

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL SERVICIO DE ATENCIÓN
DE AERONAVES OFRECIDO POR UNA EMPRESA DEL
SECTOR AEROPORTUARIO**

**Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Industrial con
mención en Gestión de Operaciones**

AUTORES

**MELVIN NÉSTOR VÁSQUEZ SAAVEDRA
WALTER MIGUEL POMACHAGUA SOTOMAYOR**

ASESOR

DR. MIGUEL MEJÍA PUENTE

JURADO

**EDUARDO CARBAJAL LÓPEZ
CESAR AUGUSTO STOLL QUEVEDO**

**LIMA - PERÚ
2013**

RESUMEN

La siguiente propuesta de mejora en el servicio de atención de aeronaves dentro una empresa del sector aeroportuario demuestra en los 6 siguientes capítulos su rentabilidad económica y financiera.

El primer capítulo profundiza la parte teórica de todos los temas a tocar en el trabajo: análisis y diseño de proceso, pronósticos, pruebas de hipótesis y programación lineal, los cuales dan la base para comprender el desarrollo de las propuestas.

En el segundo capítulo se realiza la descripción total de la empresa. Comenzado por su entorno de trabajo, el negocio global que opera y definiendo el servicio de atención en tierra (ATA), sobre el cual se dirige principalmente esta tesis. La descripción del servicio de ATA, la dividimos en 2 partes. Primero, la planificación que involucra: simultaneidad de vuelos, estructura de cuadrillas de servicio y proceso de cálculo de personal. Segundo, la operación que involucra asignación de cuadrillas del CCO y desarrollo operativo del servicio.

En el tercer capítulo, se realiza el diagnóstico subsiguiente tanto para la planificación, como para la operación. En este punto se resaltan las deficiencias muy aprovechables en la planificación, al realizarse actualmente de manera manual, reactiva y no teniendo en cuenta mayor horizonte de planificación. En la parte operativa, los indicadores actuales muestran bajas eficiencias en las cuadrillas de trabajo de alrededor de 64.4%, recursos desaprovechados en momentos de mayor simultaneidad de vuelos, y aumento de las SNC de 2.95% a 4.70% en el transcurso de un año.

En el cuarto capítulo, se exponen las cuatro propuestas de la tesis. El buffer de variabilidad que permite cuantificar el tiempo de adelanto-retraso de los vuelos y de esta manera tener en cuenta las desviaciones que se puedan originar al tener una programación de personal optimizada. El cálculo de la nueva herramienta de planificación de personal utilizando para ello optimización lineal lo cual nos permite tener una programación eficiente, que da como resultado un ahorro de 35 personas. El modelo de pronóstico que sirve para calcular las ventas y el costo a largo plazo usando para ello herramientas de pronóstico de demanda con un margen de error de 2.91%, además se agrega un modelo de optimización lineal para la programación de las vacaciones, ingresos y despidos anuales detallando un plan óptimo a seguir basándose en los resultados previos del modelo descrito. Para completar la mejora se propone un plan de trabajo para la asignación de cuadrillas eficientes, abarcando los vuelos domésticos en el aeropuerto de Lima que tiene como premisa asignar la cantidad de personal necesario para cada vuelo aprovechando y balanceando los recursos.

En el quinto capítulo se realiza el estudio económico (tasa WACC) y financiero (tasa COK) de la propuesta, tomando los ahorros generados como presupuestos de ingresos para un año modelo y bajo un financiamiento del 35% se demostró que se tiene un VANF de S/. 307,782 mayor a cero y una TIRF de 58.28% mayor al 11.90% del costo de oportunidad de capital COK. Además, se tiene un período de recuperación de 5 meses de comenzar la implementación de la propuesta. Por otro lado, se muestra los beneficios cualitativos asociados, como mejora con las diversas áreas con las que trabaja operaciones, aumento del nivel de servicio, mejora en la comunicación en el servicio y disponibilidad de información confiable.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a mis padres Walter y Lourdes, por haberme apoyado siempre en todo lo relacionado a mis estudios, haberse sacrificado tanto y haber ido tan lejos para que yo pueda llegar a lo más alto en el plano académico.

Agradezco a mi madre, por tantos consejos, palabras de alientos y horas dedicadas, desde niño, a que yo pueda crecer, encaminarme, ser un profesional y sobre todo, una persona feliz que disfrute de la vida.

Agradezco a mi esposa Rosita, por la paciencia durante las horas dedicadas a este trabajo, en las cuales supo comprenderme, animarme y darme fuerzas para salir adelante, todo con el mayor amor del mundo y una sonrisa en los labios.

Agradezco a mis hermanos Jorge y Diego, porque ellos son un motivo de mi esfuerzo continuo, queriendo demostrarles que con trabajo y perseverancia se logran los objetivos.

Agradezco al Dr. Miguel Mejía por el apoyo brindado en esta Tesis, dándonos las pautas necesarias para llevar el trabajo a buen puerto.

Y agradezco principalmente a Dios por las grandes bendiciones que me ha otorgado, tanto en el aspecto familiar como el profesional, dándome los medios necesarios para cumplir mis sueños.

Miguel Pomachagua

En primer lugar deseo agradecer a Dios por darme salud y guiar mi camino como persona permitiéndome lograr muchos objetivos que me he trazado y trazare en mi vida.

A Flor y Félix, mis queridos padres que siempre me apoyaron y brindaron todo lo necesario para cumplir mis objetivos personales y profesionales, además de enseñarme con ejemplos muchos valores que hoy en día me hace ser una mejor persona.

A mi hermanita Stéfany, que con sus ocurrencias me alegra el día y que pronto estará sustentando su título profesional, brindándole mis mejores deseos y con la bendición de Dios pueda desempeñar una carrera profesional exitosa en el futuro.

Finalmente a Maria del Carmen por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas apoyándome en todo lo que hago.

Melvin Vásquez

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
1. MARCO TEORICO.....	1
1.1. Análisis y diseño de procesos	1
1.2. Pronósticos.....	5
1.2.1. Métodos cualitativos (de juicio).....	5
1.2.2. Métodos cuantitativos (causales y series de tiempo)	6
1.2.3. Patrones estacionales.....	8
1.2.4. Error de pronóstico.....	8
1.3. Prueba de hipótesis con varianza conocida.....	9
1.4. Prueba de hipótesis con varianza desconocida.....	13
1.5. Análisis de varianza	13
1.6. Programación lineal (PL).....	14
1.7. Modelos de aplicación de programación lineal.....	15
1.7.1. Modelo de dimensionamiento de un centro de atención de llamadas	16
1.7.2. Programación entera de mano de obra y tareas de proyecto integrado.....	20
2. DESCRIPCION DE LA EMPRESA Y SERVICIO DE ATA.....	24
2.1. Descripción de la empresa ABC	24
2.1.1. Descripción del Aeropuerto de Lima	24
2.1.2. Descripción del negocio.....	27
2.1.3. Descripción Servicio de Atención en Tierra	31
2.2. Descripción de la planificación del servicio de ATA	33
2.2.1. Simultaneidad de vuelos por horas	33
2.2.2. Estructura de las cuadrillas de servicio	36
2.2.3. Proceso para el cálculo de personal	37
2.3. Descripción de la operación del servicio de ATA	38
2.3.1. Asignación de cuadrillas del CCO	39
2.3.2. Desarrollo Operativo del servicio	41
3. DIAGNOSTICO DE LA PLANIFICACIÓN Y OPERACIÓN	47
3.1. Diagnóstico de la Planificación del servicio de ATA	47
3.1.1. Hallazgos en la Planificación	47
3.2. Diagnóstico de la Operación del servicio de ATA.....	48
3.2.1. Eficiencias por tipo de modalidad ATA.....	48
3.2.2. Indicadores actuales de Calidad	53
3.2.3. Análisis de las causas de los SNC (Aplicación de Ishikawa – Pareto)	55
3.2.4. Hallazgos en la Operación	62

4.	PROPUESTA DE MEJORA	63
4.1.	Resumen de las propuestas	63
4.2.	Buffer de Variabilidad	65
4.2.1.	Objetivos	65
4.2.2.	Consideraciones	65
4.2.3.	Análisis para los Adelantos en las Llegadas	67
4.2.4.	Análisis para los Retrasos en las Salidas.....	72
4.2.5.	Resultados de la aplicación del buffer para calcular la variabilidad	77
4.3.	Nuevo cálculo del Capacity	79
4.3.1.	Objetivos	79
4.3.2.	Consideraciones	79
4.3.3.	Actualización del procedimiento de cálculo de personal	80
4.3.4.	Modelo matemático de programación lineal.....	83
4.3.5.	Resultados del modelo aplicado.....	87
4.4.	Modelo de Pronóstico – Pronostico con patrones estacionales.....	89
4.4.1.	Objetivos	89
4.4.2.	Consideraciones	89
4.4.3.	Proyección de crecimientos anuales de las operaciones en base al PBI	90
4.4.4.	Modelo de pronóstico de Operaciones	95
4.4.5.	Modelo de pronóstico de simultaneidad y personal (I)	97
4.4.6.	Modelo de pronóstico de simultaneidad y personal (II).....	101
4.5.	Algoritmo para cálculo y distribución de personal	104
4.5.1.	Objetivos	105
4.5.2.	Consideraciones	105
4.5.3.	Desarrollo del algoritmo	105
4.5.4.	Estructura de las cuadrillas	113
4.5.5.	Actualización de Procedimiento de asignación de cuadrillas del CCO	120
5.	ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO DEL PROYECTO.....	122
5.1.	Inversiones del proyecto	122
5.1.1.	Inversión en activos fijos tangibles	122
5.1.2.	Inversión en activos fijos intangibles.....	123
5.1.3.	Inversión en capital de trabajo	124
5.2.	Financiamiento del Proyecto.....	125
5.2.1.	Costo de oportunidad de Capital (COK).....	126
5.2.2.	Costo ponderado de Capital (WACC).....	127
5.3.	Presupuestos de ingresos y egresos.....	128
5.3.1.	Presupuesto de Ahorro por asignación de personal	128
5.3.2.	Presupuesto de Ahorro por ingreso, despido y vacaciones	128
5.3.3.	Presupuesto de Depreciación	130

5.4.	Flujo de caja económico y financiero	131
5.5.	Evaluación económica y financiera del proyecto.....	132
5.5.1.	Valor actual Neto (VAN).....	132
5.5.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	132
5.5.3.	Ratio de Beneficio Costo (B/C)	132
5.5.4.	Periodo de recuperación (PR)	132
5.6.	Beneficios Cualitativos	133
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
6.1.	Conclusiones	134
6.2.	Recomendaciones	134
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fórmulas de los métodos cuantitativos de pronóstico	7
Tabla 2. Mediciones de errores de pronósticos	9
Tabla 3. Tipos de errores	11
Tabla 4. Decisiones en la prueba de hipótesis.....	11
Tabla 5. Estadísticos de prueba Z	12
Tabla 6. Regla para el rechazo usando el valor-p	12
Tabla 7. Estadísticos de prueba T	13
Tabla 8. Estadísticos de prueba F.....	13
Tabla 9. Formulación matemática de programación lineal.....	14
Tabla 10. Modelo para cálculo de necesidad	17
Tabla 11. Formulación matemática de asignación Call Center.....	18
Tabla 12. Características de los modelos desarrollados.....	20
Tabla 13. Modelo de Función Objetivo	21
Tabla 14. Modelo de Restricción del Modelo.....	21
Tabla 15. Crecimiento en pasajeros Aeropuerto de Lima.....	24
Tabla 16. Clientes por cantidad de operaciones.....	28
Tabla 17. Participación de mercado.....	29
Tabla 18. Cantidad de personal por servicio en rampa	32
Tabla 19. Cantidad de personal por turno	35
Tabla 20. Maquinarias habilitadas según operador.....	36
Tabla 21. Descripción de cálculo de personal actual	37
Tabla 22. Descripción de la asignación de cuadrillas	39
Tabla 23. Método de trabajo para el servicio ATA - Recepción.....	49
Tabla 24. Método de trabajo para el servicio ATA – Origen.....	50
Tabla 25. Método de trabajo para el servicio ATA – Turn-around.....	51
Tabla 26. Resumen de indicadores de desempeño del servicio ATA.....	52
Tabla 27. Porcentaje de vuelos afectados por ineficiencias	52
Tabla 28. SNC por mes durante el 2011	54
Tabla 29. SNC por mes durante el 2012	54
Tabla 30. Compatibilidad de causales de SNC	60
Tabla 31. SNC por tipo de motivo	61
Tabla 32. Separación por grado de desviación	67
Tabla 33. Casos considerados como Adelanto.....	68
Tabla 34. Adelanto escenario 1: Tipos de Aerolíneas.....	68
Tabla 35. Adelanto escenario 2: Tipos de Recorrido.....	68
Tabla 36. Adelanto escenario 3: Meses del año.....	69
Tabla 37. Adelanto escenario 4: Día de la semana	69
Tabla 38. Adelanto escenario 5: Modelo de aeronave	69

Tabla 39. Adelanto escenario 6: Ciudad de Origen	70
Tabla 40. Adelanto escenario: Resultado en MINITAB	71
Tabla 41. Adelanto escenario: Resultados Estadísticos	72
Tabla 42. Separación por grado de desviación	72
Tabla 43. Datos considerados como Retrasos.....	73
Tabla 44. Retraso escenario 1: Tipos de Aerolíneas	73
Tabla 45. Retraso escenario 2: Tipos de Recorrido	73
Tabla 46. Retraso escenario 3: Meses del año	74
Tabla 47. Retraso escenario 4: Día de la semana.....	74
Tabla 48. Retraso escenario 5: Modelo de aeronave.....	74
Tabla 49. Retraso escenario 6: Ciudad de Origen.....	75
Tabla 50. Retraso escenario: Resultado en MINITAB	76
Tabla 51. Adelanto escenario: Resultados Estadísticos	77
Tabla 52. Tiempos suavizados considerados como buffer.....	78
Tabla 53. Factores de Tiempo para las operaciones en plataforma	79
Tabla 54. Descripción del Nuevo procedimiento cálculo de personal actual	80
Tabla 55. Lista de variables del modelo de programación.....	83
Tabla 56. Función Objetivo	84
Tabla 57. Restricciones del modelo	85
Tabla 58. Rango de Existencia.....	86
Tabla 59. Cantidad de personal por turno	87
Tabla 60. Ahorro gracias a programación lineal.....	87
Tabla 61. Países de procedencia de pasajeros internacionales.....	91
Tabla 62. Comportamiento del PBI internacional ponderado.....	91
Tabla 63. Comportamiento del PBI para Perú	92
Tabla 64. Desarrollo de las operaciones en el Aeropuerto de Lima	92
Tabla 65. Proporción de pasajeros nacionales e internacionales	93
Tabla 66. Comparación de Índice General Total PBI e Índice de Operaciones.....	93
Tabla 67. Resumen de crecimiento y participación de mercado de ABC.....	94
Tabla 68. Distribución por aerolínea y por tipo de fuselaje	96
Tabla 69. Indicadores de Error.....	97
Tabla 70. Posiciones de estacionamiento disponible	98
Tabla 71. Proporción de personal por áreas	98
Tabla 72. Proporción de grupos NB y WB en la atención en tierra (general)	99
Tabla 73. Composición estándar de los grupos de atención	99
Tabla 74. Lista de variables del modelo de programación.....	100
Tabla 75. Función Objetivo	100
Tabla 76. Restricciones del modelo	100
Tabla 77. Rango de Existencia.....	100

Tabla 78. Lógica de cálculo	101
Tabla 79. Lista de variables del modelo de programación.....	101
Tabla 80. Cálculo del costo por planilla y horas extras	102
Tabla 81. Otros costos relacionados	102
Tabla 82. Función Objetivo	102
Tabla 83. Restricciones del modelo	103
Tabla 84. Rango de Existencia.....	103
Tabla 85. Plan de vacaciones, ingreso, despido y horas extras.....	104
Tabla 86. Tiempos de atención para recepción.....	106
Tabla 87. Tiempos de atención para origen	107
Tabla 88. Tiempos de atención para turn-around.....	108
Tabla 89. Fórmula y componentes para calcular tiempos de desestiba	109
Tabla 90. Fórmula y componentes para calcular tiempos de estiba.....	109
Tabla 91. Calculo de tiempo necesario para la estiba	110
Tabla 92. Calculo de tiempo necesario para la desestiba.....	111
Tabla 93. Calculo de personal necesario.....	111
Tabla 94. Método de trabajo para cuadrillas de 3 operarios – Recepción	113
Tabla 95. Método de trabajo para cuadrillas de 4 operarios – Recepción	114
Tabla 96. Método de trabajo para cuadrillas de 5 operarios – Turn-around	114
Tabla 97. Método de trabajo para cuadrillas de 3 operarios – Origen	115
Tabla 98. Método de trabajo para cuadrillas de 4 operarios – Origen	115
Tabla 99. Método de trabajo para cuadrillas de 5 operarios – Origen	116
Tabla 100. Método de trabajo para cuadrillas de 3 operarios – Turn-Around.....	116
Tabla 101. Método de trabajo para cuadrillas de 4 operarios – Turn-Around.....	117
Tabla 102. Método de trabajo para cuadrillas de 5 operarios – Turn-Around.....	118
Tabla 103. Eficiencias con nuevas cuadrillas	119
Tabla 104. Comparación de eficiencias	119
Tabla 105. Descripción del Nuevo procedimiento del servicio de ATA	120
Tabla 106. Resumen de inversiones en activos tangibles	123
Tabla 107. Resumen de inversiones en activos intangibles	124
Tabla 108. Resumen de inversiones en capital de trabajo	125
Tabla 109. Resumen de inversiones por categorías (incluye IGV).....	125
Tabla 110. Características de las opciones de Financiamiento	125
Tabla 111. Resultado del Beta apalancado del sector	126
Tabla 112. Resultado del Costo de Oportunidad de Capital (COK)	126
Tabla 113. Resultado del Costo ponderado de Capital (COK)	127
Tabla 114. Cronograma de amortización y pago de intereses	127
Tabla 115. Resumen de Sueldos	128
Tabla 116. Ahorro en asignación de personal.....	128

Tabla 117. Resumen de Sueldos (incluye contratación)	128
Tabla 118. Movimiento de ingresos, despidos y vacaciones con costo asociado	129
Tabla 119. Ahorro en ingresos, despidos y vacaciones	130
Tabla 120. Presupuesto de Depreciación	130
Tabla 121. Flujo de caja económico y financiero	131
Tabla 122. Resumen de Indicadores	132
Tabla 123. Período de Recuperación	132



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del análisis de los procesos	1
Figura 2. Herramientas de análisis de datos.....	3
Figura 3. Procedimiento sistemático para probar una hipótesis.....	10
Figura 4: Plano del lado aire del Aeropuerto de Lima con la distribución de PEA	26
Figura 5: Organigrama del negocio de rampa en ABC.....	30
Figura 6. Interrelación de procesos del servicio en tierra	32
Figura 7: Simultaneidades y demanda de personal (00:00 - 08:00).....	34
Figura 8: Simultaneidades y demanda de personal (08:00 – 16:00)	34
Figura 9: Simultaneidades y demanda de personal (16:00 – 00:00)	35
Figura 10: Flujograma de cálculo de personal actual.....	38
Figura 11: Flujograma de cálculo de personal actual.....	40
Figura 12. Red de comunicación durante el servicio de ATA	40
Figura 13. Ejemplo de una reunión de <i>briefing</i>	41
Figura 14. Flujograma de procedimientos ATA	42
Figura 15. Distribución de los equipos de servicio alrededor de la aeronave.....	44
Figura 16: Proyección del nivel de conformidad después de análisis.....	55
Figura 17: Diagrama de Ishikawa para las causas de las SNC	56
Figura 18: Diagrama de Pareto para las causas de SNC en el 2012.....	61
Figura 19: Relación de las mejoras a corto y largo plazo	64
Figura 20: Obtención del adelanto y retraso en los vuelos	66
Figura 21: Flujograma del Nuevo procedimiento cálculo de personal actual.....	82
Figura 22: <i>Manpower</i> Chart de ATA con la programación lineal	88
Figura 23: Comportamiento del PIB, Operaciones y Predicción	94
Figura 24: Índice de Suavización.....	94
Figura 25: Comportamiento anual de los servicios totales	95
Figura 26: Comportamiento típico de las simultaneidades en el Aeropuerto de Lima	97
Figura 27: Comportamiento anual 2013	104
Figura 28: Modelo de Macro utilizada para el algoritmo de cuadrilla.....	112
Figura 29: Flujograma del nuevo proceso de servicio ATA	121

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Funciones de cuadrilla por tipo de operario.....	CD
Anexo 2: Análisis de Tiempos de Itinerarios.....	CD
Anexo 3: Corridas en Minitab.....	CD
Anexo 4: Cálculo de Capacity.....	CD
Anexo 5 – 13: Cálculo del PBI.....	CD
Anexo 14: Modelo de Pronostico.....	CD
Anexo 15. Algoritmo de cuadrillas desarrollado.....	CD
Anexo 16. Ahorro Asignación de personal.....	CD
Anexo 17. Ahorro en Programación de despidos, contrataciones y vacaciones.....	CD



1. MARCO TEORICO

En este capítulo se detallarán las herramientas necesarias comenzando por el análisis y diseño de procesos, siguiendo con pronósticos que se utiliza para la planificación de personal y demanda futura del servicio. Luego se profundizará ANOVA para poder deducir los factores que tienen mayor influencia en el retraso o arribo de un vuelo y como estos modifican sus tiempos de llegada y salida. Más adelante, se explicará brevemente en que consiste la programación lineal y se mostrarán modelos de aplicación relacionados a esta investigación.

1.1. Análisis y diseño de procesos

Para Collier (2009) un proceso es una secuencia de actividades que pretende generar cierto resultado, como un bien físico, servicio o información. Por otro lado Galloway (2002) define a un proceso como una secuencia de pasos, tareas o actividades que transforman los inputs en un output. Un proceso de trabajo incorpora valor a los inputs transformándolos o utilizándolos para producir algo nuevo.

Los input son los materiales, equipamiento, información, recursos humanos, o condiciones medio ambientales necesarias para llevar a cabo el proceso, mientras el output viene a ser el producto o servicio creado en el proceso; el cual se entrega al cliente. De esta forma el concepto de proceso seria establecido como cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes.

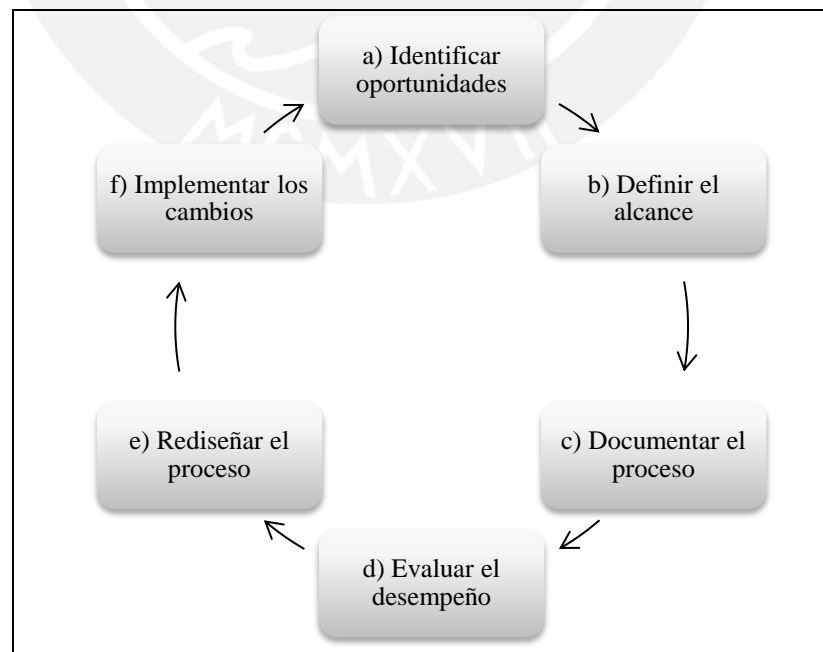


Figura 1. Diagrama del análisis de los procesos
Fuente: Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008)

Para el análisis y diseño del proceso se aplicará el método sistemático el cual consta de seis pasos. En la Figura 1 se detalla el diagrama del análisis de los procesos y a continuación se define cada uno de los puntos:

a) Identificar oportunidades

Consiste en identificar los cuatro procesos centrales: relaciones con los proveedores, desarrollo de nuevos servicios y productos, surtido de pedidos y relaciones con los clientes. Cada uno de estos procesos, y los subprocesos anidados dentro de ellos, contribuye a entregar valor a los clientes externos.

b) Definir el alcance

El alcance de un proceso puede ser muy amplio o muy limitado. Por ejemplo, un proceso definido en términos muy amplios, que sobrepasa los recursos disponibles, es demasiado ambicioso y está condenado al fracaso porque aumentará la frustración de los empleados sin producir ningún resultado (Krajewski, 2008).

c) Documentar el proceso

Una vez establecido el alcance, se debe documentar el proceso incluyendo una lista de insumos, proveedores (internos y externos) del proceso. De acuerdo a Krajewski (2008) hay tres técnicas eficaces para documentar y evaluar los procesos:

- **Diagrama de flujo:** Los diagramas de flujo muestran cómo las organizaciones producen sus productos por medio de procesos de trabajo inter-funcionales, y permiten al equipo de diseño ver todos los puntos de contacto críticos entre las funciones y los departamentos.
- **Planos de servicios:** Es un diagrama de flujo especial de un proceso de servicio que muestra los pasos donde existe un alto grado de contacto con el cliente. Esta característica especial identifica los pasos que son visibles para el cliente (y, por tanto, se parece más a un proceso de mostrador) y los que no (proceso de trastienda).
- **Gráficos de procesos:** un gráfico de proceso es una forma organizada de documentar todas las actividades que realiza una persona o un grupo de personas en una estación de trabajo, con un cliente, o al trabajador con ciertos materiales.

d) Evaluación del desempeño

Las mediciones y la información sobre el desempeño completan la documentación de un proceso. Estas pueden poner de manifiesto una brecha en el desempeño. Hay varias herramientas a su disposición que ayudan a entender las causas del problema tales como:

- **Herramientas para el análisis de datos:** las mediciones ponen en manifiesto una brecha en el desempeño. Las herramientas a disposición para entender las causas del problema son: lista de verificación, histogramas, gráficos de barras, diagrama de causa y efecto, gráfico de Pareto, diagrama de dispersión, entre otros. Estas se pueden observar en la Figura 2.
- **Selección de datos:** al usar las herramientas de análisis de datos en conjunto su potencia es mayor y a partir de su aplicación adecuada conllevar a detectar las causas reales del problema dentro del proceso.
- **Simulación:** la simulación va más allá del análisis de datos ya que representa dinámicamente el proceso a través del tiempo. Con esto se puede introducir cambios al modelo para medir el impacto además del cambio en los indicadores claves.

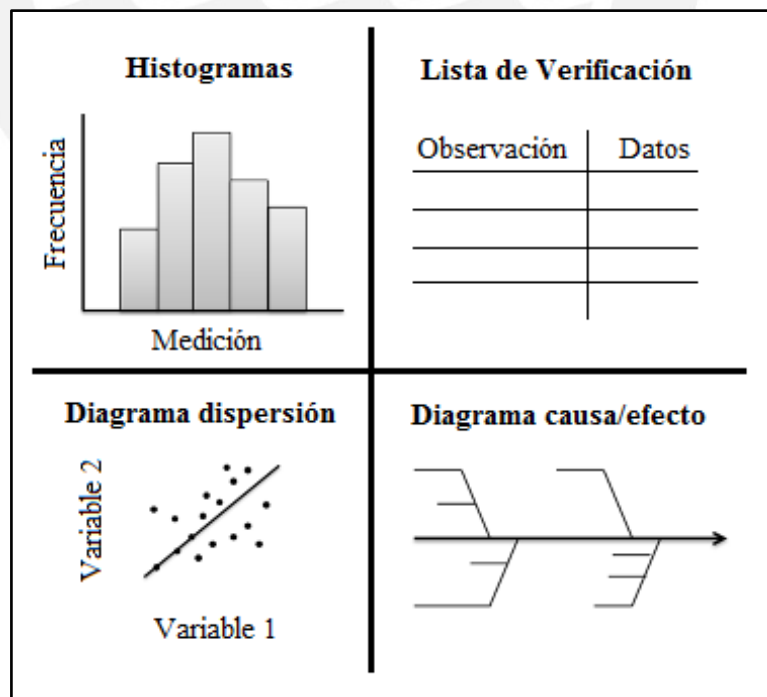


Figura 2. Herramientas de análisis de datos
Fuente: Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011)

e) Rediseñar el proceso

Después de documentar el proceso, recopilar los datos de medición e identificar las desconexiones, el analista del proceso o el equipo de diseño implantan una serie de cambios que mejorarán el proceso. En este paso se convoca al personal que participa directamente en el proceso para que aporte ideas y sugerencias. Las herramientas que se pueden utilizar son:

- **Generación de ideas por medio de preguntas:** Este método consiste en descubrir ideas si se plantean preguntas sobre cada paso del proceso y sobre el proceso en su conjunto: ¿Qué se está haciendo?, ¿Cuándo se hace?, ¿Quién lo hace?, ¿Dónde se hace?, ¿Cómo se hace?, ¿Cómo se compara con las distintas mediciones importantes?
- **Generación de ideas por sesiones de *Brainstorming*:** Se realiza cuando se reúne a un grupo de expertos del proceso propone ideas de cambio, diciendo de manera espontánea lo que les venga en mente. Cuando termina la reunión, el equipo de diseño avanza a la etapa “realista” el cual consiste en evaluar las ideas presentadas anteriormente, es en esta etapa donde se identifica los cambios que ofrecen los mejores resultados para el rediseño del proceso. El proceso rediseñado se documenta una vez más, pero esta vez como la visión “a posteriori” del proceso. Los resultados esperados se calculan cuidadosamente, junto con los riesgos.
- **Benchmarking:** Es un procedimiento sistemático para medir los procesos, servicios y productos de una empresa y compararlos con los líderes de la industria, centrándose en establecer metas cuantitativas de mejoramiento. Este método de comparación se realiza en 4 pasos básicos: planificación, análisis, integración y acción.

f) Implementar los cambios

La participación generalizada en las etapas previas es fundamental ya que genera mayor compromiso a la hora de la implementación. Para esta etapa final es posible que se requiere personal especializado para el desarrollo de software, capacitación para nuevos puestos o habilidades, inversión en tecnología entre otras cosas. Por este motivo la gerencia o el comité deben asegurar que la implementación vaya de acuerdo a lo programado.

