



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Unidad Azcapotzalco**

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

**SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN
UN TALLER DE RECUPERACIÓN DE PARTES
AERONAUTICAS**

**T E S I S PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA DE MANUFACTURA
PRESENTA:
EMANUEL CERVANTES ZOZAYA**

**DIRECTOR: DR. LUIS MANUEL HERNANDEZ SIMON
MÉXICO D. F. JUNIO 2011**





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 11:00 horas del día 03 del mes de Junio del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de ESIME UA para examinar la tesis titulada:

Sistema de control de producción para un taller de recuperación de partes aeronáuticas.

Presentada por el alumno:

<u>CERVANTES</u>	<u>ZOZAYA</u>	<u>EMANUEL</u>
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)
	Con registro:	B 0 6 1 0 0 0

aspirante al grado de:

Maestro en Ingeniería de Manufactura

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA Director(a) de tesis

DR. LUIS MANUEL HERNANDEZ SIMON

DR. JAIME PACHECO MARTINEZ

DR. MANUEL FARAON CARBAJAL ROMERO

DR. LUIS ARMANDO FLORES HERRERA

DR. MANUEL VITE TORRES

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. JAIME PACHECO MARTINEZ





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D. F. el día 14 del mes de Junio del año 2011, el que suscribe Emanuel Cervantes Zozaya alumno del Programa Maestría en Ingeniería de Manufactura con número de registro B061000, adscrito a SEPI-ESIME-UA, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Luis Manuel Hernández Simón y cede los derechos del trabajo intitulado "Sistema de control de producción para un taller de recuperación de partes aeronáuticas", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones: hsimon@ipn.mx; y/o emanuelcervantes@hotmail.com; Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Emanuel Cervantes Zozaya

AGRADECIMIENTOS

A mis maestros, familia y amigos:

Este documento refleja el apoyo y cuidado de una innumerable cantidad de personas que han influido en mi vida para llegar a este punto. Mi proyecto no habría sido posible sin el apoyo y la comprensión de mi director de tesis, el Dr. Luis Manuel Hernández Simón, así como el de la sección de posgrado e investigación de la ESIME Azcapotzalco. Asimismo, expreso mi profundo agradecimiento al Instituto Politécnico Nacional y a la empresa TELMEX por los estímulos otorgados para financiar mis estudios en el programa de maestría en Ingeniería de Manufactura: beca institucional, beca del programa institucional para la formación de investigadores y la beca de la Fundación TELMEX.

La aportación de este proyecto no tendría sentido sin un usuario que lo aprovechara; por ello, manifiesto mi gratitud con CONSORCIO AVIACSA por las facilidades prestadas para el desarrollo de este trabajo.

Por su respaldo total, dedico este trabajo a mis padres Juan Manuel y Margarita, quienes cotidianamente me apoyaron para llevar a buen término este proyecto; agradezco también a mis hermanos Karen Marcelina y Juan Manuel por el cariño que siempre han compartido conmigo. Comparto también la satisfacción que este trabajo representa con todos mis tíos de la familia Cervantes-Meza y Zozaya-Saynes, quienes me han acompañado durante este proceso, en especial a mis tías Irene, Graciela y Susana (QEPD). Adicionalmente extiendo mi agradecimiento a las respectivas familias de mi tía Concepción Hernández y de mi tío José Inés Jiménez. De la misma manera incluyo en esto a todos mis primos, en particular a Rodrigo y a Luis Rodrigo por su valiosa ayuda.

Por todo el afecto recibido agradezco a mis amigos; por el profesionalismo y solidaridad, a mis compañeros de generación en la maestría, y por el apoyo directo para materializar este proyecto, a mi colega Eduardo Amador Marín.

CONTENIDO

Agradecimientos	V
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Capítulo 1: Marco teórico	13
1.1 Control de producción	14
1.2 Estado del arte de los sistemas de control de producción	15
1.2.1 Funciones de un sistema de control de producción	18
1.2.2 Enfoques para controlar la producción en un trp	18
1.2.3 Tendencias en el empleo de sistemas de control de producción	19
1.3 Antecedentes del proyecto	20
1.4 Justificación	28
1.4.1 Importancia estratégica del control de producción en la aerolínea	29
1.5 Objetivo general del proyecto	30
1.5.1 Objetivos específicos	30
1.6 Materiales y métodos	31
1.6.1 Entregables del Proyecto	32
Capítulo 2: Diagnóstico y propuesta	33
2.1 Proceso de recuperación de partes en el trp	34
2.1.1 Transacciones en el trp	36
2.1.2 Clientes del trp	37
2.1.3 Restricciones del sistema actual de control de producción	38
2.1.4 Operación actual del trp	39
2.2 Flujos de información en el trp	41
2.2.1 Identificación de procesos	45
2.3 Simulación de operaciones del sistema de control de producción del trp	45
2.3.1 Planeación de la simulación	45
2.3.2 Definición del sistema	46
2.3.3 Construcción del modelo y condiciones iniciales del sistema	47
2.3.4 Resultado de la simulación de operaciones en el sistema actual	49
2.4 Detección de requerimientos para el nuevo sistema automático	51
2.5 Recursos y restricciones para atender los requerimientos del sistema	54
2.6 Propuesta de Solución	55
2.6.1 Módulo de control de producción	56
2.6.2 Módulo de Planeación	57
2.6.4 Comparativo de esta propuesta con soluciones existentes	58
2.6.5 Entregables del Proyecto	58
Capítulo 3: Diseño del sistema	60
3.1 Diagrama de Clases	63
3.1.1 Definición de clases	63
3.1.2 Diagrama de clases	65

3.2 Diagrama de relaciones	68
3.2.1 Relaciones	68
3.2.2 Diagrama de relaciones	68
3.3 Diagramas complementarios	70
3.3.1 Diagramas de estado	70
3.3.2 Diagrama de actividad	71
3.4 Casos de uso	72
3.4.1 Orden de servicio	73
3.4.2 Planeación de producción	75
3.5 Diseño de las bases de datos	76
3.5.1 Tablas	77
3.5.2 Consultas	79

Capítulo 4: Construcción e implementación del sistema **82**

4.1 Pantallas	83
4.1.1 Plantilla maestra	83
4.1.2 Navegación en pantallas	84
4.1.3 Validación de accesos	84
4.2 Reportes	85
4.2.1 Formato de los reportes	85
4.2.2 Construcción de reportes	85
4.3 Módulo de control de producción	87
4.3.1 Orden de servicio	87
4.3.2 Tablero de control	89
4.3.3 Transacciones	91
4.3.4 Documentación	91
4.4 Modulo de planeación	92
4.4.1 Ajustes en la operación	92
4.4.2 Documentación	93
4.4.3 Funcionalidades	93
4.5 Implementación	94
4.5.1 Estrategia de implementación	94
4.5.2 Programa de implementación	95
4.5.3 Depuración del sistema	95
4.6 Comité de implementación	96
4.6.1 Funciones del comité	96
4.6.2 Responsabilidades del comité	97
4.6.3 Designación del comité	97
4.7 Validación del sistema	98
4.7.1 Programa de pruebas	98
4.7.2 Valoración de resultados preliminares	99
4.7.3 Depuración del sistema	100

Capítulo 5: Valoración de resultados **101**

5.1 Simulación de la nueva operación del taller	102
5.1.1 Definición de las nuevas condiciones de operación en el trp	102
5.1.2 Ajustes al modelo de simulación	103
5.1.3 Resultados simulados de la nueva operación	104
5.2 Análisis de resultados	106

5.2.1 Beneficios esperados	106
5.2.2 Mejoras requeridas	107
5.2.3 Modificaciones necesarias	108
5.3 Cuantificación de resultados	108
5.3.1 Tiempo de atención	108
5.3.2 Volúmenes atendidos	109
5.3.3 Costos de operación	109
5.3.4 Nueva capacidad instalada	109
Conclusiones	111
Recomendaciones	112
Trabajos Futuros	113
Apéndice	114
índice de tablas	115
Índice de figuras	116
Listado de abreviaciones	118
Glosario	120
Anexo 1:	123
Ejemplo de orden de servicio en el sistema original de control de producción	123
Anexo 2:	127
Detalle del resultado de las simulaciones	127
Productividad en cada elemento de los cuatro centros de trabajo del trp.	128
Anexo 3:	133
Pantallas del sistema	133
Bibliografía	146

RESUMEN

Un eficiente control de la producción es fundamental para la operación de cualquier compañía aeronáutica; actualmente éstas se encuentran embebidas en un medio de feroz competencia, exigentes reglamentaciones y costos bajos de operación. Recurrir a la mejora de sus procesos es una práctica de supervivencia y una necesidad para prosperar en el mercado. La presente tesis se ocupa del diagnóstico, diseño, implementación y validación de los resultados generados por un nuevo sistema de control de producción para el taller de recuperación de partes (TRP) de una aerolínea mexicana, puesto que éste es una herramienta que facilita la eficiente operación del taller respetando la normatividad aeronáutica que la aerolínea debe cumplir y sin alterar significativamente las condiciones bajo las cuales opera la fuerza laboral de esta área de la empresa.

Alineado al objetivo de vincular a los profesionales en ingeniería de manufactura con el sector productivo nacional, mediante el desarrollo de proyectos como parte de la formación necesaria considerada dentro del programa de posgrado en ingeniería de manufactura ofrecido por el Instituto Politécnico Nacional, la tesis desarrollada aborda la solución de un problema de productividad en el TRP de una de las aerolíneas líderes en México. Dicho problema fue resuelto mediante un sistema informático desarrollado con la asesoría del director de esta tesis, el jefe del taller de recuperación de partes y el gerente de operaciones de la aerolínea.

El estado del arte de los sistemas de control de producción, los antecedentes, objetivos y justificación del proyecto, así como el contexto dentro del cual se presenta la problemática constituyen el primer capítulo del trabajo; el análisis de la cadena de producción y el diagnóstico de la operación del actual sistema de control de producción conforman el capítulo dos; el diseño y la construcción del sistema se abordan en el capítulo tres; el proceso de implementación se expone en el capítulo cuatro y, finalmente, la valoración de los resultados arrojados por este sistema se presenta en el último capítulo.

Las conclusiones basadas en los beneficios alcanzados, así como las recomendaciones y trabajos que pueden ser derivados de esta tesis, son discutidas al final de la tesis.

El aumento productivo conseguido con la implementación de esta herramienta permite considerar nuevas alternativas para la captación de órdenes de servicio que permitan maximizar las utilidades de operación; estas alternativas son comentadas en la sección de conclusiones y recomendaciones. Finalmente, los trabajos futuros se plantearon en función de los acuerdos generados al analizar el impacto de los resultados obtenidos.

ABSTRACT

An efficient production control is fundamental for any aeronautical overhaul workshop; nowadays airlines are embedded in a fierce competitive environment, tight security regulations and low cost operation requirements. Appeal to process improvements is a survival best practice in the Mexican market. This work deals with the diagnosis, analysis, design, programming and implementation of an automatic production planning and controlling system for the overhaul workshop in a Mexican airline, being this a key tool for productivity enhancement according to current labor conditions in this business unit.

Align to the objective of linking manufacturing engineering professionals with the Mexican productive sector by developing improvement projects as part of the necessary requirements to fulfill in the masters degree program in manufacturing engineering offered by the National Polytechnic Institute, the developed thesis approach a productivity problem in the overhaul workshop of one of Mexicans lead airlines. This problem was solved with an automatic informatics system developed with the consultancy of: this thesis director, the overhaul workshop boss and the operations manager of the airline.

The state of the art for production control systems, antecedents, objectives, justification, and context situation for the problem constitutes first chapter; analysis and diagnosis of the current production chain is included in chapter two; the design and system construction is included in chapter three; implementation process in chapter four; and results evaluation were analyzed in last chapter.

Conclusions based in contrasted benefits, recommendations and derivate projects from this thesis were discussed after last chapter. The productivity rise achieved by the implementation of this tool allow the company new alternatives to get more costumers outside the airline aiming to maximize installed capacity use; these alternatives were discussed in the conclusions and recommendations sections.

Finally future works were commented based on this thesis results impact to set the following steps in operations improvement.

INTRODUCCIÓN

El plan de estudios del programa de maestría en ingeniería de manufactura considera la estancia industrial del alumno en alguna empresa manufacturera con el objetivo de detectar un problema que pueda resolverse a lo largo de su posgrado con ayuda de la formación académica recibida y la tutela de su director de tesis; de ese periodo surgió el presente trabajo, el cual pretende resolver las deficiencias productivas del taller de recuperación de partes aeronáuticas de AVIACSA.

La eficiente operación de este taller impacta significativamente los resultados operacionales de la empresa; por ello, y con la ayuda del personal responsable de esta unidad de negocios, se trabajó el proyecto de sistematizar automáticamente las funciones de planeación y control de producción en ese taller para eliminar la diferencia productiva entre el original sistema de control de producción y la capacidad instalada que éste tiene.

La intención de este proyecto es llenar el vacío que existe en la sistematización automática de operaciones en este taller; esta significativa aportación a la empresa satisface los objetivos particulares del programa de posgrado mencionado y permite a la aerolínea reproducir el mismo proyecto en el resto de sus talleres para incrementar su utilidad global de operación. Para el desarrollo de esta solución se tradujeron los requerimientos del taller en objetos de un sistema informático mediante el lenguaje único de modelado para diseñar un sistema que cumpliera con las funciones de planeación y control de la producción. La codificación de los requerimientos del cliente en un lenguaje de programación que permitiera construir esta solución permitió eliminar las mermas productivas diagnosticadas en la operación inicial.

Para la evaluación del desempeño del sistema se diagnosticó la operación original mediante el análisis de los principales indicadores de operación que se emplea en el taller. Posteriormente, la simulación de las operaciones de éste en un periodo de tiempo determinado permitieron obtener indicadores cuantitativos adicionales; éstas actividades se realizaron durante el periodo de estancia industrial en el primer semestre del posgrado. Esta información se utilizó también para detectar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del sistema que permitieron el diseño y construcción de una solución informática bajo las restricciones que el presupuesto y el tiempo de desarrollo del proyecto impusieron. En particular, las variables que se controlaron con esta herramienta fueron el costo de una orden de

servicio y el tiempo de atención a la misma. Finalmente, el sistema fue implementado en tres etapas gracias a los dos módulos en los que fue dividida la solución: uno de planeación y otro para el control de producción.

Los resultados de la implementación total del sistema se contrastaron con los de la operación del sistema original para conocer las diferencias evaluando los mismos indicadores. El incremento productivo derivado de la implementación de esta herramienta fue comentado con los responsables de esta unidad de negocios para traducir esa información en un caso de negocio que permita a la empresa aprovechar extensamente esta herramienta.

Las mejoras cuantificadas en la operación del taller implican la oportunidad de maximizar el aprovechamiento de esta unidad de la empresa mediante el incremento de la demanda de sus servicios gracias a la captación de clientes externos a la compañía; con ello, la aerolínea conseguiría una fuente de ingresos adicionales y reduciría sus costos operativos en este taller. Este resultado también permite que la aerolínea reproduzca este proyecto en sus demás talleres para que con ello consiga un significativo aumento en su utilidad global de operación. Ambas implicaciones requieren de inversiones en la infraestructura de la empresa para aprovechar estas posibilidades; dichas inversiones fueron consideradas como trabajos futuros de este proyecto.

Otra aportación importante radica en que estos beneficios pueden ser recibidos por cualquier empresa manufacturera con deficiencias productivas en sus funciones de planeación y control de producción, que podría seguir las propuestas planteadas en este proyecto para desarrollar soluciones similares que permitan mejorar su situación competitiva en el mercado en el cual se encuentren embebidas.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

La desventaja competitiva que tienen las aerolíneas nacionales en el mercado global es consecuencia de múltiples factores relacionados con la deficiente administración de operaciones en cada una de sus unidades de negocio. En el caso de la aerolínea con la que se trabajó este proyecto, el área de control de producción en su taller de recuperación de partes necesitaba un sustancial incremento productivo para colaborar con la utilidad de operación de toda la empresa. El surgimiento y la justificación del proyecto se detallan en esta sección para conocer las características de la tesis que acreditan el cumplimiento de la misión y objetivos particulares del programa de maestría en ingeniería de manufactura.

1.1 CONTROL DE PRODUCCIÓN

El conjunto de métodos y procedimientos utilizados para planear y controlar el aprovechamiento de los insumos y recursos utilizados durante el proceso de transformación de materias primas en bienes de servicio que satisfagan las necesidades específicas de un cliente integran la función de control de producción en una empresa. La importancia de esta función se manifiesta directamente en la competitividad manufacturera de dicha organización; particularmente las áreas de mantenimiento y reparación dentro del sector de transporte aéreo requieren de un sistemático control de esta función, dada la dificultad que representa la operación en flujo continuo de cada uno de sus talleres. Esta dificultad radica en la especialización de los procesos que ahí se presentan para reconstruir y dar mantenimiento a los componentes que sus aeronaves utilizan. Herramientales, materiales y equipos para atender estos procesos son planeados cuidadosamente para no incurrir en costosos desperdicios de insumos y recursos tecnológicos; sin embargo, los volúmenes de reparaciones atendidas en los talleres aeronáuticos demandan una importante infraestructura tecnológica que excede considerablemente la demanda que los clientes tienen de éstos.

Un eficiente sistema de planeación y control de producción es la solución que tradicionalmente se utiliza en este tipo de talleres. En este régimen de producción la información es indispensable para decidir adecuadamente la secuencia en que deberán atenderse las órdenes de trabajo recibidas, de manera que se utilice en la medida de lo posible un flujo continuo de producción en el taller.

Un sistema de control de producción para taller debe programar lotes de órdenes para generar flujos continuos de trabajo en cada una de sus unidades productivas, para acercarse al aprovechamiento de la capacidad global que teóricamente tiene ⁷. A su vez, este sistema tendrá que ser efectivo en términos de costo para balancear adecuadamente las inversiones en inventarios e infraestructura y los costos de

arrendamiento de estos servicios a proveedores externos, respetando la calidad requerida por las regulaciones aeronáuticas de sus productos.

La principal amenaza para este tipo de sistemas es el inadecuado aprovechamiento de los recursos, consecuencia de una programación inconveniente. La planeación del aprovechamiento de los recursos por anticipado, así como el monitoreo en tiempo real de retrasos menores -antes de que se conviertan en cuellos de botella mayores- durante el procesado de las órdenes de servicio son los pilares que soportan la eficiente operación de un taller de esta naturaleza.

La aerolínea con la cual se trabajó para el desarrollo del presente proyecto tiene un problema de sobrecapacidad instalada que se intentará resolver con la sistematización de sus operaciones de planeación y control de producción para permitirles procesar un mayor volumen de requerimientos y así aprovechar su infraestructura.

1.2 ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

Después de la segunda guerra mundial, el método de manejo de producción más importante ha sido el *JUSTO A TIEMPO*. Ganó importancia en la década de 1970 al exhibir los beneficios de operación que generaron las principales firmas manufactureras de Japón; esto provocó la consecuente adopción de muchas de estas prácticas en los diferentes sectores industriales de Norteamérica ⁹. Fue en esos años cuando la fuerza aérea de los Estados Unidos de Norteamérica elaboró en el laboratorio de materiales de su base Wright-Paterson el modelo ICAM (*Integrated Computer Aided Manufacturing*) como parte de sus esfuerzos para la modernización tecnológica de su industria aeroespacial a partir de la integración de la manufactura asistida por computadora ¹⁰. Este modelo tenía como objetivo desplegar las funciones de la producción por lotes con una detallada descripción de las relaciones entre éstas, dando las bases para la integración de sus sub-sistemas, estructurándolos de manera jerárquica. En dicho sistema, los niveles inferiores detallaban las actividades en conjunto con los medios y los resultados necesarios. A partir de este modelo aparecieron en la década de 1980 varios lenguajes definidos de ICAM, (IDEF, por sus siglas en inglés) que son considerados como grandes aportaciones al análisis estructurado de sistemas de manufactura.

En 1993, el modelo fue publicado como estándar en el instituto nacional de estándares y tecnología de ese país. En esa década en Europa la comisión de las comunidades europeas lanzó el programa SPIRIT, con el cual se elaboraron varios modelos de sistemas de administración de producción, como PROCOS y COSIMA, en 1988 ¹³. Éstos se enfocaban en los talleres y las células de éstos, con la capacidad de interactuar con los sistemas ERP de las fábricas, gracias a la habilidad de las redes informáticas. La iniciativa más ambiciosa de este programa fue el proyecto IMPACS (*Integrated Manufacturing Planning and Control System*), en 1989, en el cual se hacían

consideraciones de largo plazo (3 a 5 años) para la planeación de las actividades, y se controlaba en tiempo real la operación, todo ello partiendo de los planes de negocio hasta descender a la coordinación de las actividades en sus unidades de producción en el corto plazo; a lo largo de este proyecto también se desarrollaron herramientas para soportar la toma de decisiones ¹⁸.

En la década de 1990 comenzó el despegue de las tecnologías de información en las operaciones de control de producción, gracias a la popularización del Internet y de las masivas demandas de competitividad que la economía global generó ¹⁷. La sincronización de bases de datos separadas fue el principal avance en los sistemas como SAP y MRPII, con ello las aplicaciones se independizaron de los ordenadores para poder prestar sus servicios.

Entrado el nuevo siglo las tecnologías informáticas comenzaron a mostrar una inclinación hacia el empleo de software libre para atender sus necesidades informáticas, y dado que los estándares y una gran variedad de algoritmos de control de producción son de dominio público, hoy se puede anticipar el incremento del empleo de sistemas informáticos coadyuvantes con las funciones administrativas de las empresas. Esto beneficia particularmente a economías emergentes como la de México, debido al incremento competitivo que el empleo de estas tecnologías tiene como consecuencia.

Hoy en día, los reducidos ciclos de vida de los productos obligan a la re-utilización y estandarización de recursos y tecnologías para procesar con bajo costo los productos y servicios que la industria manufacturera demanda. Por ello, la tecnología de grupos está siendo utilizada en respuesta a las necesidades cada vez menores de grandes volúmenes de producción y de mayor oferta de productos. Con la incorporación de estas prácticas, la manufactura por lotes puede aprovechar los beneficios de la producción justo a tiempo de líneas de producción en serie. La clave es generar un flujo continuo de trabajo en cada proceso.

Actualmente, las aerolíneas atienden sus necesidades de control de producción mediante paquetes de software diseñados para ejecutar esta función. En algunos casos, éstas utilizan soluciones disponibles de manera estándar en otros sistemas confeccionados a la medida de sus necesidades. Frecuentemente existen dificultades en la implementación de éstos, debido a los ajustes que es necesario realizar en la operación para generar la información que estos sistemas requieren. Esto consume importantes recursos de la compañía y la experiencia demuestra que la mejor manera de alcanzar la satisfacción de los clientes con este tipo de sistemas es con el involucramiento de los usuarios en la concepción del mismo. Por tanto, resulta elemental el conocimiento de las metodologías disponibles para la construcción de estas soluciones y la colaboración con el equipo de desarrollo. Un enfoque metodológico emplea un conjunto de metodologías para considerar las decisiones, información y flujos físicos de ésta, así como las funciones y responsabilidades del personal para concebir un sistema de control de producción.

Toda la evolución tecnológica que ha permitido llegar a los sistemas de planeación y control de la producción que las aerolíneas líderes utilizan hoy obedece al principio fundamental de la empresa: generar utilidades.

1.2.1 FUNCIONES DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

Para que los insumos y recursos necesarios para la atención de órdenes de trabajo estén dispuestos en la cantidad adecuada cuando éstos sean utilizados, sin entorpecer el flujo continuo de producción, es necesario anticipar las necesidades y generar los requerimientos de manera que los proveedores puedan responder a su demanda según el régimen de producción que se tenga previsto.

Para el TRP de una aerolínea, cada elemento que permita tomar decisiones respecto de la planeación y programación para el aprovechamiento de los recursos en su cadena de suministros impacta los tiempos de entrega de sus servicios, la eficiencia en la atención del programa de mantenimiento programado para cada aeronave y, finalmente, el costo con el cual estos servicios son facturados a sus distintos clientes (internos, es decir, la demanda propia que la aerolínea genera, o externos, cuando otras empresas solicitan el servicio). Todo lo anterior repercute directamente en los ingresos que genera la empresa.

Brindar estos servicios aprovechando adecuadamente la capacidad instalada y los recursos disponibles permite a las aerolíneas que operan este tipo de instalaciones ser rentables. En este caso, eso se traduce en la oportuna atención de todos los servicios de mantenimiento, reparación y reconstrucción generados a partir del plan maestro de mantenimiento que tiene su flota de aeronaves, con el objetivo de maximizar la disponibilidad de estos recursos para la empresa.

1.2.2 ENFOQUES PARA CONTROLAR LA PRODUCCIÓN EN UN TRP

Tradicionalmente, el sistema de producción en cualquier empresa de transformación de bienes se realizaba pensando en la producción a bajo costo de grandes volúmenes de producto; en ese escenario, las actividades de control de producción no tienen la complejidad que un taller aeronáutico presenta. La máxima expresión de estos sistemas la estamos viviendo en nuestros días con la producción justo a tiempo coadyuvada por sistemas MRP y la administración de producción de sistemas KANBAN; sin embargo, este sistema de producción no es el ideal para un taller en donde la mayoría de los productos son diferentes. Los sistemas para producción en células y la tecnología de grupos se ajustan mejor al tipo de operación de un TRP, pues esta operación requiere múltiples ajustes para brindar el nivel de flexibilidad que los productos del cliente demanden ¹⁹. Así, continuamente se realizan proyectos de redistribución de planta, proyectos de implementación de sistemas de clasificación y codificación de los productos para identificar oportunamente las similitudes que éstos tienen y agruparlos en familias, que serán asignadas a centros de producción especializados, permitiendo con ello un flujo continuo de producción en el taller.

Otra socorrida estrategia para operar en estas condiciones es la implementación de sistemas informáticos que generen los requerimientos y los elementos

administrativos para controlar las operaciones. En esa estrategia se recurre a la producción de inventario para anticiparse a la demanda, tanto como sea económicamente redituable, y así atender más rápido las órdenes que se van recibiendo; esto permite tener flexibilidad para cambiar las prioridades de las órdenes que actualmente se encuentran en proceso.

Los talleres de recuperación de partes aeronáuticas buscan un balance entre las operaciones que procesan y las que contratan con proveedores externos para restringir el aprovechamiento de la capacidad del taller a aquellos servicios que signifiquen economías o utilidades a la compañía; con ello se logra maximizar las utilidades de operación. Este balance se alcanza a partir de la acertada decisión de atender o contratar el servicio de atención a cada orden de servicio que llegue al taller. La mejor práctica del sector es contar con un experto para la toma de estas decisiones, apoyándolo con una infraestructura informática que le proporcione los elementos que él necesita para ejecutar sus decisiones.

En México no existen talleres que proporcionen este servicio en las condiciones de costo y tiempo de entrega que las aerolíneas demandan; por eso, este nicho de mercado representa la oportunidad de incrementar los ingresos de cualquier aerolínea. Esta desatención se debe principalmente a la carencia de la infraestructura tecnológica que permita a los expertos en los talleres cuantificar sistemáticamente y con exactitud el costo real de un servicio dentro de un plazo de entrega que satisfaga a sus clientes. La mejor práctica del sector internacionalmente consiste en atender las necesidades propias de la compañía y acomodar en los espacios desaprovechados por la capacidad instalada órdenes de servicio captadas a clientes externos, de las cuales ya se tenga experiencia referente a su rentabilidad y procesamiento.

Las aerolíneas de clase mundial tienen altamente sistematizadas sus operaciones de reconstrucción, de modo que están en condiciones de ofrecer incentivos a sus clientes para captar sólo el tipo de servicios que a ellos les representan mayores beneficios de operación. Esta diferencia entre la mejor práctica del sector y la que existe en México se puede solventar en buen grado mediante la sistemática administración de operaciones.

1.2.3 TENDENCIAS EN EL EMPLEO DE SISTEMAS DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

La combinación de metodologías, herramientas de software y tecnologías para automatizar los procesos dentro de un TRP permiten hoy que los prestadores de servicios de reconstrucción de componentes aeronáuticos atiendan sistemáticamente el problema de aprovechamiento óptimo de la capacidad instalada de sus talleres. Gracias a la automatización de sus operaciones, los cuellos de botella detectados por los sistemas de planeación y control de producción pueden ser superados en beneficio de la compañía. Adicionalmente, con la ayuda de la simulación de operaciones, se pueden optimizar las variables que afectan el desempeño del sistema global de

producción, como la distribución de planta, el balanceo de las unidades productivas y la administración justo a tiempo en su cadena de suministros.

Con la infraestructura automática y el adecuado diseño del sistema de producción, los talleres están en condiciones de aprovechar al máximo las capacidades que los sistemas de gestión de recursos en tiempo real les permiten, para que así dentro de una plataforma integrada por cada una de las unidades de negocio de la empresa la operación auto-gestione sus abastecimientos.

Específicamente las aerolíneas líderes en este tipo de operaciones utilizan herramientas para diseño de planta y optimización de procesos elaborados con plataformas como DELMIA ó TECNOMATIX, y en cuanto a la gestión de su cadena de abastecimientos, muchas optan por SAP o por el empleo de sus propias plataformas informáticas.

La hegemonía que los consorcios aeronáuticos tienen sobre los prestadores de servicios de reconstrucción recién creados permanecerá así en el futuro inmediato, y muy probablemente lo haga a mediano plazo, dada la limitada inversión que los nuevos competidores pueden hacer en su infraestructura tecnológica.

Respecto a las condiciones del mercado de reconstrucción de componentes aeronáuticos, la tendencia a reducir los volúmenes de producción incrementando la oferta de productos enfocará los esfuerzos de estos sistemas hacia un incremento en flexibilidad para operar dentro de mayores restricciones de recursos y competir con sistemas de información más eficaces y menos costosos, en detrimento de los pequeños competidores en el mercado de reconstrucción de partes aeronáuticas; aunado a esto, la crisis del sector de transporte aéreo redujo las inversiones en infraestructura que las aerolíneas en desarrollo requieren para disminuir la distancia competitiva que tienen con respecto de los líderes en el mercado.

1.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Alineado con la visión de generar conocimiento tecnológico de impacto global, el presente proyecto surgió con la misión de intervenir positivamente en el aumento de la competitividad de un taller de recuperación de partes aeronáuticas perteneciente a una aerolínea nacional.

La formación recibida dentro del programa de maestría en ingeniería de manufactura de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional y la colaboración con los responsables del TRP de la aerolínea fueron

aprovechados durante el periodo de estancia industrial, incluida dentro del plan de estudios de este programa de posgrado, para definir con el gerente de ingeniería, el jefe de taller y el ingeniero de control de producción un sistema automático que controlara la producción de este taller.

El propósito de ese esfuerzo era atender su solicitud explícita de sistematización para las operaciones; para ello, durante el curso de los semestres que el alumno atendió en este programa, se analizó, planeó, diseñó y desarrolló un sistema informático que diera solución al problema de control de producción en el taller, agregando así valor a las operaciones de esta unidad de negocios. Con esto, la aerolínea redujo el rezago que tiene actualmente con respecto de los mejores talleres de este tipo, localizados en los Estados Unidos de Norteamérica, y que anteriormente le prestaban el servicio de reparación de componentes.

Antes del inicio de operaciones de esta unidad de negocios, este taller era el primero en su tipo en México. El ajuste positivo en su competitividad ayudará a la compañía a superar la crisis que atraviesa el sector de transporte aéreo en nuestro país, que obligó al incremento de la utilidad de operación de la empresa, pues las aerolíneas nacionales dependen en gran medida del esquema de negocio bajo el cual operen.

Para la elección de este tema de tesis fue necesario el acercamiento con la aerolínea a través del Ing. Eduardo Amador Marín, compañero del autor de esta tesis en dicho programa de posgrado, quien amablemente facilitó las entrevistas con responsables del TRP para poder identificar las problemáticas fundamentales a solucionar, así como las restricciones bajo las cuales se desarrollaría el proyecto. Posteriormente se inició el periodo de estancia en el taller para familiarizarse con el proceso, los productos y los clientes de éste, con el fin de comenzar formalmente el análisis sistemático de la operación dentro de esta unidad de la empresa.

En general, el principal problema de la empresa es la insuficiente rentabilidad de sus unidades de negocio, las condiciones imperantes en el mercado nacional -en donde cada vez más se ofrecen vuelos de bajo costo con mayor frecuencia-, el alto costo de los combustibles y la inadecuada administración de operaciones, que son las principales causantes de la quiebra de las aerolíneas en nuestro país.

Internacionalmente, para la operación de aerolíneas se reconocen tres esquemas generales de operación. El primero es utilizado por los grandes consorcios consolidados en el que éstos son los propietarios de una flota de aviones de reciente

tecnología y poseen la infraestructura necesaria para ser autosuficientes en sus necesidades de mantenimiento y reparación de componentes; en este esquema de operación las empresas alcanzan saludables resultados financieros gracias a los bajos costos de mantenimiento de su flota y al eficiente uso del combustible que la tecnología de nueva generación les permite. Este esquema implica grandes inversiones para desarrollar toda la infraestructura requerida; adicionalmente, este tipo de compañías captan ingresos por la venta de sus aviones cuando éstos han llegado a un determinado tiempo de vida útil remanente, así como por la prestación de servicios de mantenimiento y reparación de componentes a clientes externos a la organización.

Otro esquema de operación consiste en la renta del total de la flota de servicio de la aerolínea mediante contratos que responsabilizan a los propietarios de garantizar la disponibilidad de aeronaves para la operación de la empresa (esto incluye servicios de mantenimiento, reparación y reconstrucción de partes); sin embargo, esta sociedad es menos saludable financieramente para una aerolínea debido a la gran inversión que debe hacerse para solventar los contratos adquiridos, aunada a la falta de acceso a capital por carencia de garantías como infraestructura propia.

El tercer esquema, bajo el cual opera la aerolínea en la que se aplicó este proyecto, es similar al de las grandes aerolíneas ya consolidadas, sin embargo, su flota no tiene aviones nuevos, de modo que éstos generalmente poseen una vida remanente menor y consecuentemente presentan mayores requerimientos de reparación y mantenimiento. Para satisfacer estas necesidades, la empresa cuenta con diversos talleres certificados y actualmente es prácticamente autosuficiente en sus necesidades de reparación, ya que tiene licencias para atender casi el 80 % de los componentes de su flota de aviones.

