37	Una vez que se ha culminado la aplicación de la pintura, el supervisor y técnico d	0:05:01	0:04:37	0:05:15			0:04:58	100%	0:04:58	0,1	0:05:27	
38	El Dpto. de ingeniería tomara los espesores de la pintura nueva y conjuntamente		0:23:37		0:21:07	0:21:35	0:22:06	100%	0:22:06	0,13	0:24:59	
39	Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente los Técnic	0:08:05			0:07:04	0:08:12	0:07:47	100%	0:07:47	0,11	0:08:38	
40	Se recoge las líneas de aire y conexiones eléctricas			0:11:13	0:11:03	0:11:38	0:11:18	100%	0:11:18	0,11	0:12:33	
41	Se entrega el equipo a la bodega de herramientas.	0:20:14		0:20:36	0:20:07	0:21:18	0:20:34	100%	0:20:34	0,11	0:22:49	
42	Espera de curado antes del enmascarado			2:00:12	2:00:29	2:00:39	2:00:27	100%	2:00:27	0,09	2:11:17	
43	Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a desenmascarar to	0:35:05	0:33:37		0:33:07		0:33:56	100%	0:33:56	0,13	0:38:21	
44	El supervisor busca e imprime toda la información respecto al proceso de pintura	0:03:14	0:02:17	0:03:36			0:03:02	100%	0:03:02	0,09	0:03:19	
45	El supervisor llena la orden Work Order QC 015.	0:10:05		0:11:45			0:12:46	0:11:32	100%	0:11:32	0,12	0:12:55
46	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de análisis de prod	0:05:05			0:05:07	0:05:12	0:05:08	100%	0:05:08	0,09	0:05:36	
TOTAL							15:00:02	15:00:02	16:49:01			

Fuente: Autor.

11.2.2.8. Productividad en el método inicial.

Mediante la observación de las actividades del método inicial que realizaba el personal se pudo también tomar en cuenta ciertas actividades que se desarrollan en la jornada que a su vez afectan a la productividad. Para el cálculo de la productividad se tomó en cuenta que la jornada laboral de 8 horas al día dando unas 40 horas a la semana. Las cuales se detallan a continuación:

- La DIAF cuenta con un programa de incentivos y descanso por parte del departamento de seguridad es que todo el personal tiene derecho a un receso de 20 minutos para hacer actividades varias, generalmente consumir un pequeño refrigerio.
- Con la finalidad de dar cumplimiento a la disposición del departamento de Seguridad y Salud ocupacional en lo referente al orden y limpieza, los trabajadores deben realiza la limpieza de su lugar de trabajo en un tiempo estimado de 15 min.
- Como se mencionó que la DIAF es una entidad adscrita a la FAE por lo cual cumple ciertas políticas, todas las mañanas el personal militar y civil se reúne en el hangar para el respectivo parte, dicha actividad dura 20 minutos.
- Después del respectivo parte diario cada sección tiene reuniones incluyendo a la de pinturas, con una duración de trabajo de 10 minutos; para estar al tanto de los trabajos del día.

En la siguiente tabla 15 se puede visualizar un resumen de la distribución de los tiempos durante la jornada laboral, obteniendo un tiempo productivo de 7 horas.

Tabla 15: Determinación del tiempo productivo e improductivo

Jornada laboral (h:min:seg.)	
Tiempo disponible	8:00:00
Tiempo no productivo	Parte 0:20:00
	Receso 0:20:00
	Reuniones de trabajo 0:10:00
	Limpieza 0:10:00
	Total t. imp. 1:00:00
Tiempo útil (productivo)	7:00:00

Fuente: Autor.

En función a los datos del tiempo estándar y del tiempo productivo se calculó la producción diaria, misma que se utilizará para hallar la productividad.

Ecuación 6: Cálculo de la productividad.

$$Producción = \frac{Tb}{Ts}$$

Fuente: Autor

Dónde: Tb es el tiempo de base, para el presente caso es el tiempo productivo (7:00 horas) y Tc se lo considera al tiempo estándar (19 horas con 04 minutos). Obteniendo como resultado una producción diaria de aeronaves/día.:

$$Producción = \frac{7:00 \text{ horas}}{16:49 \text{ horas/avion}}$$

$$\mathbf{Producción = 0.41 \text{ aviones /día} \approx 0.4 \text{ aviones/día}}$$

La productividad se la obtuvo aplicando la *ecuación 4*, donde las *salidas* son representadas con la producción diaria y las *entradas* se las hace referencia a la mano de obra que para el caso es un técnico y el inspector. Se obtuvo un valor de productividad diaria de 0.35 aviones/día/persona. A continuación, se muestra la resolución:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

$$Productividad = \frac{Producción}{Recursos empleados}$$

$$Productividad = \frac{0.41 \text{ avion/día}}{7 \text{ personas}}$$

$$\mathbf{Productividad = 0,058/día/persona \approx 0,05 \text{ avión/día/persona.}}$$

11.2.3. Método propuesto del proceso de pintura.

11.2.3.1 Mejoras aplicadas al proceso

Una vez ya identificadas ciertas actividades que son inmersas al proceso y otras que influyen en la productividad del mismo se propone una modificación e incluso la eliminación de algunas y de esta manera incrementar el tiempo productivo; las cuales se detalla a continuación:

- El personal técnico de pinturas no asistirá al parte, ya que dicha actividad es de carácter obligatorio para el personal militar, y cualquier disposición o asunto que se comparta en el mismo será informado por el supervisor de la sección.
- En el caso de las reuniones diarias de la sección se propone no realizarlas los días en los que se tenga que realizar el proceso de pintura ya que las indicaciones e información se darán dentro del mismo.

Por lo tanto, se tendrán 30 minutos más disponibles de tiempo productivo que en total serán 7 horas con 30 minutos.

11.2.3.2. Descripción del método propuesto proceso de pintura.

Una vez ya observado y analizado las actividades del proceso de pintura inicial se ha optado por proponer un método en el cual se divide el proceso en actividades y estas a su vez en pasos más puntuales y específicos dándole un orden optimo, el cual reducirá tiempos y recorridos por parte del personal inmerso. Dicho método propuesto se detalla a continuación.

a) ADQUISICIÓN DE MATERIALES

1. El proceso empieza en el área de pintura y por consiguiente el personal técnico de pintura se dirige a la bodega de materiales del hangar para retirar el material que se va a utilizar
2. El técnico de bodega entrega el material que se va utilizar como son scoth brite, tela, cintas, plásticos y EPP. Cabe mencionar que esta actividad incluye todo el personal técnico de pintura ya que cada uno será responsable del material que va a utilizar y los EPP.
3. Una vez ya con el material el personal de pintura se dirige a la aeronave donde se encuentra un área designada para el proceso.
4. El personal de pintura instala el área de pintura en el hangar junto a la aeronave

b) PRELIMPIEZA SUPERFICIAL DE LA AERONAVE

1. Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pintura.
2. El personal técnico de pintura conecta la aeronave a tierra en los puntos asignados en el hangar.
3. El personal Técnico de Pintura se colocará todos los EPP's de dotación.
4. El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para remover polvos, suciedades, grasa u otros contaminantes y restos de pintura que provoco el lijado en la superficie.
5. Limpie exhaustivamente todas las superficies de la aeronave, componentes aeronáuticos; con el solvente apropiado según los datos técnicos

c) ENMASCARADO DE LAS SUPERFICIES

- a) Enmascarar los componentes como tubos pitot, AOA, TAT, puertos estáticos, antenas, sensores, pozos y trenes de aterrizajes de nariz y principal, ingreso y salida de los motores, válvulas de despresurización, agujeros de drenaje y ventilación para evitar que el agua y pintura ingresen
- b) Ya enmascarado los componentes se continúa con la protección de ventanas laterales con papel, masking y plástico así como con las de cabina de pilotos.

d) PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE PRIMER

1. El personal del departamento de Ingeniería & Planificación y el Supervisor de pinturas, determinarán la ubicación de las placas que se deberán tomar para medir el espesor de las capas y para efectuar la prueba de adherencia de la pintura después del curado efectivo de la pintura.
2. Con la guía de la hoja técnica del producto, el envase del activador o catalizador (base), deberá ser agitado, mínimo 30 minutos, la hora de la agitación se colocará en una etiqueta adhesiva en el tarro.
3. En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla del activador con el endurecedor (primer exterior) o de la base con agua limpia (primer interior) y se dejará el tiempo de inducción de acuerdo a la hoja técnica del producto este puede ser pasivo o con movimiento constante, el tiempo y la hora de la mezcla se colocará en una etiqueta adhesiva en el tarro.

4. La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto, si la mezcla es muy densa se pondrá agua o thinner (de acuerdo a las especificaciones de la hoja técnica del producto) para obtener la viscosidad adecuada.
5. Se llevará a la zona de pintura un higrómetro para control de temperatura y humedad.
6. El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y emitirá las respectivas indicaciones de seguridad al personal que vaya a intervenir en la aplicación de la pintura.
7. Se procederá a traspasar a los sopletes ya filtrado el primer.
8. Antes de comenzar a pintar se procede a encender los extractores de aire en cada una de las áreas del hangar.
9. El personal técnico de pintura impregnará una capa de primer en la parte exterior de la aeronave de acuerdo a los espesores de impregnación de los datos técnicos de mantenimiento de la aeronave y hojas técnicas del producto impregnado.
10. Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del primer con la regla de humedad y los técnicos de pinturas procederán a lavar su equipo utilizado.
11. Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el fabricante y a una temperatura entre los 12 a 32°C.

e) APLICACIÓN DE PINTURA

1. En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla de la base con agua (pintura base agua) o la base con el endurecedor (pintura base solvente) y se dejará el tiempo de inducción de acuerdo a la hoja técnica del producto este puede ser pasivo o con movimiento constante, el tiempo y la hora de la mezcla se colocará en una etiqueta adhesiva en el envase, para la relación de paint life (tiempo de utilización de la pintura) e impregnación.
2. La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto, si la mezcla es muy densa se pondrá thinner (pintura base solvente) o agua limpia (pintura base agua) para obtener la viscosidad adecuada,
3. Se procederá a traspasar a los sopletes la pintura ya filtrada.
4. Con los sopletes y marmitas, se realizará la calibración de los mismos en los papelotes sobre el primer de los siguientes puntos: fluido, presión, cobertura y desplazamiento, en caso de no ser óptimo se repetirá hasta que este sea de buena calidad, si la calibración es óptima se procederá aplicar en la aeronave.

5. El personal técnico de pintura impregnará una capa de pintura de acuerdo a los espesores de los datos técnicos de mantenimiento de la aeronave, manual de mantenimiento de componentes, órdenes de ingeniería u hojas técnicas del producto.
6. Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave o componentes aeronáuticos pintados se encuentren de buena calidad, medirá el espesor de la pintura final con la regla de humedad.
7. El Supervisor de Pintura con la ayuda de un Técnico de Pintura, procederá a retirar las placas de aluminio que están pintadas, colocará las probetas de adherencia en las mismas y serán colocadas en un lugar seguro para que éstas se curen en el tiempo indicado según las hojas técnicas de la pintura.
8. Tiempo de cura
9. Aplicar segunda mano de pintura.
10. Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a desenmascarar toda la aeronave, todo el material contaminado será puesto en los tachos de color rojo del hangar para su desecho.
11. Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente los Técnicos de Pintura ordenarán el área de trabajo y limpiarán sus equipos.

f) INSPECCIÓN

1. El Inspector de Control de Calidad asignado y el Supervisor de Pinturas revisarán todas las superficies pintadas, si en caso se detectara discrepancia se procederá a reparar el sector dañado con los pasos anteriores ya descritos.
2. Una vez que ha pasado el tiempo recomendado de curado de las superficies pintadas, el Supervisor de Pinturas realizará la prueba de adherencia con el equipo pertinente en las placas de aluminio que se encuentra con su probeta
3. El Dpto. de Ingeniería & Planificación y Supervisor de Pintura, medirá el espesor del proceso de pintura con los equipos apropiados en las superficies metálicas y de materiales compuestos

g) DOCUMENTACIÓN

1. El supervisor busca e imprime toda la información respecto al proceso de pintura
2. El Supervisor de Pinturas registrará los siguientes datos de la pintura en DIAF FORM PR 004, cuando se pinte una aeronave parte exterior o en el caso de componentes será el técnico de pintura designado a la Word Order en el DIAF FORM QC 015:
 - Lote de la base y endurecedor,
 - Fecha de fabricación y fecha de caducidad,
 - Temperatura ambiente de inicio y temperatura final de la impregnación
 - Viscosidad y copa utilizada
3. El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de Aseguramiento de Calidad.