1.2. Pronósticos

Un pronóstico es una predicción de eventos futuros que es necesario para determinar que recursos se necesitarán, programar los ya existentes y adquirir otros adicionales. Son útiles para la administración de los procesos ya que los pronósticos de producción sirven para diseñar diferentes procesos dentro de la organización (sobre todo lo relacionado a identificar y solucionar cuellos de botella internos) asimismo, a nivel de cadena de valor se necesitan los pronósticos para coordinarse mejor con los clientes y los proveedores.

Según Krajewski (2008) la mayoría de las decisiones de negocios se encuentra en pronosticar la demanda del cliente, lo cual es una tarea compleja ya que esta suele variar considerablemente en el tiempo. Debido a esto, es necesario descubrir los patrones subyacentes a partir de la información disponible. Las observaciones repetidas de la demanda de un producto o servicio en el orden en que se analizan forman un patrón que se conoce como serie de tiempo. Los cinco patrones básicos de la mayoría de las series de tiempo aplicables a la demanda son:

- **Horizontal:** fluctuación de los datos en torno de una media constante.
- **Tendencia:** incremento o decremento sistemático de la media a través del tiempo.
- **Estacional:** patrón repetible de incrementos o decrementos de la demanda, dependiendo de la hora del día, la semana, el mes o la temporada.
- **Cíclico:** pauta de incrementos o decrementos graduales menos previsible, que se presentan en el transcurso de periodos más largos (años o decenios).
- **Aleatorio:** La variación imprevisible de la demanda.

En cuando al desarrollo de la herramienta, para los pronósticos de la demanda se usan dos tipos generales de técnicas: métodos cualitativos o de juicio y métodos cuantitativos que a su vez incluyen los métodos causales y análisis de series de tiempo.

1.2.1. Métodos cualitativos (de juicio)

Los métodos cualitativos se usan cuando no se tienen suficientes datos históricos o para modificar los pronósticos generados por los métodos cuantitativos para prever sucesos especiales próximos que, de lo contrario, no se reflejarían en el pronóstico. Si no se usaran los métodos de juicio, los cuantitativos producirían pronósticos poco confiables.

a) Estimaciones del personal de ventas

Son pronósticos compilados a partir de estimaciones realizadas periódicamente por miembros del personal de ventas de las compañías.

b) Opinión ejecutiva

Es un método de pronóstico en el cual se hace un resumen de las opiniones, experiencia y conocimientos técnicos de uno o varios gerentes para llegar a un solo pronóstico.

c) Investigación de mercado

Se define como un método sistemático que sirve para determinar el grado de interés del consumidor externo por un producto o servicio, mediante la creación y puesta a prueba de diversas hipótesis por medio de encuestas encaminadas a la recopilación de datos.

d) Método Delphi

Se usa para elaborar pronósticos a largo plazo de la demanda de productos y proyecciones de ventas de los nuevos productos. Es un proceso para obtener el consenso dentro de un grupo de expertos, al tiempo que se respeta el anonimato de sus integrantes.

1.2.2. Métodos cuantitativos (causales y series de tiempo)

Por otro lado, los métodos cuantitativos se utilizan en los casos que se disponga de información numérica o data histórica con los cuales procesar la información o hallar relaciones causales.

a) Método causal: Regresión lineal

Es un método de pronóstico en donde una variable dependiente está relacionada con una o más variables independientes por medio de una ecuación lineal. En los modelos de regresión lineal más sencillos, la variable dependiente es función de una sola variable independiente y, por lo tanto, la relación teórica es una línea recta.

Hay que tener en cuenta que este análisis ofrece medidas de precisión del pronóstico que deben ser tomadas en cuenta antes de dar por certero un resultado: coeficiente de correlación, coeficiente de determinación y error estándar del estimado. Es probable que varias variables independientes influyan en una variable dependiente, en ese caso el análisis de regresión múltiple ayuda a plantear una ecuación de pronóstico adecuada.

b) Métodos de series de tiempo

En el análisis de series de tiempo se identifican los patrones fundamentales de la demanda que se combinan para producir el patrón histórico observado en la variable dependiente, después de lo cual se elabora un modelo capaz de reproducir dicho patrón. Algunos de estos métodos se aprecian en la Tabla 1.

- **Pronóstico empírico:** En este método el pronóstico de la demanda para el siguiente periodo es igual a la demanda observada en el periodo actual, es decir $pronóstico = D_t$
- **Promedio móvil simple:** En este método se promedia la demanda de los “n” periodos más recientes y se usa para estimar el promedio de una serie de tiempo de demanda.
- **Promedio móvil ponderado:** En este método se asigna un peso de ponderación a cada una de las demandas históricas que interviene en el promedio, la suma de estos pesos tiene que ser igual a 1.
- **Suavizamiento exponencial:** Para elaborar un pronóstico con suavizamiento exponencial, simplemente se calcula un promedio ponderado de la demanda más reciente y el pronóstico calculado para el último periodo.
- **Suavizamiento exponencial ajustado a la tendencia:** En este enfoque, se suavizan las estimaciones del promedio y la tendencia, para lo cual se requieren dos constantes de suavizamiento. Se calcula el promedio y la tendencia para cada periodo.

Tabla 1. Fórmulas de los métodos cuantitativos de pronóstico

Nombre	Formulación matemática	Variables
Regresión lineal	$Y = a + bx$	X: Variable independiente Y: Variable dependiente a: Intersección de la recta con el eje Y b: Pendiente de la recta
Promedio móvil simple	$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t+n+1}}{n}$	D _t : Demanda real en el periodo t n : número de periodos incluidos en promedio F _{t+1} : Pronóstico para el periodo t+1
Suavizamiento exponencial	$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$	D _t : Demanda para este período F _t : Pronóstico calculado para el último período
Suavizamiento exponencial ajustado	$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$ $T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$ $F_{t+1} = A_t + T_t$	A _t : Promedio suavizado exp.de la serie en t T _t : Promedio suavizado exp.de la tendencia en t α: Parámetro de suavizamiento para serie β: Parámetro de suavizamiento para tendencia F _(t+1) : Pronóstico para el período t+1

Elaboración propia

1.2.3. Patrones estacionales

Existen varios métodos para analizar todos los datos del pasado. A continuación se describirá el método estacional multiplicativo, en el cual los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio y así se obtiene un pronóstico estacional. El procedimiento en cuatro pasos que se presenta requiere el uso de promedios simples de la demanda pasada.

La siguiente descripción (Krajewski, 2008) está basada en un patrón estacional con un año de duración y estaciones equivalentes a un mes:

- a) Para cada año, calcule la demanda promedio por estación, dividiendo la demanda anual entre el número de estaciones por año.
- b) Para cada año, divida la demanda real correspondiente a una estación entre la demanda promedio por estación. El resultado así obtenido será un índice estacional para cada una de las estaciones del año, el cual indica el nivel de la demanda en relación con la demanda promedio.
- c) Calcule el índice estacional promedio para cada estación, usando los resultados del paso 2. Sumar los índices estacionales para una estación dada y divídalos entre el número de años que abarquen los datos.
- d) Calcule el pronóstico de cada estación para el año siguiente. Comience con el cálculo de la demanda promedio por estación para el año siguiente. Use el método empírico, los promedios móviles, el suavizamiento exponencial, el suavizamiento exponencial ajustado a la tendencia, o la regresión lineal, para elaborar el pronóstico de la demanda anual. Divida luego la demanda anual entre el número de estaciones por año. Encuentre finalmente el pronóstico estacional, multiplicando el índice estacional por la demanda promedio por estación.

1.2.4. Error de pronóstico

Los pronósticos casi siempre contienen errores. Estos se clasifican en dos formas ya sea como errores de sesgo o como errores aleatorios. Los errores de sesgo son el resultado de equivocaciones sistemáticas, por lo cual se observa que el pronóstico siempre es demasiado alto o demasiado bajo. El otro tipo de error de pronóstico, el error aleatorio, es el resultado de factores imprevisibles que provocan que el pronóstico se desvíe de la demanda real. En la siguiente Tabla 2 se puede observar las mediciones del error de pronóstico:

Hay que señalar que también se puede aplicar más de una técnica de pronóstico al mismo tiempo:

- a) **Pronóstico combinado:** Son aquellos pronósticos que se producen promediando pronósticos independientes basados en diferentes métodos, en diferentes datos, o en ambas cosas.
- b) **Pronóstico enfocado:** Es un método de pronóstico en el que se selecciona el mejor pronóstico entre un grupo de pronósticos generados por medio de técnicas individuales.

Tabla 2. Mediciones de errores de pronósticos

Nombre	Descripción	Formulación matemática
Suma Acumulada de errores de pronóstico CFE	“Cumulative sum of forecast errors” Mide el error total de un pronóstico, resulta útil para evaluar el sesgo de un pronóstico.	$CFE = \sum E_t$
Error cuadrático medio MSE	“Mean squared error” Mide la dispersión de los errores de pronóstico	$MSE = \frac{\sum E_t^2}{n}$
Desviación media absoluta MAD	“Mean absolute deviation” Mide la dispersión de los errores de pronóstico	$MAD = \frac{\sum E_t }{n}$
Error porcentual medio absoluto MAPE	“Mean absolute percent error” Relaciona el error de pronóstico con el nivel de demanda, y es útil para colocar el desempeño del pronóstico en su perspectiva correcta.	$MAPE = \frac{(\frac{\sum E_t }{D_t})(100)}{n} (\%)$

Elaboración propia

1.3. Prueba de hipótesis con varianza conocida

Según Córdova (2009) una hipótesis estadística es cualquier afirmación o conjetura que se hace acerca de la distribución de una o más poblaciones. Esta puede referirse bien a la forma o tipo de distribución de probabilidad de la población en estudio o bien referirse al valor o valores de uno o más parámetros de la distribución, conocida su forma.

Podemos afirmar que la prueba de hipótesis es un procedimiento basado en la evidencia muestral y en la teoría de probabilidad que se emplea para determinar si la hipótesis es un enunciado razonable. Siguiendo el procedimiento planteado por Mason (2003) se tiene la capacidad de tomar la decisión de rechazar o no la hipótesis. A continuación se explicará a más detalle cada uno de los 5 pasos del procedimiento sistemático como se aprecian en la Figura 3.

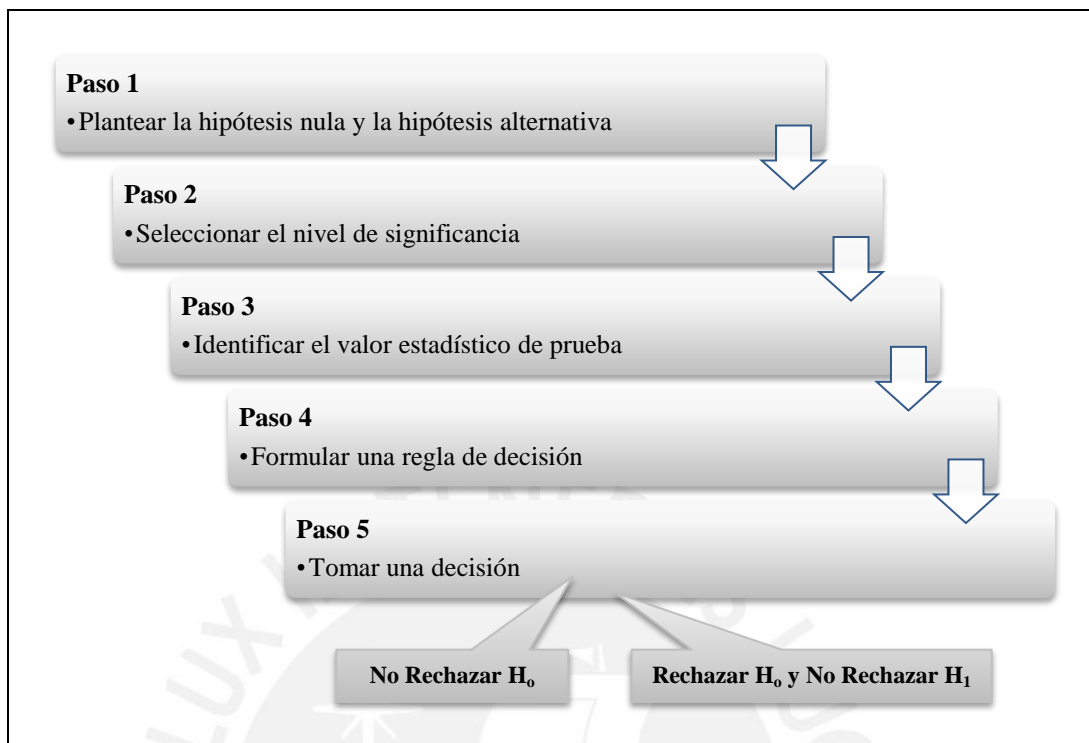


Figura 3. Procedimiento sistemático para probar una hipótesis
Fuente: Mason, Lind y Marchal (2003)

a) Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alternativa

Se denomina hipótesis nula (H_0) a la hipótesis que es aceptada provisionalmente como verdadera y cuya validez será sometida a comprobación experimental, cuyos resultados nos permitirán seguir aceptándola como verdadera o si, por el contrario, debemos rechazarla como tal.

Se denomina hipótesis alternativa (H_1) a la hipótesis que se acepta en caso de que la hipótesis nula H_0 sea rechazada. La hipótesis alternativa H_1 es pues una suposición contraria a la hipótesis nula.

Asumiendo que θ_0 es un valor del parámetro desconocido θ de una población cuya distribución se supone conocida, entonces son hipótesis nulas y alternativas respectivamente las siguientes afirmaciones:

1. $H_0 : \theta = \theta_0$ y $H_1 : \theta \neq \theta_0$
2. $H_0 : \theta \leq \theta_0$ y $H_1 : \theta > \theta_0$
3. $H_0 : \theta \geq \theta_0$ y $H_1 : \theta < \theta_0$

b) Seleccionar el nivel de significancia

Según Anderson (2008) el nivel de significancia es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera. De acuerdo a Montgomery (1996) este procedimiento de decisión puede conducir a una de dos conclusiones erróneas. A estas desviaciones se les denomina error tipo I y tipo II y se muestran en la Tabla 3.

- El error tipo I es el que rechaza la hipótesis nula, cuando en realidad es verdadera (Mason, 2003). Córdova (2009) enuncia que la probabilidad (condicional) de cometer el error tipo I se denota por α .
- En contraste el error tipo II se define como la aceptación de la hipótesis nula cuando esta es falsa (Mason, 2003). La probabilidad de (condicional) de cometer un error tipo II se denota por β .

Tabla 3. Tipos de errores

Tipo	Formulación matemática
Error tipo I	$\alpha = P[\text{error tipo I}] = P[\text{rechazar } H_0 \text{ cuando } H_0 \text{ es verdadera}]$
Error tipo II	$\beta = P[\text{error tipo II}] = P[\text{aceptar } H_0 \text{ cuando } H_0 \text{ es falso}]$

Fuente: Córdova (2009)

Se observa que rechazar H_0 cuando ésta en realidad es falsa es una decisión correcta y ocurre con una probabilidad $1 - \beta$. Esta probabilidad se denomina la potencia de la prueba. Con los resultados de una muestra aleatoria de tamaño n seleccionada de la población en estudio se comprueba que si α aumenta, entonces β disminuye y si β aumenta, entonces α disminuye. En la Tabla 4 se resumen las decisiones que pueden tomar el investigador y las consecuencias posibles.

Tabla 4. Decisiones en la prueba de hipótesis

		Situación en la población	
		H_0 verdadera	H_1 verdadera
Conclusión	Se acepta H_0	Conclusión correcta	Error tipo II
	Se rechaza H_0	Error tipo I	Conclusión correcta

Fuente: Anderson, Sweeney y Williams (2008)

c) Identificar el valor estadístico de prueba

Mason (2003) define al valor estadístico de prueba como aquel valor obtenido a partir de la información muestral, que se utiliza para determinar si se rechaza la hipótesis nula.

Existen muchos valores estadísticos de prueba, pero para el caso de la prueba de hipótesis para la media (μ), el valor estadístico de prueba z se determina basándose en la distribución muestral de \bar{x} , que se distribuye de manera normal cuando la muestra es razonablemente grande con una media ($\mu_{\bar{x}}$) igual a μ , y una desviación estándar $\sigma_{\bar{x}}$, que es igual a σ/\sqrt{n} . De esta manera se puede determinar si la diferencia entre \bar{x} y μ es estadísticamente significativa encontrando el número de desviaciones estándares que \bar{x} está a partir de μ aplicando la fórmula que se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. Estadísticos de prueba Z

Formulación	Uso
$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$	Valor estadístico de prueba Z

Fuente: Mason, Lind y Marchal (2003)

d) Formular la regla de decisión

Una regla de decisión es un enunciado de las condiciones según las que se rechaza o no la hipótesis nula. La región de rechazo define la ubicación de todos los valores que son demasiados grandes o demasiado pequeños, por lo que es muy remota la probabilidad de que ocurran según una hipótesis verdadera.

e) Tomar una decisión

Este procedimiento compara la probabilidad, llamada valor p , con el nivel de significancia. Si el citado valor p es menor que dicho nivel, H_0 se rechaza. Si tal valor es mayor que el nivel en cuestión, H_0 no se descarta.

Anderson (2008) resalta que si el valor p es pequeño, esto indica que el valor estadístico de prueba es inusual bajo la suposición de que H_0 es verdadero. La regla general para determinar cuándo rechazar la hipótesis nula al usar el método del valor- p . Dado un nivel de significancia α , la regla para el rechazo se explica en la Tabla 6.

Tabla 6. Regla para el rechazo usando el valor- p

Regla
Rechazar H_0 si el valor $- p \leq \alpha$

Fuente: Anderson, Sweeney y Williams (2008)

1.4. Prueba de hipótesis con varianza desconocida

Según Anderson (2008) la distribución t de student es la apropiada para determinar el estadístico de prueba estandarizado cuando la distribución de muestreo para la media tiene distribución normal pero no se conoce σ . Se puede suponer que la distribución de muestreo es porque la población es normal o porque la muestra es suficientemente grande para invocar el teorema del límite central. El estadístico de prueba se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Estadísticos de prueba T

Formulación	Uso
$t = \frac{\bar{X} - u_0}{S\bar{x}}$	Valor estadístico de prueba T-student

Fuente: Anderson (2008)

1.5. Análisis de varianza

Sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. A la variables categórica (nominal u ordinal) que define los grupos que deseamos comparar la llamamos independiente o factor. A la variable cuantitativa (de intervalo o razón) en la que deseamos comparar los grupos la llamamos dependiente.

El ANOVA de un factor permite obtener información sobre el resultado de esa comparación. Es decir, permite concluir si los sujetos sometidos a distintos programas difieren de la medida de rendimiento utilizada. La hipótesis que se pone a prueba en el ANOVA de un factor es que las medias poblacionales son iguales. Si lo son, significa que los grupos no difieren y que en consecuencia la variable independiente o factor es independiente de la variable dependiente. La estrategia para poner a prueba la hipótesis de igualdad de medias consiste en obtener un estadístico, llamado F, que refleja el grado de parecido existente entre las medias que se están comparando. El estadístico se muestra en el Tabla 8.

Tabla 8. Estadísticos de prueba F

Formulación	Uso
$F = \frac{\delta_1^2}{\delta_2^2} = \frac{n\delta_Y^2}{S_j^2}$	ANOVA

Fuente: Mason, Lind y Marchal (2003)

Si las poblaciones muestreadas son normales y sus varianzas son iguales, el estadístico F se distribuye según el modelo de probabilidad F de Fisher. Si suponemos cierta la hipótesis de igualdad de medias, podemos conocer en todo momento la probabilidad de obtener un valor como el obtenido o mayor.

Si el nivel crítico asociado al estadístico F (es decir, si la probabilidad de obtener valores como el obtenido o mayores) es menor que 0,05, rechazaremos la hipótesis de igualdad de medias y concluiremos que no todas las medias poblacionales comparadas son iguales.

En caso contrario, no podremos rechazar la hipótesis de igualdad y no podremos afirmar que los grupos comparador difieran en sus promedios poblacionales.

El estadístico F del ANOVA únicamente nos permite contrastar la hipótesis general de que los J promedios comparados son iguales. Al rechazar esa hipótesis, sabemos que las medias poblacionales comparadas no son iguales, pero no sabemos dónde en concreto se encuentran las diferencias. Para saber esto último debemos utilizar un tipo particular de contrastes denominados comparaciones múltiples post hoc o método de Bonferroni.

1.6. Programación lineal (PL)

La programación lineal es una rama de la investigación de operaciones que se ocupa de diseñar y resolver modelos matemáticos lineales asociados a la asignación eficiente de recursos limitados para actividades definidas, buscando de satisfacer determinados objetivos (Mejía citado por Chávez Cabello 2005). La estructura del modelo consta de una función objetivo de forma lineal y de restricciones lineales en función a las variables de decisión. En la Tabla 9 se aprecia la formulación matemática general:

Tabla 9. Formulación matemática de programación lineal

Formulación matemática	Nombre
$X_j, j = 1, 2, \dots, n$	Variables de Decisión
$Max/Min Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$	Función Objetivo
$a_{11}X_{11} + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \{ \leq, =, \geq \} b_1$ $a_{21}X_{11} + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \{ \leq, =, \geq \} b_2$... $a_{m1}X_{11} + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \{ \leq, =, \geq \} b_m$	Restricciones
$X_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$	Rango de Existencia

Fuente: Winston (2005)

Otros tipos de programación lineal ampliamente utilizados y aplicados en casos donde la PL tiene limitantes son:

a) Programación entera (PE)

De acuerdo a Chávez (2005), muchos tipos de problemas reales de la vida cotidiana requieren determinar cantidades enteras para las variables de decisión. Para obtener este tipo de respuestas de un modelo de programación lineal es necesario restringir los rangos de existencia de algunas variables a valores enteros.

Este tipo de programación tiene la ventaja de dar soluciones directamente aplicables al mundo real, en contraposición con la PL donde se habría tenido que hacer una aproximación de la respuesta quizás alejándose del punto óptimo buscado. Existe otro tipo de programación que entra dentro de este rubro, según Hillier (2010:577) y se basa en decisiones “sí o no” interrelacionadas, donde solo los únicos valores posibles son sí y no. Este tipo de variables se llaman variables binarias y se tratan en problemas de programación entera binaria.

b) Programación por metas (PM)

La programación por metas es una variable de la programación lineal que proporciona una forma racional de intentar alcanzar múltiples objetivos en orden de importancia. Para llegar a estos, se requiere formular los objetivos de forma cuantitativa y asociarles una ponderación para establecer el orden en que se deben alcanzar (Mejía citado por Chávez Cabello 2005).

La forma como se plantea este tipo de problemas es parecida a la formulación matemática antes mostrada, solo que se incluye variables de desviación en las restricciones y en la función objetivo. Si tuviéramos más metas, lo indicado sería incluir una restricción por cada meta con sus respectivas variables de desviación. Además, en la función objetivo habrá que incluir cada una de las variables de desviación multiplicadas por un factor que priorice la satisfacción de una meta sobre las demás.

1.7. Modelos de aplicación de programación lineal

A continuación se muestra ejemplos de programación lineal aplicada a 2 casos. El primero es un trabajo de tesis donde se busca asignar horarios para un call-center utilizando programación lineal simple, por metas y por metas ponderadas comparando el resultado de cada una de ellas. El segundo caso es una investigación donde se analiza el proceso de atención a aeronaves, teniendo 2 etapas definidas: programación de tareas y planificación de horarios. Actualmente, estos 2 procesos se desarrollan de forma empírica y en instancias distintas. Sin embargo, existen estudios, como este, que demuestran cómo estos procesos pueden ser optimizados en conjunto mediante programación lineal entera.

1.7.1. Modelo de dimensionamiento de un centro de atención de llamadas

Chávez (2005) desarrolla un modelo de dimensionamiento de un centro de llamadas utilizando herramientas como: teoría de colas, series de tiempo, diseño de experimentos, programación lineal y simulación de sistemas. El desarrollo general es el siguiente:

- Se analizan las tasas de llamadas (arribos al sistema) y se define un modelo de pronósticos para las mismas.
- Se analiza los tiempos de gestión de llamada y su variabilidad dependiendo del tipo de llamada (business, front, reclamos, variaciones y VIP)
- Se estudia las transferencias y re-llamadas como parte del sistema.
- A continuación se hace un modelado del sistema con el software ARENA.

Con el sistema real ya simulado, se procede a buscar la optimización del mismo para distintos escenarios.

a) Metodología para el cálculo de necesidades

Se utiliza como input los modelos de pronósticos para la cantidad de llamadas recibidas por tipo y por día utilizando estacionalidad semanales y mensuales, buscando dimensionar recursos una vez al mes basándose en la información de la semana promedio pronosticada para dicho mes.

b) Modelo matemático para cálculo de necesidades por intervalo

Para el cálculo de las necesidades por intervalo se utiliza la distribución Erlang C explicada mediante teoría de tráfico. A partir de aquí se definió la expresión que relaciona el nivel de servicio (NS) con el tráfico recibido(A), la cantidad de servidores (s) y el tiempo objetivo de servicio (t).

A partir de esta relación se obtienen una nueva equivalente donde se puede obtener la cantidad de servidores (s). El cálculo de esta función se realiza mediante un algoritmo en Excel. En la siguiente Tabla 10 se observa la evolución de la distribución Erlang C aplicada al problema. Antes de seguir con el modelo se hacen 2 observaciones:

- El cálculo de necesidades por periodo toma en cuenta que es necesario alcanzar los objetivos de servicio para cada periodo, buscando en realidad satisfacer estos objetivos para períodos más largos (semana o mes).
- No se está tomando en cuenta el efecto de la re-llamada ya que es difícil de modelar matemáticamente.

Tabla 10. Modelo para cálculo de necesidad

Formulación Matemática	Descripción
$A = CH$	C: promedio de llamadas H: duración media A: tráfico recibido
$C(A, s) = \frac{\frac{A^s}{s!(1-p)}}{\sum_{k=0}^{s-1} \frac{A^k}{k!} + \frac{A^s}{s!(1-p)}}$	C(A,s): Probabilidad que un cliente encuentre el sistema ocupado p: A/s s: cantidad de servidores
$P(A, s, t) = C(A, s)e^{-(1-p)st}$	P(A,s,t): Probabilidad llamada espere más de t segundos antes de ser atendida μ : Tasa de servicio
$NS = 1 - P(A, s, t)$	NS: Nivel de servicio
$s = f(A, t, NS)$	

Fuente: Chávez (2005)

c) Modelo de programación de horarios

Se tiene 3 tipos de modalidades de horarios: Full Time (FT), Medium Time (MT) y Part Time (PT). Cada una de ellas cuenta con características distintas en cuanto a horas de trabajo (9, 6 y 4 respectivamente), horas de refrigerio, horas de break, número de descansos y horas de trabajo efectivas. Además cada agente cuenta con día de descanso por semana y permanecerá en el mismo turno los días que labore. Se tiene en cuenta además que cada grupo de Call-Center tiene una cantidad de agentes inicialmente asignados (mezcla determinada de modalidades).