Esta aerolínea ha ido renovando su flota de aviones con la evolución del negocio mediante la incorporación de aeronaves con mayor vida útil remanente y adquiriendo contratos que le autorizan para hacer reparaciones en sus talleres para cada tipo de componente. Esto representa un ahorro importante en los costos de operación de la aerolínea, dado que los aviones adquiridos cuestan aproximadamente la quinta parte de lo que costarían los aviones nuevos y sus costos de reparación son menores a los que tienen los aviones más antiguos.

La rentabilidad de los talleres de mantenimiento y reparación dentro de este esquema de operación es estratégica para el costo global de operación en esta organización. Por ejemplo, el costo de la reparación de un motor PRATT & WHITNEY – JT8D (como el que impulsa a la mayoría de la flota de esta aerolínea) es en promedio de un millón y medio de pesos y sólo la pueden hacer talleres que emitan certificados de aeronavegabilidad (registro internacional que garantiza la integridad del componente por un determinado periodo de vida útil remanente). Como la empresa tiene un taller de motores certificado, ésta deja de incurrir en costos de esta magnitud por cada motor que tiene necesidad de reparar. Lo mismo sucede con las unidades de potencia auxiliar, los accesorios, la aviónica y demás componentes que la compañía repara en

sus propios talleres. Por ello, cada una de las mejoras a los procesos de los talleres impacta directamente los resultados operativos de la empresa.

La organización de cada taller de la aerolínea comprende diferentes grupos de trabajo con técnicos, ingenieros y operadores que dominan funciones especializadas en resolver las necesidades de servicio a los componentes que atienden. Específicamente, la empresa cuenta con talleres para los siguientes componentes: trenes de aterrizaje, motores, reparación mayor, recuperación de partes, aviónica y un taller de unidades de potencia auxiliar. Actualmente esta aerolínea cuenta con una flota de 26 aviones BOEING 737 y posee una licencia de mantenimiento C2, lo que le permite reparar la mayoría de los componentes de su flota, así como los motores de ésta.

En agosto de 2005 iniciaron las operaciones del TRP para atender sus necesidades de reparación de componentes y para generar ingresos adicionales a la compañía por la prestación de servicios de reconstrucción y reparación de componentes aeronáuticos a otras aerolíneas. Este taller tiene la visión de ser el taller de reparación y manufactura de partes y componentes que represente la mejor oferta en el mercado nacional.

Para contextualizar la operación de este taller es necesario ubicar el flujo de las operaciones y los procesos de la aerolínea relacionados con éste (ver figura 1).

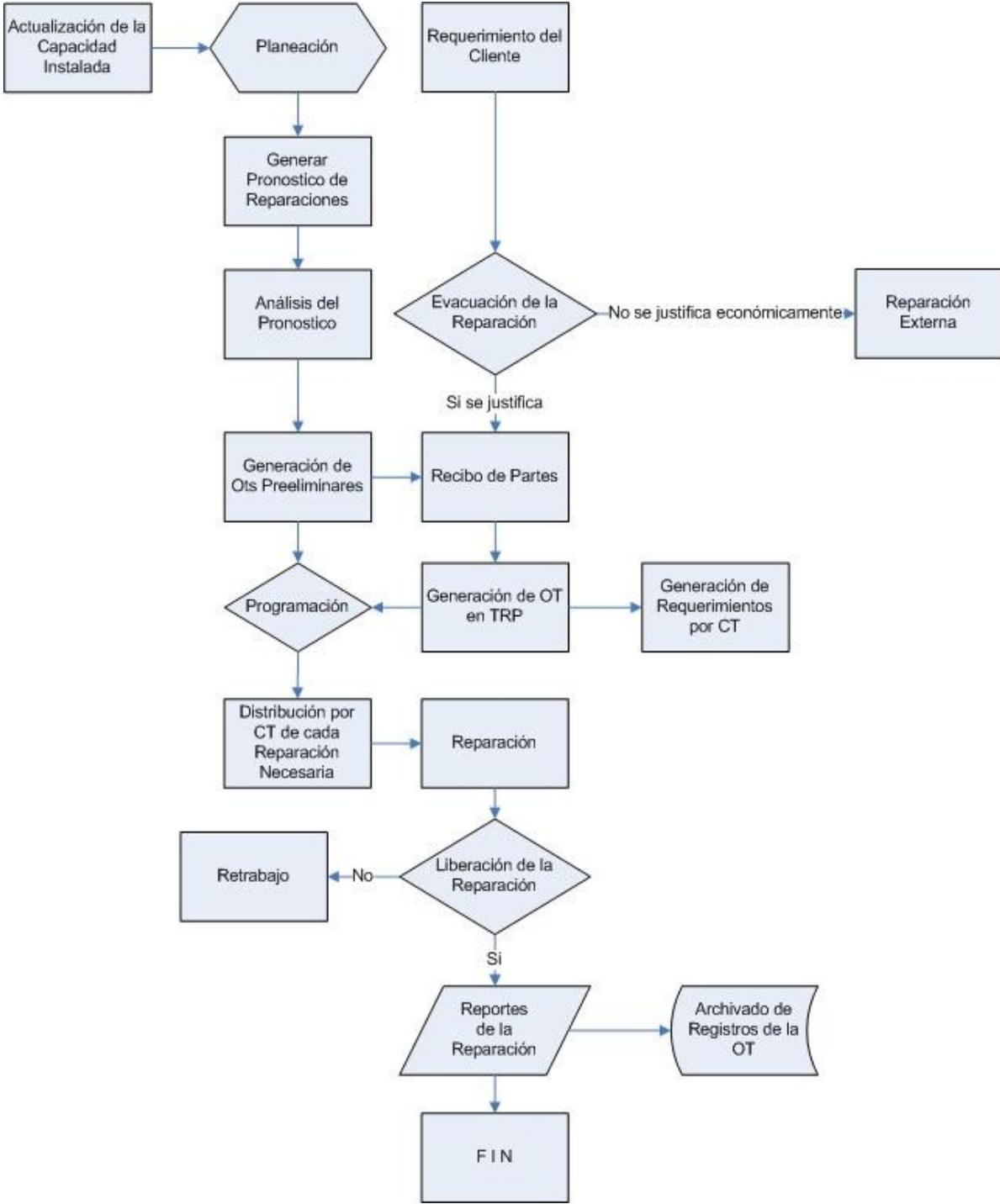


FIGURA 1.: FLUJO DE LAS OPERACIONES DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN EL TRP (DIAGRAMA PROPORCIONADO POR LA AEROLÍNEA)

La figura 2 muestra la distribución en planta del taller:

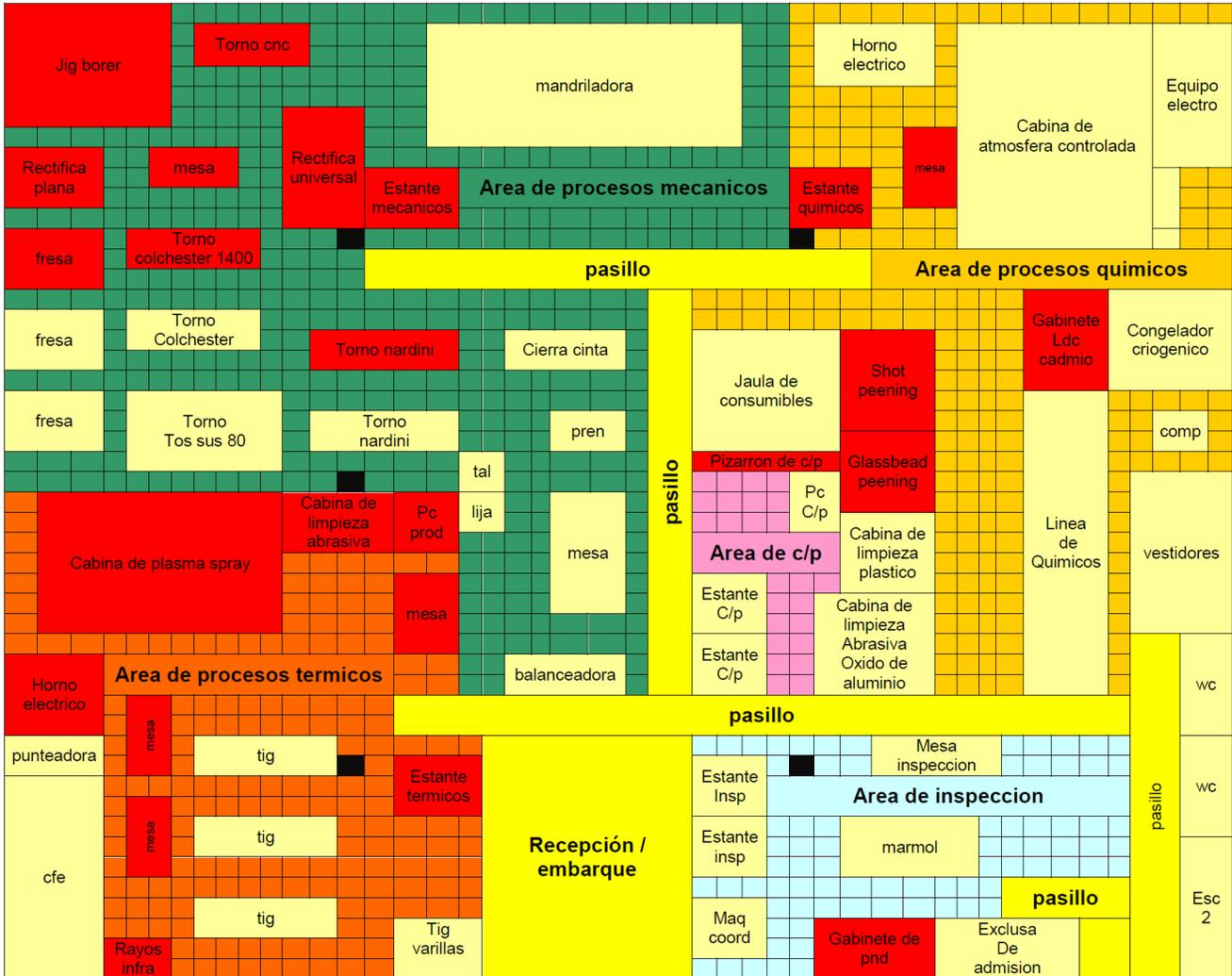


FIGURA 2: DISTRIBUCIÓN DEL TALLER DE RECUPERACIÓN DE PARTES (DIAGRAMA PROPORCIONADO POR LA AEROLÍNEA)

TABLA 1: GRUPOS DE TRABAJO POR PROCESOS DE FABRICACIÓN EXISTENTES EN EL TRP (FUENTE: FIGURA 2).

Nombre del Proceso/Equipo
Procesos Químicos / LIMPIEZA QUÍMICA
Procesos Químicos / LIMPIEZA ABRASIVA
Procesos Químicos / LIMPIEZA ULTRASÓNICA
Procesos Químicos / LIMPIEZA MECÁNICA
Procesos Químicos / INASIGNADA
Procesos Químicos / LIMPIEZA MISCELÁNEA
Procesos Químicos / LIMPIEZA CON AGUA Y JABÓN
Procesos Químicos / PRUEBA DE SOLUCIONES
Procesos Químicos / GALVANOPLASTIA
Procesos Químicos / ADHESIVOS
Procesos Químicos / TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE
Procesos Mecánicos / MAQUINADOS
Procesos Mecánicos / MISCELÁNEOS
Procesos Mecánicos / REMACHADOS
Soldadura / SOLDADURA
Soldadura / METALIZADOS
Soldadura / TRATAMIENTOS TÉRMICOS

El transporte de pasajeros y carga implica el mantenimiento periódico de los aviones que prestan este servicio; en el caso de esta aerolínea, la programación de estos mantenimientos es responsabilidad del área de ingeniería de la empresa.

Físicamente esta área se encuentra en el hangar que tiene la aerolínea en la terminal 1 del aeropuerto internacional de la ciudad de México. Esta área genera los programas para cada taller y, llegado el momento de dar mantenimiento a cada avión ó motor, estos talleres se reparten la tarea de servicio según el tipo de componente que haya que atender en ese evento.

Cada parte dañada es reemplazada y cada taller consigna las partes que pueden reconstruirse o repararse al taller de recuperación de partes con base en los criterios indicados en los manuales que el fabricante de cada componente entrega a sus usuarios.

El proceso de reparación comienza con la limpieza del componente y a partir de entonces inicia una sucesión de operaciones a través de los diferentes centros de trabajo como se muestran en la tabla 1, la cual finaliza con una inspección que verifica la calidad de la reparación de acuerdo con lo que la orden de reparación estableció.

Actualmente no se aprovechan las similitudes que las reparaciones de cada componente tienen, por ello existen procesos con sobrecapacidad instalada y, por el contrario, cuellos de botella en los procesos en donde la capacidad instalada se ha excedido. Para cambiar esta situación es necesaria la programación de las reparaciones por centro de trabajo, de modo que exista un flujo continuo de producción en cada uno de ellos, así como una planeación anticipada de las operaciones para contar con los recursos necesarios en el momento de efectuar la producción. Las figuras 3, 4 y 5 ilustran físicamente algunas instalaciones de la aerolínea AVIACSA.



FIGURA 3: EN LOS TALLERES DEL HANGAR DEL AEROPUERTO COMIENZAN LAS TAREAS DE CAPTACIÓN DE COMPONENTES PARA RECONSTRUCCIÓN (IMAGEN PROPORCIONADO POR LA AEROLÍNEA)



FIGURA 4: MOTOR DESMONTADO DEL QUE SE EXTRAERÁN COMPONENTES QUE REQUIERAN LOS SERVICIOS DEL TRP (IMAGEN PROPORCIONADO POR LA AEROLÍNEA)



FIGURA 5: VISTA PANORÁMICA DEL TRP (IMAGEN PROPORCIONADO POR LA AEROLÍNEA)

1.4 JUSTIFICACIÓN

La solución proporcionada por este proyecto al problema de productividad en el taller de AVIACSA cubre todos los requisitos académicos para la obtención del grado y las aportaciones consideradas dentro de los objetivos del programa de maestría en ingeniería de manufactura ofrecido por el Instituto Politécnico Nacional.

El diagnóstico de la problemática actual del sistema de control de producción del TRP y el posterior desarrollo del sistema informático que solventará sus necesidades de sistematización permitirán alcanzar un incremento productivo en su capacidad instalada una vez implementado. Dicho proyecto demanda del estudiante la adquisición de herramientas que permitan efectuar un diagnóstico certero basado en información analítica recolectada directamente de la operación del proceso.

La generación de esta información implica el manejo de metodologías de diagnóstico de sistemas productivos, tecnologías de simulación de operaciones y diseño de sistemas informáticos orientados a objetos.

Considerando que se tienen múltiples operadores, equipos y tipos de reparaciones, el número de variables que será necesario utilizar para poder extraer los datos analíticos debe analizarse meticulosamente. Las metodologías de análisis por fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas permiten aclarar el nivel de detalle que deberá incluirse en el sistema.

Posterior al diagnóstico del actual desempeño del sistema, se utilizó la metodología de diseño de sistemas informáticos UML para construir la solución demandada por la aerolínea; las habilidades adquiridas durante la formación recibida en el programa de posgrado permitirían al estudiante implementar exitosamente este proyecto y resolver problemas semejantes más adelante (estos problemas son muy comunes en las pequeñas empresas manufactureras de México); con esto, la maestría en ingeniería de manufactura alcanza su visión, misión y objetivos generales, con la formación del capital humano que el país demanda en este sector, satisfaciendo también los requisitos demandados por el programa nacional de posgrados de calidad del CONACYT, coadyuvando con la consolidación de este programa. Adicionalmente a los beneficios productivos que recibe la empresa, la aerolínea además pone en práctica un esquema de vinculación académica que mejora su capacidad de reacción ante los incrementos de competitividad demandados por el mercado para poder prosperar. Por los beneficios que todos los involucrados en el proyecto reciben fue aceptado el presente proyecto de tesis. Particularmente, los beneficios que la empresa recibe se discuten a continuación.

1.4.1 IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA AEROLÍNEA

La capacidad instalada del taller de recuperación de partes representa un potencial de ingresos para la compañía cercano al 15% de las aportaciones que hace su flota por concepto de transporte de carga y pasajeros. Sin embargo, el desaprovechamiento de estos recursos impide acercarse a ese nivel de ingresos. En condiciones similares se encuentra el taller de motores y el de reparaciones mayores; este desperdicio de recursos mantiene el ritmo de crecimiento de la aerolínea en un nivel poco conveniente para sus aspiraciones dentro de los mercados en que compete.

El administrar adecuadamente las operaciones de producción repercute directamente en los tiempos de entrega que tienen las órdenes de servicio procesadas en el taller; esto incrementa el problema de sobrecapacidad y, aunado al costo de los insumos, la mano de obra especializada y la infraestructura necesaria para realizar sus operaciones, los resultados operativos se inclinan de un lado inconveniente para el progreso financiero de la empresa.

Un buen sistema de control de producción para este taller debe proporcionar la información que permita conocer el costo de una reparación y el costo por hora que cada proceso tiene antes de realizarla, ubicar cuellos de botella en centros de trabajo, identificar equipos y procesos que están siendo sub-utilizados para buscar alternativas y evitar los costos asociados que esto implica. Sin estos elementos, la generación de utilidades para la aerolínea recae más en el volumen de ventas por transporte de carga y pasajeros que en las contribuciones de sus talleres.

La falta de un sistema automático que genere estos registros y planee anticipadamente sus requerimientos aumenta los costos de producción dado el nivel de sub-utilización que se tiene en su capacidad instalada. Otra consecuencia indeseable de la falla en el control de producción son los montos pagados por horas extras, debido a la inadecuada programación de la producción⁸.

De la misma manera en la que se corregirán las desviaciones en la operación del TRP, se pueden corregir las que existen en los demás talleres de la empresa, siguiendo un modelo de solución como el que se propone en este proyecto.

1.5 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Diseñar un sistema automatizado para la planeación y control de la producción en un taller de recuperación de partes aeronáuticas.

1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El proyecto se divide en seis etapas con objetivos particulares para alcanzar el objetivo general.

Etapas de diagnóstico:

1. Calcular la capacidad instalada del taller.
2. Simular la operación del taller generar la información analítica que permitirá evaluar el desempeño del sistema en diferentes escenarios.
3. Definir en conjunto con la aerolínea los cuellos de botella del sistema original en base al análisis de los resultados de la simulación.

Etapas de propuesta:

4. Obtener el visto bueno del equipo de control de producción de la propuesta de funcionalidades y presentación de pantallas para el nuevo sistema.
5. Acordar con el equipo de control de producción la extensión en tiempo del proyecto.
6. Acordar con el equipo de implementación el programa de pruebas y de implementación del sistema.

Etapa de diseño:

7. Extraer los requerimientos del cliente directamente de los usuarios involucrados.
8. Traducir los requerimientos del cliente en diagramas UML para construir el modelo de la estructura del sistema que será desarrollado.
9. Diseñar las tablas, reportes y transacciones que conformaran nuevo sistema global de planeación y control de la producción.

Etapa de construcción:

10. Construir un sistema en línea de planeación y control de producción que satisfaga los requerimientos del cliente manifestados en la etapa de diseño.

Implementación:

11. Verificar el funcionamiento del sistema contrastando los registros de operación con la información que el nuevo sistema entrega.

Valoración de Resultados:

12. Contrastar los indicadores del nuevo sistema control de producción con los que se tenían originalmente en el sistema.
13. Simular la operación optimizada del sistema original para cuantificar las diferencias con el desempeño del sistema original.

1.6 MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la solución planteada en este proyecto, será necesaria la formación académica en sistemas de información orientados a objetos, investigación de operaciones, un lenguaje de programación con manejador de bases de datos orientados a objetos, un simulador de operaciones y los respectivos entrenamientos en el empleo de estas herramientas.

Actualmente, la mejor herramienta disponible para diseñar un sistema informático capaz de satisfacer eficientemente los requerimientos informáticos de los clientes es la metodología del lenguaje de modelado unificado (UML). Utilizando este paradigma, el sistema construido tendrá una plataforma re-utilizable que podrá ser empleada (con ligeras adecuaciones) en la solución de problemas similares dentro de cualquier empresa que tenga problemas de control de producción como los que actualmente presenta el TRP de la aerolínea en cuestión.

Para la construcción del sistema informático la mejor alternativa es el uso de *Visual Studio*; con ello, las operaciones de las bases de datos en SQL pueden interactuar con *Visual Basic* y el portal generado en ASP.NET se puede montar en la red sin necesidad de inversiones en servidores exclusivos. En cuanto a las herramientas para el diagnóstico y verificación de resultados, se procederá con un análisis FODA y con la simulación de operaciones del taller por un periodo representativo de tiempo utilizando el simulador PROMODEL.

1.6.1 ENTREGABLES DEL PROYECTO

Al término del proyecto el estudiante entregará:

- Tesis de grado concluida.
- Ejecutable del sistema de control de producción.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA

Del análisis de las operaciones en el taller se obtuvieron los parámetros de diseño para la construcción de un modelo del sistema en PROMODEL para simular las operaciones de esta unidad de negocio en un periodo de tiempo determinado, lo cual permitió extraer la información cuantitativa de su desempeño; dicha información fue la base del diagnóstico para proponer una solución al problema de productividad manifestado por el cliente y confirmado con los resultados de la simulación. La propuesta fue gestionada con la aerolínea y con base en el diagnóstico elaborado se establecieron los objetivos de desempeño para evaluar el nuevo sistema automático de planeación y control de producción.

2.1 PROCESO DE RECUPERACIÓN DE PARTES EN EL TRP

La función del mantenimiento en una aeronave es permitirle estar disponible para volar la mayor cantidad de horas que sus sistemas le permitan.

Las actividades del TRP son disparadas por los programas de mantenimiento asignados a los aviones de la aerolínea; el área de ingeniería determina la periodicidad de estos programas en función de las características particulares de cada componente. Con esta información se genera una bitácora de mantenimiento para cada motor o aeronave de la compañía y con esta bitácora cada taller planea sus operaciones para disponer los recursos que serán utilizados en la atención de estos servicios. La planeación y programación de producción en cada taller se efectúa mediante transacciones entre las diferentes unidades de la aerolínea.

En general, cuando un avión o un motor entra a servicio de mantenimiento, sus componentes son inspeccionados y, en caso de ser necesario, desmontados y atendidos según las tareas indicadas en el manual de mantenimiento del fabricante para conservarlo funcional. En este proceso se llevan registros de cada componente atendido para identificar la vida útil remanente de éstos y así detectar el momento en que ésta llegue a su límite para evitar fallas en el avión.

De los componentes removidos cada taller determina cuáles son recuperables y éstos son enviados al TRP. Cuando se trata de mantenimiento a aeronaves, éstas son recibidas en el taller de reparaciones mayores (ubicado en el aeropuerto internacional de la ciudad de México), por un equipo de técnicos que realizará las tareas indicadas por las diferentes órdenes de servicio que cada taller preparó; así se le permite a cada aeronave estar disponible según lo planeado por los planes de vuelo que le han sido asignados por el área comercial. Las labores de mantenimiento comienzan con la inspección de los sistemas del avión para detectar, según lo indican los instructivos de mantenimiento, los componentes que necesiten cambiarse y reemplazarlos. Los componentes reemplazados son enviados a los diferentes talleres con el propósito de recuperarlos mediante reconstrucciones; estos componentes son revisados por cada taller para indicar el detalle del tipo de reparación que se necesita para permitir la

funcionalidad del componente. Es así como el TRP recibe componentes y requisitos detallados acerca del tipo de servicio que una pieza en particular necesita.

Para comenzar el proceso de atención en el TRP cada componente debe contar con la documentación adecuada, las autorizaciones correspondientes, las horas de servicio del componente y la información que permita rastrear la aeronave a la que pertenece para comenzar con la elaboración de una orden de servicio. Para que una orden de servicio pueda ser elaborada, el cliente del TRP que solicitó la reconstrucción del componente debe indicar el plazo de entrega que espera; adicionalmente, debe tener las autorizaciones administrativas correspondientes para disponer de recursos en atención a su requerimiento de reconstrucción.

Con las autorizaciones y la documentación en orden, el TRP comienza su proceso de evaluación del estado del componente para determinar el tipo y la cantidad de operaciones que habrá de efectuar para que la parte recupere la funcionalidad que el cliente requiere. Esta evaluación es realizada con el liderazgo del jefe de taller, quien elabora una hoja de instrucciones en la cual detalla a cada centro de trabajo del TRP el tipo de operación que habrá de realizar a ese componente en particular. Con la hoja de instrucciones completamente especificada se inicia la elaboración de una orden de servicio que viajará con el componente a lo largo de los centros de trabajo que atenderán este requerimiento. Dicha orden de trabajo será elaborada por el ingeniero de control de producción, tomando en cuenta la carga de servicios que el TRP está teniendo, de tal manera que se permita operar continuamente en los centros de trabajo gracias a la agrupación de actividades comunes; así, cuando llega el momento de hacer la primera tarea de la orden de servicio, el componente es llevado de donde temporalmente se encontraba hasta el centro de trabajo responsable de la siguiente operación indicada. Por ejemplo, si la primera operación para un componente al que se le van a soldar las fisuras para recuperarlo indica proceso de limpieza, el operador del centro de trabajo de limpieza acude para recoger la pieza del lugar en el que temporalmente se encuentre almacenada, la limpia y la deposita en el contenedor correspondiente al centro de trabajo que realizará la siguiente operación; para ello, la orden de servicio debe liberar la limpieza realizada por este centro de trabajo y manifestar su autorización con un sello que indica la fecha y hora de esta liberación. Básicamente así continúa el proceso de recuperación hasta que la orden de servicio queda totalmente liberada; con la liberación del componente, éste regresa al cliente y posteriormente se reincorpora a la aeronave a la que pertenece o se almacena temporalmente como refacción para que esté disponible cuando llegue a ser necesaria.

Este proceso del TRP es el mismo que sigue cada taller de la empresa al prestar sus respectivos servicios. En el caso de los motores de la compañía, éstos son atendidos por el taller de motores y a su vez generan requerimientos hacia el TRP para recuperar los componentes de los motores que se estén atendiendo.

Para la atención de cada operación indicada en la orden de servicio, el TRP debe liberar los recursos necesarios para que éstas se puedan realizar dentro de los plazos

y costos previstos; esta asignación de recursos se realiza en forma de transacciones con los diferentes proveedores y clientes del TRP.

2.1.1 TRANSACCIONES EN EL TRP

Para procesar las entradas del sistema de control de producción mediante órdenes de servicio, los clientes del TRP deben realizar una serie de transacciones que les permitirán recibir los insumos necesarios para realizar estas operaciones. Básicamente las transacciones implican operaciones con las órdenes de servicio, gestión de recursos y generación de reportes con la información operativa del taller. Finalmente, la salida del sistema es la liberación que el área de inspección del TRP da a la reparación realizada de modo que el cliente reciba su componente en condiciones de aeronavegabilidad, es decir, que sean componentes funcionales y con un remanente de vida útil suficiente para atender las horas de vuelo programadas hasta su próximo servicio de mantenimiento.

En particular, para que el proceso de recuperación se lleve a cabo, el TRP da de alta una orden de servicio; este documento es susceptible de ser modificado, cancelado, liberado o reprogramado para recibir una atención más rápida; estos cambios de estatus en la orden requieren de la autorización del jefe de taller.

Ya en el proceso de atención de las órdenes, éstas requieren de una continua transferencia de recursos hacia los centros de trabajo que las atienden. Estas transferencias son: abastecimiento de consumibles, herramientas o insumos productivos, asignación de recursos humanos y la generación de documentación para la adecuada atención de esas órdenes (instructivos, diagramas complementarios, etc.). También existe la necesidad de extraer información cuantitativa del sistema para una oportuna toma de decisiones, como por ejemplo: generar un presupuesto del costo de una orden, calcular los ingresos que se tienen por la prestación de los servicios, calcular los egresos que implica la operación del taller, conocer el estado del inventario de insumos productivos, la disponibilidad de horas hombre del taller y el aprovechamiento de la capacidad instalada de todas las unidades productivas del TRP. Para que estas transacciones se realicen dentro del marco jerárquico que la organización estableció para cada uno de sus talleres, todas las operaciones deben tener las autorizaciones que están descritas en el manual de calidad de la empresa. El anexo 1 presenta el formato de las órdenes de servicio con las que opera el TRP.

Particularizando en las transacciones de insumos para la operación del taller, diremos que éstos son requeridos por el supervisor de control de producción y autorizados por el jefe del TRP, en el caso de las solicitudes de las “horas extra”, éstas son autorizadas por el gerente de operaciones de la aerolínea.

Finalmente, la liberación de una orden es autorizada por el inspector del TRP, inicialmente asegurándose de que cada centro de trabajo involucrado en la atención

de la orden haya firmado las operaciones que le realizaron utilizando la sección correspondiente a la orden de trabajo viajera (ver anexo 2).

Las transacciones se realizan en los términos que la jornada laboral establecida para esta unidad de negocios tiene asignada; ésta es de un turno diario, cinco días a la semana, con descansos de acuerdo con lo establecido en la Ley Federal del Trabajo.

Cuando las solicitudes de los clientes rebasan la capacidad de atención del taller, éste recurre al pago de tiempo extra a los centros de trabajo que lo requieren para poder atender la demanda de sus servicios. Por este motivo la capacidad instalada del taller está restringida a la mano de obra disponible para operar las máquinas que cada centro de trabajo tiene. Actualmente el TRP no presta sus servicios a clientes externos a la empresa.

2.1.2 CLIENTES DEL TRP

El TRP sólo da servicio a los talleres de la aerolínea, aunque dada la capacidad instalada con que se cuenta, existe la visión de captar clientes de otras aerolíneas del mercado nacional y empresas usuarias de turbo-maquinaria para aprovechar su capacidad, de acuerdo con datos del mercado obtenidos del sistema de información empresarial SIEM, el volumen de este mercado está en el orden de los 200 millones de pesos. Hoy en día, el mayor volumen de componentes atendidos en el TRP proviene del taller de motores de la empresa, esto debido principalmente a la naturaleza de los componentes en los motores de la flota de servicio.

En lo que va del sexenio 2006 – 2012, el país cuenta con una limitada oferta en servicios de reconstrucción de componentes aeronáuticos. El recién creado centro de mantenimiento y reparación del aeropuerto intercontinental de Querétaro y la empresa de reparación de turbo-maquinaria ITR, ubicada en la misma ciudad, son los pioneros nacionales en la prestación de este tipo de servicios en México; ambos poseen el mayor segmento dentro de este mercado con una plataforma de operación que les permite la oportuna atención de los clientes del país.

De la información analizada en la operación del taller durante el periodo de estancia industrial en el segundo semestre de 2006, extrajimos el dato del volumen de órdenes que generan los clientes del TRP, ver detalle en tabla 2; destaca entre éstos el taller de motores de la aerolínea al generar el 58% de los requerimientos de servicio. Principalmente, los componentes recibidos de este cliente son estatores y componentes de la sección fría del motor. Durante este periodo se atendieron un total de 3,476 órdenes de reparación provenientes de los siguientes clientes.

**TABLA 2: POR CLIENTES DE LOS REQUERIMIENTOS ATENDIDOS EN EL TRP
 (FUENTE: ORDENES DE SERVICIO ATENDIDAS EN EL TRP DURANTE EL PERIODO
 DE ESTANCIA INDUSTRIAL).**

Cientes	Reparaciones	%
TALLER DE MOTORES (JT8D-S)	2,030	58 %
OVH	820	24 %
TALLER DE REPARACIÓN MAYOR (B 737 - 100, B 737 - 200)	313	9 %
UPAS	224	6 %
TALLER DE FRENOS	52	1 %
TALLER DE TRENES	25	1 %
ACCESORIOS (JT8D)	8	0 %
OTROS	4	0 %
Totales:	3,476	100 %

Apreciamos en esta demanda una oportunidad de economías de operación al agrupar las tareas más comúnmente solicitadas para atenderlas en un flujo continuo de servicio; así el taller puede atender requerimientos de clientes de todo el mercado nacional, ofreciendo un tiempo y costo más competitivo que los que actualmente tienen los otros competidores del mercado. Sin embargo, esto implica un nivel de sistematización en la operación considerable que actualmente el TRP no tiene. La situación ideal sería la captación de órdenes similares a diversos clientes para procesarlas en un flujo continuo dentro del TRP.

2.1.3 RESTRICCIONES DEL SISTEMA ACTUAL DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

Para la operación en flujo continuo de la cadena productiva del taller es necesario planear adecuadamente todas las actividades que permitan disponer oportunamente de los recursos necesarios al momento de atender las órdenes de servicio de los clientes para iniciar el proceso de recuperación de partes y agrupar las operaciones para asignarlas en mayores volúmenes a cada uno de los centros de trabajo involucrados en la atención de éstas. Sin embargo, actualmente el TRP no anticipa estas operaciones en función de los programas de mantenimiento que le ha enviado anticipadamente el área de ingeniería, sino en función de la experiencia de los responsables del sistema. Esta falta de planeación impacta directamente el aprovechamiento de la capacidad instalada en el taller, adicionalmente el control financiero de esta unidad de la empresa es deficiente dado la poca relación que los insumos necesarios para la operación esperada tienen con el presupuesto de los programas de mantenimiento.

Esta operación actualmente carece de un procedimiento sistemático que permita pronosticar eficientemente los recursos que serán necesarios, lo cual impacta directamente los costos operativos del taller por la limitada capacidad de reacción que se tiene ante los cambios en volumen de los servicios requeridos. Actualmente en el taller existe una gran diversidad de componentes a reparar y éstos no se conocen anticipadamente, lo cual dificulta la agrupación de las reparaciones en procesos similares y hace imposible mantener un flujo continuo de producción en cada centro de trabajo. El sistema actual no tiene una herramienta de clasificación para las órdenes de servicio que permita generar un programa de producción basado en las similitudes de cada una de las operaciones contenidas en las diferentes órdenes de reparación programadas para ser atendidas.

En este esquema de operación la atención a las órdenes se da respetando el orden en el que fueron recibidas "*first in, first out*"; sin embargo, este sistema no considera el uso de prioridades para la atención de órdenes que requieren un mejor tiempo de entrega; por ejemplo, un componente de una unidad de potencia auxiliar que está programado para entregarse dentro de una semana puede con un cambio de prioridades estar listo en tres días para ser utilizado por la aeronave que lo requiera.