11.4.2. Diagrama de proceso del método propuesto.

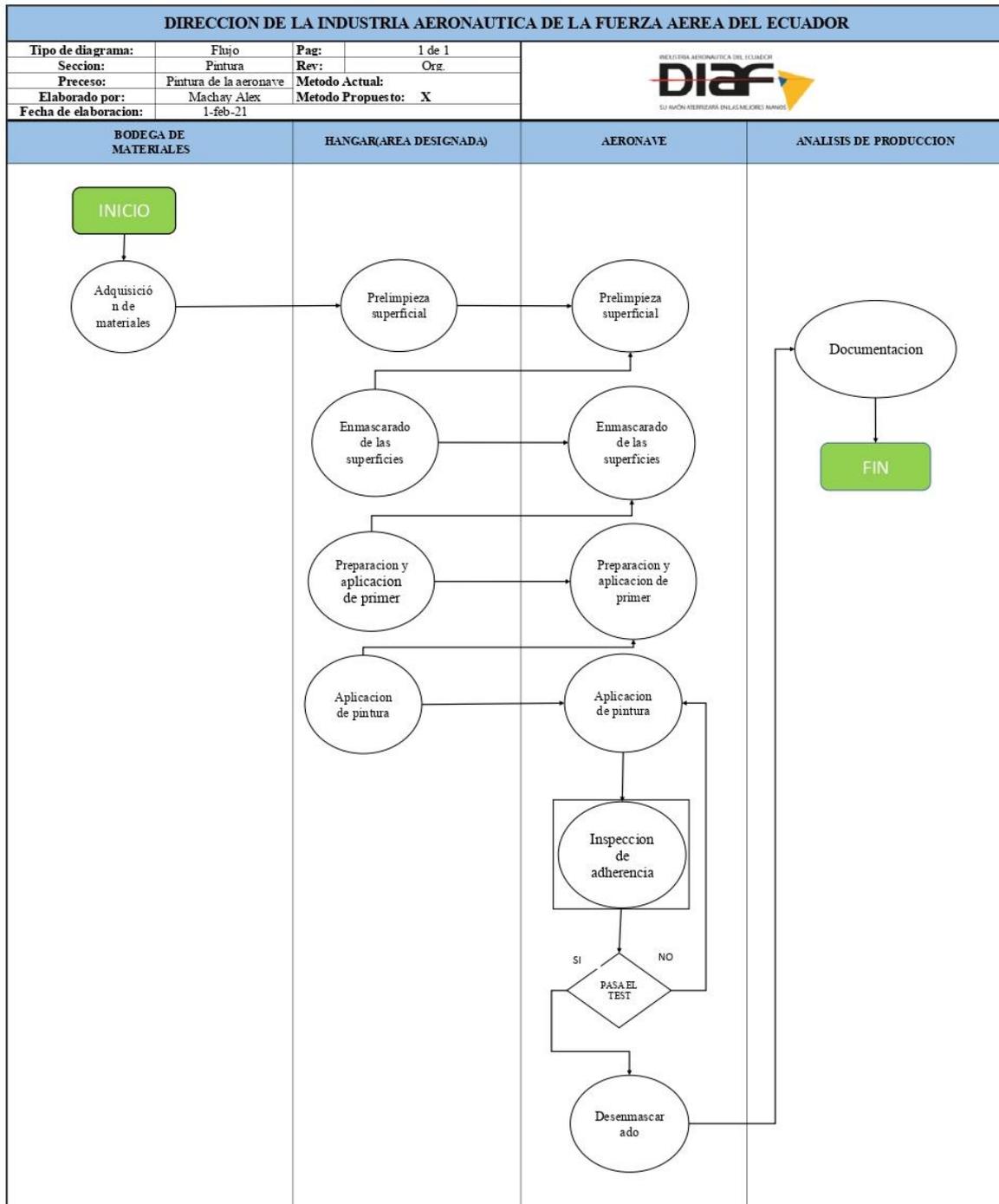
Tabla 16: Diagrama de proceso del método propuesto.

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA								
Tipo de Diagrama:		Proceso		RESUMEN				TOTAL
Metodo actual:		X		ACTIVIDAD	SIMBOLOGIA			
Metodo propuesto:				Proceso			21	
Fecha de realizacion:		15/1/2021		Transporte			5	
Proceso:		Pintura	Inspeccion			0		
Area:		Seccion de Pintura	Espera			4		
Eficiencia grafica:		72%	Almacenamiento			0		
Elaborado por:		Alex Machay	Operacion combinada			1		
Pagina:		1 de 1						
Nº	Actividad							DISTANCIA (Metros)
1	El proceso empieza en el área de pintura y por consiguiente el personal técnico de pintura se dirige a la bodega de materiales del hangar para retirar el material que se va a utilizar							
2	El técnico de bodega entrega el material que se va a utilizar							15
3	Una vez ya con el material el personal de pintura se dirige a la aeronave donde se encuentra un área designada para el proceso.							10
4	El personal de pintura instala el área de pintura en el hangar junto a la aeronave							
5	Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pintura.							
6	El personal técnico de pintura conecta la aeronave a tierra en los puntos asignados en el hangar.							
7	El personal Técnico de Pintura se colocará todos los EPP's de dotación.							
8	El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para remover polvos, suciedades, grasa u otros contaminantes.							
9	Limpie exhaustivamente todas las superficies de la aeronave, componentes aeronáuticos; con el solvente apropiado							
10	Enmascarar los componentes como tubos pitot, AOA, TAT, puertos estáticos, antenas, sensores, pozos y trenes de aterrizajes de nariz y principal, ingreso y salida de los motores							
11	Ya enmascarado los componentes se continúa con la protección de ventanillas laterales con papel, masking y plástico así como con las de cabina de pilotos.							
12	El Personal del departamento de Ingeniería & Planeación y el Supervisor de pinturas, determinarán la ubicación de las placas que se deberán tomar para medir el espesor.							
13	Con la guía de la hoja técnica del producto, el envase del activador o catalizador (base), deberá ser agitado, mínimo 30 minutos, la hora de la agitación se colocará en una etiqueta adhesiva en el tarro.							
14	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla del activador con el endurecedor							
15	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto							
16	Se instala en la zona de pintura un higrómetro para control de temperatura y humedad.							
17	El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y emitirá las respectivas indicaciones de seguridad al personal que vaya a intervenir en la aplicación de la pintura.							
18	Se procederá a traspasar a los sopletes ya filtrado el primer.							
19	Antes de comenzar a pintar se procede a encender los extractores de aire en cada una de las áreas del hangar.							
20	El personal técnico de pintura impregnará una capa de primer en la parte exterior de la aeronave							
21	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del primer con la regla de humedad							
22	Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el fabricante y a una temperatura entre los 12 a 32°C							
23	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla de la base con agua (pintura base agua) o la base con el endurecedor							
24	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto							
25	Se procederá a traspasar a los sopletes la pintura ya filtrada							
26	Con los sopletes y marmaras, se realizará la calibración de los mismos en los papelotes sobre el primer de los siguientes puntos: flado, presión, cobertura y desplazamiento							
27	El personal técnico de pintura impregnará una capa de pintura de acuerdo a los espesores de los datos técnicos de mantenimiento de la aeronave.							
28	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave pintadas se encuentran de buena calidad, medirá el espesor de la pintura final con la regla de humedad.							
29	El Supervisor de Pinturas con la ayuda de un Técnico de Pintura, procederá a retirar las placas de aluminio que están pintadas, colocará las probetas de adherencia							
30	Se toma un tiempo de curado antes de cualquier actividad							
31	Se procede aplicar segunda mano de pintura							
32	Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a desenmascarar toda la aeronave							
33	Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente los Técnicos de Pintura ordenarán el área de trabajo y limpiarán sus equipos.							
34	El Inspector de Control de Calidad asignado y el Supervisor de Pinturas revisarán todas las superficies pintadas.							
35	Una vez que ha pasado el tiempo recomendado de curado de las superficies pintadas, el Supervisor de Pinturas realizará la prueba de adherencia							
36	El Dpto. de Ingeniería & Planeación y Supervisor de Pintura, medirá el espesor del proceso de pintura con los equipos apropiados en las superficies metálicas							
37	El supervisor imprime toda la información respecto al proceso de pintura							
38	El supervisor llena la orden Work Order QC 015 la orden de trabajo que le fue asignada							
39	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de Aseguramiento de la calidad.							
TOTAL		30	2	1	3	0	3	25

Fuente: Autor.

11.4.3. Diagrama de flujo para el método propuesto.

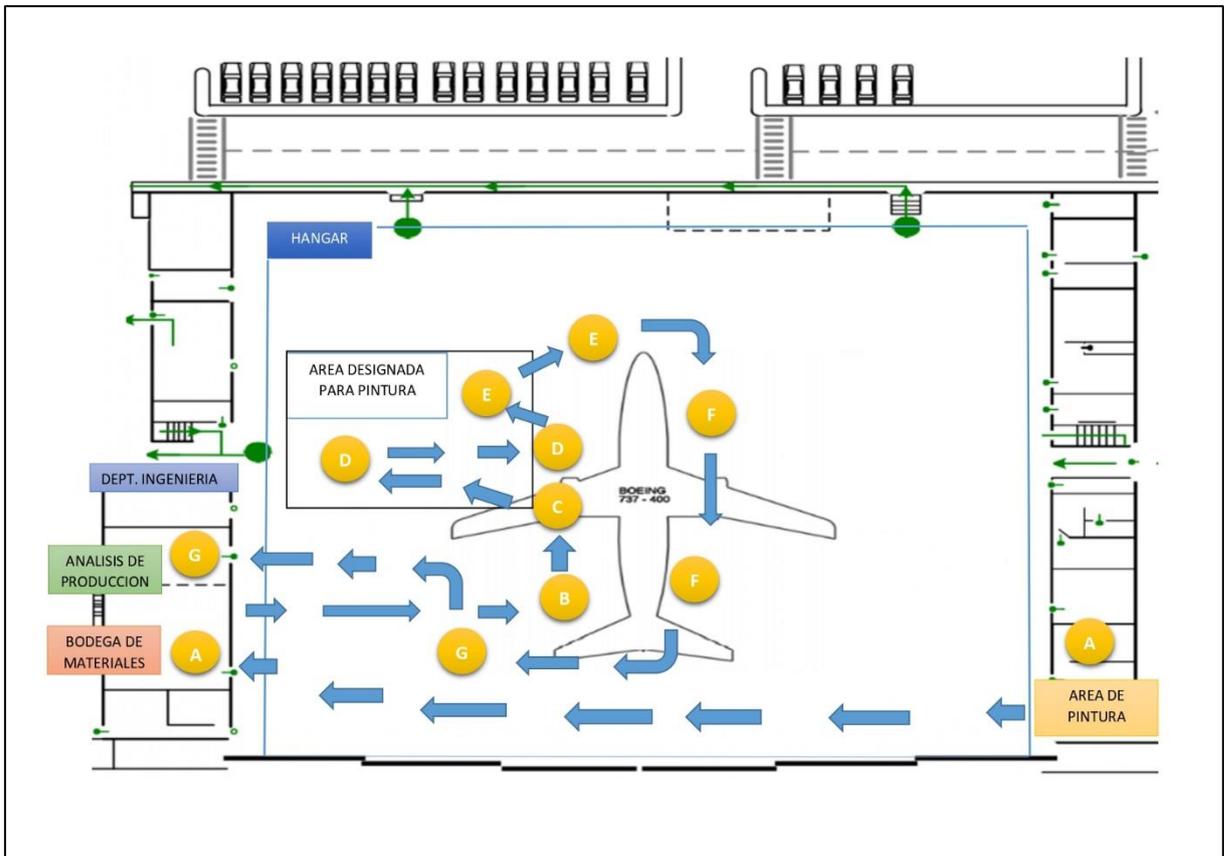
Figura 50: Diagrama de flujo.



Fuente: Autor.

11.4.4. Diagrama de recorrido para el método propuesto.

Figura 51: Diagrama de recorrido.



Fuente: Autor.

11.2.3.3. Estudio de tiempos del proceso mejorado.

Una vez determinadas y establecidas las actividades del proceso mejorado fue necesario hacer un estudio de tiempos, con la finalidad de determinar el tiempo estándar para el método propuesto. Ya que la propuesta quedará estandarizada y plasmada en el diagrama de procedimientos.

11.2.3.3.1. Número de muestras

Se tomó el mismo número de muestras que en el método inicial; la *tabla 17* se indica las muestras de los tiempos para el método propuesto.