Se asume que los turnos pueden iniciar cada media hora, teniendo en cuenta que cada turno empieza y termina en un mismo día. De esta manera, los inicios para los turnos FT, MT y PT son de 31, 37 y 41 respectivamente. Lo que se busca es determinar la cantidad de agentes de cada modalidad que deben iniciar su turno en cada instante del día y descansar un determinado día de la semana de forma que se minimicen los costos¹.

A primera vista, el modelo pretende encontrar el programa de horarios que satisfaga las necesidades por período a costo mínimo, sin embargo, el objetivo global busca cumplir los niveles de servicio de todo el período analizado, no solo para cada intervalo. Debido a esto, el modelo planteado podría pasar de ser programación lineal (PL), a uno de programación por metas (PM) donde el objetivo es minimizar los costos de asignación además de las desviaciones entre la programación y las necesidades por intervalo.

¹ Para evitar proporcionar costos de mano de obra, se supondrá que el costo por hora de cada modalidad es el mismo y por lo tanto, el costo de contratar a un agente en cada modalidad es proporcional al total de horas de trabajo de dicha modalidad.

Tabla 11. Formulación matemática de asignación Call Center

Nombre	Descripción
<p>Variables de Decisión</p>	<p>FT_{ij}: Cantidad de agentes de modalidad FT que empezarán turno en el instante i (i=1,...31) y que descansan el día j (j=1,...7; 1=lunes,...,7=domingo)</p> <p>MT_{ij}: Cantidad de agentes de modalidad MT que empezarán turno en el instante i (i=1,...37) y que descansan el día j (j=1,...7; 1=lunes,...,7=domingo)</p> <p>PT_{ij}: Cantidad de agentes de modalidad PT que empezarán turno en el instante i (i=1,...41) y que descansan el día j (j=1,...7; 1=lunes,...,7=domingo)</p> <p>u_k, v_k: Variables de desviación entre lo programado y las necesidades para cada intervalo k de 15min. (k=1,...,672). Aplica a PM.</p> <p>b_k: Cantidad agentes para cada intervalo k (k=1,...,672) Aplica a todos los modelos.</p> <p>Y_k: Cantidad agentes presentes en el intervalo k (k=1,...,672) Según la disposición de horarios.</p>
<p>Función Objetivo</p>	<p>Modelo PL</p> $Max Z = 9 \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^7 FT_{ij} + 6 \sum_{i=1}^{37} \sum_{j=1}^7 MT_{ij} + 4 \sum_{i=1}^{41} \sum_{j=1}^7 PT_{ij}$ <p>Modelo PM</p> $Max Z = 9 \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^7 FT_{ij} + 6 \sum_{i=1}^{37} \sum_{j=1}^7 MT_{ij} + 4 \sum_{i=1}^{41} \sum_{j=1}^7 PT_{ij} + u_k + v_k$ <p>Modelo PM ponderado</p> $Max Z = 9 \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^7 FT_{ij} + 6 \sum_{i=1}^{37} \sum_{j=1}^7 MT_{ij} + 4 \sum_{i=1}^{41} \sum_{j=1}^7 PT_{ij} + b_k u_k + v_k$
<p>Restricciones</p>	<p>Modelo PL</p> $Y_k \geq b_k$ <p>Modelo PM y PM ponderado</p> $Y_k + u_k - v_k = b_k$
<p>Rango de Existencia</p>	<p>FT_{ij}, MT_{ij}, PT_{ij}: enteros no negativos.</p>

Fuente: Chávez (2005)

Para alinear los resultados a la política de alcanzar los objetivos en plazos más largos, se dará prioridad a la cobertura de aquellos intervalos en los cuales las necesidades sean mayores. Las necesidades contienen tanto información de llamadas como de agentes presentes, por lo que servirán como factores de ponderación para cada una de las metas. Las variables para el problema son las siguientes:

- **Modelo de PL:** el programa asignará una cantidad mayor o igual a la necesaria en cada intervalo.
- **Modelo de PM:** en algunos intervalos se podrán asignar menos agentes a los necesarios pero minimizando las desviaciones entre lo programado y necesario.
- **Modelo de PM ponderado:** similar al anterior pero procurando no asignar menos agentes de los necesarios en aquellos intervalos con mayor tráfico.

En la Tabla 11 se muestra la formulación matemática del problema de asignación, considerando los 3 escenarios descritos.

d) Optimización con simulación

Finalmente, se procede a simular diversos escenarios explicados en la tesis, obteniéndose su nivel servicio, ocupación del grupo y horas de tele-operación por cada tipo de llamada. En el caso particular del escenario que considera la simulación, se obtiene 3 soluciones distintas, donde se aprecia el modelo de PL asigna más agente de los que en realidad se necesitan al mínimo costo.

Por otro lado, el modelo PM, asigna más agentes en algunos intervalos y menos en otros, de tal manera que se minimicen las diferencias entre lo requerido y asignado. Finalmente el modelo PM ponderado busca cuidar el nivel de servicio en aquellos intervalos con mayor tráfico procurando asignar más agentes de los necesarios cuando el tráfico sea mayor y dejando la posibilidad de sub-dimensionar los intervalos valle de la curva de tráfico.

- Para levantar el NS de VIP se aplica el modelo PL para programar los horarios.
- Para los grupos Business, Reclamos y Variaciones se usará el modelo PM para reducir en cierta medida sus niveles de servicio.

Para el grupo Front se empleará el modelo PM ponderado para ser conservadores. En la parte de evaluación económica, se identifica el proceso de optimización como el proceso asociado al ahorro. Por lo tanto se compara el escenario final del estudio y un escenario donde no se ha realizado ni la optimización de programación de horarios, ni la simulación de escenarios finales.

Para armar el cuadro de características de servicio se aplica un modelo distinto según el tipo de llamada como se ven en la Tabla 12:

Tabla 12. Características de los modelos desarrollados

Modelo Aplicado	Tipo de Llamada	Nivel de servicio	Ocupación del Grupo	Horas de Teleoperación
PM	Business	85.1%	69.7%	1179
PM ponderado	Front	86.5%	70.1%	2888
PM	Reclamos	91.2%	88.2%	1190
PM	Variaciones	90.3%	87.2%	1190
PL	VIP	84.9%	75.3%	303
				6750

Fuente: Chávez (2005)

La conclusión a la que finalmente llega la tesis mostrada es que el modelo de dimensionamiento satisface los objetivos de servicio del Call center optimizando la cantidad de recursos destinados a ellos y de manera más precisa que la metodología actual. El ahorro derivado de la implementación del modelo asciende a US\$ 108,770 anuales y se deriva fundamentalmente de la precisión que se obtiene con el modelo propuesto.

1.7.2. Programación entera de mano de obra y tareas de proyecto integrado

Alfares H. y Bailey J. (1997) hace la distinción entre la programación de tareas y la planificación de personal:

- El objetivo de la programación de tareas es determinar sus fechas de inicio y duración para completar un proyecto a tiempo con los menores costos generales. Al alterar estas fechas y duraciones la demanda de trabajo diario puede cambiar.
- El objetivo de la planificación de personal es determinar cuántos trabajadores se debe asignar para cada periodo de días libres factibles de manera que satisfaga una demanda laboral dada con el mínimo costo laboral.

Por otro lado, se compara la forma tradicional de abordar este problema (procedimiento de dos pasos) frente a un modelo integral de programación lineal entera y un modelo heurístico.

a) Modelo integrado de programación lineal entera (PE)

El objetivo es minimizar la suma de gastos generales más costo de mano de obra (1). Las restricciones se agrupan de la siguiente manera:

- El 1° set de restricciones buscan asegurar que una duración y fecha de inicio únicas sean elegidas para cada tarea en la solución final (2)
- El 2° set de restricciones pide que la fecha de inicio de cualquier tarea sea posterior a la fecha de terminación de todas sus predecesoras inmediatas (3).
- El 3° set de restricciones garantiza que el número de personas asignadas a trabajar cualquier día dado es al menos igual a la demanda de mano de obra sumada de todas las actividades programadas para ese día (4). Esta restricción integra la programación de personal con la programación por proyectos.
- El 4° set de restricciones establece el tiempo de duración del proyecto como la finalización de la última tarea del conjunto de tareas que no tienen sucesoras (5).
- El 5° set de restricciones limita el tamaño de la mano de obra total en cualquier semana dada (6).

Luego de definir claramente el propósito de cada set de restricciones, se muestra el modelo de programación lineal entera para este caso plasmado en las Tablas 13 y 14.

Tabla 13. Modelo de Función Objetivo

$$\text{Minimizar } COST = OH \times PT + \sum_{w=1}^{NWK} \sum_{i=1}^7 C_i \times Y_{wi}, \quad (1)$$

Fuente: Alfares y Bailey (1997)

Tabla 14. Modelo de Restricción del Modelo

$\sum_{d=ES_j}^{LS_{jt}} \sum_{t \in T_j} X_{jdt} = 1, \quad (2) \quad j = 1, \dots, NACT$
$\sum_{d=ES_p}^{LS_{pt}} \sum_{t \in T_p} (d + t) \times X_{jdt} \leq \sum_{d=ES_j}^{LS_{jt}} \sum_{t \in T_j} d \times X_{jdt}, \quad (3) \quad \forall p \in P_j, j = 1, \dots, NACT$
$\sum_{j=1}^{NACT} \sum_{t \in T_j} \sum_{q=\max(d-t+1, ES_j)}^{\min(d, LS_{jt})} MAN_{jt} \times X_{jdt} \leq \sum_{w=1}^{NWK} \sum_{i=1}^7 aa_{wid} \times Y_{wi}, \quad (4) \quad d = 1, \dots, TU$
$\sum_{d=ES_j}^{LS_{pt}} \sum_{t \in T_j} (d + t - 1) \times X_{jdt} \leq PT, \quad (5) \quad \forall j \in L$
$\sum_{i=1}^7 Y_{wi} \leq SIZE_w, \quad (6) \quad w = 1, \dots, NWK$

$$aa_{wid} = \left\{ \begin{array}{l} 1 \quad \text{Si el día } d \text{ es un día de trabajo en el turno de descanso } i \\ \quad \quad \quad \text{dentro de la semana } w \\ 0 \quad \text{caso contrario} \end{array} \right\}$$

C_i = Costo semanal de los turnos de descanso i
 d = Día de inicio de la tarea j
 ES_j = Comienzo mas temprano para la tarea j
 L = Set de todas las tareas que no tienen sucesores j
 LS_{jt} = Comienzo mas tardío para la tarea j si su duración es t
 MAN_{jt} = Requerimiento diario de personal para la tarea j si su duración es t
 NWK = Fecha de entrega del proyecto en semanas
 OH = Gastos generales del día
 p = Un predecesor inmediato de la tarea j , ($p \in P_j$)
 P_j = Set de predecesores inmediatos de la tarea j
 PT = Duración del proyecto en días, $PT \geq 0$ y entero
 $SIZE_w$ = Maximo tamaño de la fuerza de trabajo en la semana w
 t = Tiempo de duración en días de la tarea j , ($t \in T_j$)
 T_j = Set tiempos de duración de la tarea j
 $TMAN_j$ = Dias – Hombre totales de esfuerzo requeridos para la tarea j
 TU = Fecha de fin del proyecto, o maxima duración del proyecto en días
 $X_{jdt} = \left\{ \begin{array}{l} 1 \quad \text{Si la tarea } j \text{ con duración } t \text{ es comenzada en el día } d \\ 0 \quad \text{caso contrario} \end{array} \right\}$
 Y_{wi} = numero de trabajadores asignados al turno de descanso i en la semana w
 $Y_{wi} \geq 0$ y entero

Fuente: Alfares y Bailey (1997)

b) . Modelo Heurístico

La gran limitación del modelo PE es que las variables y restricciones requeridas hacen que el tiempo de procesamiento sea demasiado lento y costoso para un problema real. Debido a esto, un procedimiento heurístico es necesario, y en este caso se propone utilizar programación dinámica para reducir la complejidad de los problemas replazándolos por sub-problemas semanales más pequeños y simples.

Ya que los problemas de planificación de horarios son resueltos en una base semanal es natural desagregar la planificación en secuencias enlazadas de sub-problemas semanales. En cualquier semana, todas y cada una de las tareas pueden tomar uno de los siguientes 3 estados o categorías: tarea completada, tarea futura y tarea activa conteniendo todas las demás tareas que no se incluyen en las dos primeras categorías.

Sin embargo aún con programación dinámica, el número de horarios posibles para cada semana, es bastante amplio requiriendo un proceso para reduce el tamaño de estas categorías. Ante esto, dos procedimientos lógicos pueden ser empleados:

- En el 1° método, la demanda de trabajo diario esta entre dos límites previamente establecidos, de modo que el nivel de gasto sea razonable durante el proyecto. Estos límites se basan en la demanda de trabajo diario requerido para completar el proyecto entre el mínimo tiempo crítico y el tiempo de vencimiento de tarea.
- Otro método de reducción emplea un límite en el número diario de trabajadores. Baker K. (1974) presentó un procedimiento para establecer el tamaño mínimo necesario de trabajadores para satisfacer una demanda laboral semanal dada.

c) Procedimiento tradicional de 2 pasos

En la primera etapa, las tareas son programadas determinando la fecha de inicio y duración de cada tarea. El modelo de PE busca minimizar gastos generales más el costo total de días hombres requeridos. Las restricciones son las mismas que en el modelo integrado a excepción del tercer set de restricciones que en este caso no hace ningún enlace entre ambas etapas del problema. Una vez que la fecha de inicio y duración de las tareas son determinadas, se tiene una demanda laboral diaria. Con este dato, la segunda etapa asigna trabajadores a periodos de días libres para satisfacer la demanda de trabajo con el mínimo costo laboral. Para esto se utiliza el modelo de programación de horarios planteado por Baker K. (1974).

d) Comparación de los modelos

Los 3 modelos fueron comparadas en una tanda de 20 problemas de prueba con distintas cantidad de tareas, duración, demanda laboral y costo. Se encontró lo siguiente:

- En promedio el modelo de PE produjo una reducción del 9.1% en el costo total del proyecto, mientras que el método heurístico lo hizo casi tan bien con 8.6%.
- La productividad laboral para el procedimiento heurístico promedio 98%, lo que fue un aumento de 14% con respecto al método tradicional.
- En la mitad de los casos, el método heurístico produjo resultados igual de óptimos que mediante el modelo de PE, teniendo en promedio costos 0.6% más elevados que el procedimiento óptimo.
- Todos los costos ahorrados provinieron de mano de obra y no gastos generales. En el 75% de los casos se logró soluciones menos costosas alargando la duración del proyecto mientras se empleaban menos trabajadores. Idea que se contrapone con el método tradicional donde se minimiza el tiempo de duración del proyecto (asociado a los costos generales) pero se existe una demanda más alta de mano de obra.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SERVICIO DE ATA

En este capítulo se hará una descripción integral del servicio a analizar. Para esto, hemos visto conveniente separar los temas en 3 partes:

- Primero, haremos una descripción de la empresa ABC servicios aeroportuarios: lugar de operaciones, descripción del negocio y servicio de atención en Tierra.
- Luego se detallará el proceso de planificación del servicio de atención a aeronaves (ATA), revisando el proceso de cálculo de personal, estructuras de cuadrillas de trabajo y simultaneidad de vuelos por horas.
- Finalmente se detallará la parte operativa del servicio ATA, conociendo el trabajo de Centro de control de operaciones (CCO) y el desarrollo del servicio en campo.

2.1. Descripción de la empresa ABC

En este apartado se da a conocer la estructura y funcionamiento de la empresa ABC, dando mayor explicación sobre entorno donde se desarrollará el presente trabajo.

2.1.1. Descripción del Aeropuerto de Lima

Desde el año 2000 el Aeropuerto de Lima se encuentra bajo concesión, lo cual, a través de inversión en infraestructura ha elevado el nivel de servicio y la cantidad de operaciones diarias. En la Tabla 15 se aprecia el crecimiento de la cantidad de pasajeros transportados nacionales e internacionales, llegando casi a duplicar la cantidad del 2006 al 2011. Esto es una muestra del rápido crecimiento que tiene las operaciones en el aeropuerto², lo cual tiene influencia directa en la demanda de servicio de ABC.

Tabla 15. Crecimiento en pasajeros Aeropuerto de Lima

Tipo de movimiento	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Llegadas Nacional	1,333,968	1,677,202	1,847,996	1,983,932	2,587,262	2,931,026
Salidas Nacional	1,318,107	1,699,608	1,866,593	1,971,789	2,549,501	2,993,829
	2,652,075	3,376,810	3,714,589	3,955,721	5,136,763	5,924,855
Llegadas Internacional	1,516,122	1,802,591	1,974,321	2,070,119	2,157,329	2,399,695
Salidas Internacional	1,507,687	1,797,832	1,956,685	2,036,057	2,104,693	2,353,103
Conexión Internacional	363,038	528,599	640,093	724,106	882,584	1,117,165
	3,386,847	4,129,022	4,571,099	4,830,282	5,144,606	5,869,963
Pasajeros Totales	6,038,922	7,505,832	8,285,688	8,786,003	10,281,369	11,794,818

Fuente: Memorias anuales – Aeropuerto de Lima (2006 – 2011)

² Como dato adicional, el crecimiento de la operación ha impulsado el proyecto de construcción de un segundo terminal con su propia pista de desplazamiento de aeronaves. Esta proyección por parte del aeropuerto de Lima, confirma la tendencia de crecimiento de la operación en los próximos años.

En cuanto a la distribución del aeropuerto este se divide en partes claramente definidas:

- El lado tierra está situado fuera de los puntos de control de aduana e inmigración o fuera de cualquier punto de acceso de seguridad.
- El lado aire comprende toda área de control aduanero, como las salas de salidas y llegadas o los almacenes de clasificación y carga situados junto a la rampa y dentro del área de control aduanero. En la Figura 4, se puede ver la pista de aterrizaje y la distribución de PEA³ en ella.

Las áreas que conforman el lado aire son las siguientes:

a) Pistas de servicio

Calzadas empleadas por los vehículos que prestan servicio a las aeronaves y a las que no pueden acceder las aeronaves. Hay que recordar que los vehículos no pueden entrar en el área de maniobras salvo para cruzarla por los puntos designados, a no ser que vayan equipados con radio capaz de recibir y transmitir en la frecuencia de tierra adecuada y hayan recibido la autorización para entrar en dicha área desde el Control de tráfico aéreo.

b) Área de maniobras

La pista y todas las calles de rodaje. El área utilizada por la aeronave para rodar hacia o desde la pista se conoce como calles de rodaje. Un carril de rodaje es una calle de rodaje que sólo conduce a un área de plataforma.

c) El área de plataforma

Se trata del área empleada para la carga, descarga, estacionamiento, etc. de aeronaves y también se conoce, junto a las pistas de servicio, como la rampa. Las posiciones reales de estacionamiento de aeronaves se conocen como puestos, espacios de estacionamiento.

Las áreas a diferenciar son: EPA (*equipment parking area*) es el área designada para el estacionamiento de equipos; ESA (*equipment staging area*) es el área contigua a la posición de estacionamiento de aeronave, donde los equipos de servicio de rampa son parqueados temporalmente antes del arribo de la aeronave.; ERA (*equipment restraining area*) es el área señalizada restringida para el estacionamiento de equipos en la posición de estacionamiento de aeronaves.

³ Puestos de estacionamiento de aeronaves.

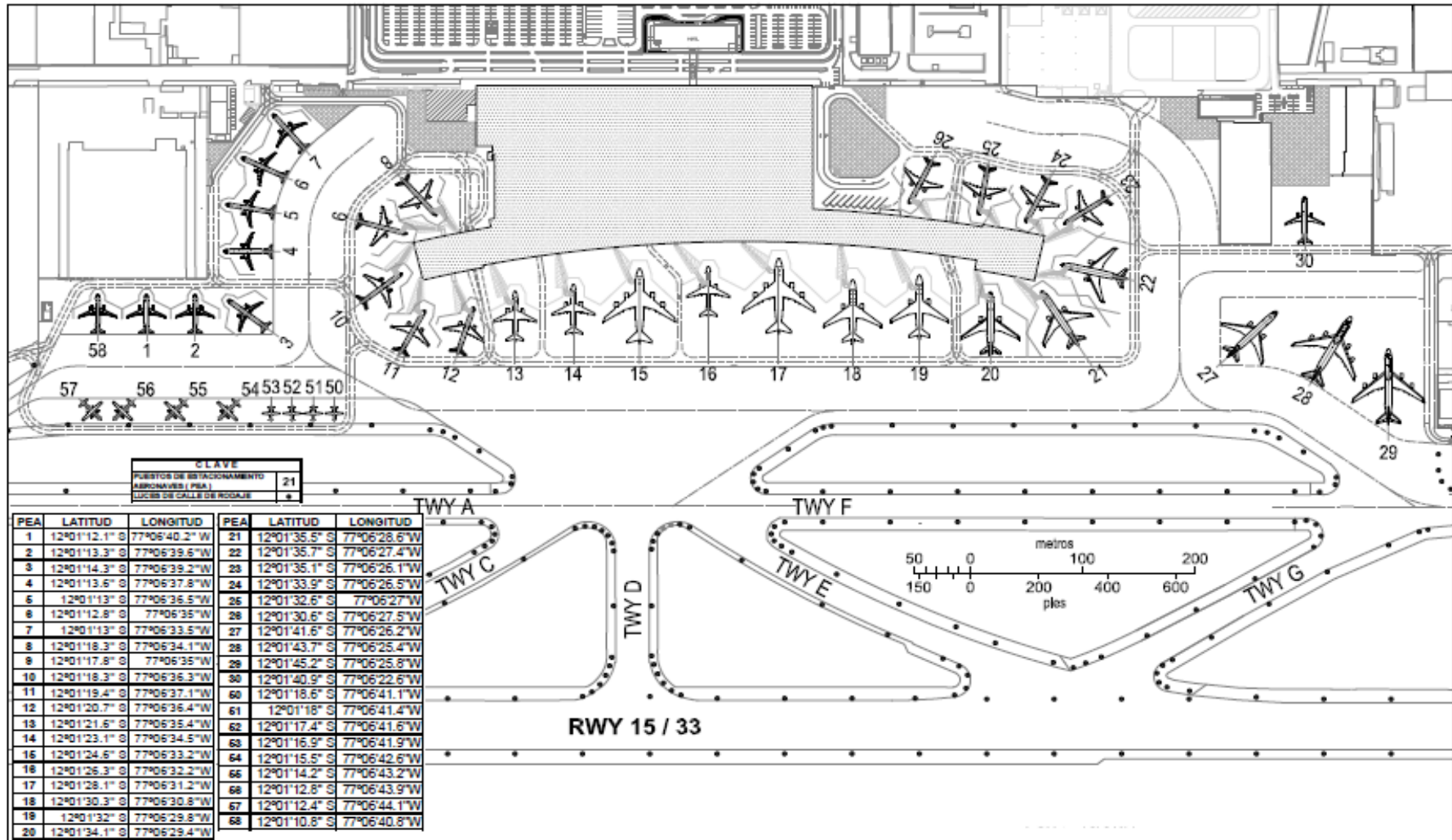


Figura 4: Plano del lado aire del Aeropuerto de Lima con la distribución de PEA
Fuente: Aeropuerto de Lima (2012)

2.1.2. Descripción del negocio

ABC Servicios Aeroportuarios S.A. es la empresa líder en su rubro a nivel nacional, brindando una solución integral tanto en la atención en tierra como en el servicio de carga. Su propuesta se basa en brindar servicios aeroportuarios rápidos, seguros y eficientes, basando su éxito en clientes satisfechos, mejor soporte humano y manejo responsable del medio ambiente.

a) Servicios brindados

Los servicios ofrecidos por ABC se descomponen en 2 ramas, siendo unidades de negocio distintas y teniendo su estructura propia interna. Por un lado, el negocio de rampa se divide en 3 servicios:

- **Servicio de Mantenimiento Aeronáutico:** ABC Servicios Aeroportuarios brinda servicios de mantenimiento del equipamiento de aviónica y los sistemas de entretenimiento a bordo, a las aeronaves B767 & A340. Además da servicio de mantenimiento de línea, mantenimiento preventivo y descarte de fallas.
- **Servicio de Aviación Corporativa:** Se ofrecen los servicios de recepción de pasajeros, servicio de mantenimiento en línea, servicio de seguridad, recepción y despacho de vuelos chárter como atención ejecutiva.
- **Servicio de atención en tierra:** Este abarca la atención a aeronave (ATA), limpieza de cabina, traslado de equipaje de aeronave a aduanas y traslado de equipaje de counter a aeronave. Mayor detalle en el acápite 2.1.3.

Por otro lado, el negocio de carga está constituido solo por un servicio:

- **Servicio de Carga:** ABC cuenta con terminales de importación, exportación y carga nacional en los cuales se brinda los siguientes servicios: transferencia, recepción y salida de carga, cámara de frío y manejo de la carga general, perecible, peligrosa, valorada, restos humanos y animales vivos.

b) Clientes

Los clientes que reciben servicios de ABC son las aerolíneas comerciales, cargueras y vuelos chárter que operan en las instalaciones del Aeropuerto de Lima, las otras aerolíneas utilizan el servicio de los competidores, es decir no existe el caso que una aerolínea tenga 2 empresas brindando el mismo servicio.

En la Tabla 16 se puede apreciar como el principal cliente es LANS con alrededor de 25 mil operaciones para el 2011 y casi 33 mil operaciones para el 2012, con lo cual concentra alrededor del 62% de la operación.

Además se puede apreciar que los 3 principales clientes acumulan 93.9% de los vuelos para el 2011 y 94% en el 2012.

Tabla 16. Clientes por cantidad de operaciones

Aerolíneas ⁴	2011	Porcentaje	2012	Porcentaje
Lans	25,730	61.6%	32,876	62.7%
Taco	9,947	23.8%	12,360	23.6%
Peruvian	3,519	8.4%	4,087	7.8%
Avian	715	1.7%	837	1.6%
Aerogas	372	0.9%	632	1.2%
Aerolíneas Argentas	363	0.9%	398	0.8%
Tams	364	0.9%	376	0.7%
Ski	311	0.7%	378	0.7%
Tampas	235	0.6%	267	0.5%
Aplas	185	0.4%	195	0.4%
	41,741		52,406	

Fuente: Área de Operaciones – ABC Servicios Aeroportuarios (2011 – 2012)

c) Competidores

Actualmente ABC lidera el sector de atención en tierra de las aeronaves a nivel nacional con el 83% de atención de los vuelos y para el 2012 tuvo ventas netas por un valor de 345 millones de dólares.

Dentro del aeropuerto de Lima tiene como competidores a las empresas Swiss y Servi, las cuales también realizan servicios a aeronaves a un nivel de operación menor. En la Tabla 17 se observa que para el 2012 de los 124,798 operaciones a aeronaves, ABC realizó 103,430, es decir 82.88%.

Cuenta con negocios complementarios como manejo y almacenamiento de la carga para importación y exportación. Esto le permite manejar una operación global teniendo mayor capacidad de negociación para tarifas de acuerdo a cada aerolínea, mostrándose más rentable que un autoservicio por cada aerolínea.

⁴ Los nombres reales de las aerolíneas han sido cambiados ya que no es relevante para los cálculos del presente trabajo y se requiere mantener cierta confidencialidad en los datos otorgados por la empresa ABC.

Con esta posición dentro del aeropuerto de Lima, tiene a su favor barreras de entradas altas en cuanto a licitaciones legales, compra de equipos, infraestructura y precios competitivos.

Todo lo expuesto dificulta la entrada de nuevos competidores locales que estén dispuestos a invertir sin tener mayor experiencia en el mercado. Sin embargo, existen competidores extranjeros que cuenta con suficiente capital como para entrar en un mercado en crecimiento como este, añadido a operaciones propias en otros países.

Esta situación se muestra como una amenaza para ABC, si decidieran entrar por su propia cuenta o en alianza con una empresa local que maneja redes logísticas.

Tabla 17. Participación de mercado

Operador	V. Nacionales	V. Internacionales	Total	%
ABC	31,838	20,568	52,406	82.9%
Swiss	2,369	4,441	6,810	10.8%
Servi	2,399	1,616	4,015	6.4%
			63,231	100.0%

Fuente: Área de Operaciones – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

d) Organigrama

El negocio se divide en 2 grandes ramas que son el servicio de rampa y servicio de carga. Todo nuestro análisis se centrará en el negocio de rampa por lo tanto se pasará a mostrar el organigrama de esta parte de la organización. En la Figura 5 se aprecia que existe un Gerente de la Unidad de Negocio de Rampa del cual a su vez se desprenden 3 gerencias principales:

- **Gerencia de Operaciones:** se encarga de las operaciones diarias que se desarrollan en la plataforma, disponiendo de los recursos humanos y logísticos para el adecuado funcionamiento del servicio. Las áreas que reportan directamente a esta gerencia son:
 - CCO (Centro de control de operaciones): es quien se encarga de coordinar y asignar en tiempo real el programa de trabajo establecido a los colaboradores, además de llevar el control sobre el desarrollo y los tiempos de servicio en todo momento.