Particularmente, el TRP tiene una visión, misión y objetivos de calidad cuantificados con objetivos de calidad que restringen el servicio de reparación a los siguientes valores:

- Tiempo de entrega de reparaciones menor a 30 días (promedio actual: 15 días, cada reparación involucra 11 operaciones en promedio y se atienden en promedio 82 órdenes mensuales).
- Reparaciones con costo menor al 60% de la parte nueva.
- Costo de hora hombre 40 USD (promedio en la industria aeroespacial de Estados Unidos).

Para contrastar la operación actual con las restricciones establecidas para este taller es necesario hacer un diagnóstico de los indicadores actuales que resultan de la atención a las órdenes de servicio en el TRP.

2.1.4 OPERACIÓN ACTUAL DEL TRP

Para reconocer el estado de la operación actual del taller se recolectó la información correspondiente a las órdenes de servicio procesadas en él durante cuatro meses correspondientes al segundo semestre del año 2006, dentro del periodo de estancia industrial, y se consultaron los resultados de operación que se llevan en el taller para conocer los indicadores de productividad por centro de trabajo, órdenes atendidas, inventario de insumos, re-trabajos, accidentes, ausentismo y volumen total de reparaciones atendidas.

Éste fue el punto de partida para el análisis del sistema, su posterior diseño y la construcción de la solución que el cliente espera. Previo a los resultados de esta recolección de datos ya se conocen algunas características indeseables en el actual desempeño, por ejemplo:

- Incapacidad de cuantificar anticipadamente el costo de una reparación: los centros de trabajo en los que se encuentra distribuido el taller desconocen el costo de la hora hombre en cada uno de sus procesos.
- Vinculación inexistente con el sistema global de gestión de recursos de la empresa: la gestión de recursos no se lleva directamente relacionada con la planeación de operaciones.

En cuanto a las operaciones analizadas en el periodo cuatrimestral de la operación del taller, las siguientes fueron las más realizadas (tabla 3):

TABLA 3: OPERACIONES MÁS COMUNES EN EL TRP (FUENTE: ANALISIS DE LAS ORDENES DE SERVICIO ATENDIDAS DURANTE EL PERIODO DE ESTANCIA INDUSTRIAL).

Descripción del tipo de trabajo realizado	Cantidad	Porcentaje
INSPECCIÓN	899	40 %
LIMPIEZA	312	14 %
SOLDADURA	264	12 %
DESMELLADO	117	5 %
FPI	105	5 %
REEMPLAZO	97	4 %
REPARACIÓN	90	4 %
MAQUINADO	85	4 %
REMOCIÓN DE EXCESO DE MATERIAL	58	3 %
APLICACIÓN DE ACEITE INHIBIDOR DE CORROSIÓN	48	2 %
APLICACIÓN DE PRIMARIO	46	2 %
REMOCIÓN DE MATERIAL FATIGADO	42	2 %
APLICACIÓN DE COMPUESTO ANTILUDIMIENTO	38	2 %
MANUFACTURA	38	2 %

Actualmente estas operaciones no se agrupan en lotes para atenderlas hasta donde sea factible dentro de un flujo continuo debido a la falta de anticipación de las operaciones, dado el desconocimiento de las partes que serán recibidas. Esta información se tiene solo al momento de recibir las partes en el taller, y hasta ese momento comienza la planeación de insumos y requerimientos para despachar la

reparación. Esto demanda un considerable inventario de insumos para poder reaccionar oportunamente ante las órdenes recibidas.

Respecto a las métricas que se llevan para evaluar el desempeño del taller, los siguientes comentarios ilustran las condiciones productivas actuales:

- Operaciones realizadas por persona en cada centro de trabajo: los operadores no realizan exclusivamente operaciones en donde aprovechen al máximo sus capacidades, actualmente se utiliza tiempo productivo en esperas y transportes.
- Órdenes de reparación atendidas por cliente: insuficiente para atender clientes externos.
- Número de partes reparadas: insuficiente para aumentar el volumen de las órdenes de servicio procesadas.
- Reprocesos: existen re-trabajos cercanos al 3 % de las órdenes atendidas.

De esta información se elaboró un modelo de simulación que permitiera reproducir las operaciones realizadas en este periodo para así extraer los indicadores cuantitativos de la situación operacional que presenta el taller: la información detallada de la productividad en cada recurso del taller, el costeo de cada orden de trabajo y el potencial real que tiene esta unidad de la empresa para poder atender clientes adicionales. Ésta permitirá estudiar el caso de negocio correspondiente a las mejoras productivas que una eficiente planeación y control de la producción posibilitarían. Para continuar con la comprensión de las debilidades que amenazan el sistema, será necesario conocer el flujo de operaciones en detalle a partir de los registros y procedimientos que se generan en papel por el área de ingeniería y control de producción.

2.2 FLUJOS DE INFORMACIÓN EN EL TRP

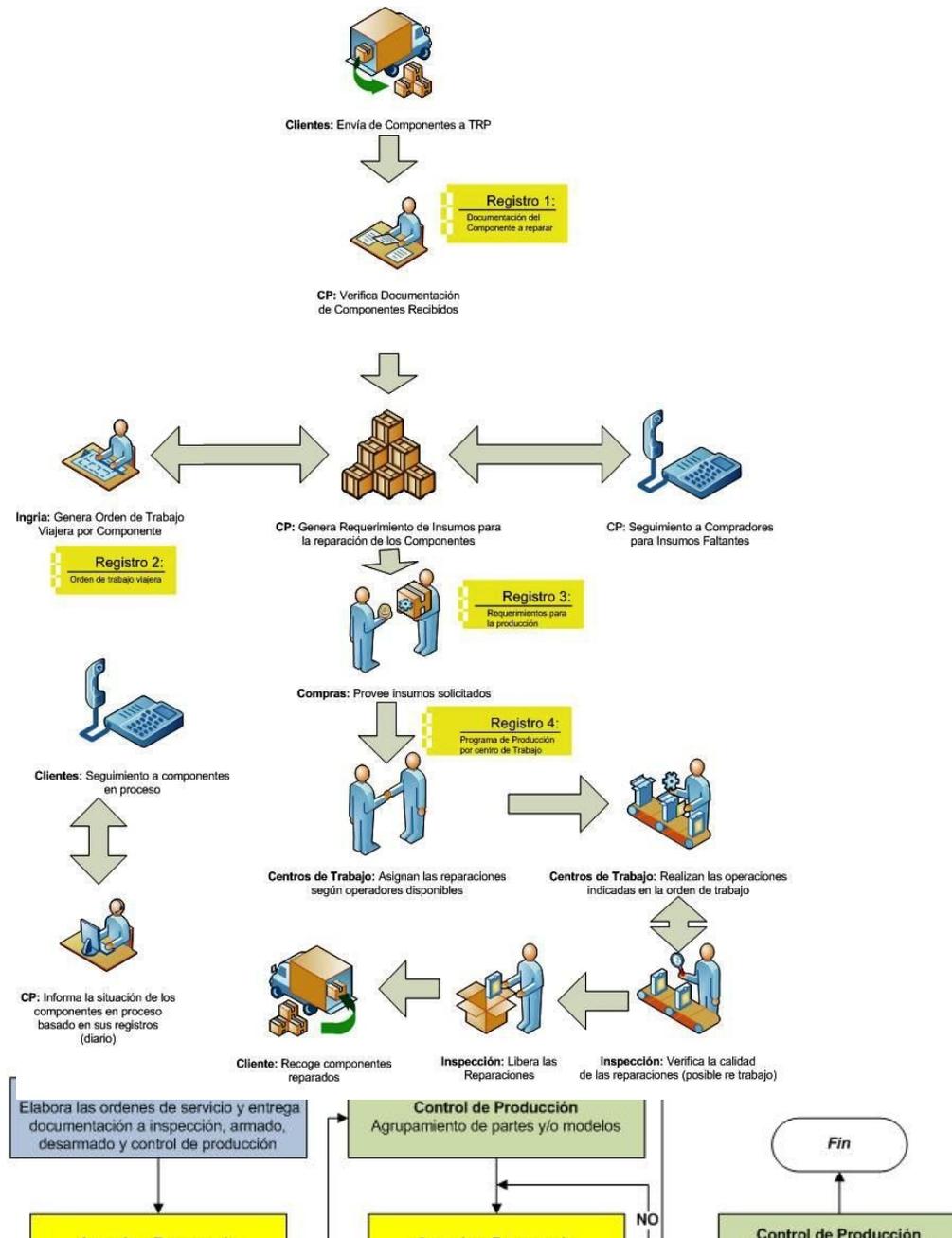
Las mermas de eficiencia en los flujos de información dentro del TRP mayoritariamente se deben a los tiempos muertos que el actual sistema genera por la falta de automatización en los procesos informáticos que cada elemento del taller tiene; la mayoría de esta información se deriva de las transacciones que son parte de la operación normal del sistema en cumplimiento de los procedimientos señalados en el manual de calidad de la empresa. La naturaleza del flujo de esta información es similar al que se presenta en los demás talleres de la aerolínea y está conformado por solicitudes, registros e interacciones entre los elementos del sistema. Las mermas consisten en la utilización de recursos humanos para generar la información que necesita el sistema mediante llamadas telefónicas, correos electrónicos y comunicación interpersonal con los centros de trabajo que de manera significativa pueden eliminarse con la automatización de la generación de información para cada usuario. Particularmente, la carencia de un sistema global de gestión de requerimientos integrado al sistema de control de producción del TRP origina la

mayoría de los eventos informáticos de éste. Los proveedores de información pueden ser los clientes del taller o los clientes de cada proceso involucrado en la atención de una reparación. Los registros señalados se tienen en papel y en gran parte son llenados a mano.

Según el apartado 7.5.1 de la norma ISO 9001:2000 ⁸ las condiciones controladas bajo las cuales debe llevarse a cabo la producción debe presentar las siguientes características:

- a) Disponibilidad de información que describa las características del producto.
- b) Disponibilidad de Instrucciones de trabajo.
- c) Empleo del equipo apropiado.
- d) Disponibilidad y uso de dispositivos de seguimientos y medición.
- e) Implementación del seguimiento y de la medición.
- f) Implementación de actividades de liberación, entrega y posteriores a la entrega.

Los diagramas de las figuras 6, 7, y 8 muestran el flujo de información en el TRP y el flujo de información en el taller de motores para visualizar las consideraciones que deben tenerse con los sistemas informáticos que gestionen sus flujos de información.



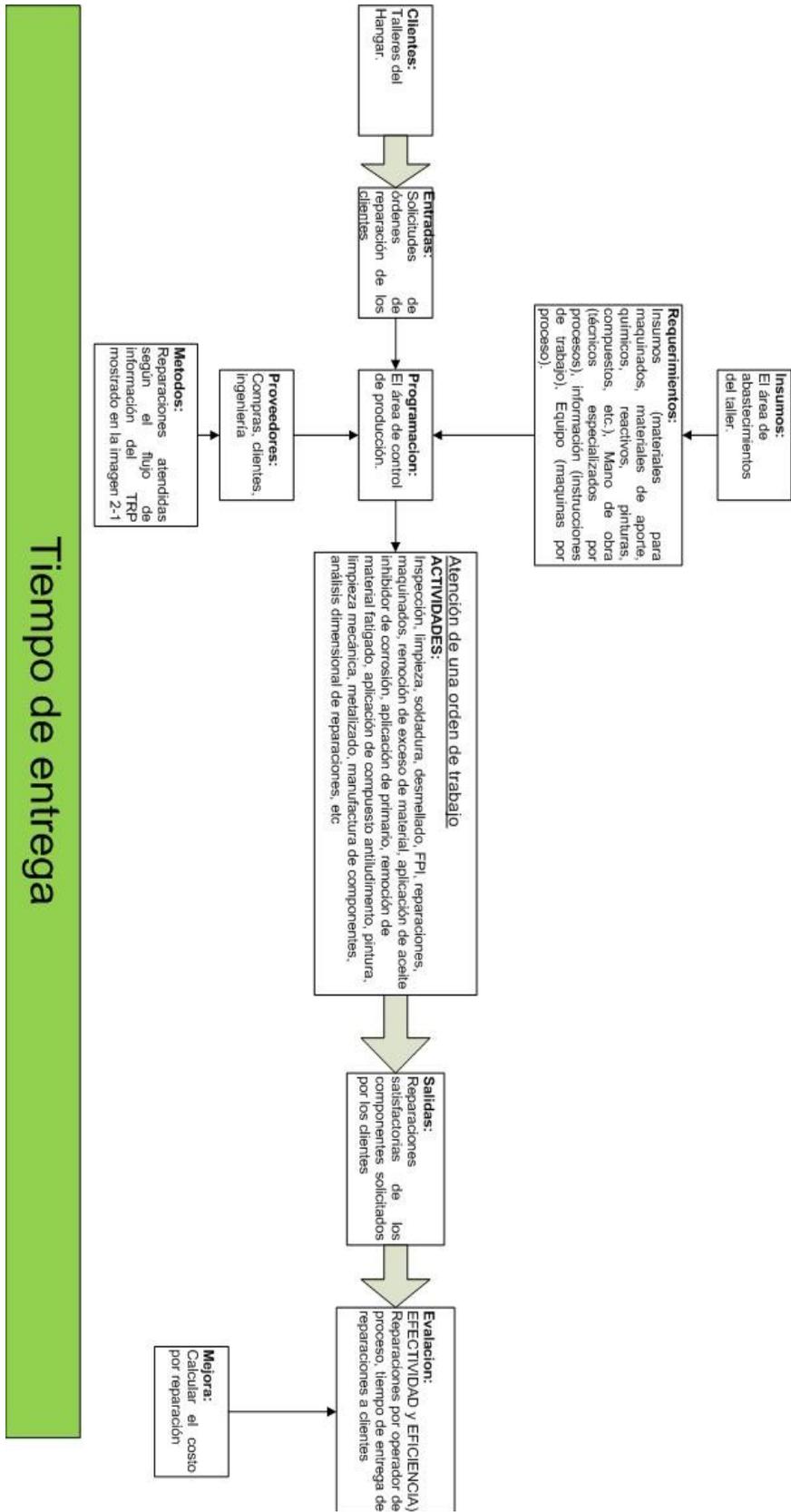


FIGURA 8: MAPA DE PROCESOS EN EL TRP (FUENTE: ELABORACION PROPIA).

2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS

Para complementar la comprensión general de la operación del taller se elaboró un mapa de procesos para detectar las variables que afectan las características de desempeño que nos interesa mejorar: productividad, costo y atención al cliente. En el caso del costo, éste es directamente afectado por el tiempo de atención que requiera una orden de servicio, y sabemos que el tiempo de atención está restringido por la eficiencia del flujo de las operaciones en cada centro de trabajo.

2.3 SIMULACIÓN DE OPERACIONES DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN DEL TRP

Con ayuda del software de simulación de operaciones PROMODEL, se elaboró un modelo a escala del TRP y se incluyeron en él todos los recursos que actualmente se utilizan para atender las órdenes de servicio recibidas en cada centro de trabajo del taller. En ese modelo fueron simuladas cinco órdenes de servicio y cinco proyectos especiales para representar la operación del taller en un periodo de dos meses. Todas las órdenes de servicio simuladas contienen las tareas más comúnmente ejecutadas por el taller. La simulación proporciona resultados por centro de trabajo y recurso utilizado en el sistema.

Este modelo fue utilizado posteriormente con modificaciones en los tiempos de espera y las tasas de llegada para representar las mejoras que el nuevo sistema de planeación y control produjo en la operación y así contrastar los resultados de la simulación original para poder determinar los objetivos operacionales necesarios que el TRP debe alcanzar para aprovechar su capacidad instalada. Con estos resultados se cuantifican los objetivos operacionales que se esperan alcanzar con el sistema automático dentro del TRP.

El nivel de detalle de los resultados que propuso el jefe del TRP sirvió como base para planear el modelo que se construyó.

2.3.1 PLANEACIÓN DE LA SIMULACIÓN

El objetivo de la simulación es cuantificar la cantidad y el detalle de las operaciones que atiende cada recurso del taller (operadores, inspectores, ingenieros y maquinaria). Esta información permite el cálculo del aprovechamiento de su capacidad global y esta productividad ayuda a visualizar los cuellos de botella y las áreas de oportunidad para la operación actual, y a su vez las oportunidades detectadas pueden ser incluidas en el diseño del futuro sistema informático para

finalmente poder construir una solución que ayude a operar en función de objetivos productivos específicos a cada elemento del sistema. Basado en este objetivo se decidió representar la mayoría de las operaciones realizadas en el TRP durante el cuatrimestre en el que se analizaron órdenes de servicio. Diez órdenes de servicio simuladas representan el 80 % de las operaciones efectuadas en ese periodo de tiempo; esas diez órdenes fueron distribuidas según la periodicidad con la que fueron atendidas en el taller y la secuencia de atención por centro de trabajo fue la misma que se tenía registrada en la orden de servicio originalmente seleccionada.

El desarrollo y la solución de la simulación está restringida al tiempo que se consideró para la etapa de diagnóstico del sistema (seis meses); adicionalmente a esta restricción, no se cuenta con el apoyo de la aerolínea para hacer la simulación en sus equipo de cómputo debido a la falta del licencias del software PROMODEL.

En cuanto al tipo de operaciones que se considera programar para simular las transacciones entre las diferentes entidades del modelo, éstas seguirán una lógica de programación simple mediante una secuencia de operaciones de acuerdo con los tiempos de cada operación incluida en la orden de servicio y utilizando las operaciones “trasladar” y “utilizar” que permite la lógica de programación de este lenguaje¹².

2.3.2 DEFINICIÓN DEL SISTEMA

Los datos que se necesitan después de la simulación de operaciones son:

- Tiempos muertos.
- Tiempos de transporte.
- Aprovechamiento de cada recurso.
- Tiempo de servicio de una orden.
- Órdenes atendidas.
- Órdenes en espera.
- Productividad de cada recurso incluido en el modelo.
- Aprovechamiento global de la capacidad instalada.

Esta información está contenida en cada una de las operaciones de las diferentes órdenes de servicio; estas operaciones se codifican en el lenguaje de programación que utiliza PROMODEL y se verifican una por una en el modelo generado. Finalmente, los datos de la simulación se pueden extraer de PROMODEL después de simular las diez órdenes de servicio que se consideraron².

La tabla 4 muestra el ejemplo de la codificación de una orden de servicio correspondiente al reemplazo de bujes en un tren de aterrizaje (una de las 10 órdenes de servicio seleccionadas para representar la operación en el taller).

TABLA 4: DETALLE DE LAS OPERACIONES INCLUIDAS EN UNA ORDEN DE SERVICIO PARA SU POSTERIOR CODIFICACIÓN EN PROMODEL (FUENTE: MODELO DEL SISTEMA EN PROMODEL).

Trabajo	Operaciones	Operadores	Tiempo	Ruta
Reemplazo de bujes	Remoción de bujes dañados.	1	0.4	Recibo – prensa
Reemplazo de bujes	Limpieza química desengrasante.	2	0.5	Prensa – químicos
Reemplazo de bujes	Manufactura e instalación de bujes.	3	1.3	Químicos – maquinado
Reemplazo de bujes	Inspección visual dimensional.	4	0.3	Maquinado – inspección
Reemplazo de bujes	Inspección final y etiquetado de la parte.	4	0.2	Inspección embarque

2.3.3 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO Y CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA

Para tener una imagen representativa del sistema actual del TRP se modeló el taller respetando la distribución y tamaños reales que tiene cada una de las entidades del sistema (ver figura 9), la representación del flujo de las órdenes de servicio se hizo con diez rutas fijas correspondientes a las diez órdenes que se utilizaron. Cada orden de servicio se representó como una llegada al área de recibo, y cada unidad productiva del taller se configuró para permitir generar colas cuando hubiese órdenes pendientes por atender.

La lógica de programación se verificó inicialmente utilizando células de producción en donde se realizaban las operaciones que posteriormente fueron codificadas en cada una de las órdenes de servicio, por ejemplo: para verificar que la simulación arrojaría los resultados esperados, se simuló una célula de producción en donde únicamente estuvieran los recursos necesarios para atender una orden de servicio. Así se construyó una célula de producción con dos operadores y un inspector siguiendo instrucciones básicas del lenguaje de programación en PROMODEL (“transportar”, “utilizar”, “utilizar con”, “soltar”, “esperar” y “embarcar”) con el propósito de atender tres pedidos diferentes con múltiples locaciones para ser procesadas.

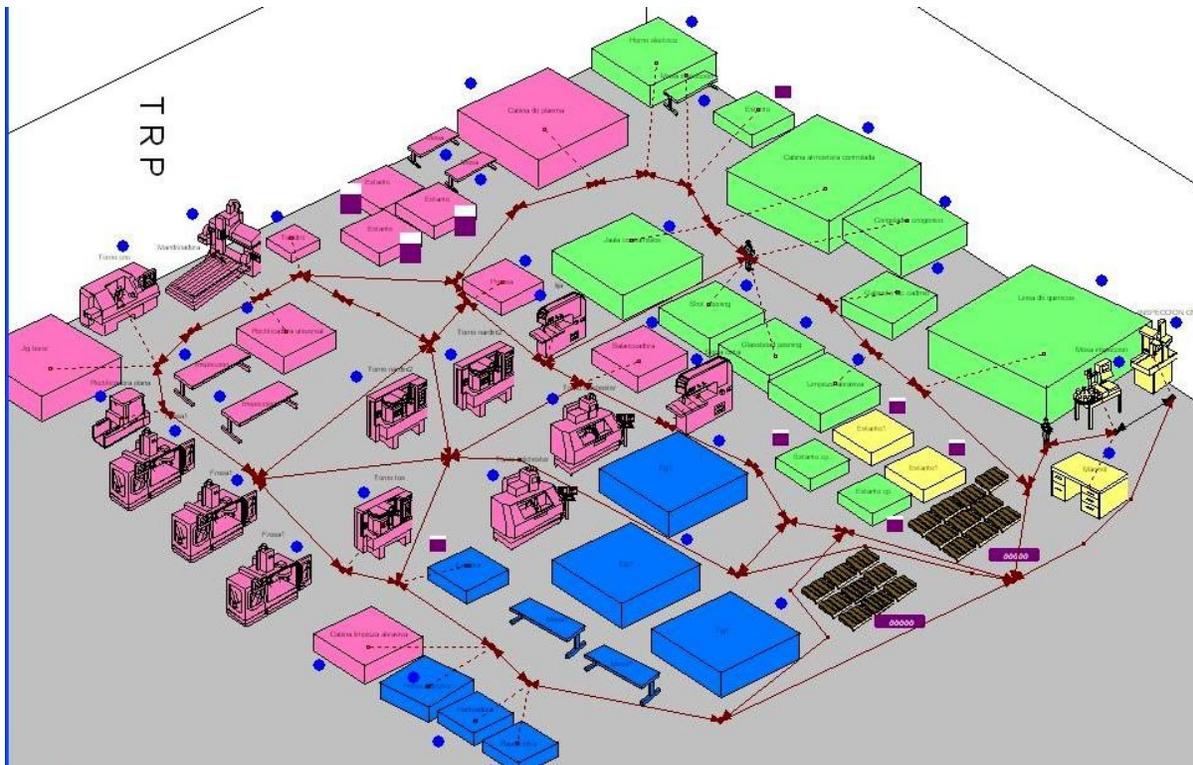


FIGURA 9: MODELO UTILIZADO PARA SIMULAR LAS OPERACIONES DEL TRP SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL TALLER Y LAS RUTAS QUE UTILIZAN LOS OPERADORES EN SU TRÁNSITO POR CADA ÁREA (FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MODELO DE PROMODEL).

Mediante una cadena de células con las características anteriores se construyó el modelo global del sistema. Fue así como se encadenaron las células necesarias para simular las diez órdenes de servicio en el modelo completo. El resultado obtenido en el modelo final fue contrastado con los indicadores recolectados durante el cuatrimestre de análisis de órdenes de servicio para validar la correlación de los resultados simulados con los del mundo real.

Para configurar el desplazamiento de los operadores por el taller, en el modelo se programaron velocidades de avance diferentes en función de la carga que llevaban (con una velocidad lenta cuando transportan partes y rápida cuando se mueven sin carga). Para representar el tiempo muerto en que incurren los operadores actualmente al tener la necesidad de consultar continuamente al ingeniero de control de producción se incorporaron retardos en las diferentes órdenes de servicio.

Estas configuraciones se guardaron como un escenario en PROMODEL¹, todas estas condiciones iniciales fueron proyectadas con la asesoría del jefe de taller para incluir las consideraciones pertinentes en cada centro de trabajo.

2.3.4 RESULTADO DE LA SIMULACIÓN DE OPERACIONES EN EL SISTEMA ACTUAL

Después de discutir con el jefe de taller, el gerente de ingeniería y el ingeniero de control de producción el significado de la información obtenida con la simulación de las operaciones en esta unidad de negocio, se concluyó que el desequilibrio presentado entre los centros de trabajo es el resultado de los cuellos de botella que representan las operaciones de soldadura y procesos químicos.

El desempeño global del sistema se refleja en los siguientes indicadores (ver tablas: 5, 6, 7, 8 y 9):

TABLA 5: RESULTADOS TOTALES DEL DESEMPEÑO DE TODOS LOS CENTROS DE TRABAJO DEL TRP (FUENTE: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LAS OPERACIONES EN LAS CONDICIONES ORIGINALES DEL SISTEMA).

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	1,961	1,961
Órdenes procesadas	N/A	226
Órdenes en espera	N/A	11
Productividad	74 %	20 %
Espera promedio	0 %	44 %
Tiempos muertos	26 %	80 %

En el caso del proceso de soldadura, la inadecuada planeación de operaciones provoca un cuello de botella en este centro de trabajo debido la cantidad de órdenes recibidas y la cantidad de soldadores con los que se cuenta; esto sugiere la posibilidad de incorporar balanceadamente a más soldadores a este centro para aprovechar mejor la capacidad instalada que éste tiene. El detalle de los resultados fue:

TABLA 6: EL CENTRO DE TRABAJO DE SOLDADURA ES EL CUELLO DE BOTELLA DEL SISTEMA (FUENTE: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LAS OPERACIONES EN LAS CONDICIONES ORIGINALES DEL SISTEMA).

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	764	764
Órdenes procesadas	N/A	N/A
Órdenes en espera	N/A	N/A
Productividad	99 %	25 %
Espera promedio	N/A	N/A
Tiempos muertos	1 %	75 %

El centro de trabajo de procesos químicos padece una merma de productividad como resultado de las demoras en cada orden de servicio; la posibilidad de mejorar el flujo productivo en este centro de trabajo debe considerarse para eliminar esta restricción del sistema. Actualmente la cantidad de operadores de este centro es suficiente. Los resultados de esta unidad son:

TABLA 7: EL CENTRO DE TRABAJO DE PROCESOS QUÍMICOS ESTÁ SIENDO DESAPROVECHADO POR EFECTO DEL CUELLO DE BOTELLA QUE TIENE EL SISTEMA (FUENTE: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LAS OPERACIONES EN LAS CONDICIONES ORIGINALES DEL SISTEMA).

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	715	715
Órdenes procesadas	N/A	N/A
Órdenes en espera	N/A	N/A
Productividad	75 %	16 %
Espera promedio	N/A	N/A
Tiempos muertos	25 %	84 %

El centro de trabajo de procesos mecánicos presenta considerables tiempos muertos debido al constante reinicio de operaciones que sus recursos deben efectuar para adaptarse a la atención de una orden de servicio en particular.

TABLA 8: EL CENTRO DE PROCESOS MECÁNICOS REPRESENTA UNA OPORTUNIDAD DE NEGOCIO PARA EL TALLER DEBIDO A LA DISPONIBILIDAD DE CAPACIDAD QUE PRESENTA (FUENTE: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LAS OPERACIONES EN LAS CONDICIONES ORIGINALES DEL SISTEMA)..

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	1086	1086
Órdenes procesadas	N/A	N/A
Órdenes en espera	N/A	N/A
Productividad	77 %	22 %
Espera promedio	N/A	N/A
Tiempos muertos	33 %	78 %

El centro de trabajo con mejor desempeño en el taller es el de procesos de inspección, aunque la cantidad de recursos que tiene está sub-utilizada, sus resultados fueron:

TABLA 9: LOS RESULTADOS DEL CENTRO DE TRABAJO DE INSPECCIÓN SUGIEREN QUE ESTE CENTRO PUEDE SOPORTAR FUTURAS EXPANSIONES EN EL

VOLUMEN DE ÓRDENES QUE ATIENDE (FUENTE: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LAS OPERACIONES EN LAS CONDICIONES ORIGINALES DEL SISTEMA).

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	1053	1053
Órdenes procesadas	N/A	N/A
Órdenes en espera	N/A	N/A
Productividad	46 %	9 %
Espera promedio	N/A	N/A
Tiempos muertos	54 %	91 %

El desequilibrio productivo manifestado por los resultados de esta simulación fue el principal tema de discusión con el equipo de la aerolínea que participo en la detección de los requerimientos para la solución informática del sistema.

2.4 DETECCIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA EL NUEVO SISTEMA AUTOMÁTICO

El sistema informático para gestionar la planeación y el control de producción en el TRP tiene como objetivo generar eficientemente la información necesaria para tomar decisiones relacionadas con las operaciones del taller. Utilizando los datos extraídos de la simulación y haciendo un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del actual sistema de control de producción, se detectaron las necesidades de información que el sistema debe satisfacer ahora y después de la mejora productiva que se pretende. Los principales requerimientos de la operación actual están relacionados con el aprovechamiento de la infraestructura tecnológica disponible para maximizar la productividad de cada uno de los recursos del taller; adicionalmente, la satisfacción de estas necesidades puede trascender a todos los talleres de la aerolínea.

En atención a estos requerimientos se analizará el sistema para construir la solución requerida dentro de las restricciones que tiene el proyecto de tesis.

Utilizando la metodología FODA²¹ para elaborar un diagnóstico de este sistema, los resultados de la simulación y el histórico de la operación del taller fueron comentados para definir los requerimientos del nuevo sistema automático de planeación y control de la producción.

La evidencia proporcionada por la simulación de las operaciones ayudó a detectar las principales fortalezas, amenazas, debilidades y oportunidades del sistema:

- F. La operación actual tiene disponible la tecnología y los recursos humanos necesarios para mejorar las buenas prácticas que se realizan en el taller.
- O. Existe un gran potencial de maximizar el flujo de las operaciones para incrementar la productividad y disminuir el costo operativo de esta unidad de la compañía con el beneficio adicional de la trascendencia en el resto de sus talleres.
- D. La principal debilidad actualmente radica en que el costo del servicio no permite competir en un mercado ajeno a los clientes internos del taller.
- A. El nivel de productividad del taller amenaza la competitividad de la compañía en general dada la gran inversión que tiene en esta unidad de negocio.

Los resultados de la simulación confirman que los tiempos de atención están dentro de los objetivos fijados para las órdenes de servicio.

Fortalezas:

- ✓ Buenas prácticas en la operación de control de producción (se llevan registros de cada reparación).
- ✓ Infraestructura tecnológica disponible para la implementación de un sistema informático (computadoras en red y usuarios experimentados en el manejo de sistemas informáticos).
- ✓ Experiencia profesional del jefe de taller y del supervisor de control de producción para corregir fallas o carencias del sistema (detectan fácilmente áreas de oportunidad del sistema).
- ✓ Usuarios del sistema proactivos en el mejoramiento de las operaciones (comunican ideas para el mejoramiento de sus operaciones).
- ✓ Usuarios altamente especializados (requieren de instrucciones de trabajo poco detalladas para realizar sus operaciones).
- ✓ Potencial de aumento de la capacidad (el sistema puede soportar el incremento de las jornadas laborales).

Estas fortalezas se cuantificaron para conocer los beneficios que ofrece un tiempo menor de atención como principal oportunidad, así se estimó el lucrativo aprovechamiento de la capacidad instalada por la venta de servicios “especiales” que puede representar a la empresa una importante fuente de ingresos adicionales. Estos ingresos elevarían la capacidad de la empresa para prosperar en el competido mercado nacional. Adicionalmente, este proyecto puede implementarse de manera similar en todos los talleres de la empresa y así reducir costos operativos de manera global para conseguir resultados similares.

Oportunidades:

- ✓ Automatizar la generación de información partir de la captura de órdenes de trabajo para ahorrar el tiempo consumido por el llenado en papel de éstas.

- ✓ Programar la producción en función de las operaciones comunes que las reparaciones solicitadas tienen para asignarlas a los centros de trabajo en un flujo continuo y se aproveche al máximo la capacidad instalada del taller.
- ✓ El costeo rápido de una reparación antes de que sea realizada permitirá decidir si es conveniente realizar la reparación en el taller o en un taller externo.
- ✓ La adecuada operación del control de la producción permitirá a la compañía ofrecer los servicios de reparación a clientes externos a la compañía de modo que se generen ingresos adicionales para ésta y se aproveche al máximo.
- ✓ El éxito de este sistema puede ser llevado a cada uno de los talleres de la aerolínea para mejorar las operaciones.

Como debilidad principal tenemos el desaprovechamiento de la capacidad instalada, que impacta directamente la utilidad de operación de la empresa.

Debilidades:

- ✗ Insatisfactorio tiempo promedio de atención para las reparaciones solicitadas por sus clientes.
- ✗ Los registros que se llevan en la operación no son capaces de generar automáticamente información para soportar la toma de decisiones del área de control de producción.
- ✗ La elaboración de los registros en papel consume tiempo.
- ✗ Falta de programación de las actividades por centro de trabajo para operar en flujo continuo.
- ✗ Falta de planeación anticipada de los requerimientos para la operación.
- ✗ Desconocimiento de los costos de reparación por orden de servicio.
- ✗ Inadecuado aprovechamiento de la capacidad instalada.

Estas debilidades amenazan la supervivencia de esta unidad de negocio en la empresa dada las condiciones imperantes en el mercado: elevados costos de combustible y la competencia de las aerolíneas de bajo costo.

Amenazas:

- ✗ El desperdicio de recursos en los talleres repercute en la utilidad de operación de la compañía y esta situación pone en riesgo el futuro de la aerolínea.
- ✗ Las compañías de bajo costo están penetrando en el mercado local y ponen en peligro los ingresos de la aerolínea, de modo que ésta se ve obligada a reducir costos.
- ✗ El sistema actual no soporta un drástico incremento en la producción del taller por lo que se vuelve una restricción para el crecimiento de la capacidad de éste.