11.2.3.3.2. Límites de control y desviación estándar

Tabla 18: La tabla de los límites de control y de la desviación estándar

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA											
FORMA PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS DEL METODO PROPUESTO											
FECHA:	25-ene-20										
ESTUDIO:	Tiempos										
PROCESO:	Pintura de la aeronave										
SECCION:	Pintura										
EMPRESA:	DLAF										
ANALISTA:	Machay Alex										
											
Nº	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	Σ T	TC	S	LCS	LCI
Adquisición de materiales											
1	El proceso empieza en el área de pintura y por consiguiente el personal técnico de pintura se dirige a la bodega de materiales del hangar para retirar el material que se va a	0:02:42	0:01:54	0:01:47	0:02:21	0:01:50	0:10:34	0:02:07	0:00:24	0:02:31	0:01:43
2	El técnico de bodega entrega el material que se va utilizar como son scaffo brite, tela, cintas, plásticos y EPP	0:04:11	0:05:30	0:05:01	0:05:11	0:04:21	0:24:14	0:04:51	0:00:34	0:05:24	0:04:17
3	Una vez ya con el material el personal de pintura se dirige a la aeronave donde se encuentra un área designada para el proceso.	0:03:14	0:03:45	0:04:25	0:04:46	0:03:11	0:19:21	0:03:52	0:00:42	0:04:35	0:03:10
4	Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pintura.	0:05:28	0:07:36	0:06:48	0:07:14	0:08:13	0:35:19	0:07:04	0:01:02	0:08:06	0:06:02
Protección y enmascarado de equipos y aeronaves											
5	Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pintura.	0:06:23	0:05:01	0:05:45	0:06:21	0:05:32	0:29:02	0:05:48	0:00:35	0:06:23	0:05:14
6	El personal técnico de pintura conecta la aeronave a tierra en los puntos asignados en el hangar.	0:04:14	0:05:12	0:06:27	0:04:52	0:05:39	0:26:24	0:05:17	0:00:50	0:06:07	0:04:27
7	El personal Técnico de Pintura se colocará todos los EPP's de dotación.	0:06:18	0:06:03	0:06:12	0:06:42	0:05:39	0:30:54	0:06:11	0:00:23	0:06:34	0:05:48
8	El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para remover polvos, suciedades, grasa u otros contaminantes.	0:24:19	0:25:50	0:21:11	0:24:49	0:25:02	2:01:11	0:24:14	0:01:48	0:26:02	0:22:27
9	Limpie exhaustivamente todas las superficies de la aeronave, componentes aeronáuticos, con el solvente apropiado según los datos técnicos.	0:33:10	0:31:17	0:34:05	0:31:03	0:29:15	2:38:50	0:31:46	0:01:54	0:33:40	0:29:52
ENMASCARADO DE LAS SUPERFICIES											
10	Enmascarar los componentes como tubos pitot, AOA, TAT, puertos estáticos, antenas, sensores, pozos y trenes de aterrizaje de nariz y principal, ingreso y salida de los motores	0:24:19	0:25:50	0:21:11	0:24:49	0:25:02	2:01:11	0:24:14	0:01:48	0:26:02	0:22:27
11	Ya enmascarado los componentes se continúa con la protección de ventanas laterales con papel, masking y plástico así como con las de cabina de pilotos.	0:33:10	0:31:17	0:34:05	0:31:03	0:29:15	2:38:50	0:31:46	0:01:54	0:33:40	0:29:52
PREPARACION Y APLICACION DE PRIMER											
12	El personal del departamento de Ingeniería & Planificación y el Supervisor de pinturas, determinarán la ubicación de las placas que se deberán tomar para medir el espesor de	0:05:24	0:06:54	0:06:18	0:05:09	0:07:19	0:31:04	0:06:13	0:00:56	0:07:09	0:05:17
13	Con la guía de la hoja técnica del producto, el envase del activador o catalizador (base), deberá ser agitado, mínimo 30 minutos, la hora de la agitación se colocará en una	0:05:56	0:04:21	0:04:50	0:05:08	0:04:41	0:24:56	0:04:59	0:00:36	0:05:35	0:04:23
14	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla del activador con el endurecedor	0:11:07	0:09:04	0:10:21	0:11:47	0:10:09	0:52:28	0:10:30	0:01:02	0:11:31	0:09:28
15	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto	0:05:14	0:04:32	0:04:07	0:05:07	0:04:23	0:23:23	0:04:41	0:00:29	0:05:09	0:04:12
16	Se llevará a la zona de pintura un higrómetro para control de temperatura y humedad.	0:10:09	0:13:36	0:08:09	0:10:23	0:09:07	0:51:24	0:10:17	0:02:03	0:12:20	0:08:13
17	El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y emitirá las respectivas indicaciones de seguridad al personal que vaya a intervenir en la aplicación de la pintura.	0:05:23	0:05:49	0:05:07	0:04:56	0:04:37	0:25:52	0:05:10	0:00:27	0:05:38	0:04:43
18	Se procederá a traspasar a los sopletes ya filtrado el primer.	0:05:05	0:04:08	0:06:49	0:06:57	0:05:33	0:28:32	0:05:42	0:01:11	0:06:54	0:04:31
19	Antes de comenzar a pintar se procede a encender los extractores de aire en cada una de las áreas del hangar.	0:04:32	0:04:21	0:05:20	0:04:52	0:03:49	0:22:54	0:04:35	0:00:34	0:05:09	0:04:01
20	El personal técnico de pintura impregnará una capa de primer en la parte exterior de la aeronave	1:04:31	1:05:12	1:05:03	1:05:29	1:04:54	5:25:09	1:05:02	0:00:22	1:05:23	1:04:40
21	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del primer con la regla de humedad y los técnicos de pinturas procederán a lavar su equipo utilizado.	0:06:11	0:04:45	0:05:28	0:06:21	0:04:27	0:27:12	0:05:26	0:00:51	0:06:17	0:04:36
22	Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el fabricante y a una temperatura entre los 12 a 32°C	1:00:15	1:00:05	1:00:10	1:00:02	1:00:06	5:00:38	1:00:08	0:00:05	1:00:13	1:00:03
APLICACION DE PINTURA											
23	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla de la base con agua (pintura base agua) o la base con el endurecedor	0:10:21	0:11:31	0:11:41	0:09:08	0:11:26	0:54:07	0:10:49	0:01:05	0:11:54	0:09:45
24	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto	0:05:14	0:06:16	0:05:08	0:04:55	0:05:08	0:26:41	0:05:20	0:00:32	0:05:52	0:04:48
25	Se procederá a traspasar a los sopletes la pintura ya filtrada	0:06:17	0:05:08	0:05:32	0:07:11	0:06:05	0:30:13	0:06:03	0:00:47	0:06:50	0:05:16
26	Con los sopletes y marmitas, se realizará la calibración de los mismos en los papelotes sobre el primer de los siguientes pueros: fluido, presión, cobertura y desplazamiento	1:00:14	1:00:06	1:00:08	1:10:19	1:08:08	5:18:55	1:03:47	0:05:02	1:08:49	0:58:45
27	El personal técnico de pintura impregnará una capa de pintura de acuerdo a los espesores de los datos técnicos de mantenimiento de la aeronave.	1:30:21	1:30:07	1:30:36	1:30:57	1:30:02	7:32:03	1:30:25	0:00:22	1:30:47	1:30:02
28	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave pintadas se encuentren de buena calidad, medirá el espesor de	0:34:38	0:32:09	0:33:47	0:31:38	0:31:44	2:43:56	0:32:47	0:01:21	0:34:08	0:31:26
29	El Supervisor de Pintura con la ayuda de un Técnico de Pintura, procederá a retirar las placas de aluminio que están pintadas, colocará las probetas de adherencia	0:05:21	0:07:39	0:06:08	0:04:07	0:01:15	0:24:30	0:04:54	0:02:25	0:07:19	0:02:29
30	Se toma un tiempo de curado antes de cualquier actividad	1:00:21	1:00:17	1:00:36	1:00:57	1:00:02	5:02:13	1:00:27	0:00:21	1:00:47	1:00:06
31	Se procede aplicar segunda mano de pintura	1:33:21	1:29:39	1:34:08	1:33:07	1:36:15	7:46:30	1:33:18	0:02:23	1:35:41	1:30:55
32	Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a desenmascarar toda la aeronave	0:35:14	0:34:06	0:35:08	0:35:19	0:36:08	2:55:55	0:35:11	0:00:43	0:35:54	0:34:28
33	Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente los Técnicos de Pintura ordenarán el área de trabajo y limpiarán sus equipos.	0:30:21	0:30:34	0:32:03	0:31:57	0:32:02	2:36:57	0:31:23	0:00:51	0:32:15	0:30:32
INSPECCION											
34	El Inspector de Control de Calidad asignado y el Supervisor de Pinturas revisarán todas las superficies pintadas.	0:12:38	0:10:09	0:11:47	0:11:38	0:10:44	0:56:56	0:11:23	0:00:58	0:12:21	0:10:25
35	Una vez que ha pasado el tiempo recomendado de curado de las superficies pintadas, el Supervisor de Pinturas realizará la prueba de adherencia	0:10:14	0:10:06	0:10:08	0:10:19	0:10:08	0:50:55	0:10:11	0:00:05	0:10:16	0:10:06
36	El Dpto. de Ingeniería & Planificación y Supervisor de Pintura, medirá el espesor del proceso de pintura con los equipos apropiados en las superficies metálicas	0:06:21	0:07:21	0:05:45	0:06:21	0:07:17	0:33:05	0:06:37	0:00:41	0:07:18	0:05:56
Documentación											
37	El supervisor imprime toda la información respecto al proceso de pintura	0:03:14	0:02:17	0:03:36	0:02:35	0:04:18	0:16:00	0:03:12	0:00:48	0:04:00	0:02:24
38	El supervisor llena la orden Work Order QC 015 la orden de trabajo que le fue asignada	0:10:05	0:13:09	0:11:45	0:09:07	0:12:46	0:56:52	0:11:22	0:01:44	0:13:06	0:09:38
39	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de Aseguramiento de la	0:02:05	0:03:37	0:02:10	0:03:07	0:04:46	0:15:45	0:03:09	0:01:07	0:04:16	0:02:02

Fuente: Autor.

11.2.3.3.3. Muestras dentro de los límites de control

Tabla 19: Valores de tiempos dentro de los límites de control.