- Jefatura de Aeropuerto: son los encargados de supervisar toda la operación turnos de trabajo rotativo las 24 horas del día siendo los directos responsables ante cualquier eventualidad.
- Sub-gerencia estaciones: tiene que ver con todo las demás operaciones de ABC en otras ciudades del país a excepción de Lima.
- **Gerencia de Mantenimiento:** esta gerencia se encarga de dar mantenimiento a todas las unidades y equipos utilizados en la operación, los cuales tienen un gran desgaste y requieren revisiones de manera constante efectuando mantenimientos preventivos, correctivos y repotenciación de equipos.
- **Gerencia de Ingeniería:** su principal misión es analizar el desempeño actual del servicio y proponer mejoras en la eficiencia del servicio de manera sustentada abarcando todos los servicios que se ofrecen a las aerolíneas, manejando una cartera de proyectos de mejora de procesos, además se encarga de planificar los recursos de personal y equipos para toda la operación.

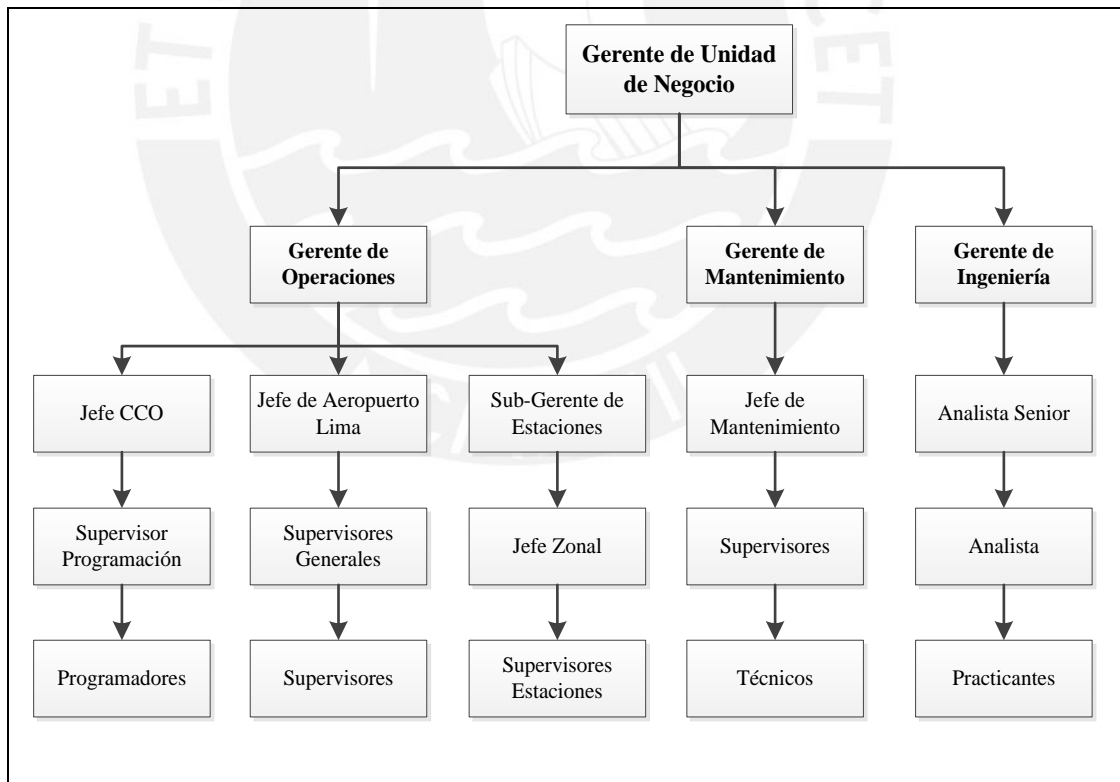


Figura 5: Organigrama del negocio de rampa en ABC
Fuente: Área de Ingeniería (2012)

2.1.3. Descripción Servicio de Atención en Tierra

A continuación se detalla en que consiste cada uno de los servicios perteneciente al rubro de atención en tierra:

a) Atención a aeronaves (ATA)

Consiste en dar el servicio de parqueo al aterrizar y remolcado cuando el avión sale hacia su destino, estiba y/o desestiba de equipaje según el tipo de vuelo y carga eléctrica de ser requerido. En el acápite 2.2 y 2.3 el servicio de ATA, comenzando por la parte de planificación y luego la parte operativa.

b) Limpieza de cabina

Se realiza a todos los vuelos de llegada⁵ (recepción). El servicio consiste en limpiar todo el interior del avión en un tiempo determinado por la aerolínea. Dependiendo del tipo de servicio contratado se puede limpiar: galleys (cocina), baños, asientos, mesas, portaequipajes y pasillos, así como cambio de cabezales y colchas (si el tipo de vuelo lo requiere). De la misma forma que para ATA, aquí también se trabaja con cuadrillas de trabajo cuyo tamaño depende de las necesidades y el tamaño del avión, pudiendo contener una cuadrilla desde 4 hasta 12 operarios.

c) Aduana

Al llegar la aeronave (recepción) los equipajes se desestiban, se suben nuevamente en las carretas para equipaje o carga y son llevados a las Aduanas nacional e internacional (según sea el caso) ubicadas en el Aeropuerto de Lima. Una vez aquí, el pasajero por medio de la faja recibe su equipaje y luego es sometido a controles de seguridad por parte del propio aeropuerto.

d) Counter y Siberia

Se realizan en los vuelos de salida (origen) y ambos son procesos interdependientes. Cuando el pasajero deja su equipaje en el counter a la hora de abordar un avión (check-in), el trabajador de la aerolínea deposita las maletas en una faja transportadora y luego de pasar por diversos filtros de seguridad⁶, por parte del aeropuerto, se van separando según el vuelo a distintos puntos de la Siberia.

⁵ Cuando una aeronave sale después de muchas horas de haber aterrizado (llegan de noche y no salen hasta el día siguiente en la mañana), se vuelve a hacer un repaso de limpieza brevemente.

⁶ Un equipaje, que no pase los distintos filtros de seguridad, será retenido por parte de seguridad del aeropuerto y se deberá llamar al pasajero para poder abrir e inspeccionar la maleta.

El personal de ABC recibe este equipaje y lo coloca en las carretas de equipaje para luego transportarlo hacia el vuelo y, por medio del procedimiento de ATA, depositarlo en las bodegas de la aeronave.

Estos servicios tienen relación entre sí dependiendo del tipo de vuelo como se aprecia en la Figura 6 y se detalla a continuación:

- Cuando un vuelo llega (recepción), se aplica el proceso de ATA y limpieza de cabina, luego el equipaje es llevado a Aduana dentro del Aeropuerto.
- Cuando un vuelo sale (origen), el equipaje del Counter pasa a Siberia donde es transportado a la aeronave y estiba en sus bodegas.
- El vuelo tipo *Turn-around* agrupa estos 2 eventos, ya que al llegar se trata como recepción, mientras que al salir se trata como un origen.

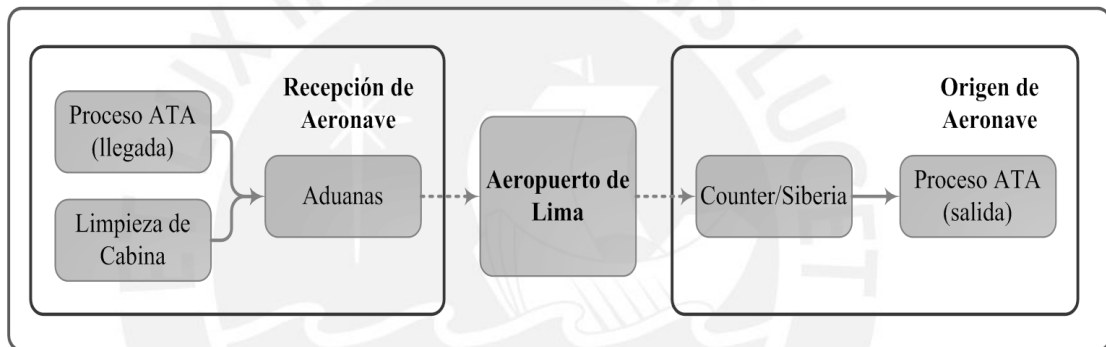


Figura 6. Interrelación de procesos del servicio en tierra
Elaboración propia

En la Tabla 18 se observa que de estos cuatro, el servicio ATA es el que concentra mayor cantidad de recurso humano con 55.8% del total. Por este motivo, la optimización aplicada a este rubro tendrá el mayor impacto económico dentro la planilla destinada a la operación. Para esto, desde ya planteamos que el sueldo promedio para los operadores en cada área está dentro de un mismo rango comparable.

Tabla 18. Cantidad de personal por servicio en rampa

Área	Personal	Porcentaje
ATA	336	55.8%
Limpieza de cabina	105	17.4%
Siberia - Counter	136	22.6%
Aduanas	25	4.2%
Total	602	

Elaboración propia

2.2. Descripción de la planificación del servicio de ATA

Para poder realizar el servicio de ATA de la manera más eficiente posible, existe una planificación previa entre las áreas de Ingeniería y Operaciones. Esto permite cuadrar 2 factores claves en el servicio:

- Las simultaneidades⁷ de vuelos
- La cantidad de mano de obra total disponible y sus características

En base a estos 2 elementos, existe un proceso que se encarga de realizar el cálculo de personal requerido por horas. Sobre esta información se arman los turnos de trabajo para todo el personal, teniendo en cuenta 3 premisas:

- Cubrir las horas punta o “*hubs*” de servicio, que es cuando existen mayor cantidad de atención de vuelos en simultáneo.
- No tener demasiada gente desocupada durante los valles de servicio u horas con menos carga de trabajo.
- Considerar el efecto de los días libres de los operarios para tener la cantidad de gente exacta.

2.2.1. Simultaneidad de vuelos por horas

El comportamiento de demanda de personal para el servicio ATA varía a lo largo del día, teniendo una cantidad de simultaneidades altas en varios momentos, las cuales no pueden ser controlada por ABC y ni por el mismo aeropuerto ya que está en función al tránsito internacional y horarios de otros aeropuertos con distintas zonas horarias. Esta sobredemanda de personal produce que:

- Se generen tiempos de espera para la atención, obligando a las aeronaves a no poder estacionarse porque no hay guías de parqueo, esperar más para la estiba y/o desestiba y demorarse en el remolque hacia la pista y por ende el despegue.
- Se deba recurrir a cuadrillas de apoyo que incrementan el número de personal a disponer en los turnos o generar horas extras.

En las siguientes Figuras 7, 8 y 9 hemos partido (para mayor detalle) el comportamiento diario de simultaneidades en tres períodos, de intervalos de 6 minutos⁸. Este criterio se basa en la posibilidad de crear una cantidad de ecuaciones posibles, que puedan ser resueltas por el Solver en el Excel.

⁷ Entendemos simultaneidad como la cantidad de vuelos que necesitan servicio al mismo tiempo en PEA's ubicadas en distintas ubicaciones.

⁸ En el gráfico se la numeración cada 12 minutos, esto es por motivos de compresión del gráfico ya que cada barra representa el nivel de simultaneidad cada 6 minutos.

a) De 00:00 a 08:00⁹

Hasta las 01:00 en la madrugada como se ve en la Figura 7, la demanda es alimentada por todos los vuelos de recepción, luego a partir de las 04:00 empiezan los vuelos de origen hacia otros destinos, es decir, el valle que se presenta en la madrugada es cuando los aviones están en las PEA's esperando al cambio de tripulación para operar al día siguiente

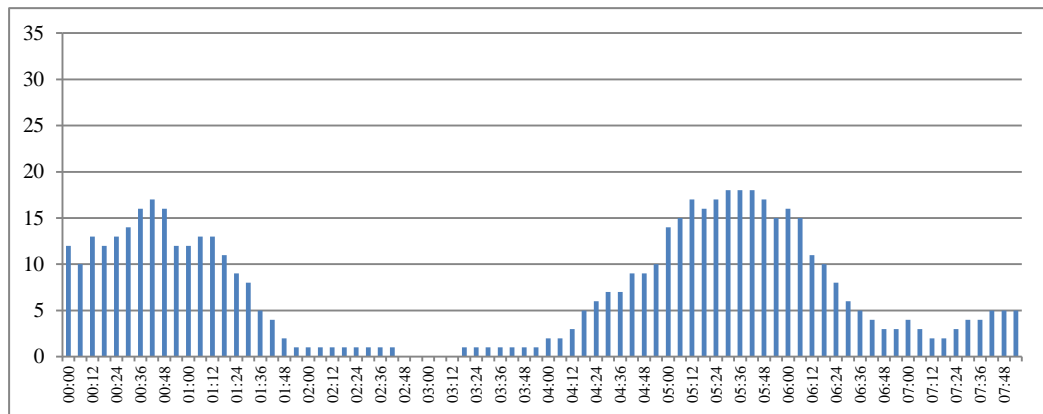


Figura 7: Simultaneidades y demanda de personal (00:00 - 08:00)
Elaboración propia

b) De 08:00 a 16:00

A partir de las 08:30 hasta las 13:00 horas como se ven en la Figura 8, se da el primer período de máxima simultaneidad en el servicio y aeropuerto en general, es decir, los aviones hacen recorridos de *Turn-around* con un tiempo en tierra máximo de 2 horas, internamente se conoce con el término de “*Hub de día*”. Luego de este intervalo, la actividad no llega a ser nula, pero se mantiene a niveles bajos.

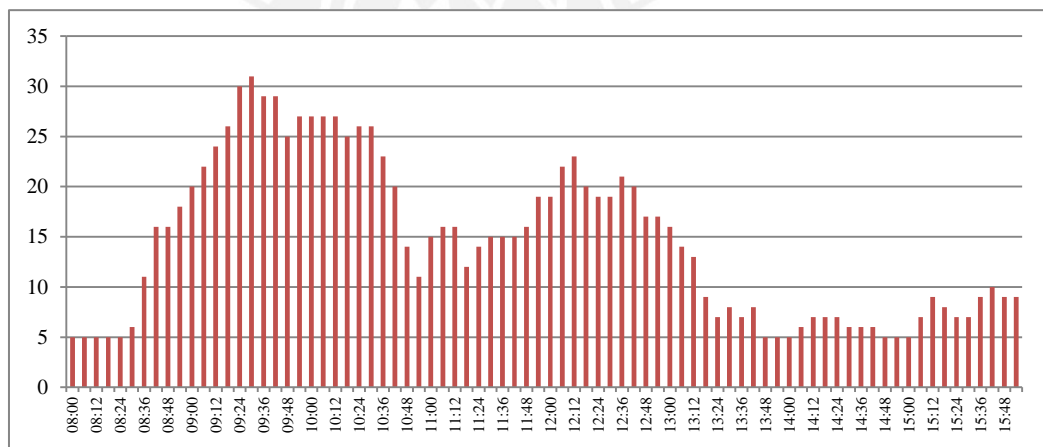


Figura 8: Simultaneidades y demanda de personal (08:00 – 16:00)
Elaboración propia

⁹ Utilizaremos la notación que se maneja en el sector aeronáutico, siendo las 00:00 la medianoche y las 12.00 el mediodía.

c) De 16:00 a 24:00

Desde las 19:00 horas como se en la Figura 9, empiezan a aumentar las operaciones de aviones principalmente por vuelos de *Turn-around* y registrándose las primeras recepciones que duran hasta la 01:00 del día siguiente. A este punto de máxima simultaneidad se conoce como "*Hub de noche*".

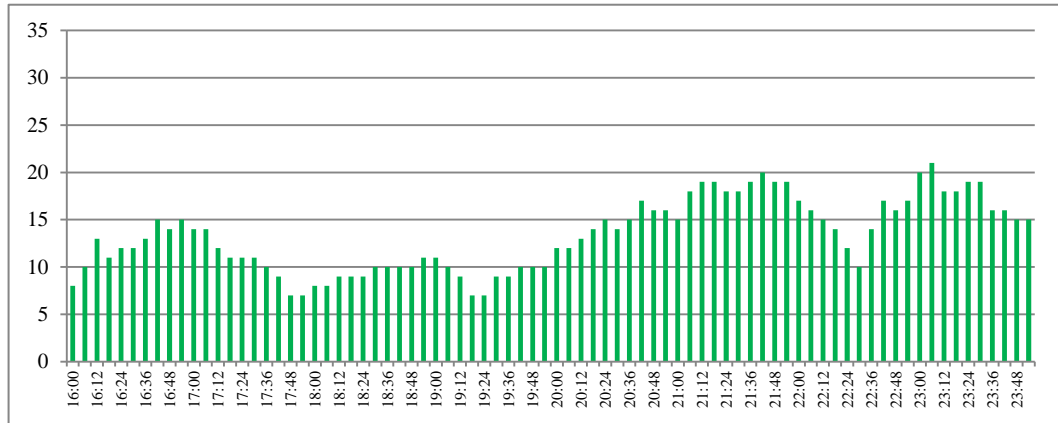


Figura 9: Simultaneidades y demanda de personal (16:00 – 00:00)
Elaboración propia

Una vez que se tiene identificado las simultaneidades de todo el día, recién se procede a armar los turnos de trabajos. Estos se programan teniendo distintos inicios y finales en función a la carga de trabajo. Además tienen distinta duración según el tipo de turno: completo, part-time o volante. El total de personal y la cantidad por turno a la actualidad se puede observar en la siguiente Tabla 19.

Tabla 19. Cantidad de personal por turno

Turno	Inicio	Final	Horas	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb	Dom
D12	05:30	14:30	9.0	24	24	24	24	24	24	24
D13	06:00	15:00	9.0	42	42	42	42	42	42	42
D08	09:30	18:30	9.0	12	12	12	12	12	12	12
T00	14:00	00:00	10.0	12	12	12	12	12	12	12
T01	14:30	23:30	9.0	24	24	24	24	24	24	24
T02	15:00	00:00	9.0	36	36	36	36	36	36	36
T04	21:00	01:00	4.0	6	6	6	6	6	6	6
V02	08:00	13:30	5.5	30	30	30	30	30	30	30
V02	19:30	22:00	2.5	30	30	30	30	30	30	30
V04	08:00	14:00	6.0	18	18	18	18	18	18	18
V04	19:30	22:00	2.5	18	18	18	18	18	18	18
V01	08:30	11:00	2.5	12	12	12	12	12	12	12
V01	17:00	22:00	5.0	12	12	12	12	12	12	12
V05	08:30	13:00	4.5	18	18	18	18	18	18	18
V05	20:00	23:30	3.5	18	18	18	18	18	18	18
N02	22:00	07:00	9.0	30	30	30	30	30	30	30
N03	22:30	07:30	9.0	24	24	24	24	24	24	24
FULL TIME				288	288	288	288	288	288	288
DESCANSOS				48	48	48	48	48	48	48
TOTAL RAMPA				336	336	336	336	336	336	336

Fuente: Área de Operaciones – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

2.2.2. Estructura de las cuadrillas de servicio

Se llaman cuadrilla de trabajo, al equipo conformado por 6 personas que se encargan de realizar todas las actividades que se incluyen en el servicio de ATA. Estas se componen por operarios de distintos niveles según la capacidad y conocimiento que tengan de la operación. El más experimentado es el líder de cuadrilla y se responsabiliza por el servicio brindado a la aeronave y la conformidad del cliente.

De manera general, el personal que realiza estas actividades requiere una capacitación especializada permanente, destreza en el manejo y operación de vehículos y equipos de apoyo a los aviones, así como respetar estrictamente las normas de seguridad y que el personal tenga un alto sentido de responsabilidad en el servicio al cliente.

Las funciones de cada uno de los puestos están claramente detalladas según el estado del servicio¹⁰ en el Anexo 1: Funciones de cuadrilla por tipo de operario, yendo desde las más básicas realizadas por el auxiliar, hasta las más complejas y de coordinación hechas por el Operador 4 o líder.

Para el caso de las máquinas y equipos a manejar, la historia es la misma, se tiene acceso a manejar mayor diversidad de equipos al subir de nivel como se en la Tabla 20.

Tabla 20. Maquinarias habilitadas según operador

Máquina	Operador 4 (líder)	Operador 3	Operador 2	Operador 1
Tractor remolcador	x	x	x	x
Faja transportadora	x	x	x	x
Escalera Motorizada	x	x	x	x
Carro de Agua	x	x	x	
Carro de Baño	x	x	x	
Planta Eléctrica	x	x	x	
Aire Acondicionado	x	x	x	
Arrancador Neumático	x	x	x	
Loader	x	x		
Tractor remolcador de Aviones	x	x		

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

¹⁰ Las acciones son para inicio de turno, preparación a la llegada de la aeronave, llegada de la aeronave y salida de la aeronave.

2.2.3. Proceso para el cálculo de personal

Habiéndose ya explicado cómo se comportan las simultaneidades en el servicio y como se compone las cuadrillas de trabajo, se pasará a describir la forma como se realiza el proceso de cálculo de personal en la actualidad de forma detallada como se aprecia en la Figura 10 y la Tabla 21.

Tabla 21. Descripción de cálculo de personal actual

N ^a	Descripción	Encargado
a)	<p>Pedir Itinerarios</p> <p>El día 15 de cada mes se envía un correo a los clientes para solicitar su itinerario. En algunos casos, están sujetas a comunicación por correo electrónico indicando algún cambio, si es que no ocurre dicha comunicación se asume el mismo comportamiento del mes anterior.</p>	Ingeniería
b)	<p>Entregar itinerarios</p> <p>Las aerolíneas proporcionan la información a ABC, en caso los clientes no proporcionen a tiempo sus itinerarios, se asume también el comportamiento del mes anterior o en su defecto se consulta en sus respectivas páginas web.</p>	Aerolínea
c)	<p>Consolidar datos de vuelos</p> <p>Se consolidan todos los itinerarios comerciales y cargueros en la hoja de Excel denominada “Itinerario Maestro” según los estándares de tiempo y personal establecidos. Según el indicador denominado “Índice de Simultaneidad” incorporado en la hoja de cálculo de personal, se toma como día base de programación, aquel de mayor simultaneidad acumulada en todos los picos del día.</p>	Ingeniería
d)	<p>Programar manualmente</p> <p>Se coloca personal manualmente a prueba y error en horarios de trabajo con el objetivo de cubrir la demanda siempre a lo largo del día. Esta programación se hace colocando grupos de 06 personas para luego configurarlos en un rol de turnos.</p>	Ingeniería
e)	<p>Entregar rol de turno (Capacity¹¹)</p> <p>Una vez que se ha hecho la programación se debe entregar a Operaciones los roles de todos los servicios: ATA, Limpieza de Cabina, Siberia/Counter y Aduanas.</p>	Ingeniería
f)	<p>Generar Head Count</p> <p>Con los roles turnos listos, se elabora el <i>Head Count</i> donde se detallan todos los trabajadores fijos y variables de la operación, desde supervisores hasta auxiliares.</p>	Operaciones
g)	<p>Asignar operarios</p> <p>Finalmente, se asignan a los operarios con nombre y apellido para cada cuadrilla de trabajo, determinando el día de descanso para cada uno. Estas asignaciones son entregadas a los operarios de manera que lo utilicen como sus horarios mensuales.</p>	Operaciones

Elaboración propia

¹¹ Es el nombre por el cual se le conoce mayormente a esta herramienta.

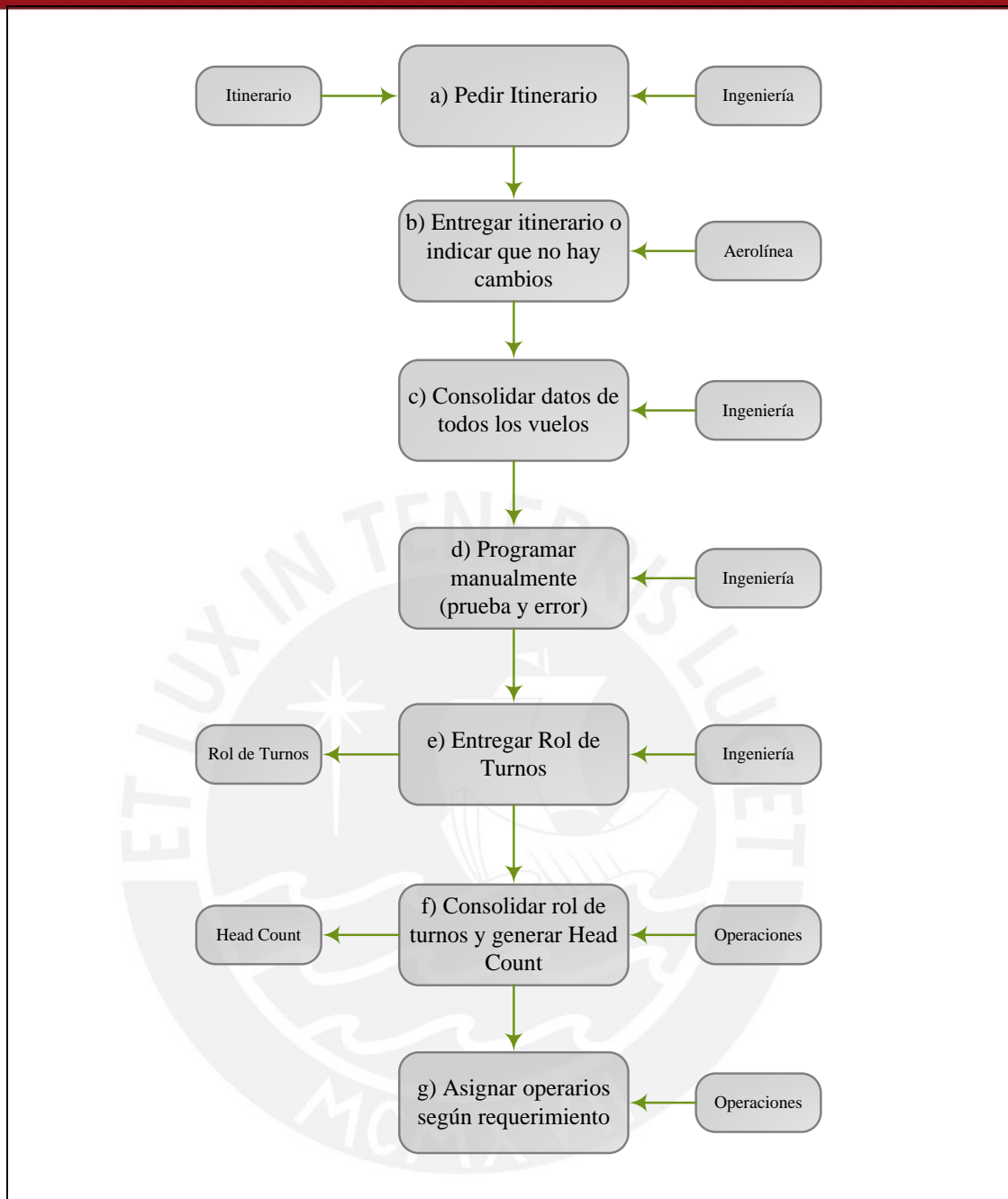


Figura 10: Flujograma de cálculo de personal actual
Elaboración propia

2.3. Descripción de la operación del servicio de ATA

Ya se ha descrito la parte de planificación previa a la operación, por lo que ahora continuaremos con la operación diaria enfocándonos en 2 puntos:

- Comenzando el turno, veremos la función que desempeña el centro de control de operaciones (CCO) para la asignación de las cuadrillas de trabajo en el servicio.
- Describiremos las actividades que están involucradas en el servicio de ATA en sus 3 variantes: origen, recepción y *turn-around*.

2.3.1. Asignación de cuadrillas del CCO

Una vez que se tienen los horarios con los nombres del personal establecidos para todo el mes, el CCO se encarga de cuadrar la relación de cuadrillas con los vuelos que llegan durante el turno. A continuación se describirá el proceso de asignación de cuadrillas por parte del CCO. El desarrollo se puede ver en la Tabla 22 y la Figura 11.