Finalmente las necesidades de información y las habilidades requeridas para el sistema de control de producción fueron establecidas en:

Información:

- Generación automática de partes en proceso retenidas (reparaciones detenidas).
- Generación automática de reportes de recursos consumidos por centros de trabajo.
- Costeo rápido de reparaciones (en horas hombre y en pesos).
- Generación de pronósticos de operación para planear actividades.
- Generación de reportes de utilidad de operación por centro de trabajo.
- Visualización de la situación de una reparación para proporcionar información a los clientes que la soliciten.
- Generación automática de reportes de los indicadores de operación.

Habilidades del Sistema:

- Permitir actualizar la capacidad instalada (incorporación de nuevos equipos, trabajadores, centros de trabajo y unidades de producción).
- Jerarquías para hacer alteraciones en la configuración de las unidades productivas del sistema.
- Localización de cuellos de botella por centro de trabajo para tomar decisiones y contrarrestar los efectos negativos que esto tiene en el proceso.
- Planeación de la operación en mano de obra disponible descontando vacaciones, capacitaciones y permisos de los trabajadores.
- Cambio en la prioridad de atención de una reparación para atender emergencias.

2.5 RECURSOS Y RESTRICCIONES PARA ATENDER LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

La formación adquirida durante el programa de maestría en ingeniería de manufactura aunada a la infraestructura tecnológica disponible en el IPN y los demás recursos a los que el tesista tiene acceso permitirán la construcción del sistema utilizando:

- Las habilidades desarrolladas en la construcción de sistemas orientados a objetos.
- Las habilidades adquiridas para simular operaciones en PROMODEL.
- Los conocimientos profesionales de análisis sistémico.
- La experiencia profesional del tesista en la administración de proyectos.
- La experiencia de los ingenieros del TRP en administración de operaciones de reconstrucción y recuperación de componentes aeronáuticos.

- El software de simulación PROMODEL.
- El software para desarrollo de aplicaciones web VISUAL STUDIO.
- Una espacio en el servidor de la red del TRP para montar el sistema.
- Doce meses para la construcción del sistema.

Por otra parte, las restricciones existentes en este proyecto son de naturaleza tecnológica, financiera y profesional:

- Plazo de construcción limitado a la duración del programa de posgrado.
- Carencia de financiamiento para el uso de herramientas de simulación más eficientes.
- Habilidades en el desarrollo de sistemas orientados a objetos.
- Carencia de equipos de cómputo en cada uno de los centros de trabajo.

Con este diagnóstico los responsables de apoyar el proyecto acordaron con el tesista una propuesta de solución como punto de partida en el desarrollo de la solución final.

2.6 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Utilizando los recursos disponibles para reducir las diferencias de productividad detectadas en la operación del TRP se expuso ante el gerente de ingeniería, el jefe de taller y el ingeniero de control de producción un modelo representativo de la solución que será desarrollada. La valoración de la funcionalidad requerida por sus usuarios a través de pantallas propuestas vendrá de este equipo; el sistema presentado consta de dos módulos: planeación de la producción y control de la producción.

La intención de manejar estas dos funcionalidades por separado obedece al objetivo de implementar eficientemente el sistema⁶. Se consideró más sencillo familiarizar a los usuarios con el proceso automático de control de producción en una primera etapa y después capacitarlos para asimilar las modificaciones que requiere la operación para alimentar el sistema de planeación. Parte de la valoración de la propuesta consistió en contrastar las funcionalidades del nuevo sistema con las de las soluciones disponibles en el mercado para sistemas informáticos de gestión de recursos. Tras la valoración del sistema fueron acordados los entregables concretos del proyecto de tesis.

El panel principal de este sistema es un tablero de control en forma de tabla que permite acceder al detalle de las órdenes de servicio que procesa el TRP; haciendo clic en un centro de trabajo se pueden visualizar las órdenes atendidas por éste y, a continuación, haciendo clic en una orden se puede conocer el listado de operaciones correspondientes a este documento. Físicamente, el tablero de control mostraría en verde las órdenes de servicio que ya fueron atendidas dentro de un centro de trabajo; en amarillo, las órdenes en proceso y en rojo aquéllas que no pueden ser procesadas por algún problema en el sistema.

Las prioridades asignadas para cada orden en un centro de trabajo pueden ser identificadas por el tipo de letra con las que están identificadas, por ejemplo: las órdenes en negrillas tienen una prioridad mayor que las órdenes sin negrillas.



Físicamente, el sistema propuesto debería desplegar la información de la siguiente manera (figura 10):

2.6.1 MÓDULO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

Las funcionalidades propuestas para este módulo reemplazarán al sistema actual de control de producción; en él se podrán manipular órdenes de servicio, transferir insumos entre los diferentes centros de trabajo o talleres y generar reportes del aprovechamiento de la capacidad instalada para cada centro de trabajo. Adicionalmente se puede calcular el costo de una orden de servicio; este dato sirve a los administradores para poder verificar que están respetando el objetivo para las órdenes de servicio que procesan, es decir, ninguna orden de servicio debe exceder el

FIGURA 10: EL TABLERO DE CONTROL PERMITE CONOCER EL DETALLE DE LAS ÓRDENES DE SERVICIO QUE SE ESTÁN PROCESANDO EN EL TALLER; ESA INFORMACIÓN PERMITE A LOS ADMINISTRADORES TOMAR LAS ACCIONES NECESARIAS PARA CONTROLAR LA PRODUCCIÓN DEL TALLER (FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DE DISEÑO PROPIO).

60% del costo que tendría el componente nuevo.

Los registros generados con este módulo sirven de base para los reportes de la operación del taller.

2.6.2 MÓDULO DE PLANEACIÓN

Dentro de las funcionalidades relacionadas con el modulo de planeación incluidas en esta propuesta estuvieron la programación del flujo productivo para cada centro de trabajo en la secuencia mas económica para el taller y la generación del listado de consumibles que será necesario abastecer en el taller para permitir la oportuna atención de estos requerimientos. La planeación de consumibles para la atención de órdenes de servicio, el abastecimiento de éstos, la administración de los documentos que permiten las actividades de planeación y la programación de la capacitación de los recursos humanos del taller son las principales funciones que se realizan con ayuda de este módulo, con el que se puede actualizar la capacidad instalada del taller para conocer el aprovechamiento de ella (por ejemplo: el tiempo extra, las vacaciones del personal y los permisos de ausencia pueden ser cargados en él para actualizar la disponibilidad de recursos; ver figura 11). Estas herramientas le permiten al administrador del sistema tener un panorama de los recursos disponibles que tendrá al momento en que se ejecuten los programas de mantenimiento de la flota aérea de la compañía y así estar en mejores condiciones para atender oportunamente sus requerimientos.

Sistema de Control de Producción TRP				
Control de Producción		Planeación	Ordenes de Servicio	Consultas
Ordenes de Trabajo		Centros de Trabajo		
110	1			160
1224/06	1224/15	1224/06	1224/06	1224/06
1225/06	1225/15	1224/06	1224/06	1224/06
1224/07	1224/06	1224/06	1224/06	1224/06
1225/07	1224/06	1224/06	1224/06	1224/06
1224/08	1224/06	1224/06	1224/06	1224/06
1225/08	1224/06	1224/06	1224/06	1224/06

FIGURA 11: BASADO EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE SERVICIO DE LA AEROLÍNEA, EL TRP PUEDE ANTICIPARSE A LA DEMANDA BASADO EN LAS ÓRDENES DE SERVICIO QUE LAS AERONAVES EN MANTENIMIENTO GENERARON EN SUS ANTERIORES SERVICIOS DE MANTENIMIENTO (FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DE DISEÑO PROPIO).

2.6.4 COMPARATIVO DE ESTA PROPUESTA CON SOLUCIONES EXISTENTES

El costo y el nivel de personalización que esta propuesta ofrece mejoran las características ofrecidas por soluciones informáticas disponibles en el mercado como SAP, cuyas licencias están por arriba del costo de desarrollo de un sistema personalizado; actualmente, una solución similar a esta requiere aproximadamente de tres meses para un desarrollador profesional a un costo de 10,000 USD mensuales⁴.

Adicional a las mejores condiciones que el desarrollo de este proyecto ofrece respecto de SAP y de las soluciones que pueden desarrollarse de manera personalizada para resolver esta necesidad, este sistema puede ser reutilizado con ligeras modificaciones para resolver las necesidades de planeación y control de la producción en empresas con necesidades similares a las de esta aerolínea, quedando abierta la posibilidad de ser utilizado por empresas de cualquier giro manufacturero, dado que la necesidad atendida por este sistema también está presente en talleres de distinta naturaleza.

La visión que se tiene para esta propuesta altamente personalizada para el TRP es utilizarla con el mismo nivel de detalle en cada uno de los talleres de la empresa, cuando esta solución demuestre en la operación real los beneficios que la compañía espera.

En cuanto a la implementación de esta solución en la empresa, el uso de la estructura actual del sistema de control de producción y la falta de alteraciones significativas a las operaciones actuales permiten que el aprendizaje durante la etapa de implementación del sistema no represente un elevado costo, a diferencia de SAP y demás sistemas disponibles en el mercado que condicionan al cliente a ajustar su operación para generar la información que sus sistemas necesitan.

La principal desventaja de este sistema es la reducida capacidad que tiene para pronosticar las operaciones del taller, ya que no cuenta con funciones específicas para generar los pronósticos de recursos que serán utilizados durante un periodo de tiempo dado; para resolver esta desventaja la empresa requiere de una mayor nivel de integración en los sistemas responsables de gestionar sus recursos para que éstos puedan compartir oportunamente la información referente a la demanda, costo, tiempo y detalle de operaciones, de modo que cada taller pueda, a partir de los programas de mantenimiento, elaborar efectivamente un presupuesto operativo certero con varias semanas de anticipación.

2.6.5 ENTREGABLES DEL PROYECTO

Al término del proyecto el tesista entregará:

- Tesis de grado concluida.

- Ejecutable del sistema de control de producción elaborado.
- Manual de usuario del sistema.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA

Actualmente la mejor práctica en el diseño de sistemas informáticos consiste en modelar la estructura del sistema según los requerimientos del cliente, para ello éstos son transformados en objetos de software. UML simplifica este proceso y proporciona una plantilla representativa del sistema definitivo para construir el programa. Esto permite especificar, visualizar y documentar el modelo del sistema global con su estructura y diseño mediante doce diagramas que definen las relaciones y restricciones de sus elementos constitutivos, incluyendo tolerancia a errores y seguridad del sistema. Inicialmente, para el modelado de este sistema se definieron sus objetos constitutivos.

Las clases del sistema son la base estructural del modelo. Los objetos identificados se agruparon en dos paquetes que se incorporaron al modelo en forma de diagramas. Después de la definición de las clases se determinaron las relaciones entre ellas, así como las correspondientes operaciones de manipulación de datos, operaciones de cómputo y operaciones de monitoreo que involucran a todos los objetos. El conjunto integrado de estos módulos fue la base para trabajar el par de casos de uso principales del sistema desarrollado: atención de órdenes de servicio y planeación de la producción.

Cada caso de uso tiene transacciones únicas que le permiten al sistema efectuar cada una de las operaciones requeridas por sus usuarios. De la misma manera en que las clases fueron incorporaron al modelo global del sistema, los casos de uso se esquematizaron para ser incluidos en él.

Con la estructura generada utilizando este lenguaje de modelado, el sistema informático diseñado tiene la capacidad -después de sufrir ligeras modificaciones- de adaptarse para resolver las desviaciones productivas presentes en las funciones de planeación y control de producción del resto de los talleres de la empresa; adicionalmente, es útil para diferentes empresas que padezcan deficiencias productivas en esta función sin importar el giro de las mismas. La adaptabilidad de esta solución permite a las empresas usuarias mejorar su productividad de manera sustancial.

Finalmente, la estructura desarrollada simplificará la tarea de programación del software en *Visual Estudio* permitiendo así que esta solución esté al alcance de cualquier empresa con necesidades similares para que, duplicando los pasos que se han descrito hasta este punto del trabajo, puedan construir un sistema similar que satisfaga sus necesidades de planeación y control de producción. Los detalles de la codificación de los requerimientos del cliente en términos del lenguaje único de modelado (UML) para construir la estructura de la solución informática según la propuesta acordada con los usuarios del sistema y considerando el aprovechamiento de las oportunidades productivas que fueron detectadas en el diagnóstico de la operación actual del TRP se explicarán en este capítulo mediante la descripción de los diagramas y las bases de datos que fueron generadas para este fin.

3.1 DIAGRAMA DE CLASES

Una clase es un conjunto de objetos que comparten una estructura y un comportamiento común (operaciones); es una descripción de un grupo de objetos con propiedades comunes (atributos) y relaciones comunes con otros objetos (asociaciones y agregaciones); sirve para crear objetos.

Según el estándar para la construcción de software, UML permite modelar y documentar la arquitectura de una aplicación a partir de las clases que lo integran.

En la notación de especificación, visualización y construcción de sistemas informáticos UML, los diagramas de clase permiten conocer los grupos a los que pertenecen y las relaciones que mantiene cada una de las clases agrupadas para comprender la estructura del sistema⁵.

La elaboración de un diagrama de clases comienza con la definición de las clases del sistema a partir de los requerimientos del cliente. Los requerimientos del cliente utilizados para la construcción de este sistema fueron determinados en función de la información que los usuarios necesitaban generar con ayuda del mismo. Esta información se especificó en forma de listado de requerimientos que sirvieron como base para la elaboración de un diagrama de clases básico y, conforme el nivel de detalle incrementaba debido a las agrupaciones que se hicieron con las clases los objetos incluidos en el diagrama, se ubicaron en su lugar definitivo para construir el diagrama de clases final.

La adecuada representación de las clases del sistema es necesaria para poder modelar las interacciones entre éstas con la precisión que la estructura del sistema requiere para su construcción.

3.1.1 DEFINICIÓN DE CLASES

Las principales clases del sistema fueron determinadas a partir de las transacciones demandadas por los usuarios. De acuerdo con las prácticas de modelado de sistemas con UML, estas transacciones fueron solicitadas una a una por los usuarios y de ellas se extrajeron los sustantivos incluidos en esa solicitud para definir las clases necesarias en el futuro sistema. Toda esa información fue proporcionada por un equipo de diferentes trabajadores de la aerolínea y se recolectó mediante entrevistas.

Los enunciados que manifiestan los requerimientos del cliente fueron:

- El sistema tiene accesos controlados
- Los usuarios ingresan al sistema utilizando sus respectivas cuentas.

- Existen dos tipos de usuarios: clientes y administradores.
- Los clientes únicamente pueden realizar operaciones de consulta en el sistema.
- Los administradores tienen autorización para realizar transacciones en el sistema.
- La información de entrada para el sistema es la que se encuentra contenida en la orden de servicio.
- Existe información complementaria que es cargada manualmente en cada una de las tablas pertenecientes a las diferentes bases de datos del sistema.
- Los administradores pueden dar de alta órdenes de servicio para comenzar su proceso de atención dentro del TRP.
- Los usuarios consultan el tablero de control para verificar la disponibilidad de recursos necesarios para procesar las órdenes generadas de acuerdo con los planes de mantenimiento.
- El administrador decide las transacciones de recursos que deben efectuarse para poder atender en tiempo las órdenes que se tienen en el TRP.
- El administrador libera las órdenes de servicio cuando éstas han sido completadas satisfactoriamente.
- El administrador genera los reportes de operación de las órdenes de servicio procesadas.
- Los usuarios de las órdenes de servicio actualizan las operaciones que han sido satisfactoriamente terminadas durante el periodo de atención de una orden en el taller.
- El administrador genera un presupuesto del costo de la orden de servicio que se generó para atender cada componente recibido en el TRP.
- El administrador gestiona mediante transacciones la autorización de todos los recursos que serán necesarios para procesar las órdenes de servicio generadas en el tiempo y costo presupuestados.

A partir de estos requerimientos se generaron las siguientes clases:

- Usuarios
- Sistema
- Cuenta de usuario
- Consulta
- Permiso
- Transacción
- Información de entrada
- Información complementaria
- Orden de servicio
- Tablas
- Bases de datos del sistema
- TRP
- Tablero de control
- Disponibilidad
- Planes de trabajo
- Reportes

- Documentos
- Comentarios
- Presupuesto

Estas clases pueden efectuar las siguientes operaciones:

- Liberación
- Ingreso
- Ejecución
- Transferir
- Autorizar
- Permitir
- Encontrar
- Generar
- Atender
- Procesar
- Consultar
- Verificar
- Decidir
- Gestionar

Basándose en estas características se fueron detallando los atributos correspondientes a cada una de las clases identificadas hasta el momento.

3.1.2 DIAGRAMA DE CLASES

Visual Studio incluye una herramienta para generar los diagramas de clases correspondientes a un sistema¹⁵; inicialmente se generó el siguiente mapa de clases del sistema (figura 12):

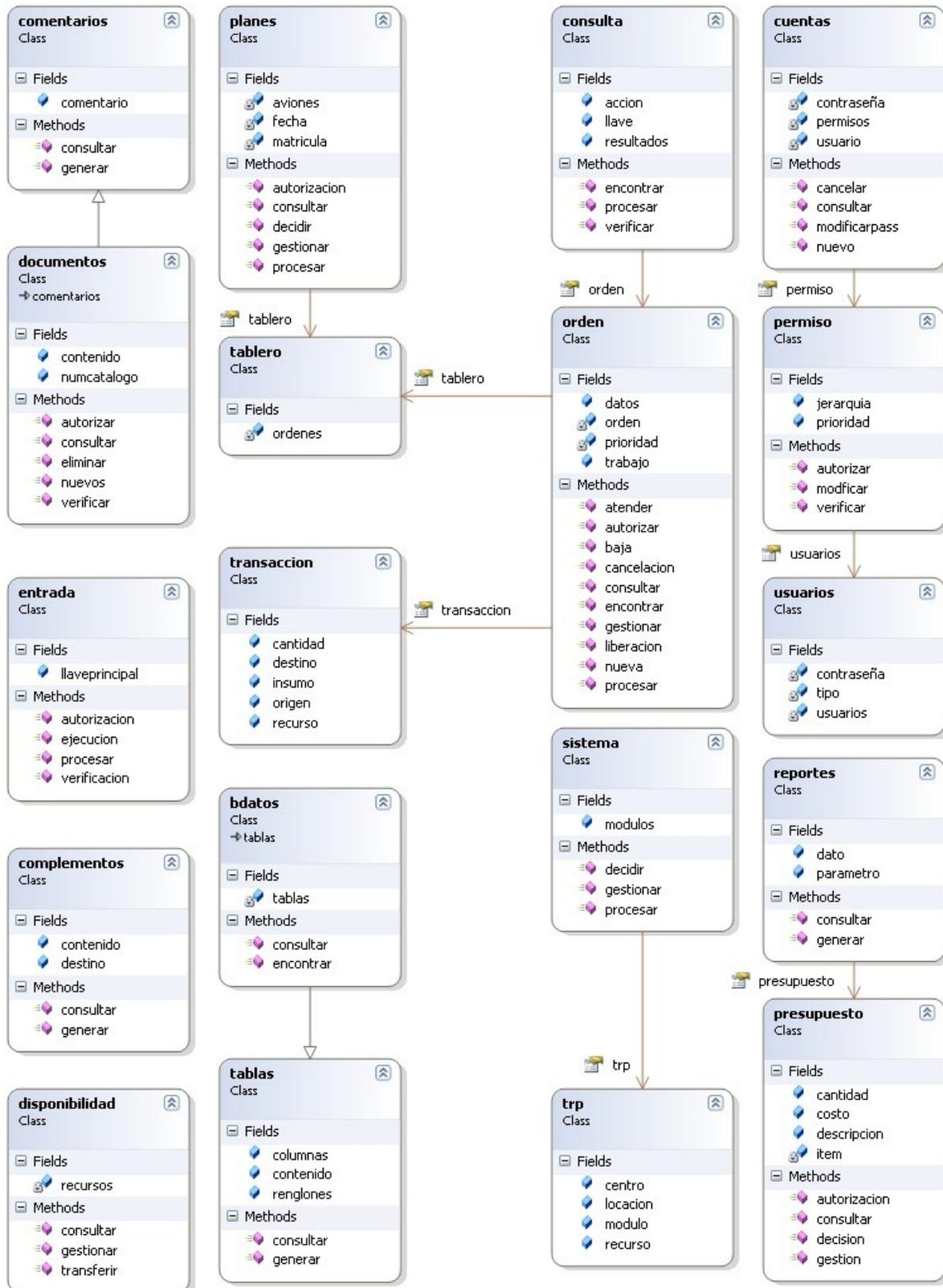


FIGURA 12: MAPA DE CLASES GENERADO EN VISUAL STUDIO (FUENTE: DISEÑO PROPIO)

3.2 DIAGRAMA DE RELACIONES

Para particularizar en las interacciones presentes entre las distintas clases del sistema se asignaron las respectivas relaciones de dependencia, generalización y asociación a cada uno de los objetos que lo integran. Este nivel de detalle, aunado a los diagramas complementarios que se elaborarán después, permitirá que el modelo completo de la estructura del sistema sea comprendido a partir de la manera en que cada elemento colabora para la satisfacción de los requerimientos del cliente.

Antes de utilizar la herramienta de modelado para generar el diagrama de relaciones del sistema es necesario identificar cada uno de los tipos de relaciones que sean aplicables a cada clase.

3.2.1 RELACIONES

La naturaleza de las interacciones entre cada una de las clases del modelo se identificó mediante el análisis del efecto que éstas tienen en las demás. Con esto se evidencian las dependencias de cada objeto; posteriormente los objetos hijo incluidos en este modelo fueron generalizados, siempre que éstos sean capaces de ser utilizados en los mismos lugares en los que aparece su padre. Finalmente se identificaron las relaciones estructurales que conectaban estos objetos entre sí (ver figura 14).

Respetando los lineamientos para el modelado de este tipo de relaciones según UML se visualizaron las relaciones como se muestra a continuación.

3.2.2 DIAGRAMA DE RELACIONES

Incorporando las relaciones identificadas para cada objeto del modelo al diagrama de clases elaborado hasta el momento, se utilizó la herramienta de modelado UML incluida en *Ms Office Visio* para representar visualmente estas relaciones dentro del modelo global del sistema.

3.3 DIAGRAMAS COMPLEMENTARIOS

Para alcanzar un entendimiento completo de la operación global del sistema se generaron los diagramas de actividad, secuencia, estado y comunicación en los elementos que requieren este nivel de detalle, complementando así el diagrama de clases detallado que se tiene para generar los objetos faltantes en la estructura del sistema que satisfacen los requerimientos del cliente.

3.3.1 DIAGRAMAS DE ESTADO

Dado que los objetos integrantes del sistema son dinámicos, es necesario conocer su estado en un momento en particular para detallar el funcionamiento de los procesos que los involucran, como se muestra en la figura 15. Utilizando la herramienta de modelado de *Ms Office Visio*, se generó el siguiente diagrama para el estado “activo” de una orden de servicio del taller:

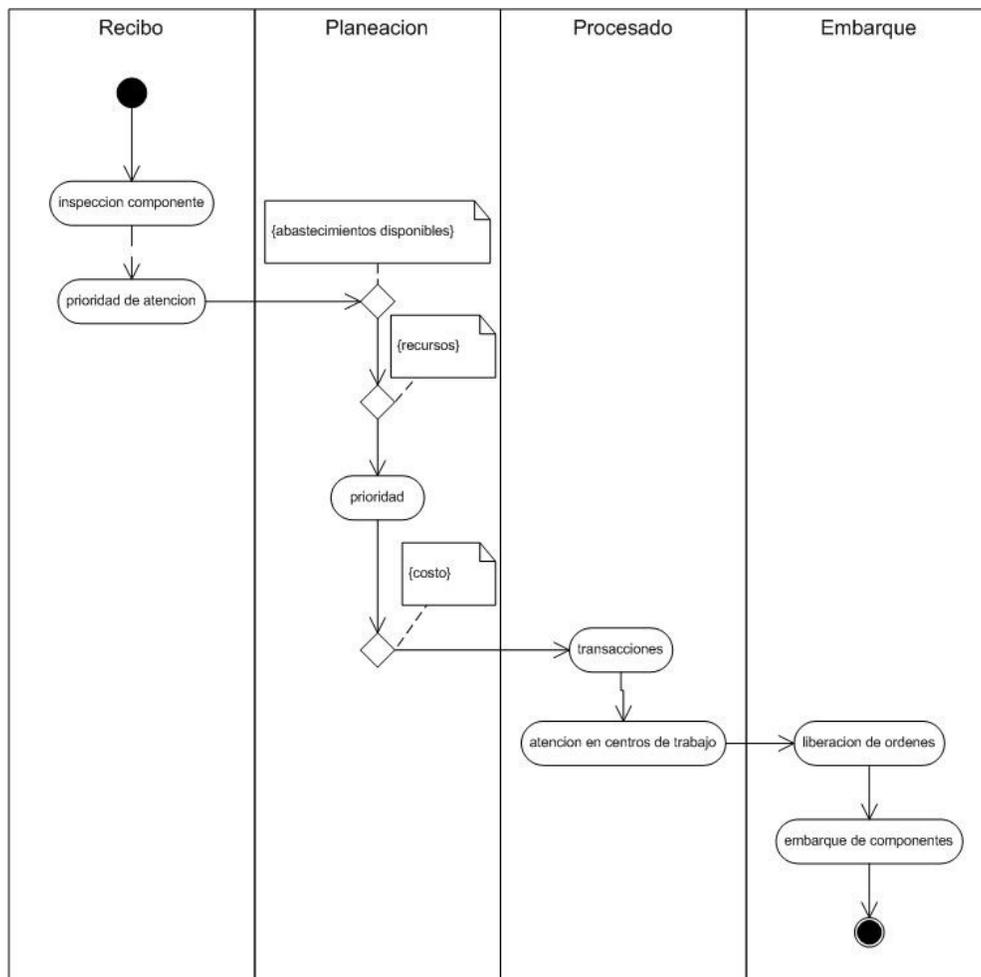
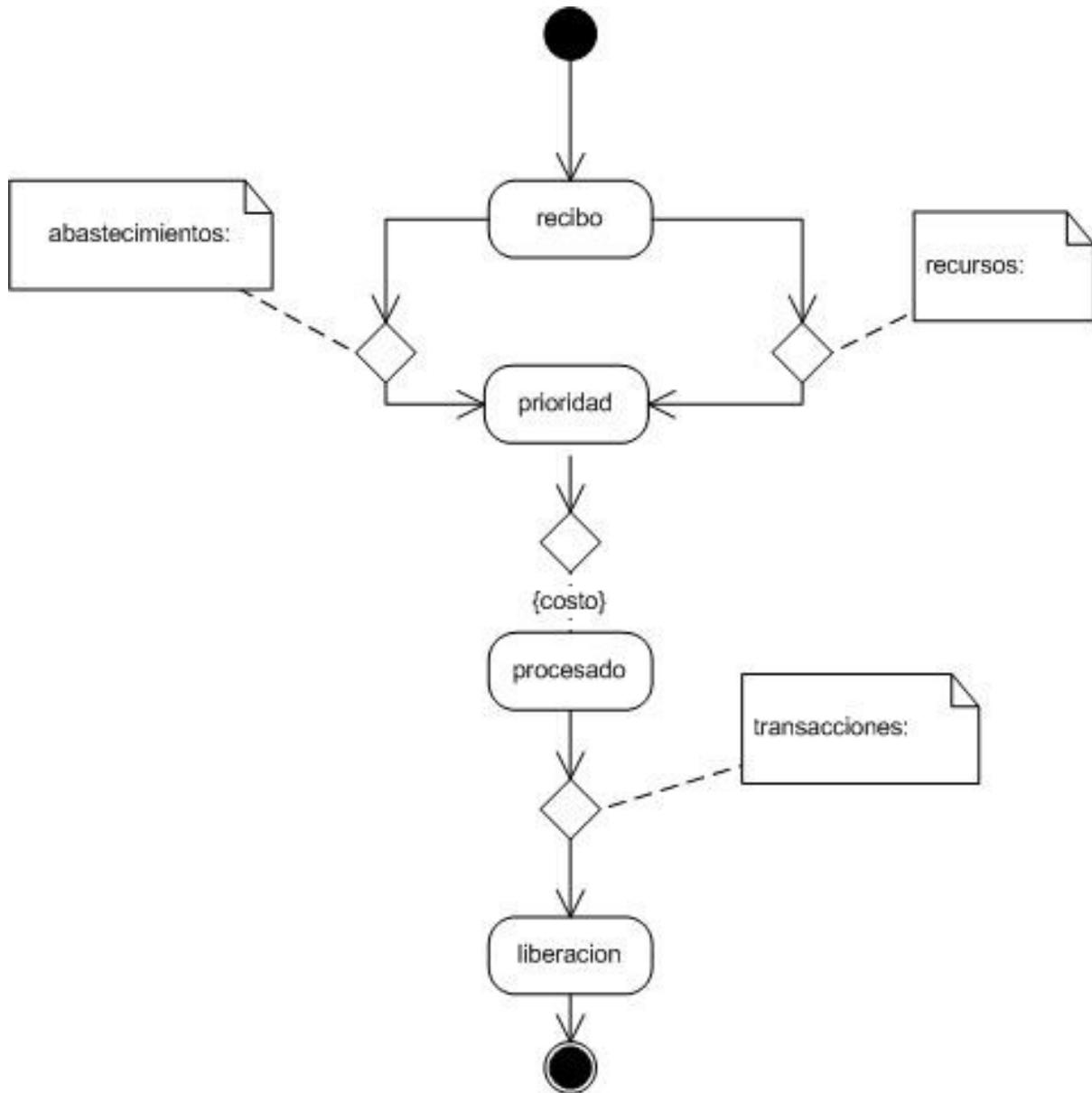


FIGURA 15: DIAGRAMA DE ESTADO PARA UNA ORDEN DE SERVICIO (FUENTE: DISEÑO PROPIO).

3.3.2 DIAGRAMA DE ACTIVIDAD

El flujo y control de datos a través de los pasos de cómputo que tiene un estado en particular son descritos mediante diagramas de actividad¹⁴. En el caso de las órdenes de servicio que se están atendiendo en el taller el diagrama de actividad es el siguiente (figura



16):

3.4 CASOS DE USO

La secuencia de acciones y las variantes posibles que el sistema puede llevar a cabo para cumplir con los requerimientos funcionales de planeación y control de la producción se describen en esta sección mediante un par de casos de uso; el primero consiste en la atención de las órdenes de servicio que se procesan en el TRP; el segundo incluye las operaciones efectuadas para atender la función de planeación de la producción. Utilizando una narrativa simple para describir los requerimientos de cada una de estas dos funcionalidades, la secuencia de operaciones del sistema y las variables que éste puede presentar se visualizaron mediante los diagramas de casos de uso con la herramienta de modelado incluida en *Ms Office Visio* (ver figura 17).

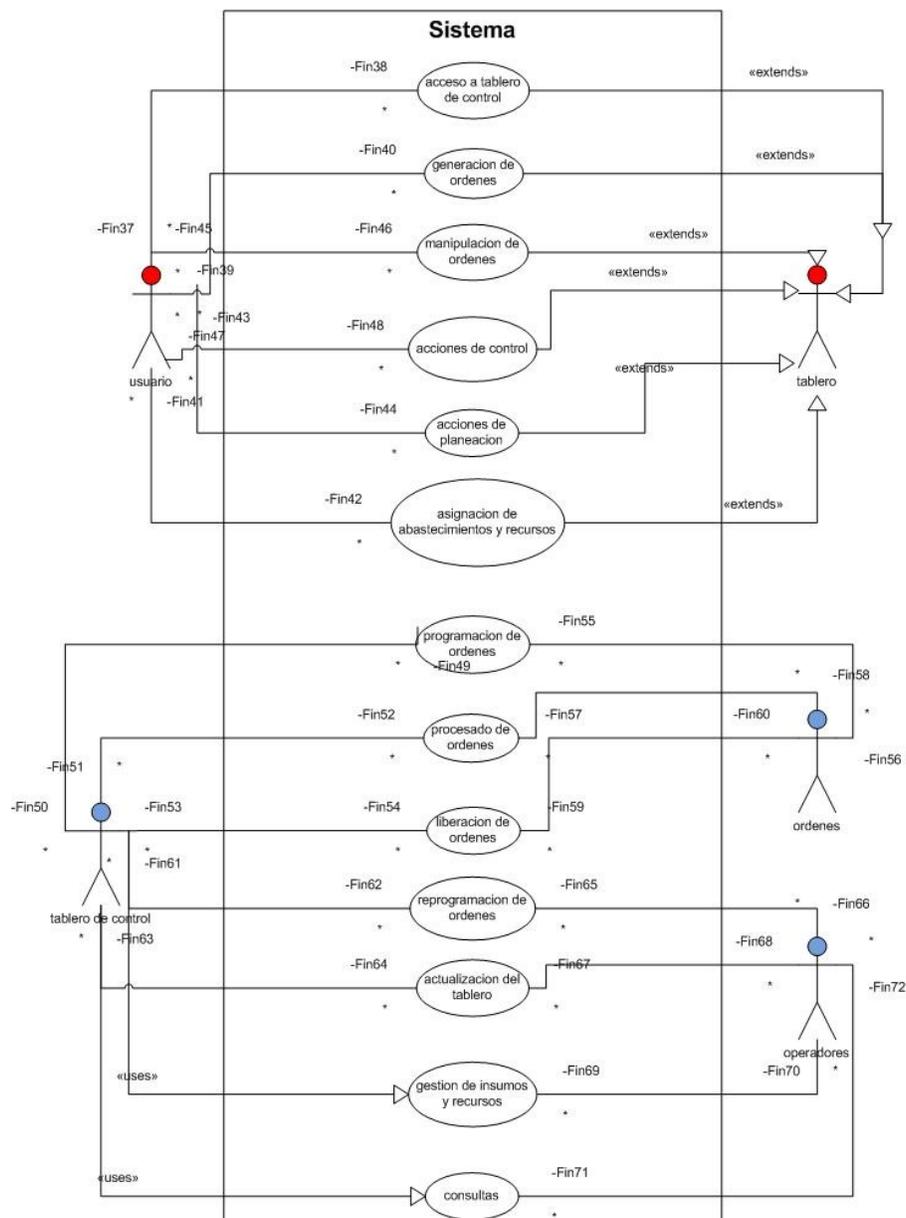


FIGURA 17: REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA LA OPERACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL (FUENTE: DISEÑO PROPIO).

3.4.1 ORDEN DE SERVICIO

Dado que el tiempo de atención a los clientes del TRP es uno de los requerimientos que refleja más efectivamente la eficiencia del sistema de control de producción, el proceso de atención de una orden de servicio se modeló como un caso de uso para reconocer cada una de las variaciones que afectan el resultado final de este proceso y así clarificar las operaciones que deben incluirse en el modelo global del sistema para garantizar que el resultado satisfaga consistentemente las demandas de sus clientes.