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA									
FORMA PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS DEL METODO PROPUESTO									
FECHA:	25-ene-20								
ESTUDIO:	Tiempos								
PROCESO:	Pintura de la aeronave								
SECCION:	Pintura								
EMPRESA:	DIAF								
ANALISTA:	Machay Alex								
Nº	ACTIVIDADES		T1	T2	T3	T4	T5	LCS	LCI
Adquisición de materiales									
1	El proceso empieza en el área de pintura y por consiguiente el personal técnico de pintura			0:01:54	0:01:47	0:02:21	0:01:50	0:02:31	0:01:43
2	El técnico de bodega entrega el material que se va utilizar				0:05:01	0:05:11	0:04:21	0:05:24	0:04:17
3	Una vez ya con el material el personal de pintura se dirige a la aeronave donde se encuentra un		0:01:14	0:01:45	0:01:25			0:01:45	0:01:12
4	El personal de pintura instala el área de pintura en el hangar junto a la aeronave			0:07:36	0:06:48	0:07:14		0:08:06	0:06:02
Protección y enmascarado de equipos y aeronaves									
5	Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pintura				0:21:45	0:23:21	0:20:32	0:23:22	0:20:15
6	El personal técnico de pintura conecta la aeronave a tierra en los puntos asignados en el hangar.		0:32:14		0:34:27	0:32:52		0:34:33	0:31:37
7	El personal Técnico de Pintura se colocará todos los EPP's de dotación.			0:06:03	0:06:12		0:05:39	0:06:31	0:05:27
8	El personal de pintura realiza un lavado completo del avión para remover polvos, suciedades, grasa u otros contaminantes.		0:24:19	0:25:50		0:24:49	0:25:02	0:26:02	0:22:27
9	Limpie exhaustivamente todas las superficies de la aeronave, componentes aeronáuticos; con el solvente apropiado según los datos técnicos		0:33:10	0:31:17		0:31:03		0:33:40	0:29:52
ENMASCARADO DE LAS SUPERFICIES									
10	Enmascarar los componentes como tubos pitot, AOA, TAT, puertos estáticos, antenas, sensores, pozos y trenes de aterrizaje de nariz y principal, ingreso y salida de los motores		0:21:01		0:20:20	0:20:04	0:20:19	0:21:14	0:20:03
11	Ya enmascarado los componentes se continúa con la protección de ventanas laterales con papel, masking y plástico así como con las de cabina de pilotos.		0:05:24	0:06:54	0:06:18			0:07:09	0:05:17
PREPARACION Y APLICACION DE PRIMER									
12	El personal del departamento de Ingeniería & Planificación y el Supervisor de pinturas, determinarán la ubicación de las placas que se deberán tomar para medir el espesor de las		0:40:28	0:40:36	0:41:28	0:40:14		0:41:47	0:40:11
13	Con la guía de la hoja técnica del producto, el envase del activador o catalizador (base), deberá ser agitado, mínimo 30 minutos, la hora de la agitación se colocará en una etiqueta				0:04:50	0:05:08	0:04:41	0:05:35	0:04:23
14	En un envase plástico o descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla del activador con el endurecedor		0:11:07		0:10:21		0:10:09	0:11:31	0:09:28
15	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto			0:04:32		0:05:07	0:04:23	0:05:09	0:04:12
16	Se llevará a la zona de pintura un higrometro para control de temperatura y humedad.		0:10:09			0:10:23	0:09:07	0:12:20	0:08:13
17	El Supervisor de pintura proporcionará la información técnica y emitirá las respectivas indicaciones de seguridad al personal que vaya a intervenir en la aplicación de la pintura.		0:05:23		0:05:07	0:04:56		0:05:38	0:04:43
18	Se procederá a traspasar a los sopletes ya filtrado el primer.		0:02:05	0:02:08			0:02:33	0:02:45	0:01:52
19	Antes de comenzar a pintar se procede a encender los extractores de aire en cada una de las áreas del hangar.		0:14:32	0:14:21		0:14:52		0:15:09	0:14:01
20	El personal técnico de pintura impregnará una capa de primer en la parte exterior de la aeronave			0:05:12	0:05:03		0:04:54	0:05:23	0:04:40
21	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del primer con la regla de humedad y los técnicos de pinturas procederán a lavar su equipo utilizado.			1:04:45	1:09:28		1:04:27	1:10:15	1:02:38
22	Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el fabricante y a una temperatura entre los 12 a 32°C			1:00:05	1:00:10		1:00:06	1:00:13	1:00:03
Aplicación de Pintura									
23	En un envase plástico descontaminado y limpio, se procederá a la mezcla de la base con agua (pintura base agua) o la base con el endurecedor		0:15:21	0:15:31			0:15:26	0:15:38	0:15:13
24	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto		0:05:14		0:05:08	0:04:55	0:05:08	0:05:52	0:04:48
25	Se procederá a traspasar a los sopletes la pintura ya filtrada		0:03:17	0:03:08		0:03:11	0:03:05	0:03:25	0:03:04
26	Con los sopletes y marmitas, se realizará la calibración de los mismos en los papelotes sobre el primer de los siguientes puntos: fiado, presión, cobertura y desplazamiento		1:00:14	1:00:06	1:00:08		1:08:08	1:08:49	0:58:45
27	El personal técnico de pintura impregnará una capa de pintura de acuerdo a los espesores		1:30:21	1:30:07	1:30:36		1:30:02	1:30:47	1:30:02
28	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave pintadas se encuentren de buena calidad, medirá el espesor de			0:32:09	0:33:47	0:31:38	0:31:44	0:34:08	0:31:26
29	El Supervisor de Pintura con la ayuda de un Técnico de Pintura, procederá a retirar las placas de aluminio que están pintadas, colocará las probetas de adherencia		1:05:21		1:06:08	1:04:07		1:07:19	1:02:29
30	Se toma un tiempo de curado antes de cualquier actividad		1:00:21	1:00:17	1:00:36		1:00:02	1:00:47	1:00:06
31	Se procede aplicar segunda mano de pintura		0:06:38		0:07:47	0:06:38	0:07:44	0:08:38	0:06:33
32	Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a desenmascarar toda la aeronave		0:05:14	0:04:06	0:04:08		0:04:08	0:05:13	0:03:57
33	Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente los Técnicos de Pintura ordenarán el área de trabajo y limpiarán sus equipos.		0:30:21	0:30:34		0:31:57	0:32:02	0:32:15	0:30:32
INSPECCION									
34	El Inspector de Control de Calidad asignado y el Supervisor de Pinturas revisaran todas las superficies pintadas.				0:11:47	0:11:38	0:10:44	0:12:21	0:10:25
35	Una vez que ha pasado el tiempo recomendado de curado de las superficies pintadas, el Supervisor de Pinturas realizará la prueba de adherencia		0:10:14	0:10:06	0:10:08		0:10:08	0:10:16	0:10:06
36	El Dpto. de Ingeniería & Planificación y Supervisor de Pintura, medirá el espesor del proceso de pintura con los equipos apropiados en las superficies metálicas		0:30:21		0:30:45		0:31:17	0:31:56	0:29:42
Documentación									
37	El supervisor imprime toda la información respecto al proceso de pintura		0:03:14	0:02:17	0:03:36	0:02:35		0:04:00	0:02:24
38	El supervisor llena la orden Work Order QC 015 la orden de trabajo que le fue asignada		0:10:05		0:11:45		0:12:46	0:13:06	0:09:38
39	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de Aseguramiento de la calidad.		0:02:05	0:03:37	0:02:10	0:03:07		0:04:16	0:02:02

Fuente: Autor.

11.2.3.3.4. Tiempo de ciclo observado promedio

La tabla de los resultados de los tiempos promedios se visualizan en la *tabla 20*.

11.2.3.3.5. Tiempo normal

Los tiempos normales del método propuesto se muestran en la *tabla 20*.

11.2.3.3.6. Sistema de calificación Westinghouse (C)

La calificación del desempeño se mantiene con valor promedio es decir 100%. Ver *tablas 11, 12 y 13*.

11.2.3.3.7. Tolerancias o suplementos

La tabla de designación de suplementos por actividad se muestra en la *tabla 4*.

11.2.3.3.8. Tiempo estándar

Los resultados del tiempo estándar se muestran a continuación en la *tabla 20*.

Tabla 20: Estudio de tiempos del método propuesto.

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA DE LA FUERZA AEREA ECUATORIANA											
ESTUDIO DE TIEMPOS DEL METODO PROPUESTO											
FECHA DE INICIO:	25-ene-20										
ESTUDIO:	Tiempos										
PROCESO:	Plumas de la aeronave										
SECCION:	Plumas										
EMPRESA:	DIAF										
ANALISTA:	Machay, Alex										
Nº	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	TC	C	TF	Tolerancia	TS
Adquisición de materiales											
1	El personal encargados en el área de plumas y por consiguiente el personal técnico de plumas se dirige a la botega de materiales del hangar para retirar el material que se va a utilizar		00:54	00:47	00:21	00:50	0:01:58	100%	0:01:58	0.11	0:02:11
2	El técnico de botega entrega el material que se va a utilizar			00:01	00:11	00:21	0:04:51	100%	0:04:51	0.12	0:05:26
3	Una vez ya con el material el personal de plumas se dirige a la aeronave donde se encuentran en área designada para el proceso.	00:34	00:45	00:25		00:31	0:03:39	100%	0:03:39	0.11	0:04:03
4	El personal de plumas instala el área de plumas en el hangar junto a la aeronave		00:36	00:48	00:14		0:07:13	100%	0:07:13	0.11	0:08:00
Protección y enmascaramiento de equipos y aeronaves											
5	Se procede a cubrir las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que	00:02	00:01	00:45	00:02	00:32	0:05:48	100%	0:05:48	0.13	0:06:34
6	El personal técnico de plumas cubren la aeronave a nivel de las puertas		00:12		00:42	0:05:39	0:05:14	100%	0:05:14	0.14	0:05:58
7	El personal Técnico de Plumas se colocan todos los EPP's de donde	00:08	00:03	00:12			0:06:11	100%	0:06:11	0.13	0:06:59
8	El personal de plumas instala un lavado cuidadoso de la pista para remover polvo, suciedad.	02:49	02:50		02:49	02:50	0:25:00	100%	0:25:00	0.13	0:28:15
9	Limpieza exhaustivamente todas las superficies de la aeronave, componentes aerodinámicos con el ENMASCARAMIENTO DE LAS SUPERFICIES	03:10	03:17		03:08		0:31:50	100%	0:31:50	0.13	0:35:58
10	Enmascara los componentes como tubos que, AG4, TAT, que no se cubren, aviones.	02:49	02:50		02:49	02:50	0:25:00	100%	0:25:00	0.12	0:28:00
11	Ya enmascarado los componentes se comienza con la protección de superficies laterales con papel.	03:10	03:17		03:08		0:31:50	100%	0:31:50	0.13	0:35:58
PREPARACION Y APLICACION DE PRIMER											
12	El personal encargado comienza a limpiar el fuselaje y el supervisor de plumas, demarcando la ubicación de las placas que se deberán hacer para hacer el espesor de las capas y una referencia para la colocación de la pista	00:52	00:54	00:18			0:06:12	100%	0:06:12	0.19	0:07:23
13	Con la guía de la hoja técnica del producto, el estado del avión o controlador (ensa), deberá ser a grado mínimo 30 minutos, la boca de la aeronave se colocan en una estufa a 60°C en el agua			00:50	00:08	00:49	0:04:53	100%	0:04:53	0.11	0:05:25
14	En un estado plástico de secado y luego, se procederá a la marca del controlador con el autoesmalte	01:07		01:02		01:09	0:10:32	100%	0:10:32	0.11	0:11:42
15	La marca será verificada con la copa de viscosidad del líquido o modelo de copa ensayada de por la hoja técnica del producto		00:32		00:07	00:23	0:04:41	100%	0:04:41	0.14	0:05:20
16	Se llena a la zona de pintura un frasco a que cubra de temperatura y humedad	01:09			01:03	00:07	0:09:53	100%	0:09:53	0.16	0:11:28
17	El Supervisor de plumas proporcionará la información técnica y tendrá las respectivas indicaciones de seguridad al personal que vaya a intervenir en la aplicación de la pintura.	00:23		00:07	00:46		0:05:09	100%	0:05:09	0.16	0:05:58
18	Se procederá a limpiar a los aplenas ya finalizado el primer.	00:05		00:49		00:33	0:05:49	100%	0:05:49	0.15	0:06:41
19	Antes de comenzar a pintar se procede a asegurar los conectores de aire en cada una de las áreas del hangar.	00:42	00:21		00:42		0:04:35	100%	0:04:35	0.19	0:05:27
20	El personal técnico de plumas asegurará sus capas de pintura en la zona exterior de la aeronave		1:05:12	1:05:03		1:04:54	1:05:03	100%	1:05:03	0.13	1:13:30
21	Al finalizar esta tarea el Supervisor de plumas hará el espesor del primer con la regla de mano y los técnicos de plumas procederán a lavar su equipamiento.	00:01	00:45	00:28			0:05:28	100%	0:05:28	0.11	0:06:04
22	Para dar un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo establecido por el fabricante ya sea temperatura entre los 12 a 22 °C		1:00:05	1:00:10		1:00:08	1:00:07	100%	1:00:07	0.09	1:05:32
Aplicación de Pintura											
23	En un estado plástico de secado y luego, se procederá a la marca de la base con agua (plumas base agua) o la base con el autoesmalte	01:02	01:31			01:26	0:11:06	100%	0:11:06	0.17	0:12:59
24	La marca será verificada con la copa de viscosidad del líquido o modelo de copa ensayada dada por la hoja técnica del producto	00:14		00:08	00:45	00:08	0:05:06	100%	0:05:06	0.09	0:05:34
25	Se procederá a limpiar a los aplenas ya finalizado el primer.	00:07		00:32		00:05	0:05:58	100%	0:05:58	0.12	0:06:41
26	Con los aplenas y pinceles, se realizará la calibración de los minutos en los pinceles sobre el primer de las siguientes pinceladas: prueba, cobertura y desplazamiento	1:00:14	1:00:06	1:00:08		1:08:08	1:02:09	100%	1:02:09	0.17	1:12:43
27	El personal técnico de plumas asegurará sus capas de pintura de acuerdo a los espacios de los datos técnicos de mantenimiento de la aeronave.	1:30:21	1:30:07	1:30:36			1:30:21	100%	1:30:21	0.09	1:38:29
28	Al finalizar esta tarea el Supervisor de Plumas, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave pintadas se encuentran de buena calidad, usará el espesor de la pista final con		02:09	03:47	03:18	03:44	0:32:19	100%	0:32:19	0.16	0:37:30
29	El Supervisor de Plumas con la ayuda de un Técnico de Plumas, procederá a retirar las placas de aluminio que están pintadas, colocará las placas de aluminio	00:21		00:08	00:40		0:05:12	100%	0:05:12	0.16	0:06:02
30	Se toma un tiempo de curado antes de cualquier actividad.	1:00:21	1:00:17	1:00:36			1:00:25	100%	1:00:25	0.09	1:05:51
31	Se procede a limpiar segunda mano de pintura	1:33:21		1:34:08	1:33:07		1:33:32	100%	1:33:32	0.11	1:43:49
32	Pasado el tiempo de curado del proceso de pintura se procederá a desarmar toda la aeronave	03:54		03:08	03:19		0:35:14	100%	0:35:14	0.09	0:38:24
33	Tareas de la integración de la pintura en la aeronave o componen los Técnicos de Plumas colocan el área de trabajo y limpian sus equipos.		03:04	02:03	03:37	03:20	0:31:39	100%	0:31:39	0.12	0:35:27
INSPECCION											
34	El Supervisor de Control de Calidad asignado y el Supervisor de Plumas revisará todas las superficies pintadas	01:28	01:09	01:47	01:38	01:04	0:11:23	100%	0:11:23	0.12	0:12:45
35	Una vez que ha pasado el tiempo recomendado de curado de las superficies pintadas, el Supervisor de Plumas realizará la prueba de adherencia	01:04	01:06	01:08	01:09	01:08	0:10:11	100%	0:10:11	0.12	0:11:24
36	El Depto. de Ingeniería de Mantenimiento y Supervisor de Plumas, hará el espesor del proceso de pintura con los equipos apropiados en las superficies pintadas	00:02	00:21	00:45	00:02	00:17	0:06:37	100%	0:06:37	0.1	0:07:17
Documentación											
37	El supervisor busca e inspecciona toda la información respecto al proceso de pintura	00:14	00:17	00:36	00:35	00:48	0:03:12	100%	0:03:12	0.09	0:03:29
38	El supervisor llena la copia Work Order QC 015 la copia de trabajo que le fue asignada	01:05	01:09	01:45	00:07	01:24	0:11:22	100%	0:11:22	0.1	0:12:31
39	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento de Asignamiento de la calidad.	00:05	00:37	00:10	00:07	00:46	0:03:09	100%	0:03:09	0.11	0:03:30
TOTAL							13:29:52		13:29:52		15:00:33

Fuente: Autor.