Tabla 22. Descripción de la asignación de cuadrillas

N ^a	Descripción	Encargado
AL INICIAR EL TURNO		
	Ubicación personal	
a)	Al comenzar el turno, las cuadrillas de trabajo van llegando a la zona de rampa a la espera de recibir órdenes por parte del CCO sobre su ubicación.	CCO
	Asignación inicial	
b)	Se realiza la asignación inicial de las cuadrillas de trabajo por grupos de 6 a los distintos vuelos que van a llegar en las próximas horas. La programación nunca es para todo el turno si no en 2 partes para reorganizar los recursos.	CCO
ANTES DE LLEGAR EL VUELO		
	Confirmación llegada de vuelo	
c)	Se confirma la información del vuelo (hora de arriba y salida, N° de PEA, matrícula, origen o destino) con la cuadrilla de trabajo para que esta se encuentre en posición cuando descienda la aeronave.	CCO
	Recepción información vuelo	
d)	Una vez que la aeronave se encuentra en tierra, el líder transmite la información de hora de aterrizaje, beacon off, así como otras características del vuelo que pueda involucrar traer más personal para atenderlo, o sacar personal para reponer otro vuelo que lo necesita.	Líder
	Reasignación de personal	
e)	Cuando los vuelos se encuentran en servicio, surgen continuamente necesidades de personal por defecto o exceso. Por lo tanto el CCO está en constante comunicación con el personal de rampa (Líder y Supervisor de Campo) para realizar los cambios correspondientes a las cuadrillas.	CCO

Elaboración propia

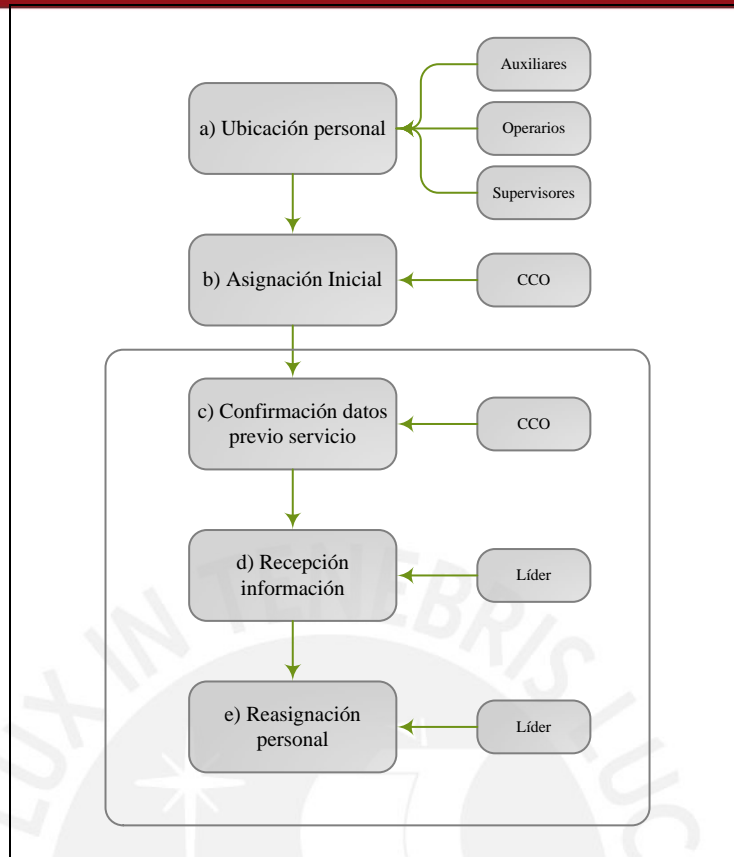


Figura 11: Flujograma de cálculo de personal actual
Elaboración propia

Ya en la pista, para asegurar el correcto desarrollo del servicio y la comunicación constante entre los actores de los procesos, se divide la pista en 3 zonas, donde se asigna un supervisor por cada una. Estos supervisores se encargan de ser el enlace entre los líderes de las cuadrillas y el CCO. En la Figura 12 se observa cual es la línea de comunicación durante la operación.

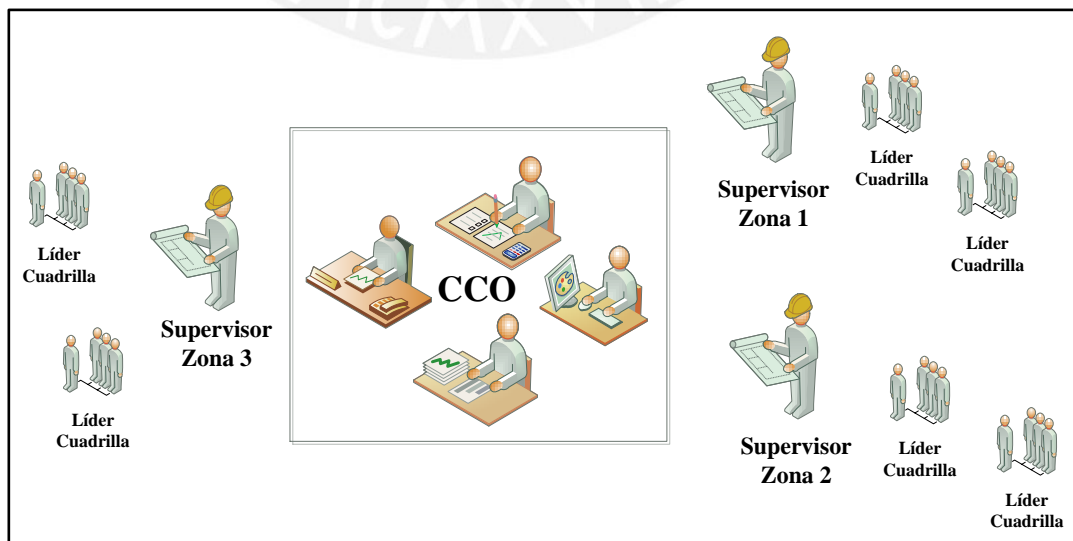


Figura 12. Red de comunicación durante el servicio de ATA
Fuente: Área de Operaciones – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

2.3.2. Desarrollo Operativo del servicio

Una vez que el CCO ya asigno las cuadrillas de trabajos a cada una de las PEA's, se procede con el servicio de ATA. Esta se brinda en 3 modalidades según el estado del vuelo:

- **Recepción:** es cuando la aeronave va a aterrizar proveniente de otro aeropuerto, necesitando por lo general confirmación sobre la hora exacta de la llegada.
- **Origen:** es cuando la aeronave se ha encontrada estacionado en la PEA por un período largo y ya no se puede considerar como *turn-around*.
- **Turn-around:** también conocido como vuelo de “tránsito”, es decir un vuelo permanecerá en la pista por un periodo corto. Esta modalidad agrupa las actividades de un vuelo de recepción al llegar y de origen al partir, por ende es más largo.

En la Figura 14 se observa las actividades involucradas en cada uno de las modalidades. Siendo evidente como el *turn-around* agrupa todas las actividades descritas. A continuación procederemos a describir cada una de las actividades enumeradas desde la a) hasta j).

a) Preparación previa

En primer lugar, el líder revisa que todos los miembros de su grupo tengan sus Equipos de Protección Personal (EPP) completos y en buen estado. Luego se realiza el briefing como se ve en la Figura 13, donde el líder junto con su grupo, se juntan con el Coordinador (EOP) de la aerolínea. Se analiza la hoja de estiba, documento que detalla la carga y equipaje por bodega, tanto para vuelos de llegada como de salida.

En base a la información se asigna personal por bodega, dependiendo de la cantidad de carga y equipajes. Se debe garantizar que el equipo correcto de carga está disponible, el puesto estacionamiento con el equipo apropiado, como los calzos, tacho de FOD, conos y extintor de 50 kg. Finalmente, se realiza la inspección de toda el área del PEA para limpiar de objetos extraños (*FOD*) que puedan poner en peligro la operación.



Figura 13. Ejemplo de una reunión de *briefing*
Fuente: Manual ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

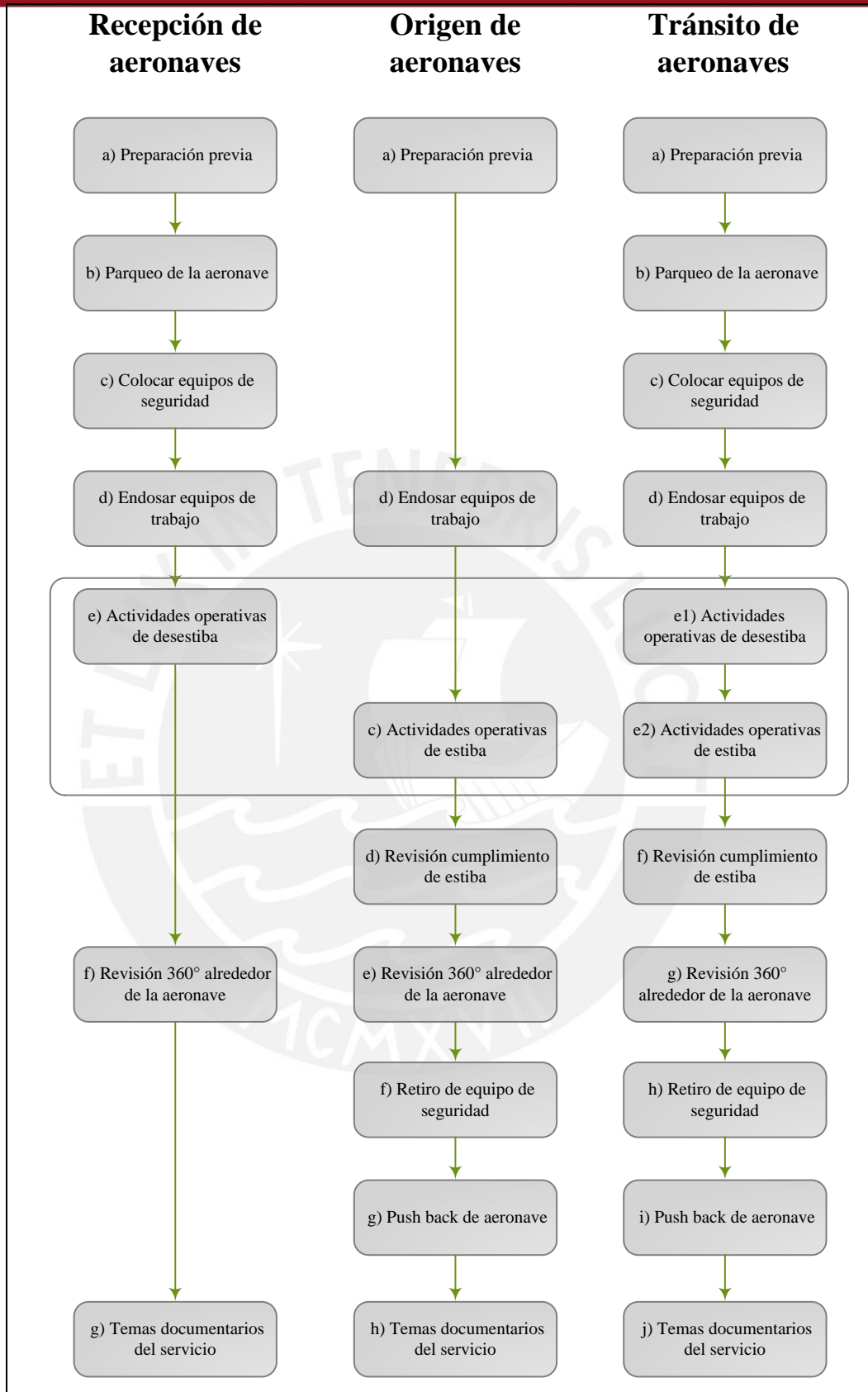


Figura 14. Flujograma de procedimientos ATA
Fuente: Área de Operaciones – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

a) Parqueo de la aeronave

El *Marshall* dará instrucciones al equipo si la aeronave requiere de asistencia para llegar a la PEA, o ser movida inmediatamente después de su llegada. Luego, el *Marshall* y los *wing walkers*¹² se posicionarán de acuerdo a criterio establecido. Una vez que tengan contacto visual con la aeronave en la plataforma realizarán las señales establecidas.

A medida que la aeronave ingresa al estacionamiento, cada *wing-walker* debe permanecer en su punta de ala, sin dejar de observar la zona de ingreso de la aeronave, en permanente contacto visual con el *Marshall* y la aeronave. Finalmente antes de que el equipo de carga se acerque a la aeronave, deben pararse los motores, desconectarse el radiofaro beacom y recibirse la señal de “todo en orden” que significa que ya se puede entrar en la PEA.

b) Instalación de equipo de seguridad

Calzar la aeronave de forma segura es prioritario y debe ser la primera función que se realice después de que la aeronave se haya detenido totalmente y se hayan apagado las luces anticollisión. La instalación de conos deberá realizarse una vez que los motores se encuentren detenidos, el beacom apagado y las calzas han sido instaladas. La cantidad de conos es según el motor del avión o según requerimientos de la línea aérea. Además se colocará el extintor rodante por motivos de seguridad.

c) Adosamiento de equipos de trabajo

El adosamiento de los equipos difiere según el tipo de avión, (fuselaje angosto y ancho). A continuación se muestra la lista de equipos para el avión de fuselaje angosto¹³ y en Figura 15 como se distribuyen alrededor del avión:

- Planta eléctrica
- Carretas para el equipaje, correo o carga
- Tractores para remolcar equipaje y carga.
- Fajas transportadoras.
- Escaleras para pasajeros motorizada o manual.
- Dolly para pallets.
- Tractores de retro-empuje.
- Barras de acople (tiro).

¹² Los *wing walkers* son operarios que se sitúan los laterales del avión, específicamente a la altura de alas, mientras que el *Marshall* guía la parte delantera de la aeronave.

¹³ Este es el tipo de avión que se encuentra en el alcance de este trabajo, ya que este tipo de aeronave es utilizado para los vuelos nacionales.

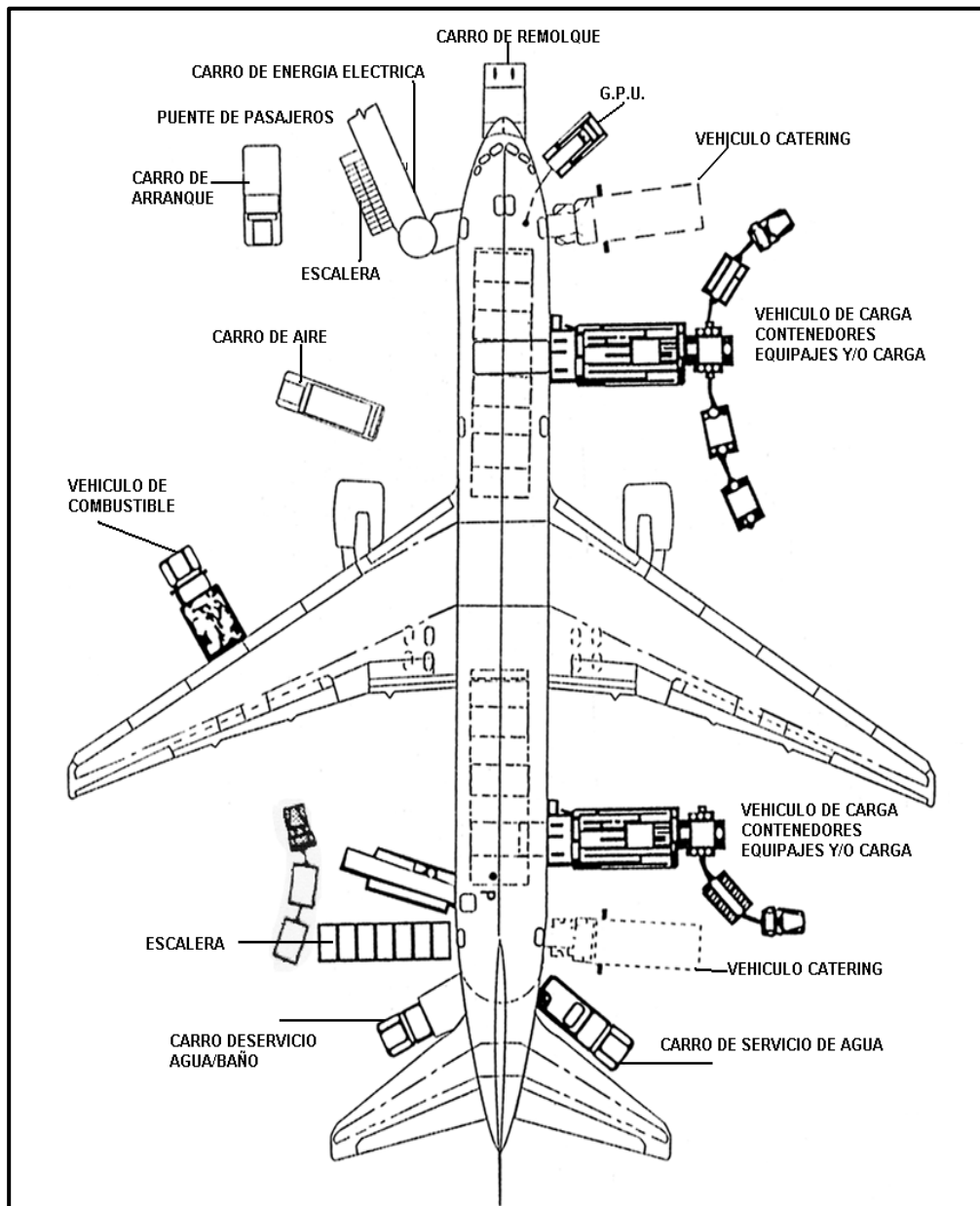


Figura 15. Distribución de los equipos de servicio alrededor de la aeronave
Fuente: Área de Operaciones – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

Una vez realizado el adosamiento de los equipos al avión, el líder realiza una verificación visual de los mismos, esto para prevenir daños a la aeronave. Se debe mencionar que los vehículos y equipos terrestres deberán estar estacionados en las áreas adyacentes a las posiciones de estacionamiento de aeronaves. Para esto, se han designado áreas especiales denominadas ESA¹⁴.

¹⁴ Los vehículos deberá tener el freno de estacionamiento activado estar calzados, con la transmisión en neutro, el motor apagado siempre que no esté supervisado.

d) Actividades Operativas de desestiba

Se realizan las actividades operativas relacionadas a la estiba, las cuales comprenden:

1. Apertura de bodegas delantera y posterior
2. Adosamiento de la faja transportadora
3. Desenmallado de las bodegas
4. Adosamiento de carretas y dollies vacíos a las bodegas
5. Desestiba de carga y equipaje
6. Enmallado de bodegas
7. Cierre de bodegas
8. Retiro de carretas y dollies llenos

Al terminar el servicio se procede con retirar los equipos utilizados durante el servicio para no interrumpir el tránsito de la aeronave.

e) Actividades operativas de estiba

Son las mismas actividades que para los vuelos de recepción, solo que esta vez los dollies, se adosan llenos al avión y se retiran vacíos.

1. Apertura de bodegas delantera y posterior
2. Adosamiento de la faja transportadora
3. Desenmallado de las bodegas
4. Adosamiento de carretas y dollies llenos
5. Estiba de carga y equipaje
6. Enmallado de bodegas
7. Cierre de bodegas
8. Retiro de carretas y dollies vacíos

Al terminar el servicio se procede con retirar los equipos utilizados durante el servicio para no interrumpir el tránsito de la aeronave.

f) Revisar el cumplimiento de la estiba en el avión

El líder debe revisar que el grupo de trabajo haya cumplido con la estiba del vuelo, verificando que no quede equipaje alguno en las bodegas (delantera y posterior), fajas y carretas.

g) Revisión 360° alrededor de la aeronave (*walk around*)

Se deberá realizar una inspección visual, maximizando oportunamente la detección de daños en las áreas de trabajo de equipos de apoyo, con la finalidad de verificar el correcto cierre de las puertas de pasajeros y de servicio, los paneles de operación, bahías de carguío de agua potable, servicio de baños, aire acondicionado, etc., que hayan sido operados por personal en la plataforma.

h) Retiro de equipo de seguridad

El retiro de los conos de seguridad deberá ser una vez que la aeronave se encuentre sin equipos dentro de la zona de seguridad. Las calzas deberán permanecer instaladas hasta que todos los equipos de apoyo ya no se encuentren adosados.

i) Push Back

Cuando la aeronave se encuentre lista para dar inicio al *push-back* el operador del tractor realizará una señal a los *wing-walker*, consistentes en un cambio de luces. Una vez recibida la señal, ellos visualizarán el área y si procede, realizarán las señales indicadas pertinentes. Cada *wing-walker* debe acompañar la punta de ala correspondiente a su posición, caminando en dirección de la salida de la aeronave sin dejar de observar hacia atrás, en permanente contacto con el Marshall y/o conductor del tractor de aeronaves, monitoreando el área libre de obstáculos hasta la línea de separación entre la plataforma y el taxi-way.

j) Temas documentarios

Al finalizar la atención, el líder debe llenar el RSIR. Una vez llenado, el EOP de la aerolínea califica la atención y firma el documento. Si el EOP reporto un servicio no conforme, el líder debe reportarlo de inmediato a supervisor, para posteriormente realizar un informe al finalizar al turno.

Al mismo tiempo que se da el servicio de ATA en vuelos de recepción, también se está realizando el servicio de limpieza de cabina, y además cualquier otros servicio requerido por la aerolínea como abastecimiento de agua potable, retiro de aguas negras, etc.

Estos procesos que también forman parte del paquete de servicio ofrecido por ABC, se encuentra fuera del alcance de la investigación y por lo tanto no se hace una descripción detallada. Sin embargo, las actividades realizadas por la cuadrilla no deben interferir con las actividades de los otros servicios.

3. DIAGNOSTICO DE LA PLANIFICACIÓN Y OPERACIÓN

En el capítulo anterior se realizó una descripción sobre la parte de planificación y operativa del servicio de ATA. En este capítulo se va a realizar un diagnóstico de ambos puntos.

- Para la planificación, haremos un análisis cualitativo del servicio.
- Para la parte de operación revisaremos los tiempos utilizados en el servicio, métodos de trabajo e indicadores de calidad del servicio

3.1. Diagnóstico de la Planificación del servicio de ATA

En este punto se pasará directamente a los hallazgos debido a que el análisis es de tipo cualitativo, es decir, se resaltarán las fallas del proceso actual, además de resaltar cualidades que el área quisiera poder obtener del modelo de planificación.

3.1.1. Hallazgos en la Planificación

En el sistema actual se encontraron varias observaciones:

a) **Calculo Manual no óptimo**

Actualmente la planificación de recursos se realiza usando una herramienta de Excel donde el cálculo total de recursos es hecho observando la curva de simultaneidades y sobre esto se trata de sobrepasar la máxima demanda programando a la gente en horarios de trabajo acordes a la operación.

b) **Grupos Rígidos**

Los grupos de trabajo son siempre de 06 operarios, esta forma de distribución se instauró desde hace años como fuerza de trabajo promedio, y ante baja simultaneidades funciona bien. Sin embargo, en el contexto actual donde los vuelos se duplicaron en relación a hace 5 años, se presentan vuelos que requieren asignar más personal.

c) **Reactiva**

Debido al poco tiempo con el que se entregan los itinerarios y se realiza el cálculo de los roles de turno, esta herramienta es considerada como reactiva porque te da poco margen de tiempo para hacer un proceso de selección en caso se requiera contratar personal.

d) **Corto plazo**

La herramienta de planificación muestra la demanda de operaciones solo para un mes, por lo tanto para proyectar necesidades futuras con el método actual resulta imposible.

e) **No considera la variabilidad**

El modelo actual solo considera los itinerarios de las aerolíneas, sin tomar en cuenta la diferencia entre el tiempo estimado de llegada/salida (ETA/ETD) y el tiempo real de llegada/salida (ATA¹⁵/ATD), el cual tiene un efecto significativo en la programación.

3.2. Diagnóstico de la Operación del servicio de ATA

Para diagnosticar la parte operativa del servicio de ATA, se verá desde 2 perspectivas:

- La eficiencia de los métodos de trabajo por cada modalidad de ATA.
- Los indicadores de Calidad y cantidad de servicios no conformes del año 2012.

3.2.1. Eficiencias por tipo de modalidad ATA

Las cuadrillas de trabajo están compuestas por 6 operarios, los cuales realizan todas las actividades que el servicio de atención en tierra engloba. No obstante, esta forma de trabajo tiene una tasa alta de ineficiencia para vuelos con carga de trabajo baja como se aprecia en las Tablas 23, 24 y 25.

a) Método de trabajo ATA-Recepción

En la Tabla 23 se desprende que la operación de parqueo solo necesita la mitad de operarios. Luego durante la revisión de bodegas y retiro de mallas solo es necesario 2 operarios. Lo más resaltante es el gran tiempo muerto para los operarios 01 y 02. La eficiencia total de este proceso llega a ser de 65.5%

b) Método de trabajo ATA-Origen

En la Tabla 24 se aprecia principalmente los tiempos muertos, nuevamente para los operarios 01 y 02. La eficiencia total del proceso llega a ser de 69.8%. Ligeramente mayor que Recepción debido a que no hay tiempos muertos al inicio por aterrizaje.

c) Método de trabajo ATA-Tránsito

En la Tabla 25 se aprecia casi los mismos tiempos muertos que para el proceso de recepción. Este es el proceso con el tiempo más largo de servicio (18.5 minutos). La eficiencia de este servicio es de 66.7%.

¹⁵ este término significa *Actual time of arrive*, distinto del servicio de atención a aeronaves ATA.

Tabla 23. Método de trabajo para el servicio ATA - Recepción

Operario 6	T	Operario 5	T	Operario 4	T	Operario 3	T	Operario 2	T	Operario 1	T
Tiempo Muerto	3	Tiempo Muerto	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Marshall)	3	Tiempo Muerto	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3
Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Parqueo (Marshall)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5
Adosamiento de FT (BP) / Suben barandas	1.5	Adosamiento de FT (BD) / Suben barandas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Tiempo Muerto	9	Tiempo Muerto	8
Tiempo Muerto	1	Tiempo Muerto	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1				
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5								
Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5				
Temas Documentales	2	Retiro de FT BP	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Coloca mallas y cierra bodega	1				
		Tiempo Muerto	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios

Tabla 24. Método de trabajo para el servicio ATA – Origen

Operario 6	T	Operario 5	T	Operario 4	T	Operario 3	T	Operario 2	T	Operario 1	T
Adosamiento de Equipos (BP)	3	Adosamiento de Equipos (BD)	3	Apertura de BP y señales para adosamiento de faja	1.5	Apertura de BD y señales para adosamiento de faja	1.5	Tiempo Muerto	9.5	Tiempo Muerto	8.5
				Revisión y Sube a Bodega	1.5	Revisión y Retiro de Mallas	1.5				
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5.5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5.5				
Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5								
Temas Documentales	2	Retiro de FT BD	1								
		Retiro Elementos Safety / Push Back	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1				

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios

Tabla 25. Método de trabajo para el servicio ATA – Turn-around

Operario 6	T	Operario 5	T	Operario 4	T	Operario 3	T	Operario 2	T	Operario 1	T		
Tiempo Muerto	3	Tiempo Muerto	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Marshall)	3	Tiempo Muerto	3		
Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Parqueo Aeronave (Marshall)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5		
Adosamiento de FT (BP) / Suben barandas	1.5	Adosamiento de FT (BD) / Suben barandas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Tiempo Muerto	12	Tiempo Muerto	14		
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5						
Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5									Estiba de Carga y/o Equipajes	5
Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Temas Documentales	2	Retiro de FT BD	1						
		Tiempo Muerto	1			Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Push Back	1

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios

En base a esta información, la Tabla 26, se muestra los ratios de efectividad del trabajo¹⁶ para cada tipo de servicio, teniendo en promedio una eficiencia de 67.3%

Tabla 26. Resumen de indicadores de desempeño del servicio ATA

		Operario 6	Operario 5	Operario 4	Operario 3	Operario 2	Operario 1	Efectividad
RECEPCIÓN	Tiempo Total	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	
	Tiempo Ocioso	4.5	5.5	0.0	0.0	12.0	8.0	
	Tiempo Efectivo	10.0	9.0	14.5	14.5	2.5	6.5	
	% Efectividad	69.0%	62.1%	100.0%	100.0%	17.2%	44.8%	65.5%
ORIGEN	Tiempo Total	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	
	Tiempo Ocioso	0.5	0.5	0.0	0.0	9.5	8.5	
	Tiempo Efectivo	10.0	10.0	10.5	10.5	1.0	2.0	
	% Efectividad	95.2%	95.2%	100.0%	100.0%	9.5%	19.0%	69.8%
TURN AROUND	Tiempo Total	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	
	Tiempo Ocioso	3.5	4.5	0.0	0.0	12.0	17.0	
	Tiempo Efectivo	15.0	14.0	18.5	18.5	6.5	1.5	
	% Efectividad	81.1%	75.7%	100.0%	100.0%	35.1%	8.1%	66.7%
		80.5%	75.9%	100.0%	100.0%	23.0%	23.0%	

Elaboración propia

Para saber en qué medida esta ineficiencia en los grupos de trabajo puede afectar la operación, se hizo un análisis tomando la información de la cantidad y tipo de servicios brindados en el 2012. Para ese año tenemos 69,972 servicios ROT (recepción, origen y turn-around), sobre estos solo se consideró los vuelos de fuselaje más pequeño, a los cuales se les pueden asignar menos de 6 personas: E-190, A-319 y B-737.