El requerimiento se planteó en los siguientes términos¹⁶:

- La orden de servicio se genera anticipadamente al recibo del componente según el programa de mantenimiento de la aerolínea y las indicaciones específicas de los clientes.
- La orden de servicio es emitida definitivamente una vez que los componentes han sido recibidos en el TRP y -previa inspección- se han determinado adecuadamente las operaciones que deberán efectuarse para poder cumplir con el servicio requerido por los clientes.
- El tiempo de atención de la orden de servicio depende del turno que se le haya asignado para ser procesada y de la cantidad de operaciones que esta orden requiera.
- Si el tiempo de atención no satisface los requerimientos de entrega del cliente, se cambian las prioridades de atención para la orden de servicio; en caso de que el tiempo de atención aun sea inadecuado para el cliente, el TRP evalúa económicamente la alternativa de autorizar tiempo extra a los centros de trabajo que así lo requieran. De la misma manera, considera la alternativa de contratar con proveedores externos los servicios de restauración que sean necesarios para poder cumplir con estos tiempos de entrega.
- Si alcanzando los tiempos de entrega requeridos por el cliente, los costos de la reparación están por arriba de los objetivos establecidos en la operación del taller, el cliente es notificado de que la reparación es incosteable para el taller.
- Si la reparación es incosteable para el taller, el cliente tiene dos alternativas: financiar el costo excedente del servicio de reparación o contratar el servicio externo de reparación.
- Si el cliente accede al financiamiento del costo excedente de la reparación, la orden de servicio es procesada en los términos acordados con el taller.
- Si los clientes no acceden al financiamiento del costo excedente del servicio de reparación y tampoco adquieren el servicio externo de reparación, el tiempo de entrega queda establecido dentro de lo presupuestado originalmente más el tiempo que se halla acumulado por el retraso en la decisión del cliente.

Con la funcionalidad de *Ms Office Visio* el modelo de este caso de uso (figura 18), basado en los requerimientos incluidos anteriormente quedo así:

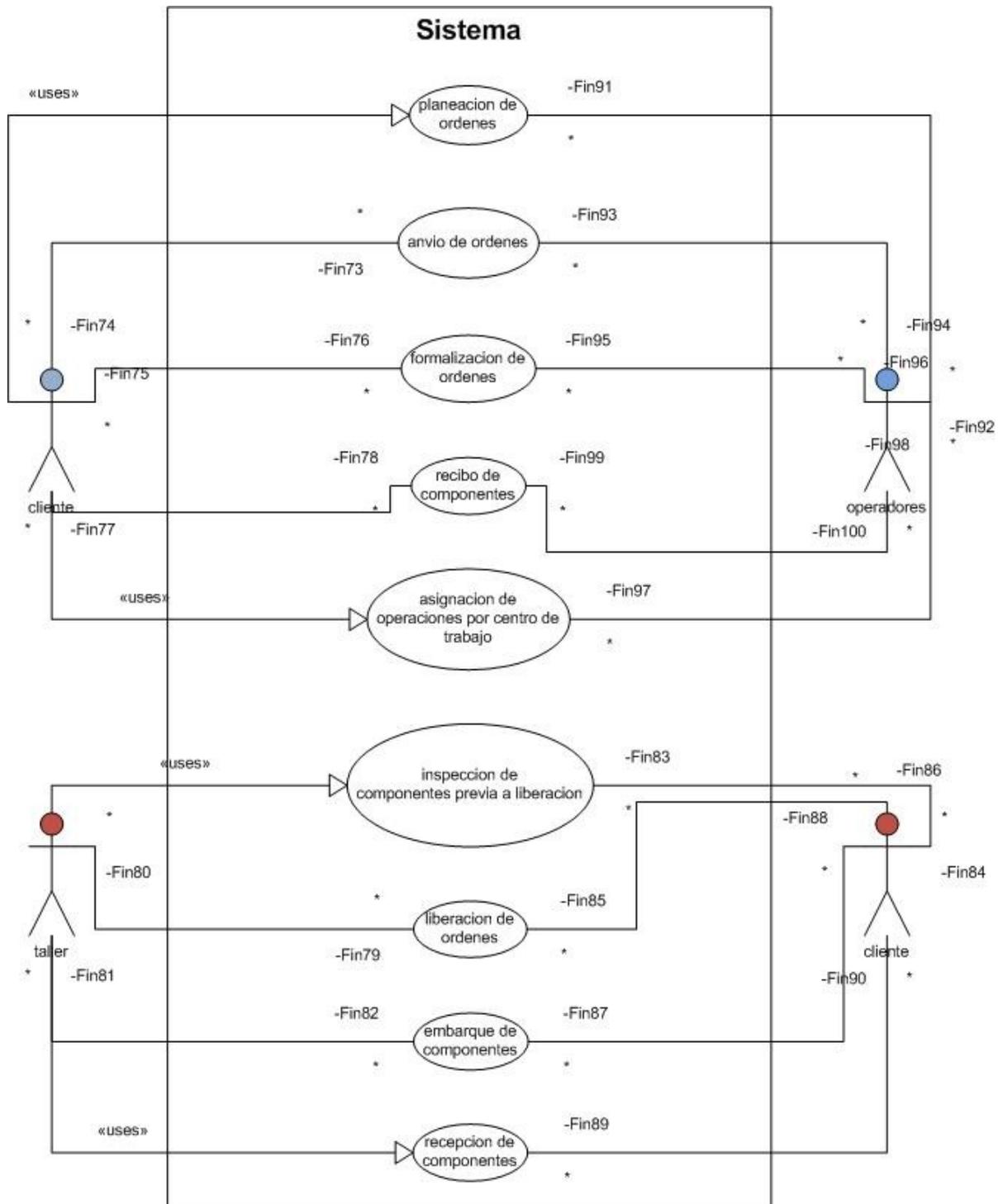


FIGURA 18 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA EL CASO DE USO ORDEN DE SERVICIO (FUENTE: DISEÑO PROPIO).

3.4.2 PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN

Uno de los pilares para satisfacer el aumento de productividad requerido en la operación del taller es la funcionalidad del sistema para anticiparse a los requerimientos de sus clientes y así aprovechar eficientemente la capacidad instalada a su disposición. Esta planeación depende de la información que todos los clientes del taller compartan con el TRP; en este caso de uso se distinguen dos escenarios: uno en el cual la reparación solicitada ya haya sido procesada anteriormente en el taller y otro en el que el servicio solicitado nunca haya sido procesado por el TRP. En ambos casos, cada solicitud generada de manera anticipada por los clientes es buscada en las órdenes de servicio anteriores para poder extraer los elementos que volverán a ser solicitados y así generar el listado de operaciones e insumos necesarios para su oportuna atención; con ello se logra tener listos en su mayoría los recursos disponibles para una eficiente atención de los componentes una vez éstos hayan sido recibidos en el taller.

Este requerimiento tiene los siguientes términos:

- Los clientes comunican anticipadamente al TRP sus planes de mantenimiento con el detalle de los componentes que deberán ser reparados para poder recibir un presupuesto de costo y tiempo de atención.
- El TRP genera una lista de operaciones en función de las reparaciones estimadas por el cliente basándose en su historial de órdenes de servicio.
- El TRP determina las probables operaciones que serán requeridas para satisfacer estos requerimientos.
- Las operaciones determinadas son analizadas por el jefe de taller para asignar los recursos necesarios que serán utilizados en atención a estas órdenes.
- Las operaciones autorizadas después del análisis son incluidas dentro de órdenes de servicio provisionales.
- Las órdenes de servicio provisionales reservan los recursos en el taller que deberán disponerse para poder atender estos requerimientos.
- Para complementar la planeación de las operaciones en el TRP se elabora un pronóstico de operación por centro de trabajo y se presupuestan los recursos estimados para un periodo de tiempo en particular. Con ello el taller puede programar la mayoría de sus operaciones dentro de un flujo continuo de producción para tener un rendimiento productivo por centro de trabajo, de acuerdo con los objetivos cuantitativos definidos para esta unidad de negocio.

El diagrama de este caso de uso se muestra en la figura 19:

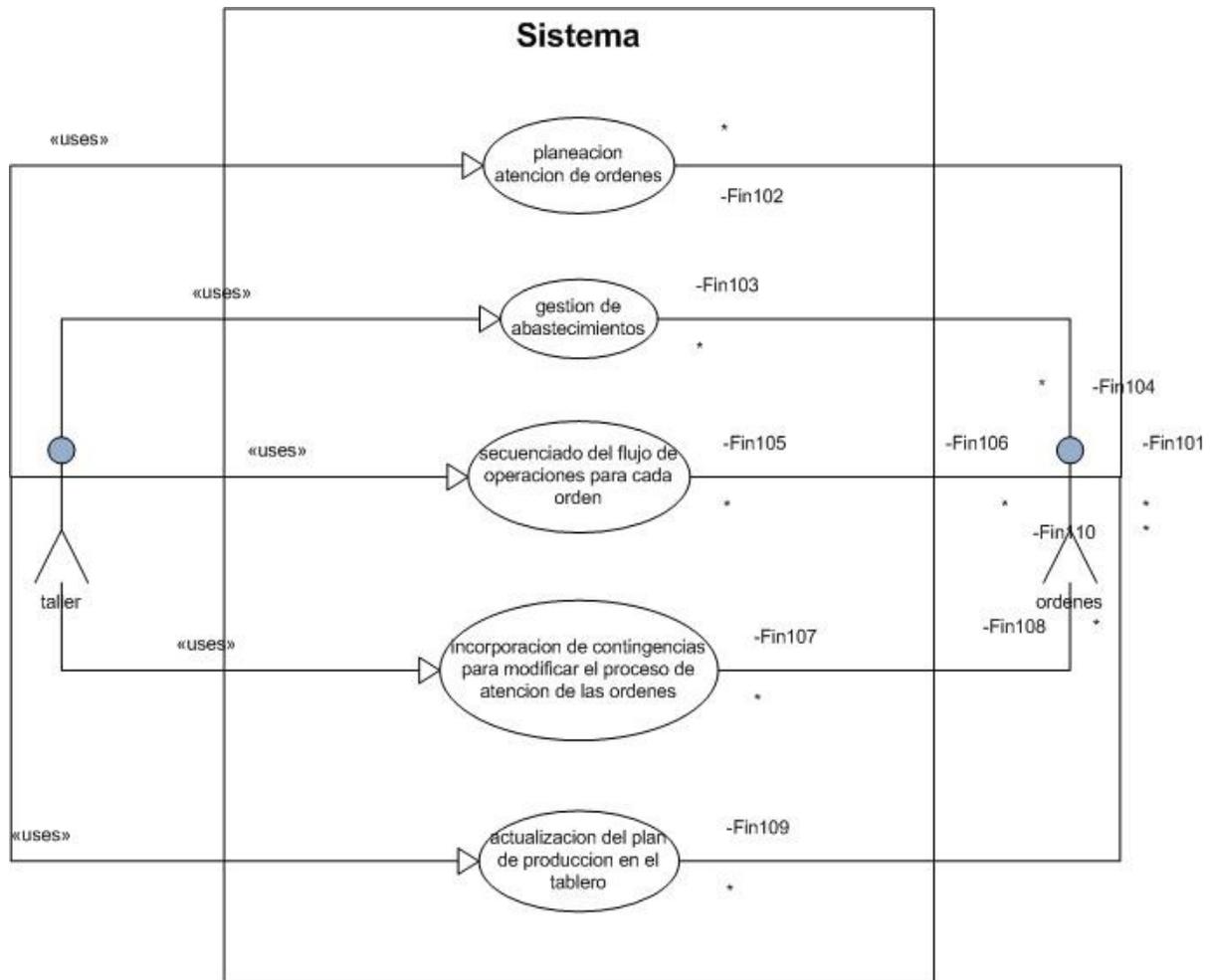


FIGURA 19 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA EL CASO DE USO PLANEACIÓN. (FUENTE: DISEÑO PROPIO)

3.5 DISEÑO DE LAS BASES DE DATOS

El objetivo de las bases de datos utilizadas en este sistema es almacenar en tablas los registros de la operación del TRP, de manera que puedan proporcionar a sus usuarios la información que requieren para tomar las decisiones que les permitan mantener un eficiente aprovechamiento de la capacidad instalada del taller.

Las bases de datos de este sistema tienen un diseño orientado a los objetos que integran esta estructura para permitir la representación exacta de la complejidad de las relaciones que tienen sus componentes. Así, los datos arrojados por el sistema representan realmente la operación del taller. La información requerida para estas bases de datos se extrajo de los objetos definidos en el modelo global del sistema. Las tablas y el detalle de la lógica de las relaciones que fueron generadas a partir del

modelo durante la codificación de los requerimientos del cliente se describen en esta sección para comprender la naturaleza de las consultas que originarán la información requerida por los clientes para satisfacer sus necesidades de planeación y control de producción. De manera posterior al diseño inicial de las bases de datos, se utilizaron las tres formas de normalización para que este sistema pueda ser construido utilizando las herramientas incluidas en *Visual Studio*. Finalmente, se consideró incluir un respaldo de las bases de datos para permitir la recuperación de la información almacenada en el sistema.

3.5.1 TABLAS

Con los objetos identificados hasta el momento, las tablas que necesitan crearse para alojar los registros de la operación del sistema son:

- Aeronaves: Lista con el detalle de los aviones a los que pertenecen los componentes para los cuales los clientes han requerido los servicios del TRP.
- Centros de trabajo: Listado con las características de cada unidad productiva del taller.
- Clientes: Listado con los detalles de los clientes que han solicitado los servicios del TRP.
- Comentarios: Tabla con el registro de los comentarios anexados a las órdenes de servicio generadas en el sistema.
- Contingencias: Listado con el detalle de los eventos que requieren de los recursos del TRP.
- Documentos: Listado con el detalle del catálogo de documentos disponibles para complementar las instrucciones incluidas en las ordenes de servicio para su atención en el taller.
- Empleados: Listado con el detalle de los empleados del TRP y su disponibilidad.
- Inventario de consumibles: Listado con el detalle de los consumibles utilizados en el taller dentro de un periodo de tiempo para controlar su disponibilidad.
- Inventario de equipos: Listado con el detalle de los equipos y herramientas del taller.
- Orden de trabajo: Tabla con el detalle del contenido de una orden de servicio generada en el TRP.
- Orden de trabajo proyectos: Igual a la anterior, pero enfocada a los proyectos especiales.
- Órdenes de trabajo atendidas: Tabla construida a partir del registro de las órdenes que han sido liberadas en el sistema.
- Órdenes de trabajo canceladas: Tabla construida a partir del registro de las órdenes que han sido canceladas en el sistema.
- Órdenes de trabajo en proceso: Tabla construida a partir del registro de las órdenes que están activas en el sistema.

- Resultados de operación: Tabla construida a partir de las operaciones que calculan los principales indicadores de operación del taller.
- Trabajos: Tabla construida con el registro de las operaciones de cada centro de trabajo para contabilizar las operaciones que se procesan en ellos.
- Ventas: Tabla construida a partir del cálculo de las ventas por cada orden de servicio atendida en el taller.

La definición de las llaves primarias y las relaciones que estas tablas tienen entre sí se puede apreciar en la figura 20 correspondiente al diagrama de relaciones:

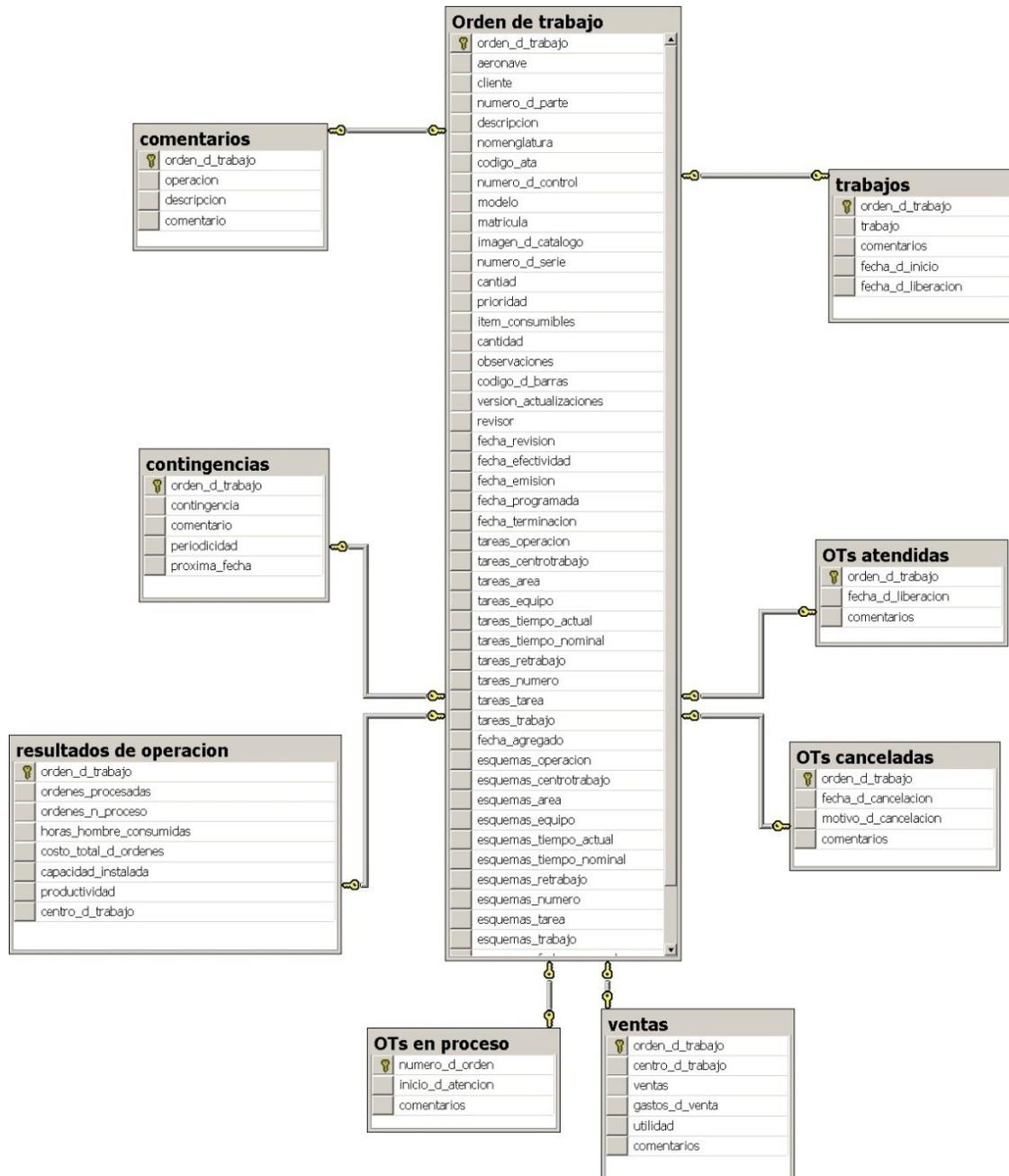


FIGURA 20 TABLAS RELACIONADAS CON LAS ORDENES DE SERVICIO (FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTAALLA SQL SERVER)

3.5.2 CONSULTAS

La información resultante del procesamiento de los datos en el sistema revela la eficiencia de la operación del taller; esta información permite la adecuada toma de decisiones y éstas contribuyen con la prosperidad del negocio. La principal herramienta para extraer información del sistema son las consultas que se hacen a los registros de las bases de datos. La naturaleza de las consultas depende del objetivo que éstas tengan²⁰, de las llaves primarias que sean utilizadas para generarlas y de la importancia que la información generada tenga para la operación del TRP.

Las consultas del sistema diseñado hasta el momento se pueden clasificar en tres tipos:

- 1) Consultas de información relacionada con el procesamiento de órdenes de servicio.
- 2) Consultas para calcular los indicadores de la operación global del taller.
- 3) Consultas para efectuar transacciones con los recursos del taller.

El objetivo de las consultas del primer tipo es permitir a los usuarios conocer el estado y los detalles de una orden de servicio atendida por el taller para, con ello, poder efectuar las acciones que ayuden satisfacer los requerimientos de servicios de reconstrucción indicados en estos documentos. Específicamente las consultas que se efectúan para este fin son:

- Consulta detallada de una orden de servicio: Mediante un número de orden el usuario accede a los detalles de una orden de servicio generada por el taller para poder conocer el avance que ésta tiene. Con esta información los usuarios pueden localizar el componente físicamente y adicionalmente conocer los motivos por los cuales el componente en atención se encuentra en ese estado.
- Consulta del costo de una orden: Mediante el número de orden de servicio se genera una consulta que suma la totalidad de recursos invertidos en el procesamiento de esta orden para proporcionar al usuario una estimación del costo que esta orden tiene. Con esta información el taller puede discriminar las órdenes de servicio que puede procesar competitivamente y decidir entre proporcionar directamente el servicio a los clientes que lo requieran o contratarlo con algún proveedor externo logrando con ello respetar los objetivos de utilidad de operación establecidos para esta unidad de negocio.
- Consulta histórica de órdenes de servicio: Utilizando un periodo de tiempo determinado por el usuario se puede generar un listado de las órdenes de servicio que han sido atendidas por el taller, para poder analizar el volumen de operaciones en el TRP.

El objetivo de las consultas para calcular indicadores de operación es proporcionar a los usuarios la información que les permita tomar decisiones con el fin de controlar la

productividad de cada uno de los centros de trabajo del taller. Las consultas de este tipo son:

- Consulta del inventario de insumos productivos: Mediante el número de parte de un consumible, el usuario puede conocer la disponibilidad del mismo para asegurarse que este material esté listo en cantidad suficiente cuando sea requerido. Con ello, el taller controla el abastecimiento para evitar interrupciones en el flujo productivo por la falta de insumos para procesar órdenes de servicio; adicionalmente, esta información resulta útil para pronosticar la demanda de estos materiales y así colaborar con el presupuesto de la operación para futuros periodos de tiempo.
- Consulta para conocer los ingresos en un periodo de tiempo: Utilizando un periodo de tiempo, esta consulta permite al usuario calcular los ingresos que por concepto de prestación de servicios de reconstrucción ha tenido el taller. Esta información es elemental para controlar el plan de negocios de esta unidad productiva de la empresa.
- Consulta del aprovechamiento de la capacidad instalada: Utilizando un periodo de tiempo se puede calcular la productividad por centro de trabajo de la operación del TRP; con esta información los responsables del sistema pueden decidir las acciones necesarias para alcanzar los objetivos productivos establecidos.
- Consulta de la disponibilidad de recursos: Utilizando el código de algún recurso dado de alta en el sistema, el usuario puede conocer la disponibilidad que éste tiene en un periodo de tiempo, lo cual ayuda a planear exactamente las operaciones futuras.
- Consulta de contingencias: Utilizando un periodo de tiempo, el usuario puede conocer los eventos que han afectado la disponibilidad de recursos en el taller, con lo que es capaz de tomar acciones para evitar futuras interrupciones y garantizar el cumplimiento de la atención de las órdenes de servicio en el TRP.

El objetivo de las consultas para efectuar transacciones en el taller es permitir a los usuarios disponer de los recursos que serán utilizados en la atención de las órdenes de servicio que se tienen programadas en el taller. El detalle de estas consultas es como sigue:

- Consultas de insumos transferidos: Mediante el número de parte del insumo, el usuario puede conocer el historial de las transacciones efectuadas con éste a lo largo de un periodo de tiempo, lo cual ayuda en el proceso de planeación de abastecimientos para futuros periodos de tiempo.
- Consulta de documentos: Utilizando un número de catálogo para un documento en particular, el usuario puede manipular los documentos almacenados en el sistema para actualizar la información contenida en una orden de servicio, con el propósito de colaborar en la aclaración de las operaciones indicadas para procesar un componente. Esta información permite que la calidad de las operaciones efectuadas por el taller cumpla con las

especificaciones requeridas para el componente, manteniendo así la funcionalidad del mismo.

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

La funcionalidad de los elementos del sistema informático construido para automatizar las funciones de planeación y control de la producción en el TRP y las relaciones que éstos tienen entre sí con los datos necesarios para alimentarlos son descritos en este capítulo.

El sistema construido de acuerdo con el diseño elaborado en el capítulo anterior requiere de un comité de implementación integrado por los responsables del actual sistema para no alterar significativamente la operación del TRP; la efectiva implementación del sistema depende del apoyo que se dé a la estrategia acordada con el comité designado para esta labor.

Considerando que la construcción de este sistema se realizó utilizando ASP.NET, SQL server y *Visual Basic* como lenguaje de programación, podemos concluir que la solución construida está al alcance de todos los clientes con necesidades de productividad en sus funciones de planeación y control de producción, gracias a que las prácticas de programación utilizadas no son extraordinarias comparadas con las que profesionalmente se ofrecen en el mercado nacional de servicios de construcción de software.

4.1 PANTALLAS

Las consultas y transacciones que los usuarios pueden hacer dentro del sistema están controladas de acuerdo con la jerarquía que éstos tengan.

La navegación en el sistema no requiere de capacitación especial para los usuarios; en él se utiliza una plantilla común construida para ser empleada por todas las pantallas del programa, así cada usuario puede localizar rápidamente el comando que le permite efectuar la consulta o transacción que requiere para ejecutar sus acciones de planeación y control de producción. La estructura de estas pantallas, así como el sistema de validación utilizado para acceder a él, se comentan a continuación.

4.1.1 PLANTILLA MAESTRA

Utilizando la opción que ofrece *Visual Studio* para generar un nuevo sitio web programado en *Visual Basic* y ASP.NET, se construyó una plantilla maestra para ser utilizada en todas las pantallas del sistema. Esta plantilla tiene tres elementos constitutivos:

1. Menú principal: En el cual se puede acceder a todas las pantallas para efectuar las operaciones a las que el usuario tiene acceso.

2. Contenido: Éste es el cuerpo de la pantalla y en él se encuentra la descripción del formulario y de la información que se presenta en ella para que los usuarios puedan realizar las operaciones que requieran.
3. Caja de referencias complementarias: En ella se encuentran incluidos los vínculos a las pantallas con las que tiene relación la pantalla que está consultándose en esos momentos. Adicionalmente, incluye los datos de contacto para recibir atención personalizada por parte de los responsables del sistema en problemas relacionados con la pantalla que se está utilizando; en la parte superior de esta sección de la plantilla se encuentra localizado el comando para modificar el tipo de usuario con el que se está accediendo al sistema.

El uso de una plantilla maestra permite rápidamente la edición de la presentación de la interfaz de usuario en todas las pantallas del sistema; así, el mismo sistema se puede configurar con mínimas modificaciones en la plantilla maestra para su uso con diferentes clientes mediante la personalización de su presentación.

4.1.2 NAVEGACIÓN EN PANTALLAS

El sistema está construido para poder navegar en él utilizando mouse y teclado; en los formularios se puede copiar y pegar información. Los formularios tienen habilitadas las funcionalidades de auto-completar el llenado de campos para agilizar su uso. Adicionalmente, el puntero del mouse cambia su apariencia cuando pasa sobre comandos activos de la pantalla permitiendo al usuario discriminar cada uno de sus elementos funcionales, ver “*master page*” en anexo 3.

Hay dos maneras de navegar por el sistema: localizar el comando requerido para realizar la operación que se necesita seleccionando la pantalla correspondiente en el menú principal, o bien, utilizar los vínculos disponibles en la caja de referencias complementarias para ir directamente a alguna pantalla relacionada con la actual (ver menú principal en anexo 3).

Para navegar en el sistema utilizando una PC es necesario tener instalada la versión más reciente de *Microsoft Internet Explorer*.

4.1.3 VALIDACIÓN DE ACCESOS

El sistema tiene definidos dos tipos de usuarios: clientes y administradores. Los administradores son los únicos que tienen habilitados todos los comandos y pantallas del sistema. El tipo de usuario se determina al inicio de la sesión; para ello, los usuarios deben identificarse con una contraseña asignada por el responsable del sistema en el TRP.

El detalle de los usuarios y sus contraseñas correspondientes está almacenado en una tabla de la base de datos del sistema; de ella se extraen los registros correspondientes cada vez que se quiere iniciar sesión para validar el acceso. Sólo los administradores pueden cambiar los permisos que tienen los usuarios del sistema (de clientes a administradores y viceversa).

La construcción de esta parte del sistema consideró habilitar el uso del asistente de contraseñas que tiene el explorador de Windows para permitir a los usuarios conservar la información de sus cuentas y acceder directamente al sistema sin tener que ingresar sus datos nuevamente.

La pantalla de acceso se muestra en el anexo 3 (pantalla de acceso).

4.2 REPORTE

Las decisiones más importantes para cumplir con los objetivos de operación del TRP se toman a partir de la información contenida en los diferentes reportes que procesa el sistema. Las fuentes de los datos utilizados en su elaboración, el proceso de cómputo que hace el sistema para dar esta información y los resultados de la construcción de las pantallas en las que están contenidas estas funcionalidades se comentan en esta sección.

4.2.1 FORMATO DE LOS REPORTE

Dentro del área correspondiente al contenido de las pantallas están incluidos los formularios que permiten la generación de los reportes que el usuario requiere.

Cada solicitud de reporte utiliza los datos capturados en el formulario para ejecutar las operaciones necesarias con el manejador de base de datos para permitir la generación de la estructura de la información solicitada por el usuario³.

Los reportes físicamente se presentan como una tabla que enlista el detalle de los atributos de interés para el usuario en las diferentes consultas que puede solicitar, ver formato de reportes en anexo 3.

4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE REPORTE

Utilizando SQL Server para extraer de las tablas en donde se encuentran registrados los datos de la operación del taller y ejecutando los comandos que este lenguaje permite fueron generados los siguientes reportes en el sistema:

- Reporte de ingresos: Los datos del ingreso calculado para la compañía por concepto de prestación de servicios de recuperación de partes se tomaron de la tabla “ventas” incluida en la base de datos del TRP que se montó en el servidor del taller, mediante una sumatoria del importe de cada orden de servicio dentro del periodo de tiempo indicado por el usuario. Esta información se genera al final del listado de las ventas por órdenes de servicio que tuvo el TRP.
- Reporte de egresos: Siguiendo el proceso del reporte anterior se utilizó la columna gastos de venta de la misma tabla para calcular la sumatoria de los egresos del taller por la atención de órdenes de servicio. Físicamente estos reportes se presentan en el anexo 3 (reporte de egresos).
- Reporte de consumibles: Los datos del inventario de consumibles disponibles para procesar órdenes de servicio en el taller, así como el historial de su utilización se toman de la tabla “inventario de consumibles”, incluida dentro de la misma base de datos del TRP. El reporte se genera visualizando esta tabla según los centros de trabajo seleccionados por el usuario.
- Reporte de capacidad instalada: Los datos para calcular el aprovechamiento de la capacidad instalada del taller se toman de la tabla “resultados de operación” en la misma base de datos. Dependiendo de los centros de trabajo elegidos por el usuario este reporte efectúa la sumatoria de la columna “capacidad instalada” en dicha tabla para construir el listado de aprovechamiento de capacidad instalada. La apariencia de este listado se puede observar en el anexo 3 (reporte de capacidad instalada).
- Reporte de productividad: De la misma manera en que se construye el de capacidad instalada se genera este reporte, la única variable es que de la misma tabla se toma la columna “productividad”.
- Reporte de costos por orden de servicio: El costo presupuestado por el servicio de reconstrucción para una orden de servicio en particular es tomado de la tabla “ventas” de la misma base de datos. El valor arrojado por la consulta corresponde al que tiene la orden de servicio consultada en la columna “gasto de venta” de esta tabla; a su vez, este valor fue cargado en la orden de servicio al momento de ser generada. El aspecto de este reporte se muestra en el anexo 3 (reporte de costos).
- Reporte de capacitación del personal del TRP: La bitácora de capacitación para cada elemento del TRP está incluida en la tabla “empleados” de la misma base de datos del sistema; la información desplegada en el reporte corresponde a los elementos del taller que el usuario haya elegido. El resultado construido es un listado.

- Reporte de recursos disponibles en el TRP: Las horas hombre disponibles y las horas máquina que un centro de trabajo tiene en particular se toman de la tabla “centros de trabajo” de la misma base de datos para generar un reporte de disponibilidad de recursos según los centros de trabajo seleccionados por el usuario en un periodo de tiempo determinado; ver reporte de recursos disponibles en anexo 3.
- Reporte de contingencias en el TRP: La relación de los eventos que han interrumpido el flujo productivo en algún(os) centro(s) de trabajo del TRP se enumera en la tabla “contingencias” de la misma base de datos, según el intervalo de tiempo que el usuario indique; el reporte que se genera le muestra una lista de estos eventos por centro de trabajo.

Cada reporte de localiza en pantallas individuales y éstas a su vez forman parte de alguno de los dos módulos en los que está dividido el sistema.

4.3 MÓDULO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

Todas las operaciones que actualmente ejecuta el sistema de control de producción en el TRP fueron incluidas en este módulo del sistema informático.

Éste tiene quince pantallas con funcionalidades agrupadas en reportes, transacciones, documentación y control. La fuente de información para todos los procesos de este módulo es la orden de servicio y la principal herramienta de esta parte del sistema es el tablero de control.

Los ejemplos de las pantallas y la descripción de los pormenores de los requerimientos para alcanzar la funcionalidad demandada por los usuarios se comentan en esta sección.

4.3.1 ORDEN DE SERVICIO

La pantalla de órdenes de servicio o proyectos permite a los usuarios dar de alta y editar este tipo de documentos (cambiar su estado de preliminar a definitivo y cambiar la prioridad con la que se les atenderá). Al ejecutar el comando de consulta para una orden de servicio se accede a esta pantalla; en ella se capturan todos los detalles necesarios para la atención de una orden de servicio en el TRP. Toda la información de estas órdenes puede ser exportada a una plantilla de un editor de textos convencional para poder ser utilizada en papel como actualmente se hace.

Los datos que alimentan el formulario se guardan en las tablas “orden de trabajo” y “orden de trabajo proyectos”; esta pantalla se relaciona principalmente con el tablero de control.

La figura 21 muestra la apariencia de esta pantalla:

Modulo de control de produccion

Alta de órdenes de servicio, con ayuda del siguiente formulario podrás dar de alta una orden de servicio en el taller.