11.4.6. Productividad del método propuesto.

Se hizo un análisis en base al incremento de cada uno de los datos relevantes calculados. Para saber el impacto que generaron las mejoras aplicadas al método en términos porcentuales.

Tabla 21: Tiempo productivo del método propuesto

Jornada laboral (h:min:seg.)	
Tiempo disponible	8:00:00
8:00:00	Receso 0:20:00
	Limpieza 0:10:00
	Total t. imp. 0:30:00
Tiempo útil (productivo)	7:30:00

Fuente: Autos.

En base a los datos del método propuesto se obtuvo una productividad diaria de 1 aeronaves/2 día en base al tiempo productivo mejorado.

$$Producción = \frac{7:30 \text{ horas}}{15:06 \text{ horas/avion}}$$

$$Producción = 0,49 \text{ avion/día} \approx 0.4 \text{ avion/2día}$$

Con las mejoras aplicadas al proceso se obtiene una productividad diaria de 1 avión/2día

$$Productividad = \frac{Producción}{Recursos empleados}$$

$$Productividad = \frac{0,49 \text{ avion/día}}{7 \text{ personas}}$$

$$Productividad = 0,07 \text{ avion/día/persona.}$$

11.4.7. Análisis de los resultados obtenidos en las condiciones iniciales y del método mejorado.

Se realizó un análisis y comparación del método inicial con el método propuesto en base a la observación y el estudio de tiempos que se llevó a cabo. Para lo cual se establece en la *tabla 22* donde se indica el incremento de las variantes que se tomaron en cuenta y se encuentra detallado los incrementos en cantidad numérica y porcentual el signo positivo (+) indica un aumento mientras que el signo negativo (-) indica una disminución. Con la aplicación del método propuesto se tiene, Por lo tanto, las mejoras aplicadas al proceso tuvieron los resultados esperados.

Tabla 22: Resumen de los resultados obtenidos.

RESULTADOS OBTENIDOS					
VARIANTES	CONDICIONES INICIALES (hh:mm:ss)	METODO PROPUESTO (hh:mm:ss)	INCREMENTO Δ (+/-)		INCREMENTO PORCENTUAL Δ %
<i>(TC)</i> Tiempo de ciclo	15:00:02	13:29:52	-	1:30:10	10%
<i>(TS)</i> Tiempo estandar	16:49:01	15:06:18	-	1:42:43	10%
<i>(TN)</i> Tiempo normal	15:00:02	13:29:52	-	1:30:10	10%
Produccion (aviones /dia)	0,35	0,49	+	0,14	29%
Productividad (avión/dia/persona)	0,05	0,07	+	0,02	29%
Tiempo Productivo	7:00:00	7:30:00	+	0:30:00	7%
Distancia recorrida	45	25	-	20	44%
Numero de actividades	45	39	-	6	13%

Fuente: Autor.

11.4.1. Programación de la producción del proceso de pintura

Con los datos obtenidos mediante el estudio de tiempos en el proceso, es posible para la empresa proyectar su producción a corto plazo, pues de los datos obtenidos internamente las solicitudes de requerimiento establecidas al momento son los siguientes:

Se toma como base que el proceso de pintura se lo realiza en dos días una vez demostrado en el método propuesto en el proyecto de investigación y tomado encuentra aeronaves previstas al ingresar al centro de mantenimiento específicamente para el proceso de pintura y como dato los días de plazo que estos dan al momento de ingresar la aeronave de cada cliente.

Tabla 23: Datos para la programación.

Secuencia de trabajos	Tiempo de procesamiento (días)	Plazo días faltante *
AV 1	2	4
AV 2	4	6
AV 3	5	8
AV 4	2	9
AV 5	1,5	2
AV 6	3,5	11

Fuente: Autor.

* Se ha considerado el plazo de días faltantes de acuerdo a los días laborables existentes

La restricción principal con la que cuenta el Centro de Mantenimiento es que solamente dispone de 1 centro productivo, compuesto por el hangar de pintura, por tanto para poder realizar una programación de producción, el modelo que puede ser utilizado para este caso es la Programación de n trabajos en un centro de procesamiento o n/1, planteado por Chase y Jacobs, (2014, pág. 628).

Por tanto, se van a utilizar las diferentes reglas de prioridad existentes que permitan analizar cuál de ellas permite un mejor desempeño de la producción, en función de en la medida de las posibilidades, entregar los proyectos de pintura a tiempo disminuyendo las demoras de entrega.

Las reglas de prioridad utilizadas y que se presentan en el fundamento teórico serán:

- PEPT (Primero en entrar, primero en trabajarse)
- TOB (tiempo de operación más breve)
- PPP (primero el plazo más próximo)
- TOR (tiempo ocioso restante)
- ULPT (último en llegar, primero en trabajarse).
- Aleatorio (Considerando otras posibilidades aleatoriamente o en base a criterio)

A continuación, se analizan los diferentes casos y con ello se podrá realizar el análisis respectivo para establecer las decisiones óptimas.

11.4.1.1. Regla de prioridad utilizada: PEPT

Tabla 24: Análisis con regla PEPT.

Secuencia de trabajos	Tiempo de procesamiento (días)	Plazo días faltante	Tiempo de tránsito (días)
AV 1	2	4	$0 + 2 = 2$
AV 2	4	6	$2 + 4 = 6$
AV 3	5	8	$6 + 5 = 11$
AV 4	2	9	$11 + 2 = 13$
AV 5	1,5	2	$13 + 1,5 = 14,5$
AV 6	3,5	11	$14,5 + 3,5 = 18$

Fuente: Autor.

Tiempo total de tránsito = $2 + 6 + 11 + 13 + 14,5 = 46,5$

Tiempo de tránsito promedio = $46,5 / 6 = 7,75$

El resultado para este caso es que el AV 1 y AV 2 están a tiempo, mientras que los demás tendrán una demora de 3, 4, 12,5 y 7 por tanto una demora promedio de $(0 + 0 + 3 + 4 + 12,5 + 7) / 6 = 4,42$ días

11.4.1.2. Regla de prioridad utilizada: TOB

Tabla 25: Aplicación de regla TOB

Secuencia de trabajos	Tiempo de procesamiento (días)	Plazo días faltante	Tiempo de tránsito (días)	Diferencia
AV 5	1,5	2	1,5	-0,5
AV 1	2	4	3,5	-0,5
AV 4	2	9	5,5	-3,5
AV 6	3,5	11	9	-2
AV 2	4	6	13	7
AV 3	5	8	18	10

Fuente: Autor.

Tiempo total de tránsito = 50,5

Tiempo de tránsito promedio = 8,42

En este caso se puede observar que el AV1, AV 2, AV4, AV5 y AV6 están a tiempo, solamente el AV2 y AV3 tienen demoras de 7 y 10 días respectivamente

Tiempo de demora promedio = 2,83 días

11.4.1.3. Regla de prioridad utilizada: PPP

Tabla 26: Aplicación de regla PPP

Secuencia de trabajos	Tiempo de procesamiento (días)	Plazo días faltante	Tiempo de tránsito (días)	Diferencia
AV 5	1,5	2	1,5	-0,5
AV 1	2	4	3,5	-0,5
AV 2	4	6	7,5	1,5
AV 3	5	8	12,5	4,5
AV 4	2	9	14,5	5,5
AV 6	3,5	11	18	7

Fuente: Autor.

Tiempo total de tránsito = 57,5

Tiempo de tránsito promedio = 9,58

En este caso se puede observar que el AV1, AV 5 están a tiempo, los demás, AV2, AV3, AV4 y AV6 tienen demoras de 1,5; 4,5; 5,5 y 7 días respectivamente

Tiempo de demora promedio = 3,08 días

11.4.1.4. Regla de prioridad utilizada: TOR

Tabla 27: Aplicación de regla TOR

Secuencia de trabajos	Tiempo ocioso	Prioridad	Secuencia de trabajos	Tiempo de procesamiento (días)	Plazo días faltante	Tiempo de tránsito (días)	Diferencia
AV 1	2	2	AV 5	1,5	2	1,5	-0,5
AV 2	2	3	AV 1	2	4	3,5	-0,5
AV 3	3	4	AV 2	4	6	7,5	1,5
AV 4	7	5	AV 3	5	8	12,5	4,5
AV 5	0,5	1	AV 4	2	9	14,5	5,5
AV 6	7,5	6	AV 6	3,5	11	18	7

Fuente: Autor.

Tiempo total de tránsito = 57,5

Tiempo de tránsito promedio = 9,58

En este caso se puede observar que el AV1, AV 5 están a tiempo, los demás, AV2, AV3, AV4 y AV6 tienen demoras de 1,5; 4,5; 5,5 y 7 días respectivamente.

Tiempo de demora promedio = 3,08 días

11.4.1.5. Regla de prioridad utilizada: ULPT

Tabla 28: Aplicación de regla ULPT

Secuencia de trabajos	Tiempo de procesamiento (días)	Plazo días faltante	Tiempo de tránsito (días)	Diferencia
AV 6	3,5	11	3,5	-7,5
AV 5	1,5	2	5	3
AV 4	2	9	7	-2
AV 3	5	8	12	4
AV 2	4	6	16	10
AV 1	2	4	18	14

Fuente: Autor.

Tiempo total de tránsito = 61,5

Tiempo de tránsito promedio = 10,25

En este caso se puede observar que el AV1, AV 4 están a tiempo, los demás, AV1, AV2, AV3 y AV5 tienen demoras de 14; 10; 4 y 3 días respectivamente.

Tiempo de demora promedio = 5,17 días

11.4.1.6. Regla de prioridad utilizada: Aleatorio (1)

Tabla 29: Aplicación de regla aleatoria 1

Secuencia de trabajos	Tiempo de procesamiento (días)	Plazo días faltante	Tiempo de tránsito (días)	Diferencia
AV 5	1,5	2	1,5	-0,5
AV 1	2	4	3,5	-0,5
AV 2	4	6	7,5	1,5
AV 3	5	8	12,5	4,5
AV 4	2	9	14,5	5,5
AV 6	3,5	11	18	7

Fuente: Autor.

Tiempo total de tránsito = 57,5

Tiempo de tránsito promedio = 9,58

En este caso se puede observar que el AV1, AV 4 están a tiempo, los demás, AV1, AV2, AV3 y AV5 tienen demoras de 14; 10; 4 y 3 días respectivamente

Tiempo de demora promedio = 2,75 días

11.4.1.7. Regla de prioridad utilizada: Aleatorio (2)

Tabla 30: Aplicación de aleatoria 2

Secuencia de trabajos	Tiempo de procesamiento (días)	Plazo días faltante	Tiempo de tránsito (días)	Diferencia
AV 5	1,5	2	1,5	-0,5
AV 1	2	4	3,5	-0,5
AV 4	2	9	5,5	-3,5
AV 2	4	6	9,5	3,5
AV 3	5	8	14,5	6,5
AV 6	3,5	11	18	7

Fuente: Autor.