Con esa información se observa en la Tabla 27 que entre los vuelos que cumplen con esta característica se llega al 68.2% de los servicios totales. Y este sería el porcentaje de vuelos que trabajaría con una eficiencia reducida de 67.3%

Tabla 27. Porcentaje de vuelos afectados por ineficiencias

	PERUVIAN	LANS	TACO		
	B-737	A-319	A-319	EMBRAER	
Origen	3.6%	13.2%	0.9%	2.2%	
Recepción	3.6%	13.3%	0.9%	2.2%	
Turn-around	1.5%	20.5%	2.8%	3.5%	
	8.7%	47.0%	4.6%	7.9%	68.2%

Elaboración propia

¹⁶ Estos ratios son calculados tomando el tiempo efectivo sobre el tiempo total del servicio.

3.2.2. Indicadores actuales de Calidad

Primero se mencionará el proceso de evaluación del área de Calidad, luego ahondaremos en el resultado de las Solicitudes No Conformes (SNC) del 2011 y 2012. Finalmente mediante un análisis de espina de pescado veremos las causas de estas no conformidades.

a) Proceso de Evaluación

El área de Calidad, dentro de sus funciones, lleva un seguimiento constante de la calidad del servicio brindado a las aerolíneas por medio de encuestas de satisfacción a los supervisores de las aerolíneas que están presentes en cada vuelo atendido. El indicador utilizado para este propósito es la cantidad de Servicios No Conformes (SNC) sobre el total de servicios brindados a las aerolíneas dentro de un período de tiempo.

Los SNC son generados por las aerolíneas cuando detectan que el servicio brindado no ha cumplido con los parámetros contratados y políticas de seguridad aeroportuaria. El área de calidad se encarga de analizar cada una de estas no conformidades, desagregarlas y luego confrontar al supervisor y líder de cuadrillas encargada de ese servicio, a partir de este momento, un SNC puede ser considerado como aplicable o no aplicable.

Una vez que los SNC aplicables están identificados, se realiza la trazabilidad del turno, supervisor a cargo y grupo que generó esta no conformidad para realizar la posterior acción correctiva¹⁷.

b) SNC para el 2011 y 2012

La meta que se ha impuesto es tener SNC aplicables por debajo del 1%, es decir, que las conformidades después de análisis (DA) lleguen al 99%. Como se ve en la Tabla 28, en el año 2011 se comenzó con buen pie alcanzando 99.1%, sin embargo, más adelante los resultados fueron en tendencia a la baja, teniendo como resultado promedio anual 98.24%, el cual se explica por el volumen de operación manejado cada año y los incrementos que generan mayor probabilidad de no conformidades.

Para el año 2012 como se aprecia en la Tabla 29, la tendencia ha sido negativa, ya que ha aumentado el número de SNC totales y aplicables, teniendo un promedio anual de 96.43%, menor al de año anterior. Se observa que en ningún mes se ha podido superar la meta de 99% de conformidad.

¹⁷ Un punto muy importante en el control de estas no conformidades es que las aerolíneas generan multas cuando un servicio no ha sido cumplido. Estas multas se cuantifican de forma económica y tienen un impacto en la rentabilidad de la empresa.

Tabla 28. SNC por mes durante el 2011

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Vuelos	3,499	3,450	3,824	3,662	3,931	3,680	4,227	4,309	3,784	3,973	3,895	3,972	46,206
SNC Totales	76	93	89	125	143	90	177	150	71	97	97	157	1,365
SNC aplicables	31	33	40	81	97	59	77	103	48	64	68	114	815
Conformidad DA	99.1%	99.0%	99.0%	97.8%	97.5%	98.4%	98.2%	97.6%	98.7%	98.4%	98.25%	97.13%	98.24%
No Conformidad DA	0.9%	1.0%	1.0%	2.2%	2.5%	1.6%	1.8%	2.4%	1.3%	1.6%	1.7%	2.9%	

Fuente: Área de Calidad – ABC Servicios Aeroportuarios

Tabla 29. SNC por mes durante el 2012

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Vuelos	4,033	3,874	4,112	3,960	4,099	4,120	4,129	4,505	4,305	4,571	4,446	3,083	49,237
SNC Totales	200	270	168	92	129	160	201	175	200	246	257	220	2,318
SNC aplicables	127	179	117	67	102	128	163	137	172	208	231	127	1,758
Conformidad DA	96.9%	95.4%	97.2%	98.3%	97.5%	96.9%	96.1%	97.0%	96.0%	95.4%	94.8%	95.9%	96.43%
No Conformidad DA	3.1%	4.6%	2.8%	1.7%	2.5%	3.1%	3.9%	3.0%	4.0%	4.6%	5.2%	4.1%	

Fuente: Área de Calidad – ABC Servicios Aeroportuarios

Durante los 2 años es claro que existe un aumento en la número de vuelos, sin embargo el porcentaje de crecimiento de servicios no conformes es mucho mayor al de los vuelos. Estos resultados indican que la manera como se está realizando la operación actualmente es deficiente ya que no hace sino aumentar el número de SNC.

Viendo la Figura 16 se observa que la tendencia lineal para los próximos meses es negativa en caso no se toma ninguna acción correctiva. La línea roja es la meta de 99% a la cual se quiere llegar mensualmente y los trazos azules son la conformidad real lograda mes a mes.

Se aprecia que en los meses valles (donde el servicio cae demasiado) el equipo del área de calidad pone mayor énfasis en el servicio, logran una recuperación en los meses siguiente, sin embargo, por diversos motivos esta vuelve a caer en los siguiente meses.

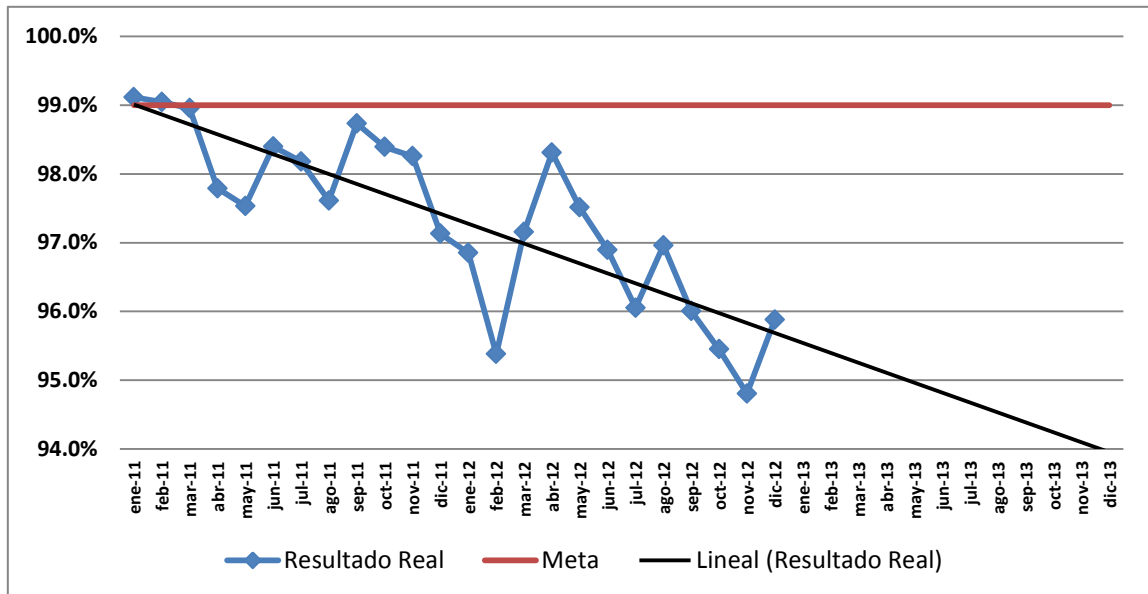


Figura 16: Proyección del nivel de conformidad después de análisis
Fuente: Área de Calidad – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

Teniendo en cuenta que las operaciones están aumentando de manera anual, y además se reduce la conformidad de las mismas progresivamente, el número de faltas y fallas generadas pueden conllevar a la aparición de accidentes de mayor magnitud. Por lo tanto, es necesario analizar a mayor profundidad las causas para realizar las mejores acciones correctivas

3.2.3. Análisis de las causas de los SNC (Aplicación de Ishikawa – Pareto)

Al saber que existe un problema con la cantidad de SNC que se generan durante el servicio, se procedió a realizar un análisis mediante el Diagrama de Ishikawa 6M como se aprecia en la Figura 17.

A partir de lo encontrados se procede a explicar cada una de las causas encontradas separándolas por cada una de las 6 espinas principales:

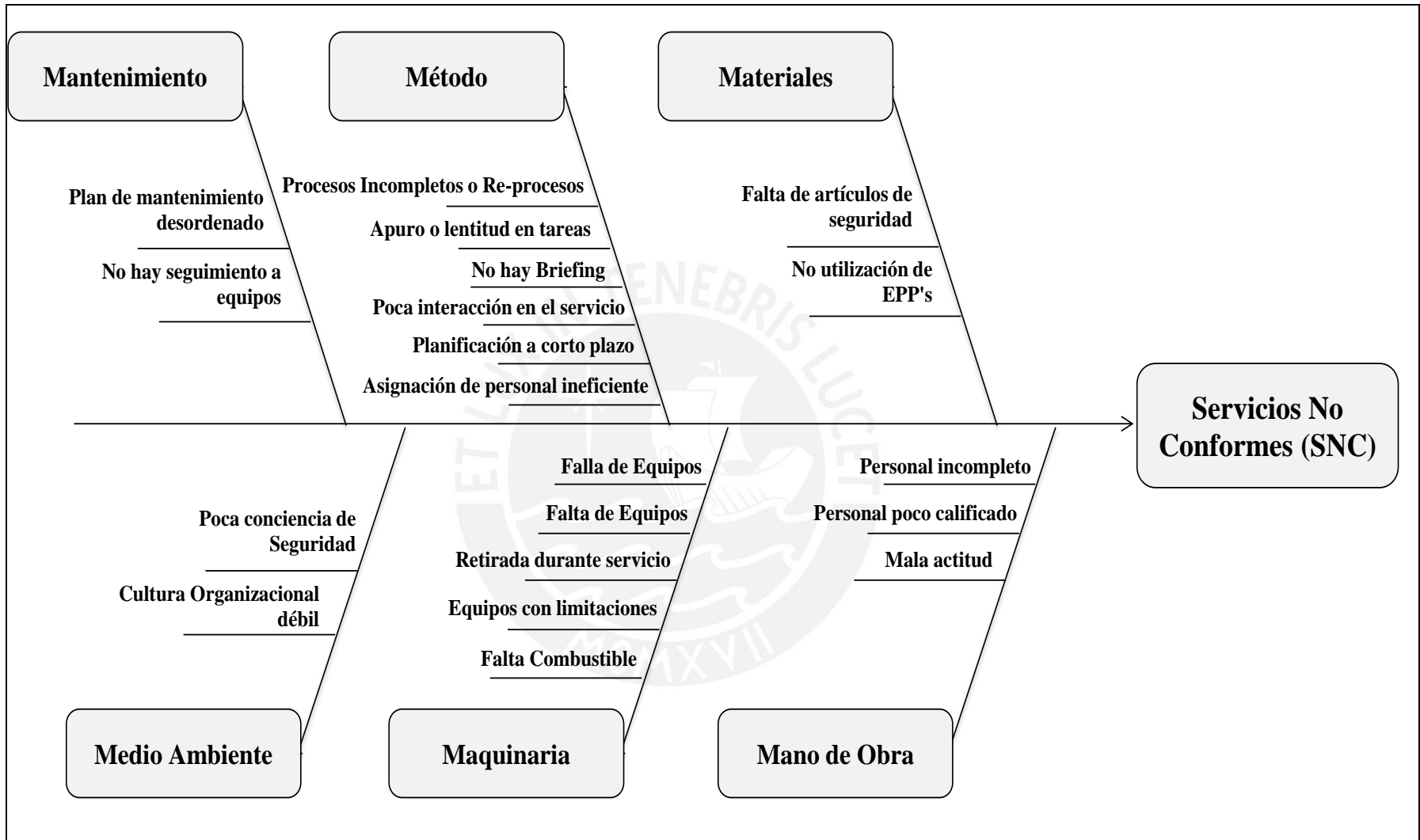


Figura 17: Diagrama de Ishikawa para las causas de las SNC
Elaboración Propia

a) Mano de Obra

Las causas relacionadas a este punto son:

- **Personal incompleto:** esta causa abarca la falta de personal injustificado o por descanso médico así como tardanzas. Además de contar con bajas por una planificación de contratación rígida, se le suma el hecho que hay un gran número de faltas constantes por parte de los operarios. Debido a estos, muchas cuadrillas de trabajo pueden llegar a dar servicio con 5 o 4 operarios, lo que obviamente afecta la calidad del servicio.
- **Personal poco calificado:** al personal se le brinda capacitación sobre todos los temas relacionados al trabajo en rampa ya que es considerado como trabajo de riesgo. Además de esto, constantemente se dan charlas, e indicaciones por parte de los líderes y supervisores. Sin embargo, la poca preparación del personal, hace difícil la interpretación de lo enseñado y aplicación de lo aprendido.
- **Mala actitud:** El servicio en rampa exige interacción y comunicación constante. Existe casos de operarios que no son colaborativos o simplemente responden mal ante requerimientos de otras personas o sus mismos compañeros de trabajo. Lo que genera peleas y merma al trabajo en equipo.

b) Mantenimiento

Las causas sujetas a mantenimiento están siendo actualmente revisadas, y existe un esfuerzo gerencial por resolverlas a mediano plazo.

- **Plan de mantenimiento deficiente:** existen mantenimientos preventivos y correctivos para todos los equipos. Sin embargo, sucede que algunos equipos son llamados al área de mantenimiento para su respectiva revisión, y no se acercan. Otro motivo, es que existen bastantes mantenimientos correctivos que son urgentes y se saltan el plan original. Todo esto provoca, que existan equipos con tiempo de servicio muy alto y no han sido sujetos a ninguna revisión.
- **No hay seguimiento a equipos:** No se cuenta con un historial de reparación de equipos eficientes. Ya que cada mantenimiento genera documentos que son guardados de manera desorganizada por los técnicos y se puede saber si un equipo ha tenido fallas recurrentes. Esto genera que la revisión tome más tiempo o se tome soluciones no óptimas.

c) Método

Las causas relacionadas a método tienen que ver con los procesos involucrados en la operación, los cuales son responsabilidad de áreas distintas.

- **Procesos incompletos o re-procesos:** Este punto se relaciona con los procesos en rampa como: estacionamiento de aeronave, adosamiento, estiba/desestiba, push-back, tramites documentarios, revisión, etc. Los operarios que forman las cuadrillas de trabajo cometen faltas o se saltan procedimientos que conllevan a una operación mal hecha y que de manera frecuente, obligan a repetir la operación, generando demoras.
- **Apuro o lentitud en tareas:** a los operarios se les capacita para realizar sus funciones siguiendo determinados pasos, que en la mayoría de casos, toma el mismo tiempo. Sin embargo, en función a la carga de servicio se cambia la velocidad del trabajo. Cuando lo hacen más lentamente, las aerolíneas se llevan una imagen equivocada del servicio prestado y lo reportan, mientras que cuando lo hacen con apuro, suelen cometer errores en los pasos a seguir o maltrato al equipaje.
- **No hay briefing:** las instrucciones dadas en el briefing previo a la atención de la aeronave son importantes porque mejoran el servicio, sobre todo cuando se debe hacer un servicio extra o especial. Al no haber las reuniones, los operarios no están al tanto de los cambios y caen en errores.
- **Poca interacción en el servicio:** durante el servicio, la comunicación con el CCO, la aerolínea y el personal de seguridad, es necesaria. Cuando los operarios o líderes de grupo no informan de incidentes o cambios en la operación, se producen malos entendidos que pueden desencadenar accidentes mas graves.
- **Planificación a corto plazo:** la planificación de personal sigue una lógica de experiencia y se basa en el comportamiento de años pasados. Sin embargo, no es lo suficientemente fina y se crean bajas de personal que no se pueden completar rápidamente generando cuadrillas que trabajan con menos personal.
- **Asignación de personal ineficiente:** como se comentó en el acápite 3.2.1. las cuadrillas de trabajo se conforman con 6 personas, lo que no esta correctamente equiparado con la carga de servicio que un vuelo puede traer. A partir de esto, se generan grupos que se confían o están en apuro ya que la necesidad de personal no calza con el tamaño de la cuadrilla formada.

d) Maquinaria

Las causas de este punto se aplican a equipos como faja transportadora, escaleras, barras de tiro, carretas, dollies, Loader, Pay-mover, carros de agua, carros de baño, etc.

- **Falla de equipos:** el equipo puede tener fallas que no se corrigieron en el mantenimiento preventivo o que tampoco fueron informadas por parte del operario. Esto conlleva tener que dejar el equipo a un lado de la pista y conseguir otro para terminar la operación, lo cual genera demoras.
- **Falta de equipos:** durante los “hubs” sucede que no se cuenta con la cantidad de equipos necesarios para satisfacer todos los servicios al mismo tiempo y se debe esperar que alguno se desocupe. ABC cuenta con equipos inoperativos por faltas de componentes, lo que merma la operación continuamente.
- **Retirada durante servicio:** esto suele ser una falta grave ya que el operador que requiere un equipo por falta o falla, toma uno que se encuentra en pleno uso. Esto además de demoras, genera fricción entre los colaboradores y se manifiesta en un trabajo de equipo con menor rendimiento.
- **Equipos con limitaciones:** son equipos que han sido reparados pero que no se encuentran al 100% de su capacidad y por motivos de alta demanda deben salir a rampa. Estas limitaciones suelen darse en la cantidad de carga que pueden transportar o peso que pueden soportar.
- **Falta de combustible:** el personal toma tanques de combustible (son externos) de una máquina y se lo colocan a otro. Todavía no se tienen una solución para este problema ya que el proceso para reabastecimiento no ha sido establecido.

e) Materiales

Este punto tiene que ver con material de seguridad para la operación y los EPP's.

- **Falta de artículos de seguridad:** durante la operación se debe contar con: conos, calzas, extintores, linternas y tachos FOD. Estos artículos a veces no se encuentran en su lugar debido cerca de la PEA o no se encuentran disponibles porque siguen en la base.
- **No utilización de EPP's:** estos son los equipos de protección personal: guantes, gorro, tapones, chalecos y zapatos. A los operarios se les asigna estos equipos y son renovados anualmente, sin embargo, el mismo personal no los utiliza por falta de costumbre, lo que conlleva nuevamente a multas o accidentes que pudieron haber sido más leves.

f) Medio Ambiente

Las causas relacionadas con este punto son:

- **Poca conciencia de seguridad:** los operarios son instruidos constantemente en los riesgos de una operación como la realizada en la rampa del aeropuerto. Sin embargo, los más nuevos no logran interiorizar este concepto y cometen accidentes por motivos injustificados. Solamente el personal más antiguo parece tener más conciencia sobre el tema.
- **Cultura Organizacional débil:** la empresa viene desarrollando actividades para el personal operativo con el fin de lograr mayor identificación con la visión, misión y valores de la empresa. Al mismo tiempo, interiorizar conceptos de calidad, seguridad y eficiencia que se puedan ver reflejados en la operación.

La aplicación del diagrama de Ishikawa sirve para identificar las causas que generan SNC en la operación. Sin embargo el área de calidad de ABC, también tiene identificado estas causas y los agrupa de manera similar en 5 categorías como se puede ver en la Tabla 30.

Tabla 30. Compatibilidad de causales de SNC

Materiales	Falta artículos seguridad	Falta de artículos de seguridad	
	Falta de EPP's		
Mantenimiento	No hay seguimiento a equipos	Falla / Falta Equipos	
	Plan de mantenimiento incompleto		
Maquinaria	Falla en Equipos		
	Falta de Equipos		
	Retirada durante proceso		
	Equipos con limitaciones		
	Falta combustible		
Medio ambiente	Poca conciencia seguridad		Dirección
	Cultura Organizacional débil		
Métodos	Planificación recursos a corto plazo		Incumplimiento de Procesos
	Procesos incompletos o erróneos		
	Re-procesos		
	Apuro o lentitud en tareas		
	Poca interacción durante servicio		
	No hay briefing		
	Asignación de personal ineficiente		
Mano de obra	Personal incompleto	Personal	
	Poco calificado		
	Mala actitud		

Elaboración propia

Con la debida compatibilización de información entre el presente estudio y la tomada en campo por ABC, se continúa con el análisis.

Los servicios no conformes (SNC) se registran diariamente y se les hace un seguimiento constante. En la Tabla 31 se ve el desarrollo de las 5 causas para el año 2011 y 2012.

Tabla 31. SNC por tipo de motivo

Tipo de Causa	2011	%	2012	%
Personal	180	22%	680	39%
Incumplimiento de Procesos	380	47%	550	31%
Falla/Falta de equipos	198	24%	404	23%
Falta de artículos de Seguridad	32	4%	77	4%
Dirección	25	3%	47	3%
	815		1,758	

Elaboración propia

La categoría de incumplimiento de procesos ocupa el 1° lugar en el 2011 con 47% y desciende al 2° lugar para este año con 31%. Estos se pueden justificar por la difusión superficial de los procedimientos (problemas que se ha tratado de resolver con mayor capacitación al momento del ingreso).

La categoría de personal en el 2011 estuvo en 3° lugar y ya para este año, es la categoría que genera mayor número de no conformidades con 39%. Esto es reflejo de como el crecimiento de la operación en el aeropuerto ha crecido de tal forma que la asignación de personal no ha seguido el mismo ritmo.

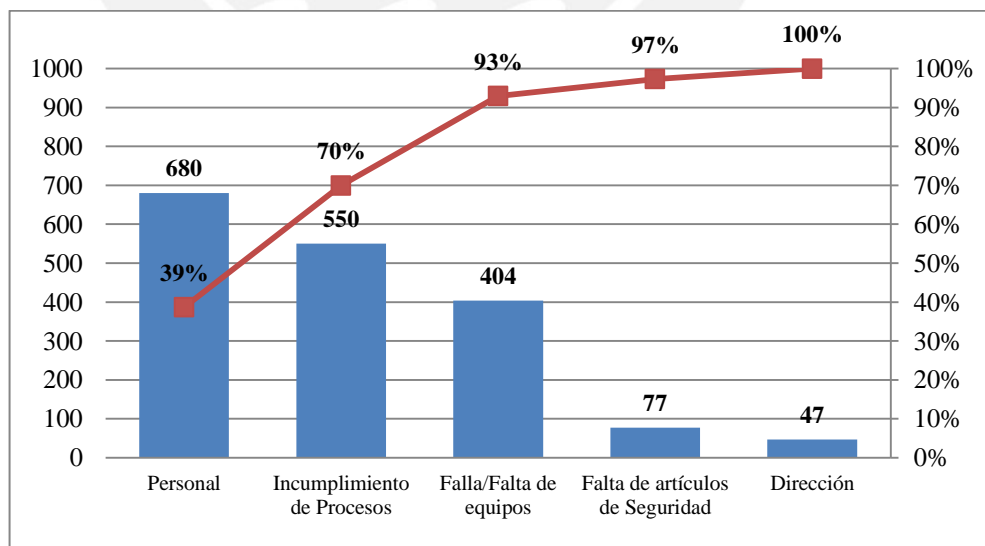


Figura 18: Diagrama de Pareto para las causas de SNC en el 2012

Elaboración propia

Como se aprecia en el diagrama de Pareto de la Figura 18, atacando los 2 primeros problemas que generan SNC para el año 2012, se solucionaría el 70% de los casos.

Si se analiza el resto de categorías, estas se han mantenido estables ambos años, además se encuentran fuera del alcance de esta investigación ya que tienen que ver con temas de mantenimiento y requerimientos de materiales.

3.2.4. Hallazgos en la Operación

Como resumen, a lo mostrado en los acápites anteriores, estos son los principales hallazgos encontrados en la operación y que son base para el desarrollo de la presente tesis.

a) Ineficiencias

Se observa en las tablas de método de trabajo que el personal acumula demasiadas esperas, y realiza un trabajo con una efectividad de **65.5% para los vuelos de recepción, 69.8% para los de origen y 66.7% para los de tránsito o “turn-around”**.

b) Recursos desaprovechados

Los operarios que acumulan esperas podrían estar realizando el servicio en otras aeronaves, sobre todo en los momentos de mayor simultaneidad como **las 05:30am con 18 simultaneidades, 09:30am con 31, 12.00pm con 23 y 23:00 con 21**.

c) Aumento de SNC

Se observa que la tendencia de este indicador es a elevarse con **2.95% de no conformidades totales para el 2011 y 4.70% para el 2012**. Mediante el análisis de causas vemos que la mayor parte se debe problemas con el personal e incumplimiento de procesos sumando **70% los motivos respecto al total para el 2012**.

Hay que aclarar que así como se busca aumentar las eficiencias con cuadrillas más pequeñas, también se pueden seguir formando equipos de trabajo con 6 operarios, para cumplir con todas las actividades del servicio sin apresurarse.

4. PROPUESTA DE MEJORA

Ante los hallazgos obtenidos del diagnóstico de la parte operativa y de planificación del servicio de ATA, es conveniente plantear mejoras desde cada uno de estos frentes. Por lo que antes de comenzar a desarrollarlas vamos a presentar un resumen de la propuesta para entender mejor como se relacionan las mejoras entre ellas.

4.1. Resumen de las propuestas

Se empezará con describir en que consiste cada una de las mejores y a que frente pertenece, comenzando con la planificación.

a) Planificación – Buffer de Variabilidad - ANOVA

Se propondrá ajustar los tiempos de servicios de ATA considerando un buffer que haga frente a la variabilidad de las llegadas y salidas de los vuelos. Es decir, se tomará información histórica de los vuelos para saber cuál es la incidencia de adelantos y retrasos y según eso hacer una programación más acorde a la realidad.

b) Planificación – Nuevo cálculo del Capacity – Programación Lineal

Considerando el efecto del buffer de variabilidad en el Capacity, se deja de lado la herramienta manual de ensayo y error, para dar paso a la metodología de programación lineal, la cual arroja los resultados más óptimos posibles para todos los escenarios considerando distintos tipos de horarios y otros efectos que puedan modificar el resultado total del requerimiento de mano de obra. Se considera esta herramienta como la mejor solución para el corto plazo.

c) Planificación – Modelo de Pronóstico – Pronostico con patrones estacionales

El nuevo Capacity por sí mismo sigue siendo una herramienta reactiva que, aunque ahora tenga mayor alcance, sigue sujeta a la información proporcionada por las aerolíneas 15 días antes al cierre del mes. Lo que se propone es crear un modelo de pronóstico de mano de obra a largo plazo, basado en la información de crecimiento actual del PBI y otros factores que influyen directamente en la operación.

Esta herramienta sería utilizada de forma predictiva ya que se podría programar con meses de anticipación el presupuesto destinado a mano de obra así como tener a la mano el estimado de servicios, es decir el costo de planilla y las ventas mensuales.

Por otro lado, considerando la alta rotación del personal, se puede utilizar para manejar de manera más óptima los despidos y contrataciones entre temporadas altas y bajas.

La forma como se relaciona las 2 últimas propuestas se aprecia en la Figura 19:

- Se observa en primer lugar que la realidad de la operación se basa en los “últimos confirmados”, es decir, las confirmaciones de vuelo dadas cuando el avión se encuentra ya en el aire.
- La esfera siguiente es el Capacity que se alimenta de los itinerarios del mes y tiempos planificados, por ende su proyección es tan solo a corto plazo. Además se observa que también se tiene en cuenta la variabilidad brindada por el buffer calculado. Actualmente, este es el horizonte de proyección que se tiene.
- La última esfera representa el modelo de pronóstico que en base a modelos matemáticos e información histórica se encarga de elaborar una proyección a largo plazo que complemente la brindada por el Capacity.
- Otro punto importante es ver como el error se va acrecentando en función uno vaya planificando más en el futuro. La forma de manejar este error es, primero, comparar lo pronosticado y planificado con lo real, para llevar el seguimiento de su comportamiento. Y, segundo, ir corrigiendo este error en la medida que nos vamos acercando a la realidad durante la operación.