Orden de Servicio: OS1008 (preliminar) Actualizar tipo

Aeronave:	Cliente:	Numero de parte:	Descripción:	Nomenclatura:	Codigo ATA:	Numero de Control:
XA-TV	Motore	65462306	brace assy	COLD XV	32-01-03	OS1008
Modelo:	Matrícula:	Imagen en catalogo:	Numero de serie:	Cantidad:	Prioridad:	Normal
JT8D		varias	XX582	1		Cambiar prioridad

Listado de consumibles requeridos para procesar la orden:

Partes de reemplazo/ Material consumible/herramientas		Observaciones
ITEM	CANTIDAD	
ADHESIVE SEALANT	1	
Agregar		Codigo de barras: 0104071015

Control de actualizaciones			Efectividad	Fecha de Emisión	Fecha programada	Fecha de terminación
Versión	Revisor	Fecha				
1	JMMF	1/04/07	15/04/07	30/03/07	10/04/07	8/04/07

Descripción de las tareas de reparación:

Operación	Centro de trabajo	Area	Equipo	Tiempos		Retrabajo	Numero	Tarea	Descripción del trabajo
				Nominal	Actual				
10	300	QUIM	2080	40					Limpie
Agregar									

Esquemas complementarios para procesar la orden:

Operación	Centro de trabajo	Area	Equipo	Tiempos		Retrabajo	Numero	Tarea	Descripción del trabajo
				Nominal	Actual				
									Label
Agregar esquema									

Guardar orden

FIGURA 21 LA PANTALLA PARA DAR DE ALTA ORDENES SUSTITUYE A LOS FORMATOS EN PAPEL UTILIZADOS PARA INDICAR EL DETALLE DE LAS OPERACIONES REQUERIDAS POR CADA COMPONENTE EN PROCESO (FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DE NUEVO SISTEMA).

4.3.2 TABLERO DE CONTROL

Esta pantalla de consulta es la principal herramienta de control que tiene el sistema; en ella puede verse el listado de órdenes de servicio que están siendo procesadas por el taller. La presentación del listado permite al usuario identificar rápidamente el estado de la atención de dichas órdenes gracias al uso de un código visual de tres colores que le indican si la orden está detenida (rojo), en proceso (verde) o procesándose con problemas (amarillo). Adicionalmente, la tipografía de la orden del listado indica la prioridad que esta tiene. Con la información del estado de una orden en específico, el usuario puede conocer el detalle del mismo haciendo clic en ella: en seguida se desplegará el listado de actividades correspondiente a la orden y en ese listado se podrá consultar el estado de cada una siguiendo el código visual anteriormente descrito.

El detalle del estado de una operación en particular a su vez puede ser consultado de la misma manera en la que se consultó la orden; en el detalle de este estado se utiliza el mismo código visual.

Los registros que alimentan el tablero de control son las órdenes de servicio dadas de alta en el sistema y que actualmente están en proceso; la interacción requerida por los usuarios es la de atender las órdenes que estén detenidas o presenten problemas. Para ello, el usuario debe conocer el detalle del motivo de esta desviación para que los responsables de la solución puedan tomar las acciones que permitan continuar normalmente la atención de la orden de servicio.

En esta pantalla no se generan registros necesarios para el funcionamiento de otras pantallas del sistema, (ver figura 22).

4.3.3 TRANSACCIONES

Cuando se requiere modificar la prioridad con la que se atiende una orden de servicio, cuando se necesita asignar recursos para la atención de la misma y cuando esta ha sido terminada o deja de ser necesaria, es necesario utilizar el conjunto de pantallas construidas para este propósito:

- Baja de órdenes de servicio
- Cambio en órdenes de servicio
- Liberación de órdenes de servicio
- Cancelación de órdenes de servicio
- Cambio de prioridades en órdenes de servicio
- Transacción de insumos
- Surtido de consumibles

La información generada durante el proceso de estas transacciones se deposita en las tablas: órdenes canceladas, órdenes atendidas, órdenes en proceso, inventario de consumibles, inventario de equipos, inventario de herramientas y trabajos. Directamente, la pantalla que toma toda esta información y la procesa para ser consultada por los usuarios es el tablero de control.

En estas pantallas el botón principal de la zona activa realiza la operación correspondiente; su configuración dispara los procesos necesarios para alojar la información en las tablas pertinentes para que de esta manera sean actualizadas las pantallas con las cuales tiene relación la misma.

4.3.4 DOCUMENTACIÓN

La administración de los documentos complementarios para las órdenes de servicio se lleva a cabo con la ayuda de una pantalla que permite actualizar el catálogo de estos documentos. Para ello, el usuario accede con un número de parte al documento de su interés; en el caso de una consulta, el sistema le mostrará el documento guardado en la tabla “documentos” y en el caso de una actualización al catálogo la pantalla le permitirá dar de alta o de baja un documento. Cuando un documento es actualizado, el registro generado reemplaza al anterior. Los documentos son cargados en la tabla correspondientes mediante la ejecución del botón “actualizar”, que permite anexar los archivos correspondientes y localizarlos adecuadamente en el registro que les corresponde en la mencionada tabla.

Adicionalmente a la actualización de documentos, la otra pantalla relacionada con documentación es la que permite a los usuarios actualizar los comentarios correspondientes a una orden de servicio en particular. Esta pantalla destina su información a la tabla “comentarios” y de ella se extraen los registros necesarios para

que cada vez que se consulte una orden de servicio se incluyan las notas relacionadas que los usuarios hayan generado para este documento.

La presentación de la pantalla administración de documentos se muestra en el anexo 3 (administración de documentos).

4.4 MODULO DE PLANEACIÓN

La función de planeación para el mejor aprovechamiento de los recursos del TRP se lleva con este módulo del sistema; para el funcionamiento de este módulo es necesario incorporar un par de restricciones al sistema: sólo procesar órdenes de servicio que estén dentro del presupuesto de costo que se tiene establecido para una orden y anticipar la programación de la producción del taller apoyado en la disponibilidad de recursos para atender la demanda de servicios.

Para que estas restricciones cumplan con la función de incrementar la productividad de la capacidad instalada del taller, es necesario utilizar las herramientas disponibles en este módulo para generar la información que los responsables del sistema requieren para una acertada toma de decisiones.

Las pantallas de este módulo utilizan la misma estructura del módulo anterior y su programación está hecha en el mismo lenguaje que el resto del sistema²³.

4.4.1 AJUSTES EN LA OPERACIÓN

La primera modificación para incrementar el aprovechamiento de la capacidad instalada en el TRP es la programación anticipada de las órdenes de servicio que serán atendidas en el taller. Esta programación tiene mejores resultados cuando el periodo de tiempo programado es ligeramente menor al periodo de tiempo para el cual se tienen los recursos disponibles para la atención de las órdenes, siempre y cuando ambos estén alrededor de dos semanas después de la fecha actual. Estos resultados requieren de un conocimiento en tiempo real de la disponibilidad de recursos que tiene cada centro de trabajo, el inventario de los consumibles, y el desempeño productivo de todas las unidades del taller.

Otra modificación a la operación actual consiste en implementar la restricción de prestación de servicios a aquellas órdenes cuyo costo de atención no exceda los objetivos de costos para una orden de servicio. Para ello, antes de dar de alta en el sistema una orden de manera definitiva; el responsable de la programación debe calcular el costo de la misma para que ésta sea autorizada sólo en caso de respetar los objetivos de costo.

Para implementar ambas modificaciones, el responsable del sistema debe comunicarse anticipadamente con sus clientes para recibir un programa de requerimientos a partir del cual serán cargadas las órdenes de servicio que atenderá el taller en las dos semanas siguientes.

El jefe de taller es responsable de la autorización de las órdenes de servicio que sean cargadas anticipadamente en el sistema. Para ello, debe consultar cuantitativamente los indicadores generados por el sistema para la evaluación de cada requerimiento de servicio. En el sistema, la información de las órdenes de servicio programadas con anticipación tiene como destino el tablero de control.

En el caso del presupuesto de una orden de servicio, las tablas que se actualizan son: “órdenes de servicio” y “órdenes de servicio proyectos”.

4.4.2 DOCUMENTACIÓN

Parte de las funcionalidades del módulo de planeación consiste en la capacidad de generar información que permita la adecuada toma de decisiones de manera anticipada.

En este módulo dicha información es:

- Ingresos del taller: Sirven como referencia para el pronóstico de ventas que el taller puede generar.
- Egresos del taller: Son la referencia para evaluar el presupuesto calculado para una orden de servicio.
- Inventario de consumibles: Permiten controlar el oportuno abastecimiento de las unidades productivas del taller.
- Capacidad instalada: Permiten detectar cuellos de botella en la operación para agilizar el flujo productivo con la eliminación de estas situaciones.
- Productividad por centro de trabajo: Identifica desviaciones productivas por centro de trabajo para tomar las acciones necesarias que corrijan estas deficiencias operativas.
- Recursos disponibles por centro de trabajo: Restringen la carga laboral que puede ser programada en cada centro de trabajo a la disponibilidad de recursos que ésta tiene para procesar.

4.4.3 FUNCIONALIDADES

Las pantallas de consulta en este módulo tienen un botón principal que se encarga de disparar los procesos de cálculo y generación de registros necesarios para proporcionar la información que el usuario requiere.

4.5 IMPLEMENTACIÓN

La estrategia de implementación del sistema global consiste en incorporar en dos etapas las funcionalidades del sistema automático a la operación actual.

En un principio, el módulo de control de producción se implementa a la par de la operación del sistema que ya se tiene para validar la eficiencia de éste. Una vez validado, el sistema anterior es discontinuado y las actividades del taller son soportadas por este módulo. Posteriormente se incorporan las operaciones del módulo de planeación en el nuevo sistema automático.

La implementación de ambos módulos requiere de la asistencia de un comité de implementación que trabajará para que el nuevo sistema sea asimilado por todos los elementos del TRP. Las acciones de depuración del sistema son el resultado de las observaciones que el comité de implementación señaló como deficiencias en las funcionalidades del nuevo sistema. La depuración de estas deficiencias es responsabilidad de los desarrolladores y del propio comité.

El periodo de implementación contemplado para la operación depurada del sistema automático es de cuatro meses.

4.5.1 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

La primera etapa de la implementación es incorporar a las operaciones del sistema actual el módulo de control de producción. Para ello, las pantallas de altas para órdenes de servicio cuentan con la funcionalidad de imprimir en papel cada orden generada; así, el sistema actual lleva la operación del taller y el sistema automático comienza a alimentarse para desarrollar por completo sus capacidades. La duración estimada de este periodo de operaciones es de cuatro semanas y al término de éste se considera responsabilidad del módulo de control de producción las operaciones de esta función en el taller.

Después de un periodo de cuatro semanas en las cuales el módulo de control de producción operó como responsable del control de producción en el taller se comienza con la etapa de implementación del segundo módulo.

La depuración del sistema comienza desde la primera semana de implementación del módulo de control de producción y concluye dos semanas previas al término del plazo fijado para la implementación del sistema.

Para controlar la adecuada implementación del sistema, los desarrolladores y el comité de implementación acordaron un programa con responsabilidades para cada elemento involucrado en el proyecto.

Es necesario señalar que esta estrategia de implementación es el modelo sugerido para el resto de los talleres de la aerolínea que deseen adoptar un sistema de planeación y control de producción.

4.5.2 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

Los cuatro meses estipulados para la implementación del sistema consideran fundamentalmente cinco etapas: implementación del módulo de control de producción, depuración de este módulo, implementación del módulo de planeación, depuración de este módulo y valoración de los resultados.

Para controlar el avance en cada etapa, los desarrolladores y el comité de implementación tienen programadas juntas en las que se comentan las desviaciones detectadas en la operación con el nuevo sistema a fin de encontrar las soluciones necesarias para operar de acuerdo con lo planeado.

El programa de implementación se muestra en la figura 23:

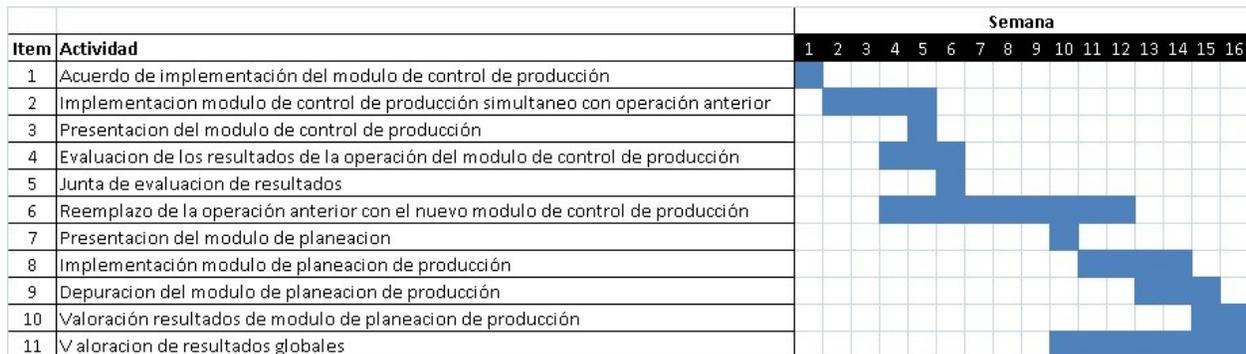


FIGURA 23: PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA COMPLETO (FUENTE: DISEÑO PROPIO).

4.5.3 DEPURACIÓN DEL SISTEMA

Cuando la información ofrecida por el sistema no concuerda con los resultados que la operación real presenta, los procesos de cómputo de las pantallas del sistema

responsables de la generación de esta información son analizados por los desarrolladores para resolver estas desviaciones.

Para captar estas desviaciones, los desarrolladores evalúan los resultados de la funcionalidad de cada pantalla en las juntas que se programaron con el comité de implementación. Después de la valoración de la satisfacción del cliente con cada una de las pantallas se toma nota de las funcionalidades que hay que depurar para que el sistema arroje la información correspondiente a la operación real del taller.

La etapa de depuración comienza con la primera junta tras el comienzo de la implementación del primer módulo del sistema. Finalmente, cuando la depuración del sistema global ha sido exitosa, se invita a los responsables de los otros talleres para complementar las observaciones del TRP sobre el sistema, de modo que puedan captarse las adecuaciones necesarias que deben hacerse para que llegado el momento este proyecto pueda ser gestionado en cada uno de los talleres de la aerolínea.

4.6 COMITÉ DE IMPLEMENTACIÓN

El equipo (integrado por los responsables de cada centro de trabajo, el jefe de taller y el gerente de ingeniería) tiene la función de soportar la implementación del sistema mediante la validación de la información generada por el mismo y de transmitir a todos los elementos de sus unidades, respectivamente, la información pertinente para que se hagan las modificaciones necesarias en la operación como parte del proyecto global de sistema de planeación y control de producción en el TRP.

Adicionalmente, el comité coordina la comunicación directa de los usuarios con los desarrolladores para que la validación y verificación de resultados tenga la eficacia requerida.

4.6.1 FUNCIONES DEL COMITÉ

El grupo de soporte para la implementación del sistema debe:

- Capacitarse en el manejo de las pantallas del sistema que lo involucren.
- Capacitar a los usuarios bajo su responsabilidad en las funcionalidades del sistema con las que estén relacionados.
- Recolectar las discrepancias detectadas en la operación real con respecto a la información que los usuarios consiguen con el sistema para que los desarrolladores puedan depurarlo.

- Participar con los desarrolladores en la retroalimentación necesaria para las acciones que corregirán las desviaciones funcionales del sistema.
- Compartir información con otros elementos del comité para aclarar dudas respecto a la funcionalidad de las pantallas con las que tienen relación.
- Elaborar la documentación necesaria para que los usuarios utilicen adecuadamente el sistema y conserven sistemáticamente los registros necesarios de la información.
- Capacitarse en las tareas de mantenimiento informático que requieran los elementos del sistema con los cuales estén relacionados.

4.6.2 RESPONSABILIDADES DEL COMITÉ

La jerarquía de los elementos del comité delimita las facultades que éstos tienen en las actividades de implementación, depuración y mantenimiento del nuevo sistema.

Responsabilidades del comité:

- Programar las juntas de seguimiento a la implementación del sistema con los desarrolladores.
- Asegurar la participación de los invitados en las juntas.
- Generar el manual de usuario del sistema.
- Disponer de los recursos necesarios en tiempo y forma para las actividades de implementación del sistema (acceso de administrador al servidor del taller, computadoras para que los usuarios utilicen el sistema y una sala de juntas debidamente acondicionada para sesionar de acuerdo con el programa de juntas de seguimiento).
- Gestionar la aprobación del programa de implementación con los responsables del sistema de planeación y control de producción en la aerolínea.
- Compartir el resultado del proyecto de implementación con otros talleres de la empresa.
- Autorizar la membresía de los elementos necesarios para el comité.

4.6.3 DESIGNACIÓN DEL COMITÉ

El jefe del taller tiene la facultad de designar a los elementos del comité de implementación para la disponibilidad de estos elementos en cada uno de los centros de trabajo a los que pertenecen. De esta manera, los desarrolladores canalizan con él las necesidades de comunicación que tienen con algún usuario en particular para realizar las labores de implementación y depuración.

El comité de implementación está formado por:

- Gerente de ingeniería
- Jefe de taller
- Ingeniero de control de producción
- Supervisor de inspección
- Supervisor de tratamientos químicos
- Supervisor de procesos mecánicos
- Supervisor de procesos de soldadura

4.7 VALIDACIÓN DEL SISTEMA

La información contenida en cada pantalla del sistema se cotejó con los responsables de los centros de trabajo relacionados con cada una de ellas para validar que los registros generados representaban las operaciones reales. La primera etapa de implementación permitió cotejar al 100% los resultados del módulo de control de producción con la operación real.

Posteriormente, el módulo de planeación fue validado cotejando la programación generada de manera anticipada con la operación que se realizó al momento de procesar cada orden que había sido programada con anticipación.

En ambos casos, las desviaciones detectadas se comentaban con los desarrolladores para poder revisar durante las juntas de seguimiento la eficiencia de estas soluciones.

Antes de comenzar formalmente con la implementación de un módulo, se montó en el servidor la solución desarrollada con el propósito de evaluar preliminarmente el desempeño del sistema. Estas pruebas fueron programadas e incluidas dentro del programa de implementación.

4.7.1 PROGRAMA DE PRUEBAS

Las evaluaciones preliminares de las pantallas fueron programadas con el comité de implementación en un periodo de una semana anterior al inicio formal de la

implementación del módulo de control de producción y con dos semanas de anticipación en el caso del módulo de planeación.

Las pruebas consistieron en cargar al sistema diez órdenes de servicio demandadas en un periodo de tres meses con una frecuencia según el histórico de atención de órdenes de servicio que se generó durante la etapa de diagnóstico de la operación actual.

Las órdenes de servicio fueron programadas en un flujo continuo de producción para poder apreciar todas las funcionalidades del módulo de control de producción. El programa de pruebas que se acordó con el comité de implementación fue el siguiente (ver figura 24):

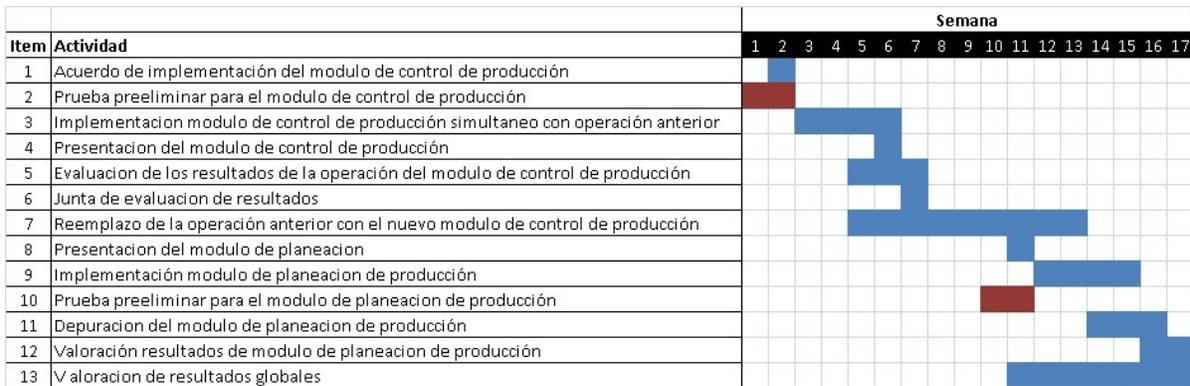


FIGURA 24: PROGRAMA DE PRUEBAS PREVIO A CADA UNA DE LAS ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA (FUENTE: DISEÑO PROPIO).

4.7.2 VALORACIÓN DE RESULTADOS PRELIMINARES

Durante el inicio de la implementación del módulo de control de producción, se tuvo la oportunidad de cotejar en tiempo real la validez de la información generada por el sistema con la operación real que acontecía en el piso del taller. Para ello el comité de implementación recurrió a la siguiente lista de verificación de manera diaria durante el mes inicial de la implementación de este módulo, para informar a los desarrolladores de las desviaciones ejecutadas por el nuevo sistema.

- Centro de trabajo
- Pantallas utilizadas
- Resultados monitoreados
- Correlación de la información aportada por el sistema y la operación real
- Motivo de las desviaciones
- Comentarios adicionales

4.7.3 DEPURACIÓN DEL SISTEMA

El periodo de depuración duró tres meses y concluyó con la implementación definitiva del sistema completo. Los comentarios recolectados de los usuarios del sistema permitieron a los desarrolladores corregir los procesos del sistema que presentaban resultados diferentes a los esperados. Para ello se recolectaba toda la información relevante de la pantalla que presentaba la deficiencia y se revisaban los elementos constitutivos de los procesos de cómputo con los que ésta fue construida para ser corregidos.

CAPÍTULO 5

VALORACIÓN DE RESULTADOS

El contraste de la nueva operación del sistema automático de planeación y control de producción con los resultados de operación original se efectuó con una simulación para extraer cuantitativamente las principales diferencias en los resultados operativos del sistema. El valor que representan los resultados de la nueva operación permite a la empresa considerar los proyectos de inversión necesarios para poder utilizar la nueva capacidad instalada del taller en la prestación de servicios de recuperación de partes a clientes externos a la empresa. Adicionalmente, el proyecto desarrollado para este taller se puede reproducir con ligeras modificaciones en los demás talleres de la compañía y así impactar los resultados globales de utilidad operativa de la aerolínea.

El detalle de la nueva simulación con la cual se valoraron estos resultados y la discusión del significado de los datos obtenidos de ella se comentan en este capítulo.

5.1 SIMULACIÓN DE LA NUEVA OPERACIÓN DEL TALLER

El módulo de planeación implementado en el sistema posibilita eliminar los retrasos que se incluyeron en la simulación original como parte del modelo representativo del sistema anterior. Adicionalmente, el flujo de producción más ágil permitió que el sistema automático disminuyera los tiempos muertos que se habían considerado en el modelo de simulación utilizado para representar el desempeño original del sistema. Estas modificaciones en el modelo original permitieron cuantificar los principales parámetros operacionales del TRP y validar la oportunidad que representa la captación de clientes externos a la empresa para maximizar el aprovechamiento de estas instalaciones. Este escenario se simuló con base en el mismo modelo utilizado en la etapa de diagnóstico inicial con el nivel de desempeño que arrojó el nuevo modelo y con ello se cuantificaron los resultados proyectados para este caso de negocio.

Ésta es la base del proyecto de inversión que permitirá a esta área de la empresa expandir su volumen de operaciones para aprovechar su capacidad.

5.1.1 DEFINICIÓN DE LAS NUEVAS CONDICIONES DE OPERACIÓN EN EL TRP

La cuantificación de los nuevos resultados operativos del taller y la estimación de los resultados esperados correspondientes al incremento de volumen demandado en servicios por la captación de órdenes externas a la empresa pudieron simularse modificando el modelo del sistema que se utilizó para diagnosticar el desempeño del sistema de control de producción inicialmente. Para ello, los indicadores de operación generados con el nuevo sistema alimentaron los tiempos de atención y la lógica de programación del modelo de simulación para cuantificar el nuevo desempeño del sistema.

El tiempo de atención para las órdenes de servicio procesadas con el nuevo sistema, así como las demoras y los tiempos muertos presentados durante su atención, quedaron registrados en la base de datos del sistema. De las tablas destino de estos registros se extrajo la información que fue programada en el modelo del sistema para simular cada orden de servicio en particular.

Con las nuevas condiciones de operación actualizadas en el modelo de simulación, se generaron un par de escenarios para contrastar los resultados productivos de éstos con el desempeño diagnosticado inicialmente en el sistema. Estos escenarios sirvieron para generar la información que justifica el proyecto de implementación del sistema de planeación y control de producción y el proyecto de inversión necesario para establecer el servicio de recuperación de componentes a clientes fuera de la aerolínea.

5.1.2 AJUSTES AL MODELO DE SIMULACIÓN

Las adecuaciones al modelo del sistema original para simular el desempeño de los dos escenarios que se consideraron requirieron particularmente de los siguientes ajustes:

Escenario 1: Operación original modificada para eliminar el cuello de botella del centro de trabajo de soldadura.

- Eliminar los retrasos que presentaba el modelo anterior por concepto de espera en los centros de trabajo, como consecuencia de una programación inadecuada.
- Eliminar los tiempos muertos incluidos en algunas órdenes de servicio por carencia de los recursos necesarios para procesar oportunamente las órdenes atendidas en el taller.
- Incorporar un soldador más en el centro de soldadura.

Escenario 2: Operación sin cuellos de botella y aumento productivo.

- Incremento de 15% en productividad; resultado de la mejora en el flujo de las operaciones en el taller.
- Utilizar el mismo periodo de tiempo para procesar la cantidad de órdenes de servicio correspondientes a la operación del taller considerando tres turnos.
- Disminuir 10% el tiempo de atención de las órdenes de servicio debido a la especialización de las operaciones en el taller.

5.1.3 RESULTADOS SIMULADOS DE LA NUEVA OPERACIÓN

En el escenario uno, los indicadores de operación calculados mediante la simulación permitieron generar la información que respalda el incremento productivo de los centros de trabajo del taller. Particularmente el proceso de soldadura resalta como oportunidad de negocio, mientras que, por el contrario, el centro de procesos mecánicos representa una amenaza para el desempeño del sistema global por el desaprovechamiento que presenta su capacidad instalada.

Los resultados expresados en los mismos términos del diagnóstico de operación del sistema original están condensados en las tablas 10, 11, 12, 13, y 14:

TABLA 10: INDICADORES OPERATIVOS DEL TRP SIN EL CUELLO DE BOTELLA QUE REPRESENTABA EL PROCESO DE SOLDADURA.

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	2,104	2,104
Órdenes procesadas	N/A	246
Órdenes en espera	N/A	6
Productividad	67 %	18 %
Espera promedio	N/A	41 %
Tiempos muertos	33 %	82 %

Dado que uno de los servicios de reconstrucción más solicitados en el mercado nacional es el de soldadura, se prestó particular atención a los indicadores de este centro de trabajo. En sus resultados apreciamos un aumento productivo que le permite al taller explorar la posibilidad de atraer órdenes de servicio que soliciten reparaciones que puedan ser procesadas en este centro. Así el taller incrementará su especialización y productividad. Los detalles de sus resultados operativos son:

TABLA 11: EL CENTRO DE TRABAJO DE SOLDADURA ES LA ALTERNATIVA INMEDIATA PARA ATENDER REQUERIMIENTOS DE CLIENTES EXTERNOS A LA AEROLÍNEA.

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	686	686
Órdenes procesadas	N/A	N/A
Órdenes en espera	N/A	N/A
Productividad	85 %	16 %
Espera promedio	N/A	N/A
Tiempos muertos	15 %	84 %

En el caso del centro de trabajo de procesos químicos la velocidad en la atención de órdenes sugiere un área de oportunidad para la implementación de un proyecto de ingeniería industrial que mejore el desempeño global del sistema al balancear la capacidad en este centro de trabajo.

TABLA 12: EL CENTRO DE PROCESOS QUÍMICOS ES DIRECTAMENTE AFECTADO POR EL VOLUMEN DE OPERACIONES QUE ATIENDE EL CENTRO DE SOLDADURA.

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	606	606
Órdenes procesadas	N/A	N/A
Órdenes en espera	N/A	N/A
Productividad	68 %	20 %
Espera promedio	N/A	N/A
Tiempos muertos	32 %	80 %

Los resultados de la simulación del segundo escenario magnifico la diferencia productiva entre centros de trabajo; en consecuencia, el desempeño global del sistema quedo restringido a la capacidad del centro con la menor tasa de atención. Los detalles de estos resultados se pueden consultar en el anexo 2.

El sistema global presentó los siguientes indicadores:

TABLA 13: EL INCREMENTO PRODUCTIVO CON EL NUEVO SISTEMA PERMITEN CONSIDERAR LOS PROYECTOS ENCAMINADOS A INCREMENTAR EL VOLUMEN DE ÓRDENES QUE EL TRP ATIENDE.

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	2,276	2,276
Órdenes procesadas	N/A	263
Órdenes en espera	N/A	9
Productividad	68 %	16 %
Espera promedio	N/A	39 %
Tiempos muertos	32 %	84 %

En la nueva operación, el centro de trabajo de procesos mecánicos es el que restringe la productividad total del sistema dado el aprovechamiento de su capacidad instalada. Los resultados cuantitativos de este fueron:

TABLA 14: LA LABOR DE CAPTACIÓN DE ÓRDENES DE SERVICIO PARA INCREMENTAR EL APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA DEL TRP DEBERÍA ENFOCARSE EN LOS CENTROS DE TRABAJO CON MAYOR CAPACIDAD DISPONIBLE.

Resultados simulación operación original del TRP	Operadores	Equipos
Operaciones atendidas	567	567
Órdenes procesadas	N/A	N/A
Órdenes en espera	N/A	N/A
Productividad	73 %	23 %
Espera promedio	N/A	N/A
Tiempos muertos	27 %	77 %

El significado de estos resultados se comentó con el comité de implementación del sistema para definir los proyectos de inversión que requiere el taller para aprovechar su capacidad instalada, mediante la atención de órdenes de servicio captadas a otras aerolíneas y empresas usuarias de turbo maquinaria con las características que el TRP atiende regularmente.

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de la revisión detallada de la información reportada por centro de trabajo en los resultados de la simulación, el comité de implementación acordó calcular los beneficios esperados con un proyecto de inversión que permita hacer las inversiones en esta unidad de negocios para alcanzar la operación del taller a su máxima capacidad.

Las mejoras requeridas y las modificaciones a las operaciones que permitirán maximizar el aprovechamiento de los recursos en el taller se detallan en esta sección.

El proyecto de inversión para la prestación de servicios a todo el mercado nacional es uno de los trabajos futuros que se espera en el TRP.

5.2.1 BENEFICIOS ESPERADOS

La operación del TRP sin cuellos de botella permite establecer los siguientes objetivos de operación:

- Costo de hora hombre: 150/h
- Tiempo máximo de atención de una orden en el taller: 140 hrs./orden
- Productividad por centro de trabajo: 20 %

Estos objetivos permiten ofrecer a los clientes del taller condiciones más competitivas de servicio y colaboran con la fuerza de ventas para facilitar la colocación de estas órdenes con los clientes.

En el caso del escenario de los negocios esperados con la prestación del servicio a clientes externos de la aerolínea, los objetivos de operación en el taller pueden ser ligeramente más agresivos:

- Costo de hora hombre: 120/h
- Tiempo máximo de atención de una orden de servicio en el taller: 130 hrs.
- Productividad por centro de trabajo: 25 %

Con estas restricciones en la operación, la empresa puede presupuestar más exactamente los ingresos del taller y permitir a la aerolínea controlar administrativamente esta unidad de negocios más eficientemente, mediante el establecimiento de objetivos específicos para el volumen de órdenes de servicios que se deben atender en el taller, siendo responsabilidad del mismo la captación de las órdenes necesarias para cumplir con sus metas productivas. Por su parte, la empresa deberá disponer de los recursos necesarios y de las autorizaciones que esta unidad requiere para poder ejecutar efectivamente estas funciones.

5.2.2 MEJORAS REQUERIDAS

Para que el nuevo sistema opere consistentemente es necesario que cada centro de trabajo tenga las facultades de gestionar los recursos que le permitan eliminar las restricciones productivas que afectan el balance productivo del sistema global. El taller debe soportar estas operaciones con un equipo especializado en ingeniería de métodos y sistemas de producción.

Adicionalmente, se deben sistematizar las operaciones de gestión de estas mejoras para que el tiempo de reacción de los centros de trabajo disminuya los costos incurridos por estas desviaciones.

5.2.3 MODIFICACIONES NECESARIAS

Las modificaciones que deben incorporarse al sistema de planeación de producción en el taller para soportar el incremento de operaciones resultado de la atención de clientes externos a la aerolínea son:

- Sistema de gestión de proyectos de mejora en centros de trabajo.
- Servidor global para montar el sistema fuera del TRP.

- Sistema de gestión de recursos enlazado con las diferentes unidades de negocio de la empresa, responsables de la administración de recursos en la cadena de suministros del taller.
- Sistema en red de consulta para clientes externos.

Estas modificaciones pueden implementarse de manera paralela en todos los talleres de la empresa para poder operar en una plataforma que integre todas las variables que afectan la competitividad de los servicios prestados.

5.3 CUANTIFICACIÓN DE RESULTADOS

En función de los beneficios esperados y las modificaciones necesarias para que esta unidad de la empresa alcance la productividad que una operación a tope requiere, se acordó con el comité de implementación fijar una nueva capacidad instalada para el taller a partir de la cual se determinaron los volúmenes de atención que pueden ser procesados y los costos operativos que las órdenes implican.

El detalle de la cuantificación de estos indicadores, así como los nuevos valores que se utilizarán para evaluar el desempeño del sistema se comenta a continuación.

5.3.1 TIEMPO DE ATENCIÓN

El comité de implementación está de acuerdo en tomar un 15% de reducción en los tiempos de atención de las órdenes de servicio como resultado de la mejora en el flujo de las operaciones del taller gracias a la anticipada planeación de la carga laboral para cada centro de trabajo. Este valor es una aproximación a la diferencia notada entre el tiempo de atención del sistema anterior y la estimación simulada con la operación en el sistema nuevo.

En cuanto al valor a considerar en el caso del incremento de capacidad del taller, el comité decidió no emitir una cifra hasta formalizar el apoyo de la dirección de la empresa a los planes de inversión en este taller.

5.3.2 VOLÚMENES ATENDIDOS

Se estima que el incremento productivo de los centros de trabajo será reflejado en un incremento de 25 % en la cantidad de órdenes de servicio procesadas por el taller. El comité de implementación estableció este porcentaje considerando que mientras no se preste el servicio a clientes externos a la aerolínea, la naturaleza de las órdenes de servicio será la misma y por lo tanto la predicción estadística del incremento de volúmenes puede tomarse como válida.