Tiempo total de tránsito = 52,5

Tiempo de tránsito promedio = 8,75

En este caso se puede observar que el AV1, AV 4, AV 5 están a tiempo, los demás, AV2, AV3, y AV6 tienen demoras de 3,5; 6,5 y 7 días respectivamente

Tiempo de demora promedio = 2,83 días

11.4.1.8. Comparación de resultados utilizando las diferentes reglas de prioridad

Una vez ya aplicado las reglas de prioridad con los datos establecidos se muestra en la siguiente *tabla 31* los resultados obtenidos para su respectivo análisis. Observados los diferentes casos posibles, es posible realizar una comparación como sigue:

Tabla 31: Comparación de resultados.

Regla	Tiempo de tránsito (días)	Tiempo promedio de tránsito (días)	Retardo promedio (días)
PEPT	46,5	7,75	4,42
TOB	50,5	8,42	2,83
PPP	57,5	9,58	3,08
TOR	57,5	9,58	3,08
ULPT	61,5	10,25	5,17
Aleatorio (1)	57,5	9,58	2,75
Aleatorio (2)	52,5	8,75	2,83

Fuente: Autor.

Se puede observar que haciendo uso de las reglas TOB, Aleatorio 1 y Aleatorio 2, con un retardo promedio de 2,83 para los 3 casos, obteniéndose los mejores resultados, considerando que el criterio más importante es evitar que existan demoras en la entrega. Con ello se disminuye de forma importante los días promedio de entrega que en los demás casos. Ahora al analizar cada uno de estos resultados, se puede encontrar que el caso TOR tiene solamente 2 aviones con demoras de 7 y 10 días respectivamente, siendo estos el AV 2 y AV 3.

Para el caso de Aleatorio 1 las demoras son para al AV1, AV3, AV4 y AV6 aunque en menor grado teniendo 1,5; 4,5; 5,5 y 7 días.

En el caso de Aleatorio 2 se tienen 3 aviones con demora.

Considerando todos estos casos y con demoras promedio se ha considerado internamente que el caso óptimo es la regla de prioridad TOB, pues que solamente existen 2 aviones con demora, con los cuales es más factible negociar nuevas fechas de entrega en base a esta nueva calendarización.

11.4.2. Optimización del uso de tiempos muertos mediante algoritmo Johnson.

Al analizar todo el proceso, se puede observar que existen varias actividades que tienen un tiempo mayor de duración y por tanto tiempos muertos de personal inactivo o simplemente un tiempo de espera. Entre estas actividades está el proceso de pintura, el cual tiene un tiempo de curado, así mismo el tiempo de enmascarado, pintura, curado y el lavado y secado.

La mayor parte de estas actividades pueden ser trabajadas con todo el personal especializado dividido en las diferentes áreas y no es posible disminuir este tiempo en base a la capacidad actual y la necesidad que existe del tiempo de curado, así como de enmascarar y pintar cada área. Sin embargo, existe un proceso que puede ser mejorado, pues requiere de dos pasos consecutivos que es el Lavado y secado, pasos que deben ir uno a continuación de otro y que disponen de un equipo especializado para cada parte, del cual se dispone solo de uno en cada caso, por lo tanto, a continuación, se presentan los tiempos de proceso en cada fase.

Para optimizar este tipo de actividad con n actividades y 2 máquinas o equipos se puede utilizar la regla de Johnson, para ello, se ha dividido en estas fases debido al área de trabajo donde se puede operar y por otro lado el equipo de lavado tiene un equipo de lavado a presión y a su vez requiere para completar el proceso y que pueda iniciar la pintura, un proceso de secado bajo soplete, para que no existan residuos de agua previo a la pintura.

Cada área puede ser trabajada de forma independiente, pero solamente se dispone de un equipo para cada caso.

A continuación, se presentan los datos del proceso.

Tabla 32: Designación de áreas y equipos

Operación	Área de tratamiento	Equipo 1 (Lavado) (minutos)	Equipo 2 (Secado) (minutos)
A	Rudder	6	4
B	Empenaje	7	8
C	Fuselaje inferior	7	8
D	Fuselaje superior	9	5
E	Alas inferior	7	3
F	Alas superior	8	6

Fuente: Autor.

De acuerdo a esta asignación de actividades, debido a que las actividades deben hacerse una tras la otra, el tiempo de complementación de las actividades sería como sigue en la línea del tiempo:

Tabla 33: Aplicación de algoritmo de Johnson.

	6	13	20	29	36	44	
A	B	C	D	E	F		
	A	B	C	D	E	F	
		10	21	29	34	39	50

Fuente: Autor.

Por tanto, tendría una demora de 50 min en total.

Los tiempos muertos serían: $6 + 2 + 5 + 6 = 22$ min.

Ahora en base a la regla de Johnson la asignación de actividades consecutivas quedaría de la siguiente manera:

Tabla 34: Asignación de actividades.

	7	14	22	31	37	42	
B	C	F	D	A	E		
	B	C	F	D	A	E	
		15	23	29	36	41	45

Fuente: Autor.

Con lo cual el tiempo de trabajo final sería de 45 minutos, logrando una pequeña mejora, pero que favorece a disminuir los tiempos muertos.

Los tiempos muertos serían: $7 + 2 + 1 + 1 + 3 = 14$ min.

Por tanto, conviene utilizar la regla de Johnson y asignar las actividades en orden: B, C, F, D, A, E.

11.5. Guía técnica del proceso de pintura.

Para una constancia del proyecto de investigación se elaboró una guía técnica acorde al método propuesto después de haber eliminado ciertas actividades que generaban demoras y también la aplicación del algoritmo de Johnson mediante la programación de producción y sus reglas de prioridad. Y su implementación ayudara como guía al personal técnico a realizar las tareas con más detalle y al personal administrativo o encargado a programar el proceso dentro de la inspección total de la aeronave.

La guía técnica cuenta de la siguiente estructura basándose en los manuales aprobados por los entes regulatorios de calidad de la DIAF:

- **Portada:** Es la primera hoja, donde se encuentran el nombre de la empresa, el logotipo de la empresa, el nombre de la guía, la revisión y la fecha.

Figura 52: Guía técnica del proceso de pintura.



Fuente: Autor.

- **Tabla de contenidos:** Es el índice en donde se detalla el contenido de la guía como tal.
- **Registro de revisiones:** Contiene una tabla donde se registrarán las futuras revisiones que cuente la guía.
- **Referencia:** Son los documentos (leyes o regulaciones aeronáuticas, políticas, normativas) donde se apoyan los diferentes manuales, para el presente caso la referencia será el MOM Capítulo 5, Trabajo de investigación (Optimización en el proceso de pintura de las aeronaves en la Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF) de la ciudad de Latacunga.)
- **Introducción:** Breve descripción de la aplicación del procedimiento.
- **Alcance:** Menciona al grupo de técnicos que deben cumplir con el procedimiento. Para el caso son el técnico de recepción de partes, técnico de base de datos y técnico de bodega.
- **Responsabilidad:** Indica la persona o Departamento responsable del cumplimiento del procedimiento. La responsabilidad del proceso es para el técnico, supervisor e inspector de partes y repuestos.
- **Equipo:** Donde se enuncia y se presenta de forma gráfica los equipos que se utilizan en el procedimiento.
- **Procedimiento:** Se detallan los materiales necesarios para el trabajo, y las secuencia de actividades que se deberán cumplir.
- **Uso de tiempos muertos:** Donde se especifica la secuencia y asignación de áreas para las actividades del lavado y secado de la superficie.
- **Archivos:** Indica la forma en la cual se maneja la documentación que se genera del cumplimiento del procedimiento.
- **Anexos:** Documentos o formatos que certifican el cumplimiento del procedimiento.

* El manual de procedimientos ya desarrollado se lo puede visualizar en el *Anexo III*.

11.6. Respuesta referente a la hipótesis.

La hipótesis tuvo un resultado favorable ya que, al desarrollar los objetivos planteados mediante la aplicación de los métodos, técnicas, reglas de asignación y algoritmos se logró, obtener resultados positivos.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

12.1. Impactos técnicos.

Se obtuvo un impacto técnico positivo de beneficio mutuo. Por parte del autor el conocimiento se enriqueció, fortaleció y aumentó ya que para el desarrollo del presente proyecto se tuvo que indagar varias fuentes de información textos, internet, asesoramiento del tutor, para la elección y aplicación del método más adecuado para la optimización de procesos de la empresa, además se pudo tener experiencia práctica que de seguro será de gran ayuda en el ámbito laboral. Y la empresa ya cuenta con un proceso optimizado y estandarizado, plasmado en una guía técnica.

12.2. Impacto social.

A través de la optimización del proceso de pintura, la organización DIAF obtendrá una mejor credibilidad con respecto a la calidad al momento de la entrega de la aeronave al cliente lo que conlleva a una mayor productividad como también a un mayor control permitiendo la expansión de las actividades de producción de manera sostenible y sustentable, con una promoción de buenas prácticas de responsabilidad social, que aporta a la reducción de la pobreza, a través de la creación de nuevos empleos, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y aportar al desarrollo económico de la región y del país.

12.3. Impacto ambiental.

En la guía técnica del proceso de pintura se detallan los materiales y equipos que realmente se necesitan para cada actividad, generando un impacto positivo para el ambiente, ya que se

disminuyó el consumo innecesario de insumos.

12.4. Impacto económico

El proyecto de investigación contribuye a la obtención de beneficios al aumentar la productividad, y teniendo en cuenta que el recurso humano no aumento evitando algún costo extra en el mismo resultando un impacto económico positivo.

13. PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Tabla 35: Presupuesto para la ejecución del proyecto.

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO				
RECURSOS	CANTIDAD	UNIDAD	V.UNITARIO	V.TOTAL
COSTOS DIRECTOS				
RECOLECCION DE DATOS				
Esfergaficos	2	unidad	\$ 0,35	\$ 0,70
Portaminas	1	unidad	\$ 0,50	\$ 0,50
Borrador	1	unidad	\$ 0,20	\$ 0,20
Tablero para recoleccion de datos	1	unidad	\$ 3,00	\$ 3,00
Libreta	1	unidad	\$ 0,50	\$ 0,50
Elaboracion de formatos para datos	10	unidad	\$ 0,50	\$ 5,00
EQUIPOS				
Internet	625	horas	\$ 0,03	\$ 18,75
Cronometro	1	unidad	\$ 12,00	\$ 12,00
Flexometro	1	unidad	\$ 5,00	\$ 5,00
SOFTWARE				
Paquete ACAD	1	unidad	\$ 8,00	\$ 8,00
Paquete Office	1	unidad	\$ 5,00	\$ 5,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS				\$ 58,65
COSTOS INDIRECTOS				
GASTOS LOGISTICOS				
Transporte a la empresa	20	viajes	\$ 10,00	\$ 200,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				\$ 200,00
OTROS GASTOS				
Impresiones color	150	unidades	\$ 0,10	\$ 15,00
Impresiones b/n	210	unidades	\$ 0,05	\$ 10,50
Copias	35	unidades	\$ 0,03	\$ 1,05
TOTAL OTROS GASTOS				\$ 26,55
TOTAL				\$ 285,20

Fuente: Autor.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

- Se realizó un estudio de las condiciones iniciales del proceso mediante la aplicación de diagramas de proceso, flujo, y recorrido. Identificando 5 estaciones, 45 actividades con un recorrido total de 40 metros.
- Se llevó a cabo un estudio de tiempos mediante la utilización de reglas de asignación y algoritmo de Johnson que permitieron definir tiempo estándar de 15 horas con 06 minutos en el proceso de pintura, y una producción equivalente a dos días considerando las demoras y dando que el caso óptimo es la regla de prioridad TOB, pues que solamente existen 2 aviones con demora, con los cuales es más factible negociar nuevas fechas de entrega en base a esta nueva calendarización.
- Se elaboró una guía técnica del proceso de pintura plasmando las actividades y tiempos para futuros procesos logrando así cumplir con la estandarización propuesta.