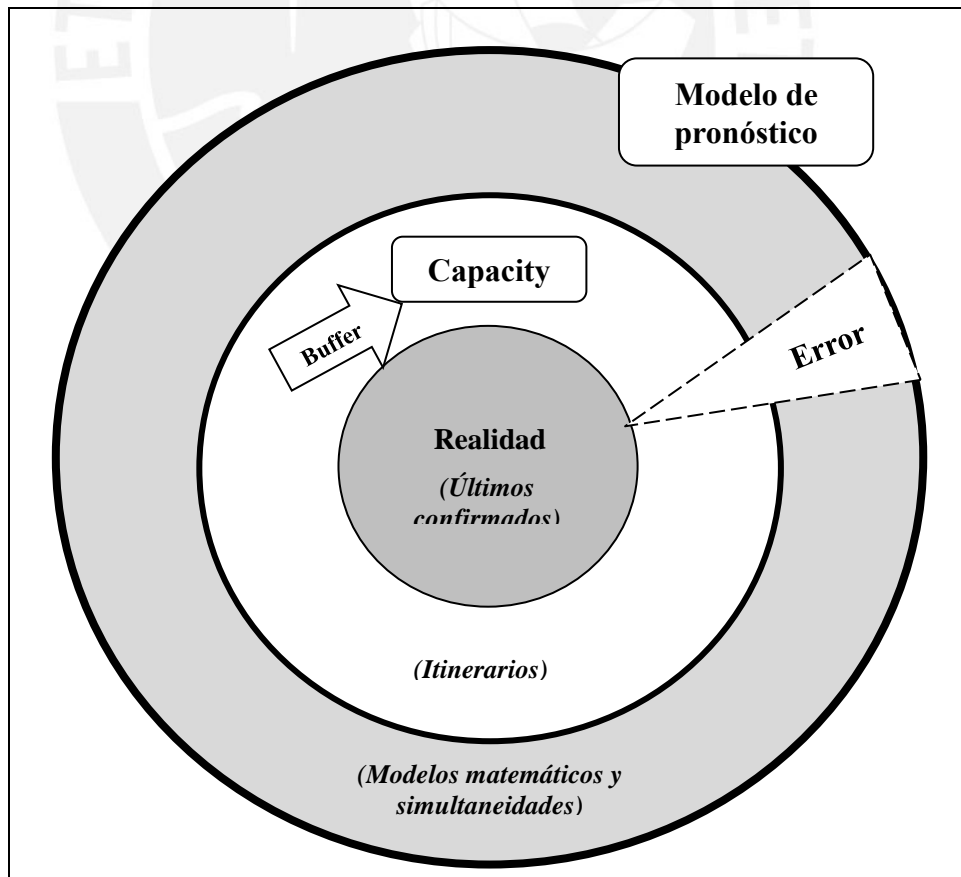


Figura 19: Relación de las mejoras a corto y largo plazo
Elaboración propia

En cuanto a la operación se propone:

d) Operación – Algoritmo para cálculo y distribución de personal

Para poder elevar el nivel de servicio y según lo encontrado en el diagnóstico previo a la operación, lo más recomendable es flexibilizar las cuadrillas de trabajo en función al vuelo que se va a atender. Para esto, tomaremos la actividad más sensible a los tiempos dentro del proceso que es la estiba y desestiba de equipaje. En función a información histórica sobre el nivel de carga que trae cada vuelo, se va a definir cuadrillas de 3, 4, 5, 6 y hasta 7 operarios de ser necesarios. Para esto es necesario también, plantear un método de trabajo para cada tipo de cuadrilla por cada modalidad de vuelo, donde se tengan la menor cantidad de ineficiencias posibles, dentro de un tiempo razonable.

Pasaremos a describir de manera detallada las mejoras a implementar el servicio de ATA.

4.2. Buffer de Variabilidad

Para lograr calcular el buffer de variabilidad óptimo, se debe seguir una metodología de comparación. En primer lugar, se mostrará los objetivos concretos y daremos las consideraciones del caso para comenzar a aplicar la metodología. Finalmente, se expondrá los resultados obtenidos del análisis, los cuales deberían ser considerados dentro del Capacity. Para mayor detalle del análisis de los vuelos, ver Anexo 2: Análisis de Tiempos de Itinerarios y para detalle del cálculo en Minitab, ver Anexo 3: Corridas en Minitab.

4.2.1. Objetivos

Con el análisis lo que se quiere es determinar 2 puntos:

- Cuanto es el porcentaje de incidencia de los adelantos y retrasos tanto para las llegadas y las salidas respectivamente.
- Cuantificar el tiempo de holgura o buffer a ser agregado (al inicio y/o fin) al servicio para hacer más real el cálculo del Capacity.

4.2.2. Consideraciones

Se define la variabilidad como la diferencia entre los tiempos planificados o de itinerario, versus los tiempos reales. Es decir, los estimados (ETA/ETD) vs los actuales (ATA/ATD). Estas abreviaciones significan:

- ETA: *Estimated Time of Arrival* o Tiempo estimado de Llegada
- ETD: *Estimated Time of Departure* o Tiempo estimado de Salida
- ATA: *Actual Time of Arrival* o Tiempo actual de Llegada
- ATD: *Actual Time of Departure* o Tiempo actual de Salida

a) Características de la información

Para el análisis se consideró todos los vuelos registrados durante todo el año 2011, en el cual los tiempos estimados se tomaron de los itinerarios registrados de las aerolíneas, mientras que para los reales, se usó la información recabada de las marcaciones de los líderes de plataforma cuando el avión llega a la PEA.

b) Tipo de vuelos

Se utilizan información de todo los tipos de vuelos, con la consideración que en la modalidad *turn-around* se toma su llegada y salida como si fueran recepción y origen independientes.

c) Calculo de los adelantos y retrasos

En la Figura 20 se observa la línea de tiempo donde la llegada está en función al ATA y ETA, mientras que la salida está en función al ATD y ETD. Sin embargo, se tiene claro que el tiempo estimado es un dato constante, utilizado como referencia, por lo tanto, alrededor de este (positiva o negativamente) se instala el valor real.

Para los vuelos de recepción o llegada, si es que el ATA sufre un retraso (R), no se considera problema ya que la cuadrilla todavía se encuentra en la PEA esperando. Lo que si genera un conflicto es cuando una aeronave se adelanta (A) y la cuadrilla aún no se encuentra dispuesta en pista. Por lo tanto, definiremos los adelantos como el intervalo entre el ETA y un ATA adelantado.

Para los vuelos de origen o salida, cuando el ATD se adelanta (A), no hay problema porque la cuadrilla todavía sigue en pista y significa que el trabajo se ha terminado antes de tiempo, más cuando la aeronave se retrasa en salir, tiene pendiente al equipo de trabajo, esperando para realizar el remolcado del avión. Por lo tanto, definiremos retraso como el intervalo entre un ATD retrasado y el ETD.

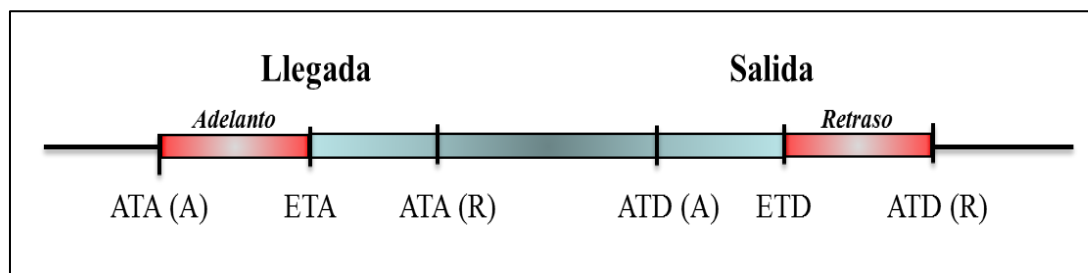


Figura 20: Obtención del adelanto y retraso en los vuelos
Elaboración propia

d) Posibles Escenarios

La información se procesará de forma que se puede comparar 6 escenarios previstos a los cuales se les pasara la prueba ANOVA:

- Días de la semana
- Meses (estacionalidad)
- Aerolínea
- Tipo de aeronave
- Recorrido (domestico, regional o internacional)
- Ciudad de origen o recepción.

4.2.3. Análisis para los Adelantos en las Llegadas

Describiremos los pasos a seguir para hallar las variabilidades de los vuelos de Llegada.

a) Desagregar datos por intervalos

En primer lugar, se toma la información recolectada sobre los vuelos, utilizando los vuelos de recepción y tránsito. Teniendo 46,475 registros se procede a separar por intervalos según el tamaño de la desviación y, por lo tanto, el efecto que tendría en la planificación. Los 5 intervalos se ven en la Tabla 32.

Tabla 32. Separación por grado de desviación

Desviación	Registros	Reg. Acum.	% Intervalo	% Acumulado
0 - 30 minutos	39,329	39,329	84.62%	84.62%
30 - 60 minutos	4,254	43,583	9.15%	93.78%
1 - 2 horas	1,754	45,337	3.77%	97.55%
2 - 3 horas	507	45,844	1.09%	98.64%
Más de 3 horas	631	46,475	1.36%	100.00%
	46,475		100.00%	

Elaboración propia

Los 2 últimos intervalos son situaciones poco comunes a la operación como accidentes o fallas de la aeronave, las cuales no tienen relación con el desarrollo del servicio. Los otros 3 son mucho más frecuentes y en conjunto comprende el 97.55% de los casos. Estos 45,337 registros escogidos, son separados en 3 categorías:

- **Adelanto:** vuelo llega 1 segundo antes del tiempo planificado, es decir $t < ETA$.
- **En hora:** se le da un minuto de gracia después del tiempo planificado, es decir $ETA < t < ETA + 00:01:00$.
- **Retraso:** el vuelo ha llegado más de 1 minuto después del planificado, es decir $ETA + 00:01:00 < t$

Se observa en la Tabla 33 que los adelantos representan el 41.72% de los casos. Sobre estos 18,914 registros se hará el análisis para los 6 escenarios.

Tabla 33. Casos considerados como Adelanto

Criterio	Cantidad	%
Retraso	24,658	54.39%
Adelanto	18,914	41.72%
En hora	1,765	3.89%
	45,337	100.00%

Elaboración propia

b) Desarrollo de escenarios

En las siguientes Tablas 34, 35, 36, 37, 38 y 39 se puede ver la desagregación de los datos para cada uno de los escenarios a evaluar

Tabla 34. Adelanto escenario 1: Tipos de Aerolíneas¹⁸

Aerolínea	Tiempo Promedio	Cantidad	%
Lans	00:11:17	14,723	77.84%
Taco	00:10:54	2,586	13.67%
Peruvian	00:16:19	844	4.46%
Aerolíneas Argentas	00:22:12	179	0.95%
Avian	00:05:59	174	0.92%
Lans Cargo	00:20:13	118	0.62%
Sky	00:35:27	104	0.55%
Tams	00:24:44	70	0.37%
Aerogas	00:07:59	51	0.27%
Tampas	00:15:08	32	0.17%
Atlas	00:31:56	21	0.11%
Airx	00:26:28	6	0.03%
Atis	00:11:01	6	0.03%

Elaboración propia

Tabla 35. Adelanto escenario 2: Tipos de Recorrido

Tipo de recorrido	Tiempo Promedio	Cantidad	%
Domestico	00:10	10,924	57.76%
Regional	00:14	6,121	32.36%
Internacional	00:11	1,869	9.88%

Elaboración propia

¹⁸ Tanto para los LANS como para los TACO, estas categorías agrupan los vuelos, nacionales, regionales e internacionales.

Tabla 36. Adelanto escenario 3: Meses del año

Mes	Tiempo Promedio	Cantidad	%
Enero	00:13	1,762	9.32%
Febrero	00:13	1,453	7.68%
Marzo	00:12	1,569	8.30%
Abril	00:11	1,719	9.09%
Mayo	00:10	1,640	8.67%
Junio	00:10	1,535	8.12%
Julio	00:10	1,424	7.53%
Agosto	00:11	1,708	9.03%
Septiembre	00:10	1,708	9.03%
Octubre	00:12	1,443	7.63%
Noviembre	00:12	1,711	9.05%
Diciembre	00:12	1,242	6.57%

Elaboración propia

Tabla 37. Adelanto escenario 4: Día de la semana

Día de semana	Tiempo Promedio	Cantidad	%
Lunes	00:15	2,680	14.17%
Martes	00:16	2,617	13.84%
Miércoles	00:15	2,647	13.99%
Jueves	00:15	2,657	14.05%
Viernes	00:15	2,570	13.59%
Sábado	00:15	2,817	14.89%
Domingo	00:14	2,926	15.47%

Elaboración propia

Tabla 38. Adelanto escenario 5: Modelo de aeronave

Modelo Aeronave	Tiempo Promedio	Cantidad	%
A-319	00:10	12,298	65.02%
B-767	00:15	2,951	15.60%
A-320	00:12	1,493	7.89%
B-737	00:17	1,021	5.40%
EMBRAER	00:14	838	4.43%
A-321	00:09	251	1.33%
B-747	00:31	21	0.11%
B-777	00:13	19	0.10%
A-330	00:02	12	0.06%
DC-10	00:25	3	0.02%
MD-11	00:27	3	0.02%
A-340	00:10	2	0.01%
MD-83	00:52	1	0.01%
MD-88	00:20	1	0.01%

Elaboración propia

Tabla 39. Adelanto escenario 6: Ciudad de Origen

Destino	Tiempo Promedio	Cantidad	%	Destino	Tiempo Promedio	Cantidad	%
PECUZ	00:10	2,589	13.69%	CUHAV	00:07	58	0.31%
PEAQP	00:09	1,720	9.09%	BRMAO	00:26	41	0.22%
CLSCL	00:13	1,683	8.90%	BRPOA	00:11	41	0.22%
PEPIU	00:09	1,312	6.94%	PYASU	00:06	35	0.19%
PEIQT	00:09	995	5.26%	DOSDQ	00:07	34	0.18%
AREZE	00:20	827	4.37%	BRGIG	00:07	33	0.17%
COBOG	00:10	801	4.23%	MXCUN	00:10	33	0.17%
PETRU	00:10	791	4.18%	BRVCP	00:26	23	0.12%
PECIX	00:08	741	3.92%	COCTG	00:09	21	0.11%
PECJA	00:08	558	2.95%	BRRIO	00:06	19	0.10%
PETPP	00:11	541	2.86%	SVSDO	00:03	16	0.08%
USMIA	00:10	482	2.55%	CLIPC	00:18	10	0.05%
ECUIO	00:12	439	2.32%	COCLO	00:08	9	0.05%
PETCQ	00:11	425	2.25%	COMDE	00:13	9	0.05%
PEPCL	00:10	418	2.21%	BRQNE	00:11	6	0.03%
PEJUL	00:10	360	1.90%	BRCNF	00:11	4	0.02%
PETBP	00:11	331	1.75%	CLIQQ	00:06	4	0.02%
VECCS	00:28	314	1.66%	PEPEM	00:40	4	0.02%
ECGYE	00:07	261	1.38%	VEVLN	00:13	4	0.02%
BRGRU	00:16	251	1.33%	ARAEP	00:08	2	0.01%
MXMEX	00:11	244	1.29%	ARMDZ	01:17	1	0.01%
ESMAD	00:17	224	1.18%	BRCWB	01:10	1	0.01%
USJFK	00:10	202	1.07%	COADZ	00:03	1	0.01%
ARCOR	00:15	192	1.02%	PYAGT	00:30	1	0.01%
BOLPB	00:13	182	0.96%	USMAD	00:08	1	0.01%
ARBUE	00:06	163	0.86%	ARIGR		0	0.00%
BRSAO	00:15	162	0.86%	ARSLA		0	0.00%
USLAX	00:10	156	0.82%	BRSDU		0	0.00%
PELIM	00:40	139	0.73%	CUVRA		0	0.00%
SVSAL	00:07	122	0.65%	PAPTY		0	0.00%
USSFO	00:18	110	0.58%	USBSB		0	0.00%
BRBSB	00:12	108	0.57%	USCFB		0	0.00%
ARROS	00:12	106	0.56%	USCVP		0	0.00%
CRSJO	00:09	101	0.53%	USCWB		0	0.00%
CLANF	00:26	86	0.45%	USHGN		0	0.00%
USPUJ	00:12	86	0.45%	USHNL		0	0.00%
BOVVI	00:10	81	0.43%	USMAO		0	0.00%
BOSRZ	00:11	76	0.40%	USMDV		0	0.00%
UYMVD	00:07	65	0.34%	USSCL		0	0.00%
BRIGU	00:10	59	0.31%				

Elaboración propia

Se pasará a definir la variabilidad de cada uno de los escenarios con respecto a la media, para tal fin ingresaremos los 18,914 registros en el software MINITAB 16, y mediante un ANOVA unidireccional (Tiempo vs. Escenario X).

Se obtendrá un valor P para cada escenario, donde el 1° filtro es compararlo con el nivel de significancia al 5%, con la consideración de $p < \alpha$ (alfa) se rechaza la hipótesis nula el cual enuncia que las medias son iguales entre ellas, el siguiente filtro es el que tiene mayor nivel de confianza individual. Del análisis efectuado obtenemos los siguientes resultados visto en la Tabla 40:

Tabla 40. Adelanto escenario: Resultado en MINITAB

Escenario	ANOVA UNIDIRECCIONAL					
	Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tiempos vs. Aerolíneas	AEROLINEAS	12	0.066369	0.005531	73.43	0.000
	Error	18901	1.423698	0.000075		
	Total	18913	1.490067			
	S = 0.008679 R-cuad. = 4.45% R-cuad. (ajustado) = 4.39% Nivel de confianza individual = 99.91%					
Tiempos vs. Recorrido	RECORRIDO	2	0.031121	0.015561	201.70	0.000
	Error	18911	1.458946	0.000077		
	Total	18913	1.490067			
	S = 0.008783 R-cuad. = 2.09% R-cuad. (ajustado) = 2.08% Nivel de confianza individual = 98.07%					
Tiempos vs. Meses	MESES	11	0.012474	0.001134	14.51	0.000
	Error	18902	1.477593	0.000078		
	Total	18913	1.490067			
	S = 0.008841 R-cuad. = 0.84% R-cuad. (ajustado) = 0.78% Nivel de confianza individual = 99.89%					
Tiempos vs. Días	DIAS	6	0.001932	0.000322	4.09	0.000
	Error	18907	1.488135	0.000079		
	Total	18913	1.490067			
	S = 0.008872 R-cuad. = 0.13% R-cuad. (ajustado) = 0.10% Nivel de confianza individual = 99.68%					
Modelo de aeronave	AERONAVE	13	0.060151	0.004627	61.16	0.000
	Error	18900	1.429916	0.000076		
	Total	18913	1.490067			
	S = 0.008698 R-cuad. = 4.04% R-cuad. (ajustado) = 3.97% Nivel de confianza individual = 99.92%					
Tiempos vs. Orígenes	ORIGENES	64	0.189369	0.002959	42.88	0.000
	Error	18849	1.300698	0.000069		
	Total	18913	1.490067			
	S = 0.008307 R-cuad. = 12.71% R-cuad. (ajustado) = 12.41% Nivel de confianza individual = 100.00%					

Elaboración propia

c) ANOVA y resultado de análisis

Luego de aplicar cada escenario propuesto se obtiene la siguiente Tabla 41 de resumen y se elige el escenario de las ciudades de origen para las llegadas porque al tener todos un valor P de 0.000 se opta por el que tenga mayor nivel de confianza individual.

Tabla 41. Adelanto escenario: Resultados Estadísticos

Escenario	F	Desv. Est. Agrupada	P	P. Hipótesis	R-Cuadr. (Ajustado)	N. Confianza individual
Aerolíneas	73.43	0.008679	0.000	Diferencia	4.39%	99.91%
Días de la semana	4.09	0.008872	0.000	Diferencia	0.10%	99.68%
Meses	14.51	0.008841	0.000	Diferencia	0.78%	99.89%
Recorrido	201.7	0.008783	0.000	Diferencia	2.08%	98.07%
Aeronave	61.16	0.008698	0.000	Diferencia	3.97%	99.92%
Origen	42.88	0.008307	0.000	Diferencia	12.41%	100.00%

Elaboración propia

d) Mejores Sub-conjuntos

Cabe precisar que el siguiente paso contemplado es realizar un análisis de mejores sub conjuntos pero al tener valores cuantitativos y cualitativos a la vez se optó por solo considerar este resultado. Los tiempos de buffer solo son referenciales ya que no es factible ingresar a la planificación porque es un fenómeno externo que se tiene cuantificado para el análisis del impacto pero que al final es cubierto con sobretiempo.

4.2.4. Análisis para los Retrasos en las Salidas

Para la variabilidad de vuelos de salida, seguimos los mismos pasos que el acápite anterior:

a) Desagregar datos por intervalos

Se toma la información recolectada sobre los vuelos, utilizando solamente los vuelos de origen y turn-around. Teniendo 46,632 registros se procede a separar por intervalos según el tamaño de la desviación en 5 intervalos como se ve en la Tabla 42.

Tabla 42. Separación por grado de desviación

Desviación	Registros	Reg. Acum.	% Intervalo	% Acumulado
0 - 30 minutos	37,837	37,837	81.14%	81.14%
30 - 60 minutos	4,493	42,330	9.64%	90.77%
1 - 2 horas	2,851	45,181	6.11%	96.89%
2 - 3 horas	757	45,938	1.62%	98.51%
Más de 3 horas	694	46,632	1.49%	100.00%
	46,632		100.00%	

Elaboración propia

Luego se toma los 3 primeros casos más representativos, ya que en acumulado son más del 96.89% de los casos, teniendo los demás pocas apariciones. Estos registros restantes ascienden 45,181, los cuales ahora son separados en 3 categorías:

- Retraso: el vuelo ha llegado 1 minuto después del tiempo planificado, es decir $t < ETD + 00:00:01$.

- En hora: se le da un minuto de gracia a partir del tiempo planificado en ambos sentidos, es decir $ETD - 00:01:00 < t < ETD + 00:01:00$.
- Adelanto: el vuelo ha llegado más de 1 minuto después del planificado, es decir $ETD + 00:01:00 < t$

Se observa en la Tabla 43 que los adelantos representan el 73.60% de los casos. Sobre estos 33,252 registros se hará el análisis para los 6 escenarios.

Tabla 43. Datos considerados como Retrasos

Criterio	Cantidad	% Intervalo
Retraso	33,252	73.60%
Adelanto	7,172	15.87%
En hora	4,757	10.53%
	45,181	100.00%

Elaboración propia

a) Desarrollo de escenarios

En las siguientes Tablas 44, 45, 46, 47, 48 y 49 se puede ver la desagregación de los datos para cada uno de los escenarios a evaluar

Tabla 44. Retraso escenario 1: Tipos de Aerolíneas

Aerolínea	Tiempo Promedio	Cantidad	%
Lans	00:18:38	19,051	57.29%
Taco	00:20:20	9,130	27.46%
Peruvian	00:27:34	3,012	9.06%
Lans Cargo	00:34:02	387	1.16%
Avian	00:14:48	363	1.09%
Aerogas	00:17:39	283	0.85%
Tams	00:22:46	243	0.73%
Aerolíneas Argentas	00:27:42	217	0.65%
Sky	00:17:51	200	0.60%
Tampas	00:38:31	185	0.56%
Atlas	00:50:05	129	0.39%
Atis	00:50:00	33	0.10%
Airx	01:00:53	14	0.04%
Siman	01:02:12	5	0.02%

Elaboración propia

Tabla 45. Retraso escenario 2: Tipos de Recorrido

Tipo de recorrido	Tiempo Promedio	Cantidad	%
Domestico	00:19	17,144	51.56%
Regional	00:19	11,339	34.10%
Internacional	00:24	4,769	14.34%

Elaboración propia

Tabla 46. Retraso escenario 3: Meses del año

Mes	Tiempo Promedio	Cantidad	%
Enero	00:21	2,181	6.56%
Febrero	00:22	2,249	6.76%
Marzo	00:20	2,579	7.76%
Abril	00:17	2,394	7.20%
Mayo	00:16	2,687	8.08%
Junio	00:19	2,763	8.31%
Julio	00:21	3,449	10.37%
Agosto	00:17	3,477	10.46%
Septiembre	00:15	2,996	9.01%
Octubre	00:23	3,011	9.06%
Noviembre	00:21	2,563	7.71%
Diciembre	00:26	2,903	8.73%

Elaboración propia

Tabla 47. Retraso escenario 4: Día de la semana

Día de semana	Tiempo Promedio	Cantidad	%
Lunes	00:21	4,843	14.56%
Martes	00:19	4,631	13.93%
Miércoles	00:20	4,732	14.23%
Jueves	00:20	4,711	14.17%
Viernes	00:21	4,874	14.66%
Sábado	00:19	4,687	14.10%
Domingo	00:19	4,774	14.36%

Elaboración propia

Tabla 48. Retraso escenario 5: Modelo de aeronave

Modelo Aeronave	Tiempo Promedio	Cantidad	%
A-319	00:17	16,679	50.16%
B-767	00:22	4,794	14.42%
A-320	00:20	4,734	14.24%
B-737	00:27	3,219	9.68%
EMBRAER	00:21	2,462	7.40%
A-321	00:19	1,102	3.31%
B-747	00:50	129	0.39%
A-330	00:22	55	0.17%
B-777	00:37	39	0.12%
DC-10	01:03	9	0.03%
MD-88	00:37	7	0.02%
A-340	00:25	6	0.02%
DC-8	00:57	6	0.02%
MD-83	00:40	6	0.02%
MD-11	00:57	5	0.02%

Elaboración propia

Tabla 49. Retraso escenario 6: Ciudad de Origen

Destino	Tiempo Promedio	Cantidad	%	Destino	Tiempo Promedio	Cantidad	%
PECUZ	00:19	5,040	15.16%	CUHAV	00:20	195	0.59%
PEAQP	00:21	3,183	9.57%	PYASU	00:18	187	0.56%
CLSCL	00:20	2,476	7.45%	USPUJ	00:24	179	0.54%
PEPIU	00:19	1,831	5.51%	ARROS	00:21	170	0.51%
AREZE	00:20	1,612	4.85%	USSFO	00:23	154	0.46%
PEIQT	00:19	1,607	4.83%	CLANF	00:19	144	0.43%
USMIA	00:29	1,478	4.44%	MXCUN	00:24	141	0.42%
COBOG	00:20	1,373	4.13%	BRIGU	00:23	106	0.32%
PETRU	00:20	1,151	3.46%	BRPOA	00:16	100	0.30%
PETPP	00:19	962	2.89%	DOSDQ	00:17	80	0.24%
PECIX	00:18	937	2.82%	SVSDO	00:17	40	0.12%
ECUIO	00:19	891	2.68%	ARBUE	00:20	38	0.11%
BRGRU	00:18	795	2.39%	CLIQQ	00:41	30	0.09%
VECCS	00:21	744	2.24%	PEPEM	00:48	25	0.08%
PETCQ	00:20	728	2.19%	CLIPC	00:27	17	0.05%
ECGYE	00:18	669	2.01%	COCTG	00:20	16	0.05%
PECJA	00:18	573	1.72%	BRRIO	00:14	14	0.04%
CRSJO	00:26	559	1.68%	BRVCP	00:20	10	0.03%
SVSAL	00:21	501	1.51%	COMDE	00:21	8	0.02%
PEPCL	00:15	483	1.45%	PELIM	00:56	7	0.02%
MXMEX	00:20	446	1.34%	PAPTY	00:18	5	0.02%
USLAX	00:22	418	1.26%	COADZ	00:10	4	0.01%
BOLPB	00:18	354	1.06%	ARMDZ	00:06	2	0.01%
BOVVI	00:18	350	1.05%	ARAEP	01:14	1	0.00%
PETBP	00:20	316	0.95%	ARIGR	00:47	1	0.00%
PEJUL	00:17	301	0.91%	ARTUC	00:14	1	0.00%
ESMAD	00:16	294	0.88%	COCLO	00:29	1	0.00%
BRGIG	00:16	287	0.86%	USMDV	00:01	1	0.00%
BRSAO	00:22	277	0.83%	USSCL	00:02	1	0.00%
USJFK	00:20	276	0.83%	USXEK	00:55	1	0.00%
BRBSB	00:13	227	0.68%	ARSLA		0	0.00%
UYMVD	00:18	224	0.67%	CUVRA		0	0.00%
ARCOR	00:18	210	0.63%	USBSB		0	0.00%

Elaboración propia

Para la variabilidad de cada escenario de retraso, se realiza el análisis de los 33,252 registros en el software MINTAB y mediante una ANOVA unidireccional (Tiempo vs Escenario) obtenemos los siguientes resultados mostrados en la Tabla 50.