Esta predicción resulta de la diferencia entre los volúmenes atendidos por el sistema anterior y los volúmenes estimados con el sistema actual.

Al igual que con el tiempo de atención, el comité no cuantificó este indicador para el escenario del aumento de capacidad instalada demandado por los clientes externos a la empresa.

5.3.3 COSTOS DE OPERACIÓN

La significativa reducción de los tiempos de espera que el nuevo sistema permite y la anticipada programación de los abastecimientos y recursos del taller permitieron al comité de implementación acordar el objetivo de reducción de costos de operación del nuevo sistema en 10%, comparado con el sistema original. Este valor es producto de la comparación del estado de resultados del taller en el ejercicio trimestral correspondiente al periodo en el que se recolectaron los datos de referencia para diagnosticar la eficiencia operativa del taller y el costo de las órdenes de servicio proyectadas a partir de los resultados de la simulación de operaciones del nuevo sistema.

En este indicador tampoco se consideró proyectar un valor para el caso de un taller con capacidad aumentada.

5.3.4 NUEVA CAPACIDAD INSTALADA

Finalmente, con la información de las órdenes de servicio simuladas con las nuevas condiciones de operación, se acordó que el taller tiene capacidad para ofrecer 30 %

más horas hombre en cada centro con respecto del original sistema de producción. Este indicador resulta de la diferencia entre los volúmenes de operaciones que se atendieron con el sistema anterior y el sistema nuevo, los detalles se muestran en el anexo 2. Este aumento permite la eliminación de los costos de tiempo extra en los que incurría el sistema original considerando el mismo volumen de servicios demandados.

CONCLUSIONES

El cumplimiento de los objetivos específicos de este proyecto representa un incremento competitivo en las operaciones del taller de recuperación de partes de AVIACSA; con ello, la aerolínea puede reproducir este tipo de trabajos en cada uno de sus talleres siguiendo la misma metodología para conseguir un incremento global en su utilidad de operación. Este logro simultáneamente satisface los objetivos del programa de posgrado en ingeniería de manufactura.

Gracias al uso de VISUAL STUDIO y PROMODEL (tecnologías al alcance de este tipo de empresas), los talleres de recuperación de partes aeronáuticas pueden seguir la metodología aquí utilizada para la construcción de este tipo de soluciones y atender con esto las desviaciones productivas presentes en sus sistemas de planeación y control de producción.

La validación del funcionamiento del sistema al implementarlo por módulos en paralelo con la operación convencional del sistema anterior permite depurar las soluciones construidas para que éstas puedan cumplir consistentemente con las funciones que sus clientes esperan. Esta estrategia de implementación es recomendable para los futuros proyectos de esta aerolínea.

El nuevo sistema de planeación y control de producción utilizado en esta aerolínea hace posible la consideración de proyectos de inversión que permitan al taller incrementar significativamente el volumen de operaciones que atiende. Estos negocios potenciales impactarían significativamente la competitividad de la aerolínea, lo cual permitiría a la empresa renovar su flota de aviones más frecuentemente y evitaría así las recurrentes suspensiones de operaciones que les ha impuesto la DGAC, que a lo largo de su existencia han llevado al borde de la quiebra a la empresa.

La principal aportación de esta tesis es el aumento competitivo de las operaciones del taller de recuperación de partes en esta aerolínea. Esta mejora puede reproducirse en cualquier taller con características similares a las del TRP para poder solventar las necesidades de planeación y control de producción presentes en los muy comunes talleres manufactureros de México (ver detalles en anexo 2).

RECOMENDACIONES

Para el aprovechamiento total de la herramienta construida en este proyecto, se recomienda a la aerolínea que valore las siguientes recomendaciones:

- Formulación y evaluación del proyecto de inversión para que el taller de recuperación de partes pueda captar clientes externos a la empresa.
- Disponer los recursos necesarios en todos los talleres de la aerolínea para que pueda reproducirse este proyecto de implementación de un sistema automático de planeación y control de producción.
- Gestionar el ingreso de la empresa al registro nacional de instituciones y empresas científicas RENIECYT, para poder acceder al capital y la infraestructura tecnológica que necesita para poder desarrollar eficientemente los proyectos de inversión que la aerolínea determine en su afán de incrementar su competitividad.
- Gestionar con BANCOMEX y NAFIN los apoyos financieros para implementar los proyectos de inversión que le permitan a la empresa comercializar los servicios de sus talleres en el extranjero.
- Depurar las herramientas construidas y extender su plataforma informática a más unidades de la organización para elevar la eficiencia operativa de la empresa y aumentar las utilidades de sus operaciones.

Estas recomendaciones requieren de la formalización de un convenio de cooperación académica con varias instituciones de educación superior en el país para que los proyectos necesarios sean gestionados profesionalmente en beneficio de todas las partes involucradas.

TRABAJOS FUTUROS

El acuerdo con la aerolínea tras el análisis de los resultados sobre el funcionamiento de este sistema fue continuar colaborando con el desarrollador para materializar los proyectos de automatización de operaciones en el resto de los talleres de la aerolínea y así permitir un sustancial incremento en la utilidad de operación de la empresa.

Para ello es necesario:

- Expandir las capacidades del sistema actual a la gestión integral de recursos de la empresa para aprovechar las economías de escala en cada una de sus operaciones.
- Implementar este sistema en los demás talleres de la empresa.
- Integrar a estos sistemas la funcionalidad de gestión de recursos dentro de la organización, para permitir que cada taller automatice estas funciones.
- Gestionar los recursos necesarios para implementar los proyectos de inversión correspondientes a la implementación de este sistema en todos los talleres.

Respecto al sistema diseñado, esta solución puede adaptarse a diferentes empresas con deficiencias en sus operaciones de planeación y control de producción, por ello es necesario trabajar en los siguientes proyectos:

- Construir una solución general para estas necesidades en talleres en general.
- Colocar este proyecto en empresas de diferentes giros para adaptar sus funcionalidades a las soluciones particulares que cada cliente requiere y así depurar la solución general que se puede ofrecer en el mercado.

APÉNDICE

- A. Índice de tablas
- B. Índice de figuras
- C. Listado de abreviaciones
- D. Glosario
- E. Anexo 1: Ejemplo de una orden de servicio en el sistema original de control de producción.
- F. Anexo 2: Detalle del resultado de las simulaciones.
- G. Anexo 3: Pantallas del Sistema
- H. Bibliografía

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: GRUPOS DE TRABAJO POR PROCESOS DE FABRICACIÓN EXISTENTES EN EL TRP (fuente: figura 2).....	26
Tabla 2: por clientes de los requerimientos atendidos en el trp (fuente: ordenes de servicio atendidas en el trp durante el periodo de estancia industrial).....	38
Tabla 3: OPERACIONES MÁS COMUNES EN EL TRP (fuente: analisis de las ordenes de servicio atendidas durante el periodo de estancia industrial).	40
Tabla 4: detalle de las operaciones incluidas en una orden de servicio para su posterior codificación en promodel (fuente: modelo del sistema en promodel).....	47
Tabla 5: RESULTADOS TOTALES DEL DESEMPEÑO DE TODOS LOS CENTROS DE TRABAJO DEL TRP (fuente: resultados de la simulación de las operaciones en las condiciones originales del sistema).....	49
Tabla 6: EL CENTRO DE TRABAJO DE SOLDADURA ES EL CUELLO DE BOTELLA DEL SISTEMA (fuente: resultados de la simulación de las operaciones en las condiciones originales del sistema).....	49
Tabla 7: El centro de trabajo de procesos químicos está siendo desaprovechado por efecto del cuello de botella que tiene el sistema (fuente: resultados de la simulación de las operaciones en las condiciones originales del sistema).	50
Tabla 8: El centro de procesos mecánicos representa una oportunidad de negocio para el taller debido a la disponibilidad de capacidad que presenta (fuente: resultados de la simulación de las operaciones en las condiciones originales del sistema).....	50
Tabla 9: LOS RESULTADOS DEL CENTRO DE TRABAJO DE INSPECCIÓN SUGIEREN QUE ESTE CENTRO PUEDE SOPORTAR FUTURAS EXPANSIONES EN EL VOLUMEN DE ÓRDENES QUE ATIENDE (fuente: resultados de la simulación de las operaciones en las condiciones originales del sistema).....	50
Tabla 10: INDICADORES OPERATIVOS DEL TRP SIN EL CUELLO DE BOTELLA QUE REPRESENTABA EL PROCESO DE SOLDADURA.....	104
Tabla 11: EL CENTRO DE TRABAJO DE SOLDADURA ES LA ALTERNATIVA INMEDIATA PARA ATENDER REQUERIMIENTOS DE CLIENTES EXTERNOS A LA AEROLÍNEA.....	104
Tabla 12: EL CENTRO DE PROCESOS QUÍMICOS ES DIRECTAMENTE AFECTADO POR EL VOLUMEN DE OPERACIONES QUE ATIENDE EL CENTRO DE SOLDADURA.	105
Tabla 13: EL INCREMENTO PRODUCTIVO CON EL NUEVO SISTEMA PERMITEN CONSIDERAR LOS PROYECTOS ENCAMINADOS A INCREMENTAR EL VOLUMEN DE ÓRDENES QUE EL TRP ATIENDE.....	105
Tabla 14: IA LABOR DE CAPTACIÓN DE ÓRDENES DE SERVICIO PARA INCREMENTAR EL APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA DEL TRP DEBERÍA ENFOCARSE EN LOS CENTROS DE TRABAJO CON MAYOR CAPACIDAD DISPONIBLE.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.: flujo de las operaciones de planeación y control de la producción en el trp (diagrama proporcionado por la aerolínea)	24
Figura 2: distribución del taller de recuperación de partes (diagrama proporcionado por la aerolínea)	25
Figura 3: en los talleres del hangar del AEROPUERTO comienzan las tareas de captación de componentes para reconstrucción (imagen proporcionado por la aerolínea).....	27
Figura 4: motor desmontado del que se EXTRAERÁN componentes que requieran los servicios del trp (imagen proporcionado por la aerolínea)	27
Figura 5: vista panorámica del trp (imagen proporcionado por la aerolínea)	28
Figura 6: flujos informativos en el trp durante la atención de una orden de servicio (fuente: elaboracion propia).	43
Figura 7: diagrama de flujo de información en el taller de motores, el principal cliente del trp. (fuente: documentacion de la aerolínea).....	43
Figura 8: mapa de procesos en el trp (fuente: elaboracion propia).	44
Figura 9: modelo utilizado para simular las operaciones del trp según la distribución actual del taller y las rutas que utilizan los operadores en su tránsito por cada área (fuente: impresión de pantalla del modelo de promodel).	48
Figura 10: el tablero de control permite conocer el detalle de las órdenes de servicio que se están procesando en el taller; esa información permite a los administradores tomar las acciones necesarias para controlar la producción del taller (fuente: impresión de pantalla de diseño propio).....	56
Figura 11: basado en los programas de mantenimiento de la flota de servicio de la AEROLÍNEA, el trp puede anticiparse a la demanda basado en las órdenes de servicio que las aeronaves en mantenimiento generaron en sus anteriores servicios de mantenimiento (fuente: impresión de pantalla de diseño propio).	57
Figura 12: mapa de clases generado en visual studio (fuente: diseño propio)	66
Figura 13: diagrama de clases con los dos MÓDULOS del sistema (fuente: impresión de pantalla de digrama de clases).....	67
Figura 14: relaciones en el SISTEMA global (fuente: diseño propio).	69
Figura 15: diagrama de estado para una orden de servicio (fuente: diseño propio).....	70
Figura 16: diagrama de actividad de una orden de servicio (fuente: diseño propio).....	71
Figura 17: requerimientos del sistema para la OPERACIÓN del tablero de control (fuente: diseño propio).....	72
Figura 18: requerimientos del sistema para el caso de uso orden de servicio (fuente: diseño propio).....	74
Figura 19: REQUERIMIENTOS del sistema para el caso de uso PLANEACIÓN. (fuente: diseño propio)	76
Figura 20: tablas relacionadas con las ordenes de servicio (fuente: impresión de pantaalla sql server).....	78
Figura 21: la pantalla para dar de alta ordenes sustituye a los formatos en papel utilizados para indicar el detalle de las operaciones requeridas por cada componente en proceso (fuente: impresión de pantalla de nuevo sistema).	88

Figura 22: los detalles del estado de una orden se pueden conocer en el tablero de control (fuente: impresión de pantalla de nuevo sistema).....	90
Figura 23: programa de IMPLEMENTACIÓN del sistema completo (fuente: diseño propio).....	95
Figura 24: programa de pruebas previo a cada una de las etapas de IMPLEMENTACIÓN de los MÓDULOS del sistema (fuente: diseño propio).	99

LISTADO DE ABREVIACIONES

BANCOMEX: Banco de comercio exterior.

CONACYT: Consejo nacional de ciencia y tecnología.

COSIMA: Sistema de administración de producción.

DGAC: Dirección general de aviación civil.

ESIME: Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica.

FODA: Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

FPI: Limpieza química desengrasante.

ICAM: Manufactura integrada asistida por computadora.

IDEF: Manufactura integrada asistida por computadora.

IMPACS: Sistema integrado de planeación y control de producción para manufactura.

MRP: Planeación maestra de requerimientos.

NAFIN: Nacional financiera.

PROCOS: Sistema de administración de producción.

SAP: Administración sistemática de la planeación.

SPIRIT: Programa para la elaboración de modelos de administración de operaciones.

TELMEX: Teléfonos de México.

TRP: Taller de recuperación de partes.

USD: Dólares americanos.

RENIECYT: Registro nacional de instituciones educativas en ciencia y tecnología

SQL: Lenguaje sistemático de consultas.

GLOSARIO

ASP.NET: Lenguaje de programación orientado a objetos para aplicaciones en línea.

BOEING: Fabricante de aviones.

CASO DE USO: Requerimiento funcional de un sistema informático expresado mediante diagramas para especificar las interacciones que los actores tienen con el sistema.

CLASE: Conjunto de objetos y propiedades que comparten las mismas características en la estructura de un sistema informático.

CONTROL DE PRODUCCIÓN: Conjunto de métodos utilizados para disponer los recursos que serán utilizados durante la fabricación de un bien o la prestación de un servicio para satisfacer los requerimientos de un cliente.

DELMIA: Software para simulación de operaciones.

DIAGRAMA DE ACTIVIDAD: Diagrama que modela la secuencia en que se presentan los eventos informáticos de un sistema.

DIAGRAMA DE ESTADO: Diagrama que modela las diferentes etapas del proceso informático que tiene un elemento del sistema en particular.

DIAGRAMA DE RELACIONES: Diagrama que modela las interacciones existentes en cada uno de los elementos que integran la estructura de un sistema informático.

EJECUTABLE DEL SISTEMA: Programa compilado que permite ejecutar la aplicación informática que fue construida.

ESCENARIO DE SIMULACIÓN: Conjunto de características de un modelo de simulación utilizado para extraer resultados analíticos del sistema bajo determinadas circunstancias.

FIRST IN FIRST OUT: Estrategia de atención de servicios para que los primeros requerimientos recibidos sean los primeros en ser atendidos.

GALVANOPLASTIA: Tratamiento superficial anticorrosivo que consiste en la aplicación de un recubrimiento de zinc a la superficie que necesite protección.

ISO 9001:2000: Estándar internacional para sistemas de calidad.

JUSTO A TIEMPO: Sistema de producción orientado a la disposición de los recursos productivos hasta que estos sean utilizados.

KANBAN: Sistema de producción por lotes orientados a la producción justo a tiempo.

LEY FEDERAL DEL TRABAJO: Marco jurídico que regula las relaciones laborales en México.

LICENCIA C2: Certificación de constructores de turbomaquinaria que permite realizar operaciones de reconstrucción a componentes de la sección fría de turbinas.

MS INTERNET EXPLORER: Software del fabricante Microsoft para navegar en internet.

MS VISIO: Software del fabricante Microsoft para modelar diagramas UML.

MS WINDOWS: Sistema operativo del fabricante Microsoft en el cual funciona el lenguaje de programación visual studio.

NEGRILLAS: Característica de las letras en donde los caracteres aparecen remarcados.

PRATT & WHITNEY: Fabricante de turbomaquinaria.

PROMODEL: Lenguaje de simulación de operaciones.

SOLDADURA TIG: Proceso de soldadura en atmosfera inerte utilizado para materiales altamente oxidantes.

SPOP: Proceso de limpieza química con abrasivos.

TECNOLOGÍA DE GRUPOS: Sistema de producción por lotes basado en la agrupación de similaridades para operar un flujo continuo de producción.

TECNOMATIX: Software de simulación de operaciones.

VISUAL STUDIO: Lenguaje de programación orientado a objetos construido por el fabricante Microsoft.

ANEXO 1:
**EJEMPLO DE ORDEN DE SERVICIO EN EL SISTEMA ORIGINAL DE
CONTROL DE PRODUCCIÓN**

 AVIACSA TALLER DE RECUPERACIÓN DE PARTES PARTS REPAIR SHOP		NO. OTV TWO NO.	ORDEN DE TRABAJO VIAJERA TRAVELLER WORK ORDER					PAGINA PAGE			
		723646						1	DE OF	3	
		NUMERO DE CONTROL CONTROL NUMBER <i>TRP</i>									
SELLOS DE CONTROL CONTROL STAMPS											
PRODUCCIÓN NOMBRE / FIRMA / FECHA <small>PRODUCTION NAME / SING / DATE</small>				CONTROL DE PRODUCCION NOMBRE / FIRMA / FECHA <small>PRODUCTION CONTROL NAME / SING / DATE</small>		INSPECCION NOMBRE / FIRMA / FECHA <small>INSPECTION NAME / SING / DATE</small>		INGENIERIA NOMBRE / FIRMA / FECHA <small>ENGINEERING NAME / SING / DATE</small>		JEFE DE TALLER NOMBRE / FIRMA / FECHA <small>SHOP CHIEF NAME / SING / DATE</small>	
PROCESOS TERMICOS <small>THERMAL PROCESS</small> TA. JACOBO PEGO ALVARADO		PROCESOS MECANICOS <small>MECHANICPROCESS</small> ING. OSCAR CRUZ MEJIA		PROCESOS QUIMICOS <small>CHEMICAL PROCESS</small> ING. GUSTAVO SANCHEZ CONTRERAS		ING. EVERIC RENE MALPICA HERNADEZ		ING. GUSTAVO CERECER		ING. JUAN MANUEL MURILLO FLORES	
EQUIPO EQUIPMENT		MATRICULA NUMERO DE SERIE REGISTER SERIAL NUMBER		CLIENTE CUSTOMER		MODELO MODEL		ORDEN DE SERVICIO SERVICE ORDER		ORDEN DE TRABAJO WORK ORDER	
JT8D-S				TALLER DE MOTORES							
CPI IPC		NUMERO DE PARTE PART NUMBER		NOMENCLATURA NOMENCLATURE		NUMERO DE SERIE SERIAL NUMBER		CANTIDAD QUANTITY		CODIGO ATA ATA CODE	
				COMPRESSOR DISK 12 STG						72-36-46	
PARTES DE REEMPLAZO / MATERIAL CONSUMIBLE / HERRAMIENTAS REPLACEMENT PARTS / CONSUMABLE MATERIAL / TOOLS								OBSERVACIONES REMARKS			
								CODIGO DE BARRAS BAR'S CODE			
CAMBIOS CHANGES			FECHA DE EFECTIVIDAD EFFECTIVITY DATE		FECHA DE EMISION EMISION DATE		FECHA PROGRAMADA PROGRAMING DATE		FECHA DE TERMINACION END DATE		PRIORIDAD PRIORITY
REV REV	POR BY	FECHA DATE	REV 161 APR 15/06								3
TAREAS DE REPARACION REPAIR TASK											
OP OPER	CT WC	EQUIPO MATERIAL	#RT SR#	TIEMPO TIME H/H/M		RE TRABAJO REWORK	NO NO	TAREA TASK	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESCRIPTION OF WORK		
				NOR	ACT						
10	300	TALLER	723646				A		REMOCION DE RECUBRIMIENTO		
20	300	TALLER	723646				B		INSPECCION DEL METAL BASE		
30	300	TALLER	723646				C		AMARTILLADO DE RANURAS		
40	300	TALLER	723646				D		MAQUINADO Y DESMELLADO DEL METAL BASE (SI ES REQUERIDO)		
50	300	TALLER	723646				E		INSPECCION DIMENSIONAL		
60	300	TALLER	723646				F		RESTAURACIÓN DE DIMENSIONES (SI ES REQUERIDO)		
70	300	TALLER	723646				G		TRATAMIENTO DE SUPERFICIE		

TRP-301

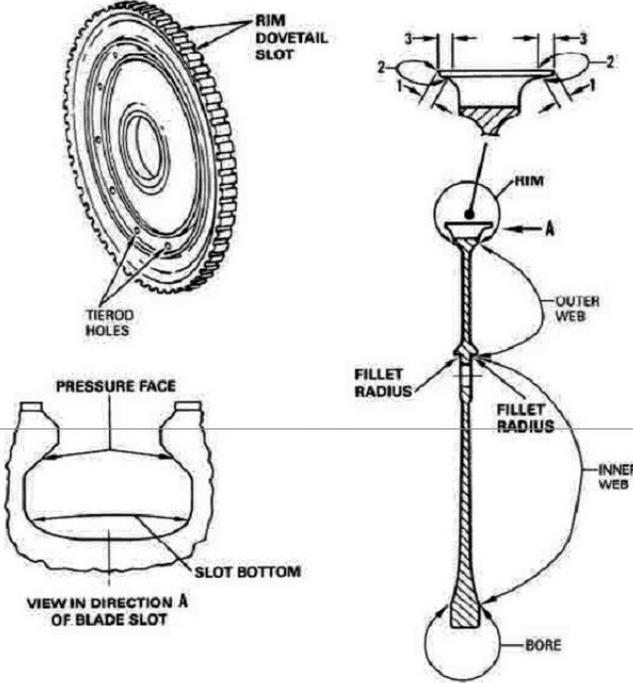
 AVIACSA TALLER DE RECUPERACIÓN DE PARTES PARTS REPAIR SHOP		NO. OTV TWO NO. 723646		ORDEN DE TRABAJO VIAJERA TRAVELLER WORK ORDER					PAGINA PAGE 2 DE OF 3			
		NUMERO DE CONTROL CONTROL NUMBER										
SUMARIO DE RUTA DE REPARACION REPAIR ROUTE SUMMARY												
OP OPER	CT WC	EQUIPO MATERIAL EQUIPMENT MATERIAL	#RT SR#	TIEMPO TIME H/H/M		RE TRABAJO REWORK	NO NO	TAREA TASK	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESCRIPTION OF WORK	FIRMA / FECHA DATE / SING		
				NOR	ACT					INSP	PROD	CP
80	330	TINA	723646				A	1	REMOCION DE RECUBRIMIENTO PWA 110 POR SPOP 258		O	O
90	330	TINA	723646				A	2	PRUEBA DE PRESENCIA DE RECUBRIMIENTO PWA 110 POR SPOP 124		O	O
100	330	TINA	723646				A	3	REMOCION DE RECUBRIMIENTO NIQUEL-CADMIO POR SPOP 40		O	O
110	330	TINA	723646				A	4	PRUEBA DE PRESENCIA DE NI-CAD POR SPOP 128		O	O
120	330	TINA	723646				A	5	PRESERVACIÓN CON ACEITE INHIBIDOR DE CORROSION POR SPOP 5		O	O
130	330	TINA	723646				A	6	PRESERVACIÓN CON PAPEL INHIBIDOR DE CORROSION POR SPOP 431		O	O
140	220	BANCO	723646				B	1	INSPECCION POR ROZAMIENTO SUPERFICIAL	O		O
150	240	PND	723646				B	2	INSPECCION POR PARTICULAS PENETRANTES MAGNETICAS FLUORESCENTES	O		O
160	220	BANCO	723646				B	3	INSPECCION VISUAL POR DAÑOS SUPERFICIALES	O		O
170	380	CABINA	723646				C	1	AMARTILLADO DE RANURAS		O	O
180	220	BANCO	723646				D	1	MAQUINADO Y DESMELLADO DEL METAL BASE (SI ES REQUERIDO)	O		O
190	220	BANCO	723646				E	1	INSPECCION DIMENSIONAL	O		O
200	340	CABINA	723646				F	1	APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO PARA RESTAURAR DIMENSIONES		O	O
210	320	TORNO	723646				F	2	MAQUINADO FINAL		O	O
220	330	TINA	723646				G	1	REEMPLAZO DE NIQUEL-CADMIO POR SPOP 25		O	O
230	380	CABINA	723646				G	2	APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO ANTILUDIMIENTO POR SPOP 146		O	O
240	220	BANCO	723646				T	1	INSPECCION VISUAL DIMENSIONAL	O		O
250	330	TINA	723646				A	7	PRESERVACIÓN CON ACEITE INHIBIDOR DE CORROSION POR SPOP 5		O	O
260	330	TINA	723646				A	8	PRESERVACIÓN CON PAPEL INHIBIDOR DE CORROSION POR SPOP 431		O	O
270	220	BANCO	723646				T	2	INSPECCION FINAL, ETIQUETA LA PARTE	O		O

TRP-301

 AVIACSA TALLER DE RECUPERACIÓN DE PARTES PARTS REPAIR SHOP	NO. OTV TWO NO.	ORDEN DE TRABAJO VIAJERA TRAVELLER WORK ORDER	PAGINA PAGE		
	723646		3	DE OF	3
	NUMERO DE CONTROL CONTROL NUMBER				

ESQUEMAS
SKETCHS

OP OPER	CT WC	EQUIPO MATERIAL EQUIPMENT MATERIAL	#RT SR#	TIEMPO TIME H/H/M		RE TRABAJO REWORK	NO NO	TAREA TASK	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESCRIPTION OF WORK
				NOR	ACT				
20	300	TALLER	723646				B		INSPECCION DEL METAL BASE



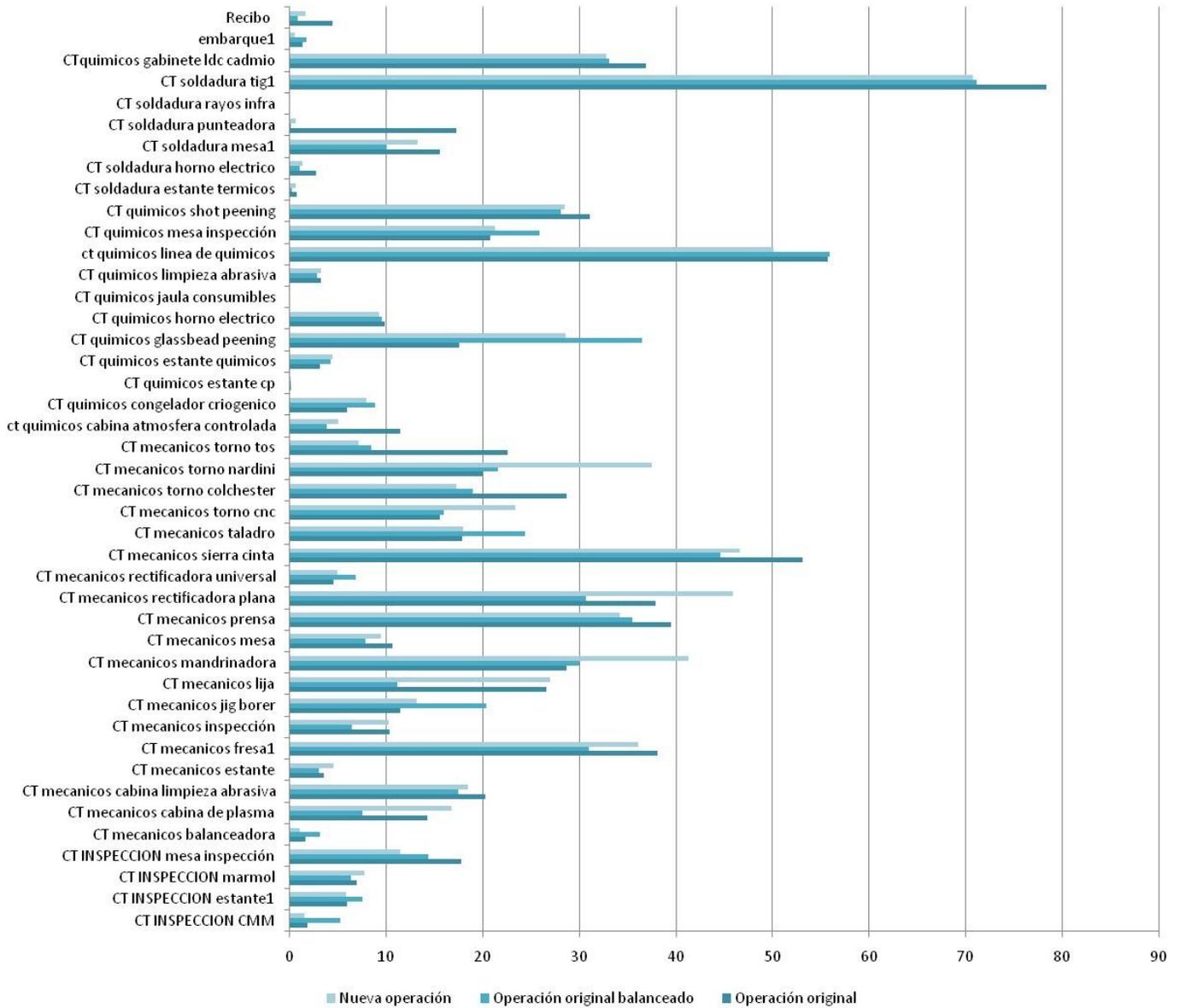
L-H2996 (0000)

1. 0.125 Inch Maximum
2. Electrical Contact Permissible Only In This Area. No Burning, Pitting, Or Selective Attack Permitted.
3. 0.250 Inch Maximum

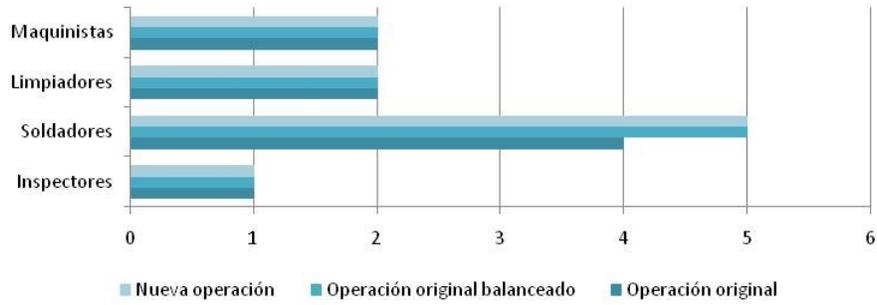
Important Inspection And
R Electrical Contact Areas

TRP-301

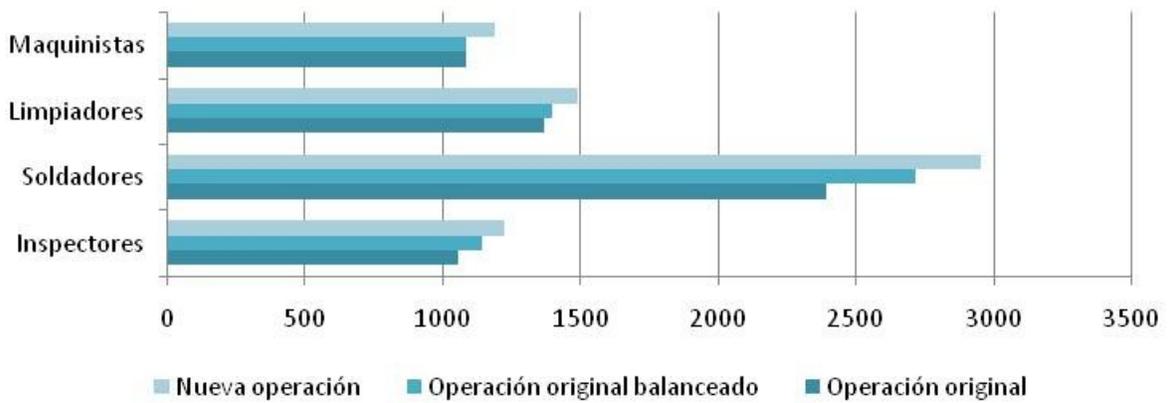
ANEXO 2:
DETALLE DEL RESULTADO DE LAS SIMULACIONES



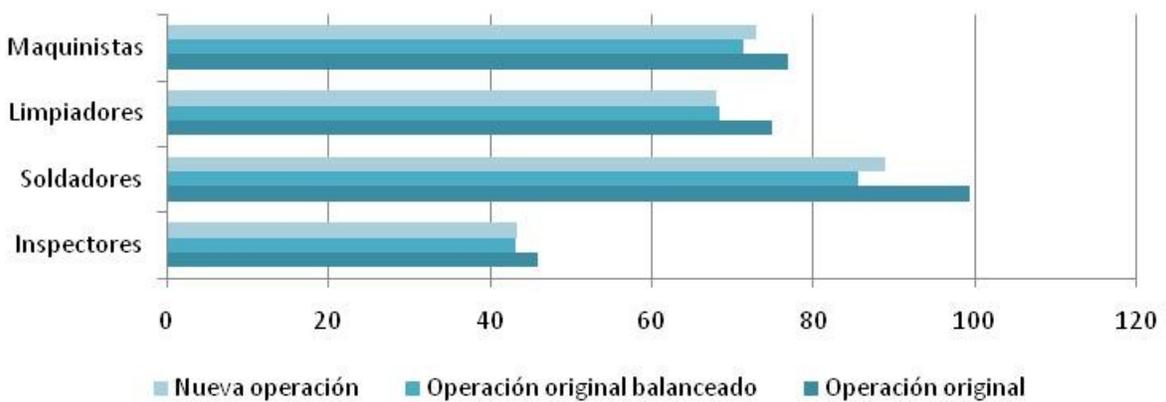
PRODUCTIVIDAD EN CADA ELEMENTO DE LOS CUATRO CENTROS DE TRABAJO DEL TRP.