14.2. Recomendaciones

- Se recomienda al supervisor de la sección de pinturas tomar en cuenta el método propuesto ya que cuenta con el respaldo de los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación logrando así una mayor productividad al momento de ejecutar el proceso de pintura de la aeronave.
- Al departamento de planificación de mantenimiento, tomar en cuenta la programación de producción propuesta para futuras proyecciones en la planificación de trabajos referente a la inspección y mantenimiento que ingresen a la organización.
- Al personal inmerso en el proceso se recomienda utilizar la guía técnica la cual está diseñada para dar un mejor cumplimiento al proceso y a su vez se recomienda que la guía mencionada sea aprobada por los entes respectivos.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J. (2014). El Método de la Investigación. In *Daena: International Journal of Good Conscience* (Vol. 9, Issue 3).
- Bello, J. A. C. (2020). *Optimizar el proceso de costura de tapete en vinilo para camiones*. <http://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/3053>
- Bernal, J., & Iglesias, L. (2012). *Procedimiento para el estudio de la organización del trabajo en empresas cubanas*. 7(June), 3.
- Calidad ISO 9001. (2013). *Elementos de un proceso ISO 9001 calidad. Sistemas de Gestión de Calidad según ISO 9000*.
- Castro, J. (2018). *MEJORA EN EL PROCESO DE COSTURA PARA EL TAPETE DE VINILO PARA CAMIONES*.
- Chase, R., & Jacobs, R. (2014). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros: Vol. Nº3* (J. M. Chacón (ed.); 13th ed.).
- Diaf - Dirección de la Industria Aeronáutica del Ecuador*. (2019).
- Díaz, L. (2011). *La Observación*.
- F, M. (2012). *Conozca_3_tipos_de_investigacion*. In *Academia.Edu* (p. 41).
- Kanawaty, G. (2013). INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO. In C. Sebilla (Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (Cuarta, Vol. 53, Issue 9). 1996. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2012). *Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo* (R. Alayón & A. Rodríguez (Eds.); Duodécima).
- Render, B., & Heizer, J. (2007). Administración de la producción. In *Ingeniería Industrial* (Vol. 25, Issue 3, p. 99,100).
- Rodriguez, N. (2015). *ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DEL PERSONAL DE PRODUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN*. 4.

Salamanca, J. (2018). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CORTE DE CAJAS, PERFORADO Y DESPIECE DE MEDIDAS PARA LAS VENTANAS CORREDERAS REFERENCIA 5020 MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TROQUEL Y EL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE DESPIECE DE MEDIDAS*. FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.

Senplades. (n.d.). *Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida*.

Stincer Gomez, J. (2012). Introducción a la ingeniería Industrial. In *Red Tercer Milenio*.
<http://www.revista.unam.mx/vol.7/num7/art55/int55.htm>

Universidad Técnica de Cotopaxi > INVESTIGACIÓN > Lineas Investigación. (2015).

Vera, X. (2012). *Definición de Diagrama de Proceso*.
<https://es.scribd.com/doc/91299613/Definicion-de-Diagrama-de-Proceso#scribd>

Vivanco, M. (2017). *LOS MANUALES DE PROCEDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE CONTROL INTERNO DE UNA ORGANIZACIÓN*. 4.

Vivas, M. (2008). *FLUJOGRAMAS*. Tecnología, Empresariales.

ANEXOS:**ANEXO I. Hoja de vida del autor****DATOS PERSONALES:**

Nombres:	Alex Sebastián
Apellidos:	Machay Catota
Edad:	27
Cédula de Identidad:	172470128-7
Género:	Masculino
Estado Civil:	Sol
País de Nacimiento:	Ec
Residencia:	Pichincha, Quito
Dirección:	Av. Moran Valverde, Sector Pueblo Unido

**FORMACION ACADEMICA:**

SECUNDARIA:	Academia Aeronáutica “Mayor Pedro Traversari” Título de Bachiller en Físico MatemáticoChillo Gallo, Quito - Pichincha
SUPERIOR:	- Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención Motores Latacunga - Cotopaxi

CURSOS Y SEMINARIOS:

- ADMINISTRACION Y GESTION DEL TALENTO HUMANO
 - ADINISTRACION Y GESTION DE LA CALIDAD
 - PREVENCION DE RIESGOS PSICOSOCIALES
 - CALIDAD, SEGURIDAD Y AMBIENTE
LABORAL.DIAF-CEMA
 - PREVENCION DE RIESGOS ERGONOMICOS
 - TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS
 - VI JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ITSA
- ANEXO II. Hoja de vida del tutor**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: ANDRANGO GUAYASAMÍN

NOMBRES: RAÚL HERIBERTO

ESTADO CIVIL: SOLTERO

CEDULA DE CIUDADANÍA: 1717526253

NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES: NINGUNA

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: SANGOLQUI: 18-04-1983

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: SANGOLQUI: BARRIO SAN JUAN OBRERO N° 318

TELÉFONO CONVENCIONAL: 022085022 **TELÉFONO CELULAR:** 0984951360

EMAIL INSTITUCIONAL: raul.andrango@utc.edu.ec

TIPO DE DISCAPACIDAD: NINGUNA

DE CARNET CONADIS: NO



ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP O SENESCYT
TERCER	INGENIERO INDUSTRIAL	28-01-2009	1045-09-887905
CUARTO	MAGISTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN	27-07-2015	1020-15-86065200

HISTORIAL PROFESIONAL

UNIDAD ACADÉMICA EN LA QUE LABORA: CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS; INGENIERÍA INDUSTRIAL

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA: ANÁLISIS MATEMÁTICO III, INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I, INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II, SISTEMAS DE GESTIÓN INTEGRAL, LOCALIZACIÓN Y DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES.

ANEXO III. Guía técnica del proceso de pintura**DIRECCIÓN DE LA INDUSTRIA
AERONÁUTICA DE LA FUERZA
AÉREA ECUATORIANA (DIAF)****GUIA TECNICA DEL PROCESO DE
PINTURA****REVISIÓN: ORG****FECHA: 08/JUL/2021**

	GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA	REVISION: ORG
		FECHA: 08/JUL/2021

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	1
REGISTRO DE REVISIONES	2
INTRODUCCIÓN	1
PROCESO DE PINTURA DE LA AERONAVE	1
EQUIPOS.....	1
ACTIVIDADES DEL PROCESO DE PINTURA	1
Uso de tiempos muertos.....	8
ANEXOS	9
DIAGRAMA DE FLUJO.....	9
DIAGRAMA DE RECORRIDO	10
FORMATO PAINTING PROCESS RAITING PR 004	11
INSTRUCCIONES DE USO	11

	GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA	REVISION: ORG. FECHA: 08/JUL/2021
---	--	--

INTRODUCCIÓN

La guía de Procedimientos de pintura de la DIAF, es un documento que ha sido elaborado de acuerdo a las Regulaciones Técnicas del centro de mantenimiento y cuyo objetivo es guiar el cumplimiento de las diferentes actividades técnicas que su recurso humano debe cumplir para realizar las actividades del proceso de pintura en las aeronaves en los que la DIAF o cualquiera de sus contratistas realiza mantenimiento de acuerdo a su lista de capacidad.

- REFERENCIA

MOM Capítulo 5, Trabajo de investigación (Optimización en el proceso de pintura de las aeronaves en la Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF) de la ciudad de Latacunga.)

- ALCANCE

Aplica a todos los trabajos de pintura de aeronaves parte exterior; con el método de lijado o remoción química, pintura de aeronaves parte interior (cabina pilotos, cabina de pasajeros, baños, cocinas y bodegas de carga) y componentes aeronáuticos que se efectúen en la DIAF.

- RESPONSABILIDAD

El supervisor y los técnicos de pintura serán responsables del cumplimiento de este procedimiento.

--	--



**GUIA TECNICA DEL PROCESO DE
PINTURA**

REVISION: ORG.

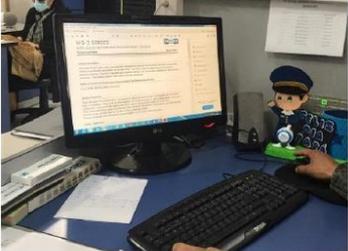
FECHA: 08/JUL/2021

1.- PROCESO DE PINTURA DE LA AERONAVE

1.1.EQUIPOS

EQUIPOS	
Hidrolavadora	
Elcometeter Tester	
Higrómetro	
Soplete	

--	--

	GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA	REVISION: ORG. FECHA: 08/JUL/2021
<p>Mezcladora</p>		
<p>Extractor de aire</p>		
<p>Regla de humedad</p>		
<p>Computador</p>		
<p>Brazo Telescópico</p>		

--	--

	GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA	REVISION: ORG.
		FECHA: 08/JUL/2021

1.3.- ACTIVIDADES DEL PROCESO DE PINTURA

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	EQUIPOS Y MATERIALES	TIEMPO
ADQUISICIÓN DE MATERIALES				
1	Dirigirse a la bodega de materiales del hangar para retirar el material que se va a utilizar	Técnico de Pintura	N/A	0:01:53
2	Entrega y recepción del material que se va utilizar	Técnico de bodega Técnico de Pintura	Scotch brite, tela, cinta adhesiva Plástico	0:04:51
3	Una vez ya con el material el personal de pintura se dirige a la aeronave donde se encuentra un área designada para el proceso.	Técnico de Pintura	N/A	0:01:28
PRELIMPIEZA SUPERFICIAL DE LA AERONAVE				
1	Se proceden a cerrar las puertas del hangar para evitar el ingreso de polvo o partículas que puedan afectar al acabado final de la pintura.	Técnico de Pintura	Tablero de control de puertas	0:21:53
2	Conectar la aeronave a tierra en los puntos asignados en el hangar.	Técnico de Pintura	Cable	0:33:11
3	Colocarse todos los EPP's de dotación.	Técnico de Pintura	Traje de protección Mascarilla Gafas Tapones auditivos	0:05:58

--	--

		GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA		REVISION: ORG.
				FECHA: 08/JUL/2021
4	Realizar un lavado completo del avión para remover polvos, suciedades, grasa u otros contaminantes y restos de pintura que provoco el lijado en la superficie.	Técnico de Pintura	Lavadora	0:25:00
5	Limpiar exhaustivamente todas las superficies de la aeronave, con el solvente apropiado según los datos técnicos	Técnico de Pintura	Solvente	0:31:50
ENMASCARADO DE LAS SUPERFICIES				
1	Enmascarar los componentes como tubos pitot, AOA, TAT, puertos estáticos, antenas, sensores, pozos y trenes de aterrizajes de nariz y principal, ingreso y salida de los motores, válvulas de despresurización, agujeros de drenaje y ventilación para evitar que el agua y pintura ingresen	Técnico de Pintura	Plástico, papel craft, cinta	0:25:00
2	Ya enmascarado los componentes se continúan con la protección de ventanas laterales con papel, masking y plástico así como con las de cabina de pilotos.	Técnico de Pintura	Plástico, papel craft, cinta	0:31:50
PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE PRIMER				
1	Determinar la ubicación de las placas que se deberán tomar para medir el espesor de las capas y para efectuar la prueba de adherencia de la pintura después del curado efectivo de la pintura.	El personal del departamento de Ingeniería & Planificación y el Supervisor de pinturas,	Placas de aluminio de 2 pulg x 2 pulg de material de aluminio	0:20:26

--	--

		GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA		REVISION: ORG.
				FECHA: 08/JUL/2021
9	El personal técnico de pintura impregnará una capa de primer en la parte exterior de la aeronave de acuerdo a los espesores de impregnación de los datos técnicos	Técnico de Pintura	Sopletes Pintura	1:04:13
10	Al finalizar esta tarea el Supervisor de pinturas medirá el espesor del primer con la regla de humedad	Supervisor de Pintura	Regla metalica	1:00:07
11	Permitir un tiempo de curado del primer de acuerdo a lo recomendado por el fabricante y a una temperatura entre los 12 a 32°C.	Técnico de Pintura	N/A	0:14:35
APLICACIÓN DE PINTURA				
1	Se procederá a la mezcla de la base con agua (pintura base agua) o la base con el endurecedor (pintura base solvente) y se dejará el tiempo de inducción de acuerdo a la hoja técnica del producto este puede ser pasivo o con movimiento constante.	Técnico de Pintura	Pintura, primer, catalizador, contenedor	0:15:24
2	La mezcla será verificada con la copa de viscosidad el número o modelo de copa estará dada por la hoja técnica del producto, si la mezcla es muy densa se pondrá thinner (pintura base solvente) o agua limpia (pintura base agua) para obtener la viscosidad adecuada,	Técnico de Pintura	Aerógrafo, Líneas de aire Primer.	0:05:06
3	Se procederá a traspasar a los sopletes la pintura ya filtrada	Técnico de Pintura	MEK, tela	0:03:10
4		Técnico de Pintura	sopletes y marmitas	1:02:09

--	--

		GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA		REVISION: ORG. FECHA: 08/JUL/2021	
	<p>Con los sopletes y marmitas, se realizará la calibración de los mismos en los papelotes sobre el primer de los siguientes puntos: fluido, presión, cobertura y desplazamiento.</p>		papelotes		
5	<p>Impregnar una capa de pintura de acuerdo a los espesores de los datos técnicos de mantenimiento de la aeronave, manual de mantenimiento de componentes, órdenes de ingeniería u hojas técnicas del producto.</p>	Técnico de Pintura	Pintura, contenedor	0:15:24	
6	<p>Al finalizar esta tarea el Supervisor de Pinturas, realizará la inspección de todas las superficies de la aeronave o componentes aeronáuticos pintados se encuentren de buena calidad, medirá el espesor de la pintura final con la regla de humedad.</p>	Supervisor de Pinturas	Pintura, catalizador	0:05:06	
7	<p>El Supervisor de Pintura con la ayuda de un Técnico de Pintura, procederá a retirar las placas de aluminio que están pintadas, colocará las probetas de adherencia en las mismas y serán colocadas en un lugar seguro para que éstas se curen en el tiempo indicado según las hojas técnicas de la pintura.</p>	Técnico de Pintura	Malla, pintura, aerógrafo	0:03:10	
8	Tiempo de cura	Técnico de Pintura	Aerógrafo, líneas de aire, Pintura	0:05:06	
9	Aplicar segunda mano de pintura	N/A	N/A	0:03:10	