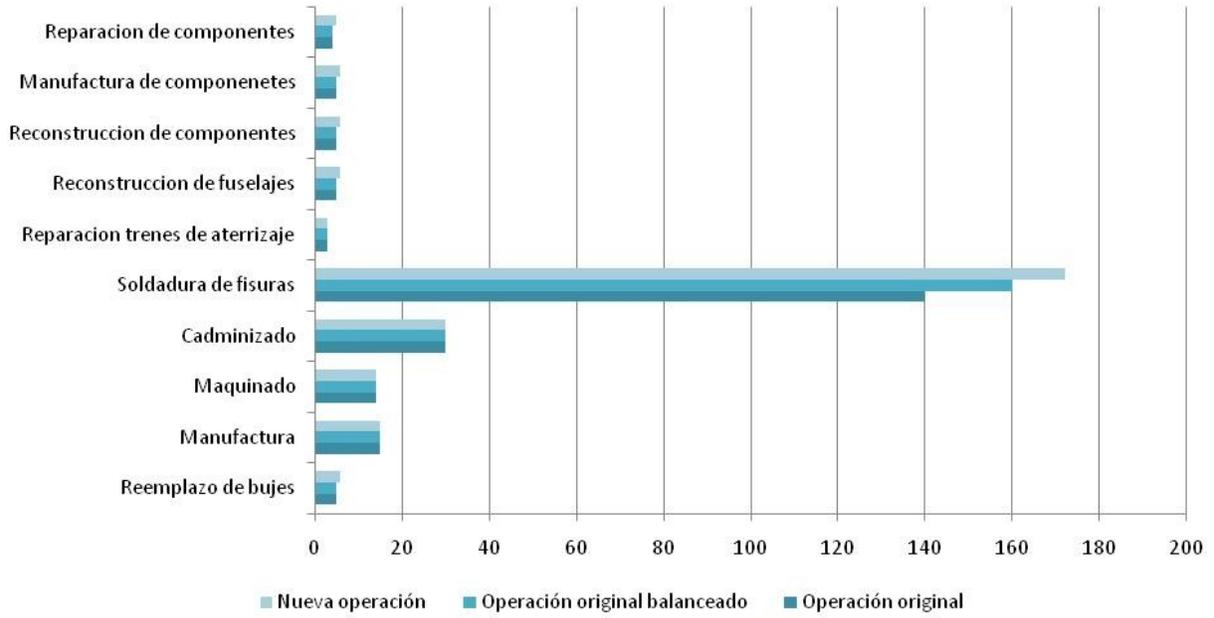
CANTIDAD DE OPERADORES UTILIZADOS EN LOS TRES ESCENARIOS QUE FUERON SIMULADOS.



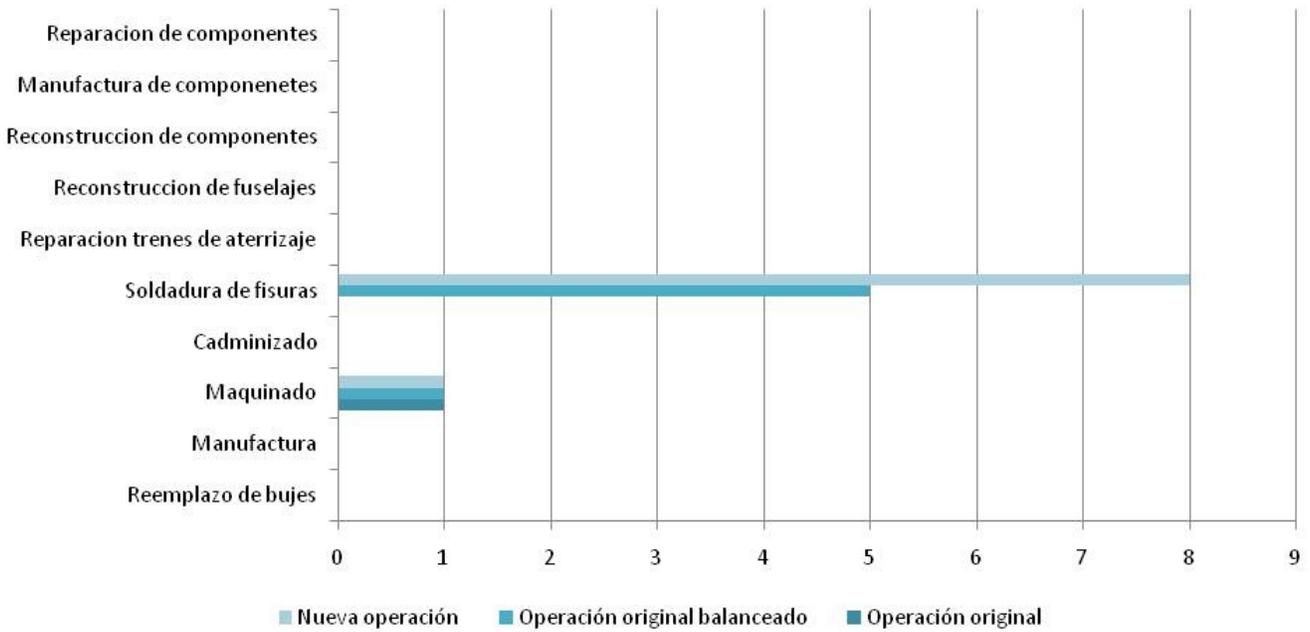
CANTIDAD DE OPERACIONES REALIZADAS EN PROMEDIO POR LOS OPERADORES DE LOS DIFERENTES CENTROS DE TRABAJO.



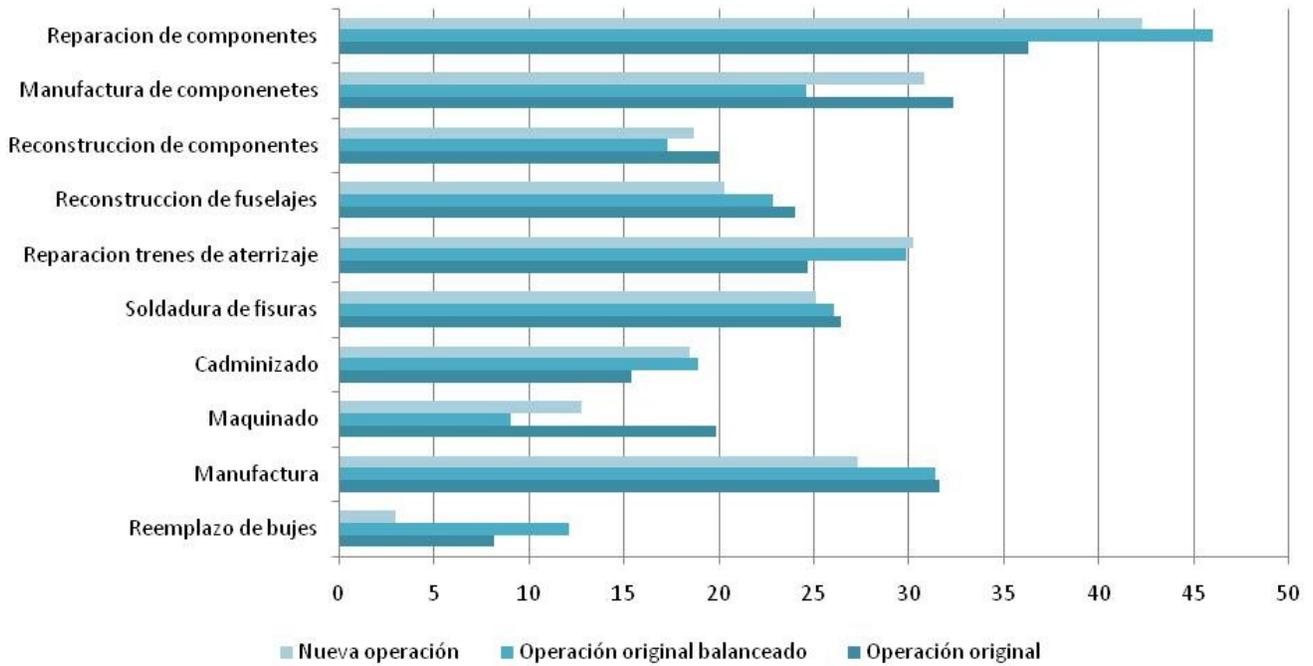
PRODUCTIVIDAD DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL TRP EN LOS TRES ESCENARIOS



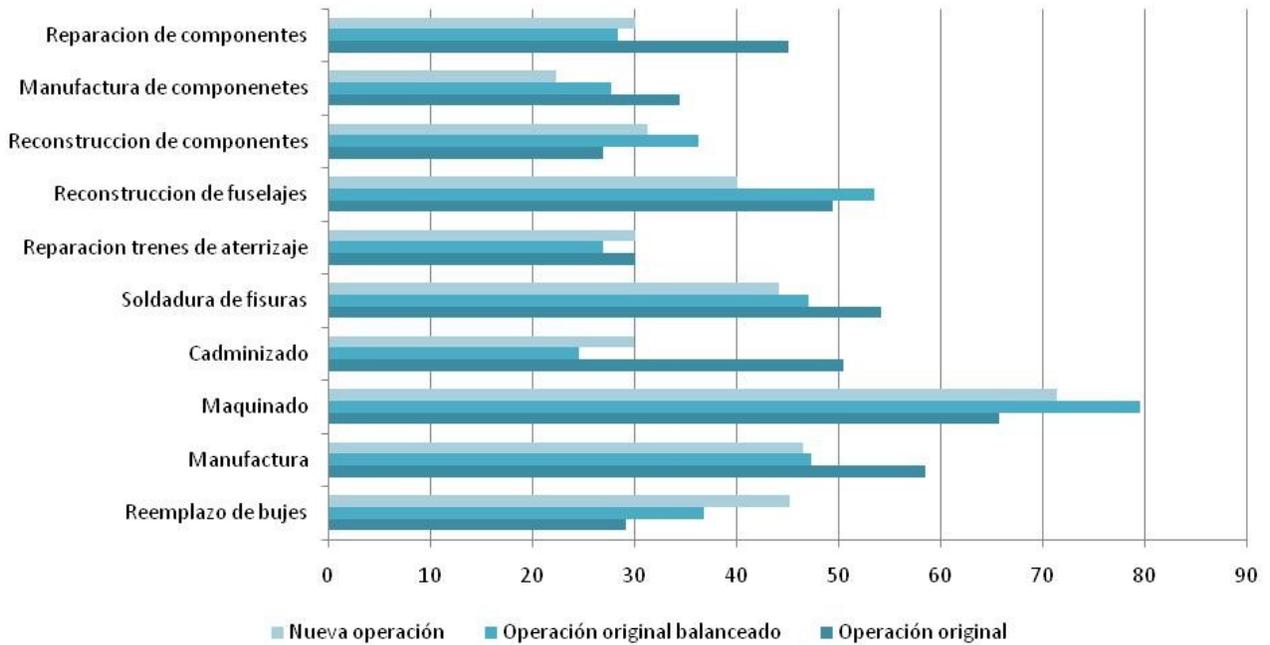
CANTIDAD DE ORDENES ATENDIDAS POR CENTRO DE TRABAJO



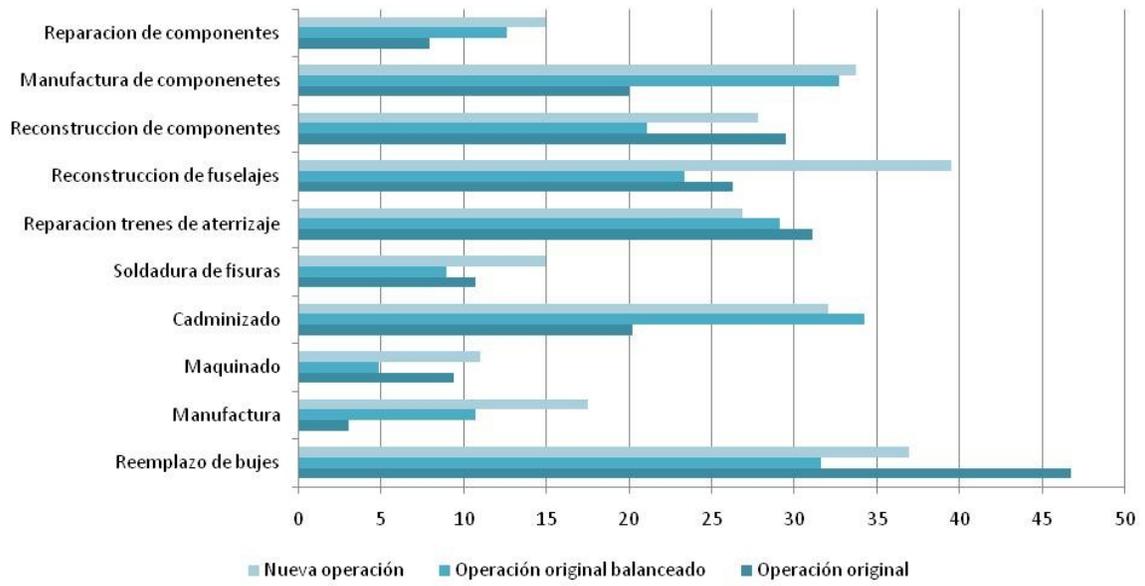
CANTIDAD DE PEDIDOS PENDIENTES DE PROCESAR POR CENTRO DE TRABAJO



PORCENTAJE DEL TIEMPO DE ATENCIÓN DE UNA ORDEN MIENTRAS ESTA, ESTA SIENDO PROCESADA POR ALGÚN CENTRO DE TRABAJO.



TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO SEGÚN EL TIPO DE ORDEN QUE SE ATENDIÓ.



TIEMPO PROMEDIO QUE PERMANECE BLOQUEADA UNA ORDEN.

ANEXO 3:
PANTALLAS DEL SISTEMA

Pantalla: Master page.

Objetivo: Proporcionar una plantilla para cada una de las páginas del sistema con una distribución, herramientas de navegación y validación de accesos común²⁶; a) Menú principal, b) Pantallas relacionadas y c) Sección de contenido principal (formularios y reportes)..

Entradas: N/A.

Salidas: N/A.

P & CP TRP

Planeación y Control de Producción

Taller de Recuperación de Partes

CONTROL

PLANEACIÓN

ORDENES

NUEVO PROYECTO

ALTAS

CANCELACIONES

LIBERACIONES

CAMBIOS

BAJAS

Modulo de control de producción

Baja de ordenes de servicio, con la ayuda del siguiente formula
orden de servicio en el taller.

Ordén de Servicio:

Atención: Esta operación eliminará todos los registros generado
orden en cada centro de trabajo, así como cualquier elemento de
dar de baja esta orden?

Sí

No

Pantalla: Menú principal.

Objetivo: Navegar por el sistema mediante un menú de cortina que permite acceder directamente a las operaciones que el usuario requiere para realizar sus acciones de planeación y control de producción²⁸.

Entradas: N/A.

Salidas: N/A.

Acceso al sistema

Para poder acceder al sistema es necesario contar con una cuenta de usuario, en caso de no contar con una puedes tramitar una haciendo click en este [vínculo](#) , de lo contrario proporciona tus datos de cuenta para acceder al sistema.

Usuario:

Contraseña:

Ayuda

Para generar cambios en los roles que tienes asignados debes comunicarte al centro de atención.

Pantalla: Acceso al sistema.

Objetivo: Autenticar el usuario que esta accediendo al sistema para permitirle realizar las operaciones que este tenga permitido²⁹.

Entradas: Usuario y contraseña (máximo de intentos antes de bloquear el formulario:3)³².

Salidas: Acceso al sistema (no se puede navegar por ninguna pantalla sin la autenticación del usuario).

NUEVO PROYECTO

Modulo de planeación

Nuevos proyectos, con ayuda del siguiente formulario podras dar de alta un proyecto especial en el taller para que sea procesada de acuerdo a los req del cliente particular.

ALTAS

CANCELACIONES de servicio
LIBERACIONES dinarios de un

Orden de servicio:Label(preliminar)

Actual

CAMBIOS

BAJAS

Detalles:

Proyecto:	Cliente:	Numero de parte:	Descripción:	Nomenglatura:	Codigo ATA:	Numero de Control:
						00000
Imagen en catalogo:	Numero de serie:	Cantidad:			Prioridad:	Normal
						Cambiar prioridad

Listado de consumibles requeridos para procesar la orden:

Partes de reemplazo/ Material consumible/herramientas		Observaciones
ITEM	CANTIDAD	

Pantalla: Ejemplo de formularios utilizados en las pantallas del sistema (formulario para dar de alta un nuevo proyecto)³⁰.

Objetivo: Capturar la información requerida por el manejador de base de datos para generar los reportes y transacciones que le permitirán a los usuarios efectuar sus acciones de planeación y control de producción.

Entradas: Todos los detalles de un nuevo proyecto.

Salidas: Proyecto en proceso de atención asignado a cada uno de los centros de trabajo involucrados en la atención de las operaciones que en este formulario se indican.



CAPACITACIONES

COSTEO DE ORDENES

REPORTE DE PRODUCTIVIDAD

CAPACIDAD INSTALADA

INGRESOS

EGRESOS

Modulo de planeación

Matriz de capacitaciones para el personal del taller, con ayuda de la siguiente pantalla podrá agendar y consultar las diferentes capacitaciones programadas para cada integrante del taller de manera que la capacidad instalada de cada centro de trabajo reporte la disponibilidad ó no de personal dentro de un periodo de tiempo dado.

Numero de empleado:

Detalle:

información para procesar utilizar las pa

Centro de at
Teléfono: 12

Sí lo prefieres puedes generar un reporte general por centro de trabajo en un periodo de tiempo determinado para poder contemplar las necesidades de recursos humanos consecuencia de la ausencia de personal por concepto de capacitación.

Pantalla: Formato de reportes.

Objetivo: Presentarle al usuario de manera tabular un reporte de las variables del sistema que le interesen³¹.

Entradas: Dependiendo del tipo de reporte, las llaves de acceso son: periodo de tiempo, código de consumible, orden de servicio, numero de empleado ó código de recurso.

Salidas: Tabla con la información detallada de la variable de interés.

Modulo de planeación

Administración de la capacidad instalada del taller, con ayuda de la siguiente pantalla podrás actualizar la capacidad instalada de cada una de las unidades productivas del taller así como también agregar o dar de baja centros de trabajo.

Elija la entidad y el tipo de actualización que desea registrar.

Centro de trabajo: Label Capacidad instalada: Label Aprovechamiento promedio ultimo mes: Label
Elegir nueva actualización:

Esta actualización afectara los reportes generados en pantallas relacionadas de manera permanente, ¿esta seguro que desea proceder con esta actualización?

Centro de trabajo:	Clave	Capacidad (hrs.)	Utilización
INSPECCION CMM	CT 1010	678	1.48
INSPECCION estante1	CT 1020	1847	5.76
INSPECCION mármol	CT 1030	1674	7.66
INSPECCION mesa inspección	CT 1040	882.5	11.37
mecánicos balanceadora	CT 2010	663	1.05
mecánicos cabina de plasma	CT 2020	770.5	16.70
mecánicos cabina limpieza abrasiva	CT 2030	1335	18.43
mecánicos estante	CT 2040	2929	4.50
mecánicos fresa1	CT 2050	3081	36.01
mecánicos inspección	CT 2060	1834.5	10.19
mecánicos jig borer	CT 2070	723	13.13
mecánicos lija	CT 2080	863	26.91
mecánicos mandriladora	CT 2090	1016	41.24
mecánicos mesa	CT 2100	1998	9.39
mecánicos prensa	CT 2110	1371	34.14
mecánicos rectificadora plana	CT 2120	1182.5	45.84
mecánicos rectificadora universal	CT 2130	741	4.90
mecánicos sierra cinta	CT 2140	1018	46.52
mecánicos taladro	CT 2150	770.5	17.92
mecánicos torno cnc	CT 2160	815.5	23.37
mecánicos torno colchester	CT 2170	1754	17.20
mecánicos torno nardini	CT 2180	1989	37.42
mecánicos torno tos	CT 2190	694	7.06
químicos cabina atmosfera controlada	CT 3010	770	5.02
químicos congelador criogénico	CT 3020	908	7.86
químicos estante cp	CT 3030	1340	0.02
químicos estante químicos	CT 3040	1333.5	4.38
químicos glassbead peening	CT 3050	901.5	28.57
químicos horno eléctrico	CT 3060	908	9.21
químicos jaula consumibles	CT 3070	662.5	0.00
químicos limpieza abrasiva	CT 3080	798	3.18
químicos línea de químicos	CT 3090	1726.5	50.05
químicos mesa inspección	CT 3100	1440.5	21.26
químicos shot peening	CT 3110	830	28.47
soldadura estante térmicos	CT 4010	1210	0.64
soldadura horno eléctrico	CT 4020	706	1.30
soldadura mesa1	CT 4030	2031	13.26
soldadura punteadora	CT 4040	663	0.60
soldadura rayos infra	CT 4050	662.5	0.00
soldadura tig1	CT 4060	4908	70.72
químicos gabinete ldc cadmio	CT 4070	1074.5	32.77
Embarque1	CT 5000	6165	0.49
Recibo	CT 6000	7060.5	1.56

Pantalla: Sección de contenido del reporte de capacidad instalada.

Objetivo: proporcionar al usuario un detalle del aprovechamiento de cada uno de los equipos pertenecientes a un centro de trabajo del TRP³³.

Entradas: Periodo de tiempo.

Salidas: Tabla de aprovechamiento por equipo.

Modulo de control de producción

Costeo de ordenes, con ayuda de la siguiente pantalla podrás generar un presupuesto del costo de una orden de servicio incluyendo los tiempos de entrega estimados para cada centro de trabajo.

Orden de servicio:

Costo total: 15,320

Detalle:p>

Centro de Trabajo	Equipo	Materiales	Recursos	Otros	Totales
CT 1010	300.0	150.0	0.0	300.0	750.0
CT 1020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 1030	150.0	150.0	0.0	150.0	450.0
CT 1040	0.0	300.0	0.0	0.0	300.0
CT 2010	0.0	200.0	0.0	0.0	200.0
CT 2020	0.0	500.0	0.0	0.0	500.0
CT 2030	0.0	160.0	0.0	0.0	160.0
CT 2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 2050	480.0	120.0	0.0	480.0	1080.0
CT 2060	150.0	0.0	0.0	120.0	270.0
CT 2070	0.0	200.0	0.0	0.0	200.0
CT 2080	100.0	300.0	0.0	120.0	520.0
CT 2090	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 2100	300.0	150.0	0.0	360.0	810.0
CT 2110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 2120	300.0	0.0	0.0	360.0	660.0
CT 2130	100.0	200.0	0.0	120.0	420.0
CT 2140	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
CT 2150	200.0	100.0	0.0	240.0	440.0
CT 2160	360.0	120.0	0.0	360.0	720.0
CT 2170	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 2180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 2190	120.0	480.0	0.0	120.0	720.0
CT 3010	250.0	500.0	90.0	300.0	1140.0
CT 3020	150.0	300.0	0.0	150.0	600.0
CT 3030	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 3040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 3050	0.0	150.0	0.0	0.0	150.0
CT 3060	150.0	300.0	0.0	150.0	600.0
CT 3070	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 3080	150.0	0.0	130.0	150.0	600.0
CT 3090	150.0	300.0	80.0	150.0	680.0
CT 3100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 3110	0.0	300.0	0.0	0.0	300.0
CT 4010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 4020	0.0	300.0	0.0	0.0	300.0
CT 4030	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 4040	0.0	300.0	0.0	0.0	300.0
CT 4050	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 4060	300.0	600.0	400.0	300.0	1600.0
CT 4070	250.0	0.0	200.0	300.0	750.0
CT 5000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 6000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totales:	3,960.0	6280.0	900.0	4230.0	15320.0

Pantalla: Costeo de una orden de servicio.

Objetivo: Calcular el importe consumido por los materiales, recursos y equipos correspondientes a una orden de servicio en particular.

Entradas: Numero de orden de servicio.

Salidas: Tabla de costos por centro de trabajo para la orden de servicio en cuestión.

Modulo de Control de Producción

Administración de documentos, con ayuda de la siguiente pantalla podrás ingresar y dar de baja documentos que permitan procesar las ordenes de servicio del taller.

Elija el tipo de documento, la operación y realice una acción.

Tipo de documento: Operación: Acción:

Los cambios efectuados en la librería de documentos no podrán deshacerse. ¿Continuar?

Pantalla: Sección de contenido de la pantalla control de documentación.

Objetivo: Permitir a los usuarios actualizar la documentación que será utilizada por el sistema.

Entradas: Datos del documento y archivos anexos correspondientes.

Salidas: Catalogo de documentos actualizados.

P & CP TRP

Planeación y Control de Producción
Taller de Recuperación de Partes



CONTROL

PLANEACIÓN

ORDENES

CONSULTAS

ADMINISTRADOR

MODIFICAR

Modulo de control de producción

Liberación de ordenes de servicio, con la ayuda del siguiente formulario podrás procesar la liberación de una orden de servicio en el taller.

Orden de Servicio:

Atención: Esta operación dispara todos los procesos para generar registros correspondientes a la atención de esta orden en el taller, ¿desea liberar esta orden?

Pantallas relacionadas

Tablero de control

Actualizaciones

Si requieres incorporar nuevos formularios para capturar información adicional requerida para procesar una orden puedes utilizar las pantallas relacionadas.

Pantalla: Liberación de ordenes de servicio.

Objetivo: Modificar el estatus de una orden de servicio para que esta pueda ser eliminada del tablero de control debido a que ya fue procesada.

Entradas: Numero de orden de servicio.

Salidas: Orden liberada (solo los administradores pueden realizar esta operación)

Modulo de control de producción

Disponibilidad de recursos, En el siguiente formulario puedes conocer la disponibilidad de recursos humanos.

Recurso:

Recurso	capacidad hrs	utilización %	Disponibilidad
Soldador 1	9	85	10
Soldador 2	9	98	0
Soldador 3	9	91	4
Soldador 4	9	89	6
Soldador 5	9	88	7
Total	45	90.2	5

Pantalla: Sección de contenido del reporte de disponibilidad de recursos del taller.

Objetivo: Proporcionar un listado con el detalle de la disponibilidad de los trabajadores del taller para soportar las acciones de planeación de producción.

Entradas: Tipo de recurso (soldadores, maquinistas, inspectores ó químicos).

Salidas: Tabla con el detalle del aprovechamiento y la disponibilidad de los recursos.

Modulo de planeación

Reporte de egresos por periodo de tiempo, en el siguiente reporte encontraras el detalle de los egresos del taller por concepto de recursos utilizados para el procesado de todas las ordenes de servicio atendidas dentro de un periodo de tiempo determinado.

Periodo de tiempo:

septiembre de 2008						
agosto	de 2008					octubre
dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11

a

septiembre de 2008						
agosto	de 2008					octubre
dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11

Calcular

Egresos totales: 58,630

Detalle:

Orden:	OS100B									
CT 1010	300.0	150.0	300.0	150.0	450.0	150.0	450.0	150.0	300.0	450.0
CT 1020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 1030	150.0	150.0	0.0	450.0	150.0	0.0	300.0	0.0	0.0	150.0
CT 1040	0.0	300.0	0.0	150.0	0.0	300.0	150.0	150.0	0.0	450.0
CT 2010	0.0	200.0	100.0	100.0	100.0	100.0	300.0	100.0	400.0	100.0
CT 2020	0.0	500.0	0.0	500.0	0.0	500.0	0.0	1500.0	0.0	0.0
CT 2030	0.0	160.0	0.0	80.0	80.0	0.0	80.0	0.0	240.0	360.0
CT 2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 2050	480.0	120.0	240.0	120.0	120.0	120.0	0.0	360.0	0.0	0.0
CT 2060	150.0	0.0	150.0	0.0	0.0	150.0	300.0	150.0	0.0	300.0
CT 2070	0.0	200.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0	200.0	0.0
CT 2080	100.0	300.0	400.0	100.0	0.0	100.0	100.0	300.0	400.0	300.0
CT 2090	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0	200.0	0.0	200.0	0.0
CT 2100	300.0	150.0	300.0	150.0	300.0	150.0	300.0	300.0	300.0	450.0
CT 2110	0.0	0.0	200.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
CT 2120	300.0	0.0	400.0	100.0	100.0	0.0	0.0	200.0	0.0	100.0
CT 2130	100.0	200.0	0.0	100.0	0.0	100.0	200.0	0.0	100.0	0.0
CT 2140	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0	100.0	300.0	400.0	0.0	100.0
CT 2150	200.0	100.0	200.0	0.0	100.0	0.0	300.0	100.0	200.0	100.0
CT 2160	360.0	120.0	240.0	120.0	120.0	120.0	0.0	0.0	0.0	120.0
CT 2170	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	400.0	300.0	0.0
CT 2180	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	200.0	200.0	100.0	0.0
CT 2190	120.0	480.0	0.0	120.0	120.0	120.0	0.0	240.0	0.0	360.0
CT 3010	250.0	500.0	250.0	0.0	250.0	250.0	750.0	250.0	1,000.0	1,000.0
CT 3020	150.0	300.0	300.0	150.0	150.0	0.0	300.0	300.0	150.0	450.0
CT 3030	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 3040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 3050	0.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	0.0	300.0	0.0	0.0
CT 3060	150.0	300.0	150.0	0.0	300.0	150.0	300.0	150.0	300.0	150.0
CT 3070	0.0	0.0	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 3080	150.0	0.0	300.0	150.0	150.0	150.0	0.0	150.0	0.0	150.0
CT 3090	150.0	300.0	150.0	0.0	300.0	300.0	300.0	300.0	150.0	150.0
CT 3100	0.0	0.0	150.0	150.0	150.0	150.0	0.0	150.0	150.0	0.0
CT 3110	0.0	300.0	0.0	0.0	300.0	0.0	150.0	0.0	300.0	150.0
CT 4010	0.0	0.0	0.0	300.0	300.0	300.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 4020	0.0	300.0	0.0	300.0	0.0	300.0	300.0	300.0	0.0	300.0
CT 4030	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 4040	0.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	0.0	0.0	300.0	0.0
CT 4050	0.0	0.0	300.0	300.0	0.0	300.0	0.0	300.0	0.0	0.0
CT 4060	300.0	600.0	300.0	300.0	300.0	300.0	900.0	600.0	1,200.0	900.0
CT 4070	250.0	0.0	0.0	0.0	250.0	250.0	0.0	500.0	0.0	1,000.0
CT 5000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CT 6000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totales:	3,960.0	6,280.0	4,980.0	4,890.0	5,040.0	5,210.0	6,380.0	7,950.0	6,290.0	7,650.0

Guardar

Pantalla: Sección de contenido del reporte de egresos del taller.

Objetivo: Calcular el monto de los egresos del taller por centro de trabajo dentro de un periodo de tiempo determinado en función de las ordenes de servicio que fueron atendidas en ese periodo.

Entradas: Periodo de tiempo.

Salidas: Tabla con el detalle por centro de trabajo de los egresos que representaron cada una de las ordenes de servicio atendidas en el periodo de tiempo seleccionado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Blanchard B.S., "Administración de ingeniería de sistemas", *Grupo noriega editores*.
2. Kendall K.E., "Análisis y diseño de sistemas" *Pretince hall*.
3. Ceballos Sierra F. J., "Curso de programación de visual basic 6", *Alfaomega*.
4. Connolly T. M., "Sistemas de bases de datos un enfoque practico para diseño, implementación y gestión", *Pearson*.
5. Rambaugh, "El proceso unificado de desarrollo de software", *Planeta*.
6. Santana Lancon, "Sistema de administración de los recursos de manufactura", *tesis de maestría en ciencias en ingeniería de sistemas, ESIME ZACATENCO*.
7. Bedworth D. D., "Sistemas integrados de control de producción: Administración, análisis y diseño", *Limusa noriega*.
8. Chase R. B. y Aquilano N. J. "Administración de operaciones ", *McGraw hill*
9. Hay E. J., "Justo a tiempo", *Norma*
10. Khosravi S., "Professional ASP.NET 2.0 server control and component development", *Wiley Publlishing, Inc.*
11. Shackdow S., "Professional ASP.NET 2.0 Security, membership and Role Management", *Wiley Publlishing, Inc.*
12. Promodel Corporation; "Promodel 7 User guide ", *Promodel corporation*

13. Chen D., "Basic concepts of the design methodology for production management systems: a state-of-the-art", *International transactions on operations research*.
14. Chidamber SR. y Kemerer CF., "A metrics suite for object oriented design", *IEEE Transactions on software engineering*.
15. Booch G., "Object oriented development", *IEEE Transactions on software engineering*.
16. Briand LC, Morasca S, Basili VR. , "Defining and validating measures for object based high level design", *IEEE Transactions on software engineering*.
17. Cartwright M, Shepperd M., "An empirical investigation of an object oriented software system", *IEEE Transactions on software engineering*.
18. Thongchai S., "ERP systems as an enabler of sustained business process innovation: a knowledge based view", *Journal of strategic information systems*.
19. Teubner R.A., "Strategic information systems planning: a case study from the financial services industry", *Journal of strategic information systems*.
20. Chidamber S.R., "Towards a metrics suite for object oriented design", *Sloan management review*.
21. Davenport T., "The new industrial engineering: information technology and business process redesign", *Sloan management review*.
22. Pautasso C., "Autonomic resource provisioning for software business processes", *Information and software technology*.
23. Tutorial, "Curso en línea: desarrollo de aplicaciones web con ASP". <http://cid-11ee93e8286b18fe.profile.live.com/Lists/cns!11EE93E8286B18FE!288/>.
24. Tutorial, "Uml systems design", <http://www.nyu.edu/classes/jcf/g22.2440-001/handouts/Assignment1SampleSolution.pdf>

25. Tutorial, "SQL diagrams",
<http://www.youtube.com/watch?v=SSI6Mqf03tY&feature=related>
26. Tutorial, "Curso ASP",
<http://robertoxhet.spaces.live.com/blog/cns!873C66E1153833A3!1155.entry>
27. Tutorial, "Visual basic database application",
<http://www.youtube.com/watch?v=uMjuoKyvmCs&NR=1>
28. Tutorial, "ASP essential training",
<http://www.itbusinessnet.com/articles/viewarticle.jsp?id=978444>
29. Tutorial, "Login page",
http://www.youtube.com/watch?v=OMs7DFsPPCI&annotation_id=annotation_674849&feature=iv
30. Tutorial, "Save textbox",
<http://www.youtube.com/watch?v=dWJh7TAZRXA&feature=related>
31. Curso, "Desarrollo de aplicaciones web ASP.NET mediante visual studio 2008",
<http://www.comunidadesdeusuarios.net/cursos/aspnet35.aspx>
32. Curso, "Security best practices for ASP.NET websites",
<http://www.asp.net/security/videos>
33. Curso, "SQL 2005 Express for beginners",
<http://www.asp.net/sql-server/videos>