--	--

		GUÍA TÉCNICA DEL PROCESO DE PINTURA		REVISION: ORG.
				FECHA: 08/JUL/2021
10	Pasado el tiempo de cura del proceso de pintura se procederá a desenmascarar toda la aeronave, todo el material contaminado será puesto en los tachos de color rojo del hangar para su desecho.	Técnico de Pintura	N/A	1:02:09
11	Terminada la impregnación de la pintura en la aeronave o componente los Técnicos de Pintura ordenarán el área de trabajo y limpiarán sus equipos	Técnico de Pintura	N/A	1:00:17
INSPECCIÓN				
1	El Inspector de Control de Calidad asignado y el Supervisor de Pinturas revisarán todas las superficies pintadas, si en caso se detectara discrepancia se procederá a reparar el sector dañado con los pasos anteriores ya descritos.	N/A		0:07:12
2	Una vez que ha pasado el tiempo recomendado de curado de las superficies pintadas, el Supervisor de Pinturas realizará la prueba de adherencia con el equipo pertinente en las placas de aluminio que se encuentra con su probeta	Supervisor de pintura	ELCOMETER 106 ADHESION TESTER	0:04:24
3	El Dpto. de Ingeniería & Planificación y Supervisor de Pintura, medirá el espesor del proceso de pintura con los equipos apropiados en las superficies metálicas y de materiales compuestos	Supervisor de pintura	Regla metálica	
DOCUMENTACION				

--	--

		GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA		REVISION: ORG. FECHA: 08/JUL/2021	
1	El Supervisor de Pinturas registrará los siguientes datos de la pintura en DIAF FORM PR 004, cuando se pinte una aeronave parte exterior DIAF FORM QC 015	Supervisor de pintura	Hojas ,esfero grafico	0:11:32	
2	El Supervisor de Pinturas adjuntara el DIAF FORM PR 004, cuando se pinte una aeronave parte exterior DIAF FORM QC 015	Supervisor de pintura	N/A	0:02:45	
3	El supervisor entrega la Work Order QC 015 al departamento se Aseguramiento de la Calidad.	Supervisor de pintura	N/A	0:02:05	

--	--

	GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA	REVISION: ORG.
		FECHA: 08/JUL/2021

2.- USO DE TIEMPOS MUERTOS

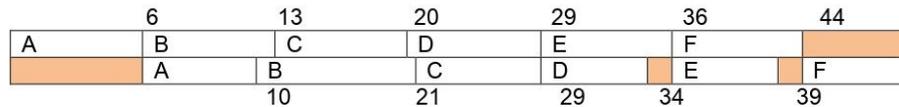
Se ha dividido en estas fases debido al área de trabajo donde se puede operar y por otro lado el equipo de lavado tiene un equipo de lavado a presión y a su vez requiere para completar el proceso y que pueda iniciar la pintura, un proceso de secado bajo soplete, para que no existan residuos de agua previo a la pintura.

Cada área puede ser trabajada de forma independiente, pero solamente se dispone de un equipo para cada caso.

A continuación se presentan los datos del proceso.

Operación	Área de tratamiento	Equipo 1 (Lavado) (minutos)	Equipo 2 (Secado) (minutos)
A	Rudder	6	4
B	Empenaje	7	8
C	Fuselaje inferior	7	8
D	Fuselaje superior	9	5
E	Alas inferior	7	3
F	Alas superior	8	6

De acuerdo a esta asignación de actividades, debido a que las actividades deben hacerse una tras la otra, el tiempo de completación de las actividades sería como sigue en la línea del tiempo:



50

Por tanto tendría una demora de 50 min en total.

Los tiempos muertos serían: $6 + 2 + 5 + 6 = 22$ min.

Ahora en base a la regla de Johnson la asignación de actividades consecutivas quedaría de la siguiente manera:



45

Con lo cual el tiempo de trabajo final sería de 45 minutos, logrando una pequeña mejora, pero que favorece a disminuir los tiempos muertos.

Los tiempos muertos serían: $7 + 2 + 1 + 1 + 3 = 14$ min.

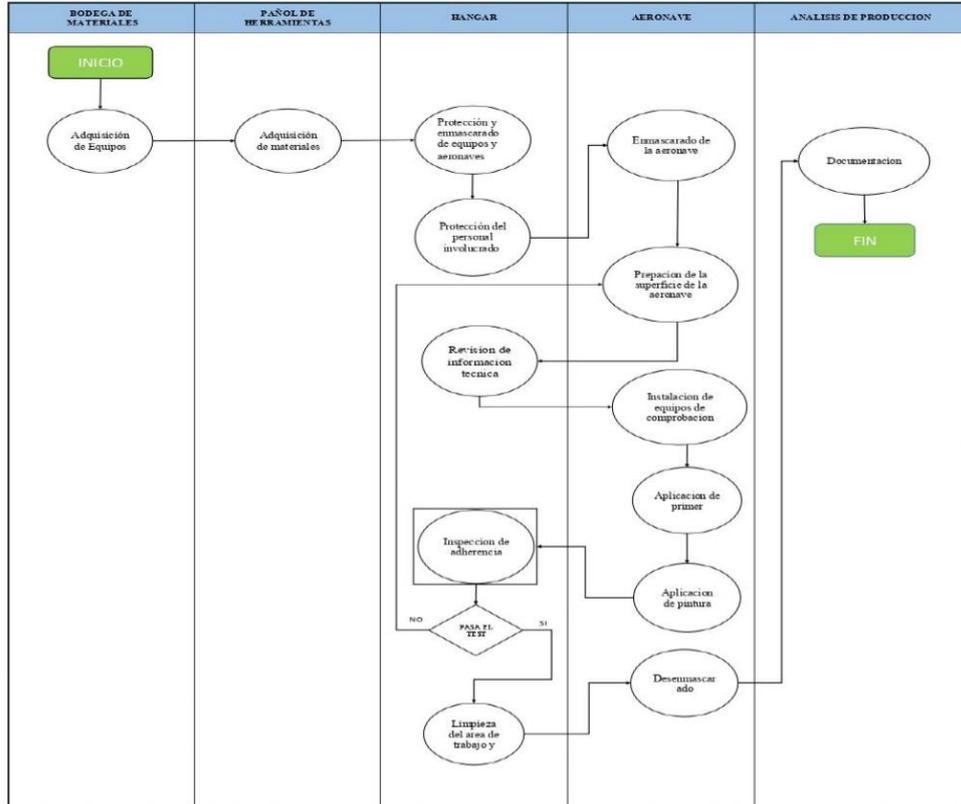
Por tanto conviene utilizar la regla de Johnson y asignar las actividades en orden: B, C, F, D, A, E.

--	--

	<p>GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA</p>	<p>REVISION: ORG. FECHA: 08/JUL/2021</p>
--	---	--

3.- ANEXOS

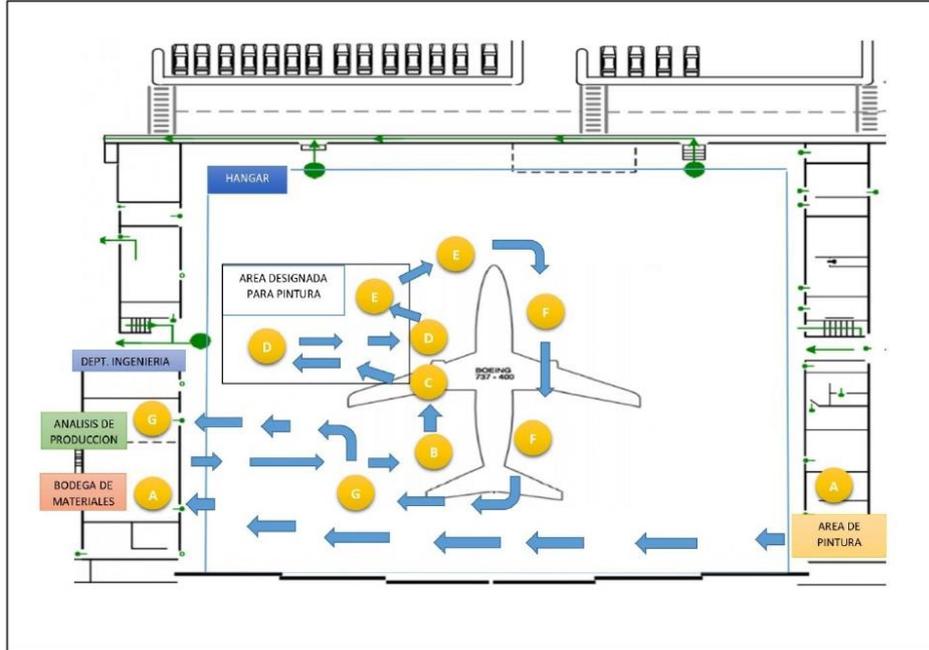
3.1. DIAGRAMA DE FLUJO



--	--

	GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA	REVISION: ORG. FECHA: 08/JUL/2021
---	--	--

3.2.- DIAGRAMA DE RECORRIDO



--	--

	GUIA TECNICA DEL PROCESO DE PINTURA	REVISION: ORG. FECHA: 08/JUL/2021
---	--	--------------------------------------

3.3.- FORMATO PAINTING PROCESS RAITING PR 004

DIRECCION DE LA INDUSTRIA AERONAUTICA (DIAF) PHYSICAL ADDRESS: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI HANGAR No. 1 LATACUNGA-ECUADOR				
FAA REPAIRSTATION NUMBER: Q08Y-444Y DGAC No. 16-01-DIAF ICAO OMAA-E No. 912 OTHERS:				
PAINTING PROCESS REGISTER				
1. DATE:		2. WORK ORDER:		
3. PAINT REMOVAL METHOD		APPROXIMATED AREA TO BE PAINTED: _____ m ²		
4. SAMPLES TO BE TAKEN: N°		Eas		
5. PAINTING THICKNESS				
5.1. Sample	6.2 Aircraft location	5.3 Initial Thickness (MILS)	5.4 Final Thickness (MILS)	5.5 Actual Thickness (5.4-5.3) (MILS)
6. AVERAGE THICKNESS:				
7. PAINTING ADHERENCE				
7.1. Sample	7.2 Aircraft location	7.3 Painting Adherence (PS)		
8. AVERAGE ADHERENCE:				
9. PRIMER'S APPLICATION				
9.1. Expiration date:		9.2. Batch Number:		
9.3. Time at the beginning of the application:		9.4. Time at the end of the application:		
9.5. Temperature at the beginning of the application:		9.6. Temperature at the end of the application:		
9.7. Humidity at the beginning of the application:		9.8. Humidity at the end of the application:		
9.9. Curing time before painting application:		9.10. Curing time before masking or maintenance operations:		
9.11. Time mixing:		9.12. Viscosity (Per manufacture instructions):		
10. PAINTING APPLICATION				
10.1 First application:				
10.1.1. Expiration date:		10.1.2. Batch Number:		
10.1.3. Time at the beginning of the application:		10.1.4. Time at the end of the application:		
10.1.5. Temperature at the beginning of the application:		10.1.6. Temperature at the end of the application:		
10.1.7. Humidity at the beginning of the application:		10.1.8. Humidity at the end of the application:		
10.1.9. Curing time before second painting application:		10.1.10. Curing time before masking or maintenance operations:		
10.1.11. Time mixing:		10.1.12. Viscosity (Per manufacture instructions):		
10.2 Second Application:				
10.2.1. Expiration date:		10.2.2. Batch Number:		
10.2.3. Time at the beginning of the application:		10.2.4. Time at the end of the application:		
10.2.5. Temperature at the beginning of the application:		10.2.6. Temperature at the end of the application:		
10.2.7. Humidity at the beginning of the application:		10.2.8. Humidity at the end of the application:		
10.2.9. Curing time before third painting application:		10.2.10. Curing time before masking or maintenance operations:		
10.2.11. Time mixing:		10.2.12. Viscosity (Per manufacture instructions):		
11. TECHNICAL				
12. PAINT SUPERVISOR				

DIAF FORM PR 004 REV. 5

--	--