Tabla 50. Retraso escenario: Resultado en MINITAB

Escenario	ANOVA UNIDIRECCIONAL					
	Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tiempos vs. Aerolíneas	AEROLINEA	13	0.264848	0.020373	81.92	0.000
	Error	33238	8.266414	0.000249		
	Total	33251	8.531262			
	S = 0.01577 R-cuad. = 3.10% R-cuad. (ajustado) = 3.07% Nivel de confianza individual = 99.92%					
Tiempos vs. Recorrido	DIA	6	0.004926	0.000821	3.20	0.004
	Error	33245	8.526336	0.000256		
	Total	33251	8.531262			
	S = 0.01601 R-cuad. = 0.06% R-cuad. (ajustado) = 0.04% Nivel de confianza individual = 99.68%					
Tiempos vs. Meses	MES	11	0.149214	0.013565	53.79	0.000
	Error	33240	8.382048	0.000252		
	Total	33251	8.531262			
	S = 0.01588 R-cuad. = 1.75% R-cuad. (ajustado) = 1.72% Nivel de confianza individual = 99.89%					
Tiempos vs. Días	RECORRIDO	2	0.041879	0.020939	82.01	0.000
	Error	33249	8.489383	0.000255		
	Total	33251	8.531262			
	S = 0.01598 R-cuad. = 0.49% R-cuad. (ajustado) = 0.48% Nivel de confianza individual = 98.07%					
Modelo de aeronave	AERONAVE	14	0.220378	0.015741	62.95	0.000
	Error	33237	8.310884	0.000250		
	Total	33251	8.531262			
	S = 0.01581 R-cuad. = 2.58% R-cuad. (ajustado) = 2.54% Nivel de confianza individual = 99.93%					
Tiempos vs. Orígenes	DESTINO	62	0.133776	0.002158	8.53	0.000
	Error	33189	8.397486	0.000253		
	Total	33251	8.531262			
	S = 0.01591 R-cuad. = 1.57% R-cuad. (ajustado) = 1.38% Nivel de confianza individual = 100.00%					

Elaboración propia

e) ANOVA y resultado de análisis

Igual que para las llegadas se realiza la prueba de hipótesis evaluando en primera instancia el valor P y al estar todos en 0.000 se elige al que presenta mayor nivel de significancia individual, por lo tanto se considerara el escenario de ciudades de destino. En la Tabla 51 se aprecia el resumen total de las corridas para cada escenario.

Tabla 51. Adelanto escenario: Resultados Estadísticos

Escenario	F	Desv. Est. Agrupada	P	P. Hipótesis	R-Cuadr. (Ajustado)	N. Confianza individual
Aerolíneas	81.02	0.015770	0.000	Diferencia	3.07%	99.92%
Días de la semana	3.2	0.016010	0.004	Diferencia	0.04%	99.68%
Meses	53.79	0.015880	0.000	Diferencia	1.72%	99.89%
Recorrido	82.01	0.015980	0.000	Diferencia	0.48%	98.07%
Aeronave	62.95	0.015810	0.000	Diferencia	2.54%	99.93%
Destino	8.53	0.015910	0.000	DIFERENCIA	1.38%	100.00%

Elaboración propia

4.2.5. Resultados de la aplicación del buffer para calcular la variabilidad

Después de aplicar las herramientas estadísticas para ambos casos, el resultado es que se debe considerar los buffers en función a:

- Las ciudades de origen para los vuelos de llegada en adelanto
- Las ciudades de destino para los vuelos de salida en retraso

Sin embargo, antes de considerar los resultados obtenidos de la muestra anual 2012 tanto para los adelantos como para retrasos de cada ciudad, se debe realizar una suavización de estos factores. Es decir, el total de minutos a considerar en cada caso, serán disminuidos según el grado de incidencia del evento en el sistema ya que no todos los vuelos se adelantan en sus llegadas, ni todos se retrasan en sus salidas porque al considerar de esta manera se estaría exagerando el colchón de minutos que se consideraría para la planificación.

El factor de ponderación para los vuelos de llegada en adelanto es 41.72% (ver Tabla 27), mientras que para los vuelos de salida en retraso es de 73.60% (ver Tabla 37). En la Tabla 52 se observa los minutos considerados para los vuelos de llegada y salida respectivamente.

Tabla 52. Tiempos suavizados considerados como buffer

Adelanto en Llegadas				Retraso en Salidas			
Destino	Tiempo Promedio	Destino	Tiempo Promedio	Destino	Tiempo Promedio	Destino	Tiempo Promedio
PECUZ	00:04	CRSJO	00:03	PECUZ	00:14	ARCOR	00:13
PEAQP	00:04	CLANF	00:10	PEAQP	00:15	CUHAV	00:15
CLSCL	00:05	USPUJ	00:05	CLSCL	00:15	PYASU	00:13
PEPIU	00:03	BOVVI	00:04	PEPIU	00:14	USPUJ	00:17
PEIQT	00:03	BOSRZ	00:04	AREZE	00:15	ARROS	00:15
AREZE	00:08	UYMVD	00:02	PEIQT	00:14	USSFO	00:17
COBOG	00:04	BRIGU	00:04	USMIA	00:21	CLANF	00:14
PETRU	00:04	CUHAV	00:03	COBOG	00:14	MXCUN	00:18
PECIX	00:03	BRMAO	00:11	PETRU	00:14	BRIGU	00:17
PECJA	00:03	BRPOA	00:04	PETPP	00:14	BRPOA	00:11
PETPP	00:04	PYASU	00:02	PECIX	00:13	DOSDQ	00:13
USMIA	00:04	DOSDQ	00:03	ECUIO	00:14	SVSDO	00:12
ECUIO	00:05	BRGIG	00:02	BRGRU	00:13	ARBUE	00:15
PETCQ	00:04	MXCUN	00:04	VECCS	00:16	CLIQQ	00:30
PEPCL	00:04	BRVCP	00:11	PETCQ	00:14	PEPEM	00:35
PEJUL	00:04	COCTG	00:03	ECGYE	00:13	CLIPC	00:19
PETBP	00:04	BRRIO	00:02	PECJA	00:13	COCTG	00:15
VECCS	00:11	SVSDO	00:01	CRSJO	00:19	BRRIO	00:10
ECGYE	00:03	CLIPC	00:07	SVSAL	00:16	BRVCP	00:15
BRGRU	00:06	COCLO	00:03	PEPCL	00:11	COMDE	00:15
MXMEX	00:04	COMDE	00:05	MXMEX	00:14	PELIM	00:41
ESMAD	00:07	BRQNE	00:04	USLAX	00:16	PAPTY	00:13
USJFK	00:04	BRCNF	00:04	BOLPB	00:13	COADZ	00:07
ARCOR	00:06	CLIQQ	00:02	BOVVI	00:13	ARMDZ	00:05
BOLPB	00:05	PEPEM	00:16	PETBP	00:14	ARAEP	00:54
ARBUE	00:02	VEVLN	00:05	PEJUL	00:12	ARIGR	00:34
BRSAO	00:06	ARAEP	00:03	ESMAD	00:12	ARTUC	00:10
USLAX	00:04	ARMDZ	00:32	BRGIG	00:12	COCLO	00:21
PELIM	00:16	BRCWB	00:29	BRSAO	00:16	USMDV	00:01
SVSAL	00:03	COADZ	00:01	USJFK	00:14	USSCL	00:01
USSFO	00:07	PYAGT	00:12	BRBSB	00:10	USXEK	00:40
BRBSB	00:05	USMAD	00:03	UYMVD	00:13		
ARROS	00:05						

Elaboración propia

4.3. Nuevo cálculo del Capacity

En el acápite 2.2.3 se ha descrito el proceso actual de cálculo de personal realizado de manera manual. En primer lugar, se planteará el objetivo, luego se dará las consideraciones tomadas en cuenta previa a la programación, después se mostrará el procedimiento de cálculo de personal actualizado para la aplicación de programación lineal y finalmente los elementos (función objetivo, variables y restricciones) del modelo.

4.3.1. Objetivos

El objetivo principal es lograr una programación óptima que cubra la demanda de personal en todos los intervalos de servicio, sobre todo en aquellos donde las simultaneidades son decisivas para el servicio. Además se busca agilizar el procedimiento de asignación de personal, pasando de la manera manual a una con metodología.

4.3.2. Consideraciones

Además de la misma carga de trabajo demandado por las aeronaves, este tiene características a tomar en cuenta, así como otros procesos relacionados al servicio de atención a aeronaves que también consumen recursos, por lo tanto deben ser considerados a la hora de calcular la cantidad óptima de personal.

a) Tiempo de servicio de ATA

Se considerará los factores de tiempo de servicio según el tipo de vuelo haciéndose una diferencia para la aerolínea TACO ya que por contrato esta exige tiempos distintos, en la Tabla 53 se observa como los estos se encuentran en función al ETD y ETA.

Tabla 53. Factores de Tiempo para las operaciones en plataforma

Tipo Vuelo	Inicio de Operaciones				Fin de Operaciones			
	TACO		Otros		TACO		Otros	
	ETA	ETD	ETA	ETD	ETA	ETD	ETA	ETD
Recepción	ETA-30'		ETA-12'		ETA+35'		ETA+35'	
Origen		ETD-70'		ETD-60'		ETD+12'		ETD+12'
Turn-around	ETA-30'		ETA-12'			ETD+12'		ETD+12'

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

b) Personal por ausentismo

La cantidad de personal diario por ausentismo (justificado o no) se considera directo en el Head Count total tomando como base el comportamiento histórico, otorgándole un mayor peso al último mes, cabe resaltar que este dato debe ser revisado mensualmente en conjunto con el área de recursos humanos y actualizar estas cifras.

c) Uso adicional de mano de obra

Además del servicio directo a la aeronave existen otras actividades que requiere personal y se tienen que ingresar en el modelo:

- Remolques
- Unidad de aire acondicionado
- Servicio de arrancador neumático
- Carro de agua y carro de baño
- Abastecimiento de combustible
- Servicio de Seat container
- Aleros por tráfico

Todos estos efectos tienen cantidad de personal requerido así como el momento en que se daban de forma establecida en el servicio, por lo tanto son agregados al modelo según su horario.

d) Efecto del buffer de variabilidad

Se refiere a los tiempos obtenidos en el acápite 4.2.5 para adelantos en vuelos de llegada y retrasos en vuelos de salida, producto del análisis de variabilidad de la mejora propuesta. Estos datos se observan en el Tabla 51 y también son agregados en el modelo.

4.3.3. Actualización del procedimiento de cálculo de personal

El procedimiento actual que figura en el acápite 2.2.3 ha sido actualizado de manera que se integre la nueva metodología de cálculo de personal así como los efectos antes mencionados. Estos cambios se pueden ver en la Figura 21 y con más detalle en la Tabla 54.

Tabla 54. Descripción del Nuevo procedimiento cálculo de personal actual

N ^a	Descripción	Encargado
a)	<p>Pedir Itinerarios</p> <p>El día 15 de cada mes se envía un correo a los clientes para solicitar su itinerario. En algunos casos, están sujetas a comunicación por correo electrónico indicando algún cambio, si es que no ocurre dicha comunicación se asume el mismo comportamiento del mes anterior.</p>	Ingeniería
b)	<p>Entregar itinerarios</p> <p>Las aerolíneas se encargan de proporcionar la información a ABC, en caso los clientes no proporcionen a tiempo sus itinerarios, se asume también el comportamiento del mes anterior o en su defecto se consulta en sus respectivas páginas web.</p>	Aerolínea

N ^a	Descripción	Encargado
c)	<p>Procesar información de vuelos de LANS</p> <p>Dependiendo del tipo de itinerario (domestico/regional o internacional), se procesa la información del formato recibido. Para los vuelos internacionales que lleguen luego de las 22:00, se debe agregar 20 minutos a su ETA.</p>	Ingeniería
d)	<p>Consolidar datos de vuelos</p> <p>Se consolidan todos los itinerarios comerciales y cargueros en la hoja de Excel denominada “Itinerario Maestro” según los estándares de tiempo y personal establecidos. De acuerdo al “Índice de Simultaneidad” incorporado en la hoja de cálculo de personal, se toma como día base de programación, aquel que tenga mayor simultaneidad acumulada en todos los picos del día.</p>	Ingeniería
e)	<p>Definir efectos a considerar y agregarlos al modelo</p> <p>En este caso, se agregar el buffer de tiempo para cada vuelo según la ciudad de origen o destino. Es posible, tener otros efectos en el futuro que también deban ser considerados en el proceso.</p>	Ingeniería
f)	<p>Aplicar programación lineal</p> <p>Con el modelo matemático propuesto se aplica programación lineal por medio de la herramienta del Solver, de esta forma, se obtiene la cantidad óptima de personal requerido.</p>	Ingeniería
g)	<p>Calcular los descansos y programar refrigerios¹⁹</p> <p>Luego de obtener la cantidad total de operarios se calculando los descansos usando grupos de 07 personas (06 operativos + 01 descanso) y asumiendo una rotación diaria para los descansos. Para programar los refrigerios se utilizan los valles que se presenten con una duración de 75 minutos tanto para el desayuno, almuerzo, comida y cena.</p>	Ingeniería
h)	<p>Ingresar la cantidad de personal por ausentismo en el Head Count total</p> <p>Se procede a agregar dicha cantidad de personal en el resultado de la programación y se envía la explicación por cantidades de ausentismo considerado al área de operaciones junto con el rol de turnos mensual.</p>	Ingeniería
i)	<p>Generar Head Count</p> <p>Con los roles turnos listos, se elabora el <i>Head Count</i> donde detallando los trabajadores fijos y variables de la operación, desde supervisores hasta auxiliares.</p>	Operaciones
j)	<p>Asignar operarios</p> <p>Finalmente, se asignar operarios con nombre y apellido para cada cuadrilla de trabajo, determinando el día de descanso para cada uno. Estas asignaciones son entregadas a los operarios de manera que lo utilicen como sus horarios mensuales.</p>	Operaciones

Elaboración propia

¹⁹ Si la cantidad programada en los refrigerios es mayor al de lo programado inicialmente se vuelve a pasar el Solver con los refrigerios para obtener la nueva cantidad óptima que cubra este efecto.

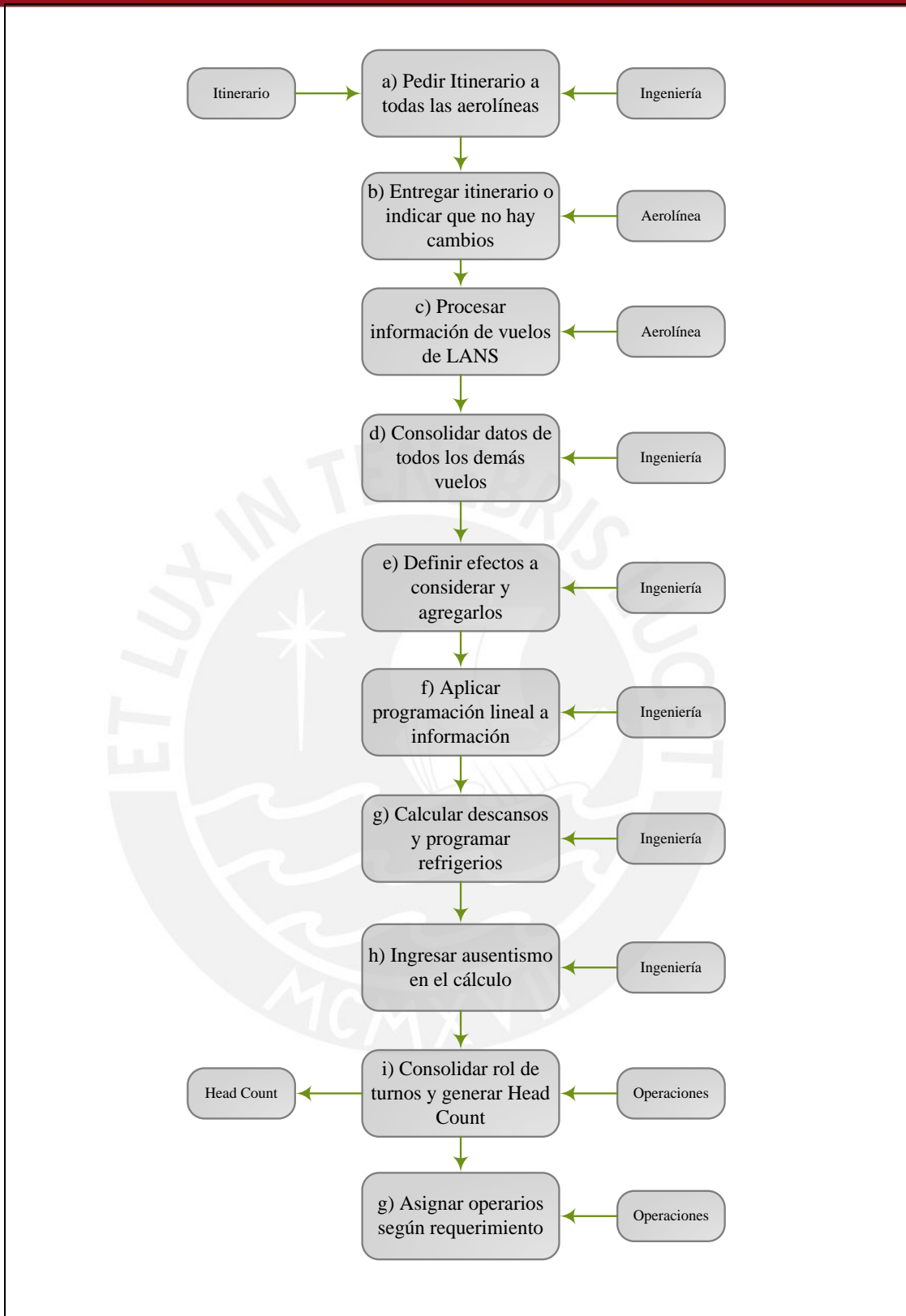


Figura 21: Flujograma del Nuevo procedimiento cálculo de personal actual
Elaboración propia

4.3.4. Modelo matemático de programación lineal

Con las consideraciones ya descritas, se procede a formular el modelo de programación con sus respectivos elementos. En las siguientes paginas mostraremos la formula general, así como el resultado de la corrida del modelo para el mes de Octubre del 2012. Para detalle del desarrollo de la programación lineal, puede verse en los Anexo 4: Cálculo de Capacity.

Tabla 55. Lista de variables del modelo de programación

X_{01}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 05:00 – 14:00
X_{02}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 05:30 – 14:30
X_{03}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 06:00 – 15:00
X_{04}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 06:30 – 15:30
X_{05}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 07:00 – 16:00
X_{06}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 07:30 – 16:30
X_{07}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 08:00 – 17:00
X_{08}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 08:30 – 17:30
X_{09}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 09:00 – 18:00
X_{10}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 09:30 – 18:30
X_{11}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 10:00 – 19:00
X_{12}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 10:30 – 19:30
X_{13}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 11:00 – 20:00
X_{14}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 11:30 – 20:30
X_{15}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 13:00 – 22:00
X_{16}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 13:30 – 22:30
X_{17}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 14:00 – 23:00
X_{18}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 14:30 – 23:30
X_{19}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 15:00 – 00:00
X_{20}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 15:30 – 00:30
X_{21}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 16:00 – 01:00
X_{22}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 20:00 – 05:00
X_{23}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 20:30 – 05:30
X_{24}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 21:00 – 06:00
X_{25}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 21:30 – 06:30
X_{26}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 22:00 – 07:00
X_{27}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 22:30 – 07:30
X_{28}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 23:00 – 08:00
X_{29}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 23:30 – 08:30
X_{30}	= Cantidad de personal operativo en el turno desde las 00:00 – 09:00
V_{01}	= Cantidad de personal operativo volantes en los turnos de 08:00 – 11:00 / 17:00 – 22:00
V_{02}	= Cantidad de personal operativo volantes en los turnos de 08:00 – 11:30 / 17:30 – 22:00
V_{03}	= Cantidad de personal operativo volantes en los turnos de 08:00 – 12:00 / 18:00 – 22:00
V_{04}	= Cantidad de personal operativo volantes en los turnos de 08:00 – 12:30 / 18:30 – 22:00
V_{05}	= Cantidad de personal operativo volantes en los turnos de 08:00 – 13:00 / 19:00 – 22:00
V_{06}	= Cantidad de personal operativo volantes en los turnos de 08:00 – 13:30 / 19:30 – 22:00
V_{07}	= Cantidad de personal operativo volantes en los turnos de 07:30 – 11:00 / 17:30 – 22:00

Elaboración propia

a) Variables

Cada variable está representada por la cantidad de personal operativo durante un turno dado de trabajo. Para el modelo se considera 2 tipos de variables:

- **Turnos enteros (X_i):** son periodos de 9 horas consecutivas las cuales incluyen una hora de almuerzo. Estos turnos se dan cada media hora en los siguientes intervalos: 05:00 a 11:30, 13:00 a 16:00, 20:00 a 00:00
- **Turnos volantes (V_j):** son periodos de 8 horas los cuales se distribuyen en 2 intervalos de tiempo comenzando el primer intervalo entre las 07:30 a 09:00 y el segundo intervalo entre las 17:00 a 20:00. Esto se da de esta forma para poder cubrir los vuelos de TACO, ya que son grupos especializados en este tipo de vuelos.

En la Tabla 55 se aprecia la lista completa de variables utilizadas en el modelo, separadas por los horarios que ocupan.

b) Función Objetivo

Se buscará minimizar la cantidad de personal trabajando en los distintos turnos, por lo tanto la función objetivo es el de obtener la mínima cantidad de personal que cubra la demanda como se en la Tabla 56.

Tabla 56. Función Objetivo

$Z = \text{Minimizar}$	$ \begin{aligned} &X_{01} + X_{02} + X_{03} + X_{04} + X_{05} + X_{06} + X_{07} + X_{08} + X_{09} + X_{10} + \\ &X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + \\ &X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + \\ &V_{01} + V_{02} + V_{03} + V_{04} + V_{05} + V_{06} + V_{07} \end{aligned} $
------------------------	--

Elaboración propia

c) Restricciones

Las siguientes restricciones son planteadas por cada intervalo de 30 minutos durante un día de trabajo. Es decir se igualan todos los turnos (variables X_i o V_j) que caigan dentro de ese intervalo de tiempo y se iguala a la cantidad de personal demandado sobre este periodo. En total son 48 restricciones más una extra por vuelos en simultaneidad de TACO como se aprecia en la Tabla 57.

Es importante saber que la cantidad de personal demandada durante estos periodos de 30 minutos se obtiene sumando los vuelos que cubran ese periodo y por ende el personal necesitado, así como otras actividades que también recaigan en este intervalo de tiempo.

En los Anexo 4: Cálculo de Capacity se observa que los intervalos de tiempo son cada 6 minutos, sin embargo, se agrupa 5 de estos intervalos y se toma el máximo de ellos como valor para las restricciones con el fin de igualar el requerimiento por turnos de 30 minutos.

Tabla 57. Restricciones del modelo

1	$X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 00:00 - 00:30.
2	$X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 00:30 - 01:00.
3	$X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 01:00 - 01:30.
4	$X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 01:30 - 02:00.
5	$X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 02:00 - 02:30.
6	$X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 02:30 - 03:00.
7	$X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 03:00 - 03:30.
8	$X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 03:30 - 04:00.
9	$X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 04:00 - 04:30.
10	$X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 04:30 - 05:00.
11	$X_{01}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 05:00 - 05:30.
12	$X_{01}+X_{02}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 05:30 - 06:00.
13	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 06:00 - 06:30.
14	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 06:30 - 07:00.
15	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 07:00 - 07:30.
16	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{28}+X_{29}+X_{30} \geq$ demanda en intervalo 07:30 - 08:00.
17	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{29}+X_{30}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 08:00 - 08:30.
18	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{30}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 08:30 - 09:00.
19	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 09:00 - 09:30.
20	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 09:30 - 10:00.
21	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 10:00 - 10:30.
22	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 10:30 - 11:00.
23	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06} \geq$ demanda en intervalo 11:00 - 11:30.
24	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+V_{03}+V_{05}+V_{06} \geq$ demanda en intervalo 11:30 - 12:00.
25	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+V_{04}+V_{05}+V_{06} \geq$ demanda en intervalo 12:00 - 12:30.
26	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+V_{05}+V_{06} \geq$ demanda en intervalo 12:30 - 13:00.
27	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+V_{06} \geq$ demanda en intervalo 13:00 - 13:30.
28	$X_{01}+X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16} \geq$ demanda en intervalo 13:30 - 14:00.
29	$X_{02}+X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17} \geq$ demanda en intervalo 14:00 - 14:30.

30	$X_{03}+X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18} \geq$ demanda en intervalo 14:30 – 15:00.
31	$X_{04}+X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19} \geq$ demanda en intervalo 15:00 – 15:30.
32	$X_{05}+X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20} \geq$ demanda en intervalo 15:30 – 16:00.
33	$X_{06}+X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21} \geq$ demanda en intervalo 16:00 – 16:30.
34	$X_{07}+X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21} \geq$ demanda en intervalo 16:30 – 17:00.
35	$X_{08}+X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+V_{01} \geq$ demanda en intervalo 17:00 – 17:30.
36	$X_{09}+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+V_{01}+V_{02}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 17:30 – 18:00.
37	$X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 18:00 – 18:30.
38	$X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 18:30 – 19:00.
39	$X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 19:00 – 19:30.
40	$X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 19:30 – 20:00.
41	$X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 20:00 – 20:30.
42	$X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 20:30 – 21:00.
43	$X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 21:00 – 21:30.
44	$X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} \geq$ demanda en intervalo 21:30 – 22:00.
45	$X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07}+V_{08}+V_{09} \geq$ demanda en intervalo 22:00 – 22:30.
46	$X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+V_{07}+V_{08}+V_{09} \geq$ demanda en intervalo 22:30 – 23:00.
47	$X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28} \geq$ demanda en intervalo 23:00 – 23:30.
48	$X_{19}+X_{20}+X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29} \geq$ demanda en intervalo 23:30 – 00:00.
49	$V_{01}+V_{02}+V_{03}+V_{04}+V_{05}+V_{06}+V_{07} =$ Cantidad máxima de vuelos en simultaneo de TACO

Elaboración propia

d) Rango de existencia

El rango de existencia para este modelo abarca todo los números positivos mayores a cero como se observa en la Tabla 58.

Tabla 58. Rango de Existencia

$X_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 30$
$V_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, 7$

Elaboración propia

4.3.5. Resultados del modelo aplicado

Después de aplicar el modelo de optimización lineal para calcular la cantidad óptima de recursos por horarios según las consideraciones explicadas en el modelo, se obtuvo el siguiente rol de turnos detallado en la Tabla 59.

Tabla 59. Cantidad de personal por turno

Turno	Inicio	Final	Horas	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb	Dom
D01	05:00	14:00	9.0	18	18	18	18	18	18	18
D08	05:30	14:30	9.0	6	6	6	6	6	6	6
D06	09:00	18:00	9.0	30	30	30	30	30	30	30
D07	09:30	18:30	9.0	6	6	6	6	6	6	6
T05	15:30	00:30	9.0	6	6	6	6	6	6	6
T03	16:00	01:00	9.0	30	30	30	30	30	30	30
N01	21:30	06:30	9.0	66	66	66	66	66	66	66
Nuevo	00:30	09:30	9.0	6	6	6	6	6	6	6
V02	08:00	13:30	5.5	66	66	66	66	66	66	66
V02	19:30	22:00	2.5	66	66	66	66	66	66	66
V14	08:00	12:30	4.5	24	24	24	24	24	24	24
V14	18:30	22:00	3.5	24	24	24	24	24	24	24
FULL TIME				258	258	258	258	258	258	258
DESCANSOS				43	43	43	43	43	43	43
TOTAL RAMPA				301	301	301	301	301	301	301

Elaboración propia

Con respecto a los tipos de turnos, se mantiene los 8 turnos *full-time*, desaparece el único turno *part-time* y de 4 turnos volantes solo quedan 2. Sin embargo en la Tabla 60 se puede ver que la distribución del personal en los mismos ha cambiado. Para los turnos *full-time* se ha reducido de 204 a 168 operarios al día, el turno *part time* ha desaparecido y para el turno volante se cuenta con mayor cantidad de personal, pasando de 78 a 90 operarios. Este último cambio permite mayor flexibilidad del personal para poder cubrir la demanda variable del servicio diario.

Finalmente, al reducir la cantidad de personal, se reduce la consideración para descansos de 48 a 43. En total se pasaría de 336 a 301 operadores, con un ahorro de 35 operadores.

Tabla 60. Ahorro gracias a programación lineal

	Full Time	Volante	Part - time	Total 1	Descanso	Total
SITUACIÓN ACTUAL	204	78	6	288	48	336
PROPUESTA	168	90	0	258	43	301

Elaboración propia

Cabe agregar que con esta nueva programación se cubre toda la demanda de una forma eficiente generando a la vez un ahorro de dinero el cual se explicara en la evaluación financiera planteada más adelante como se observa en la Figura 22.

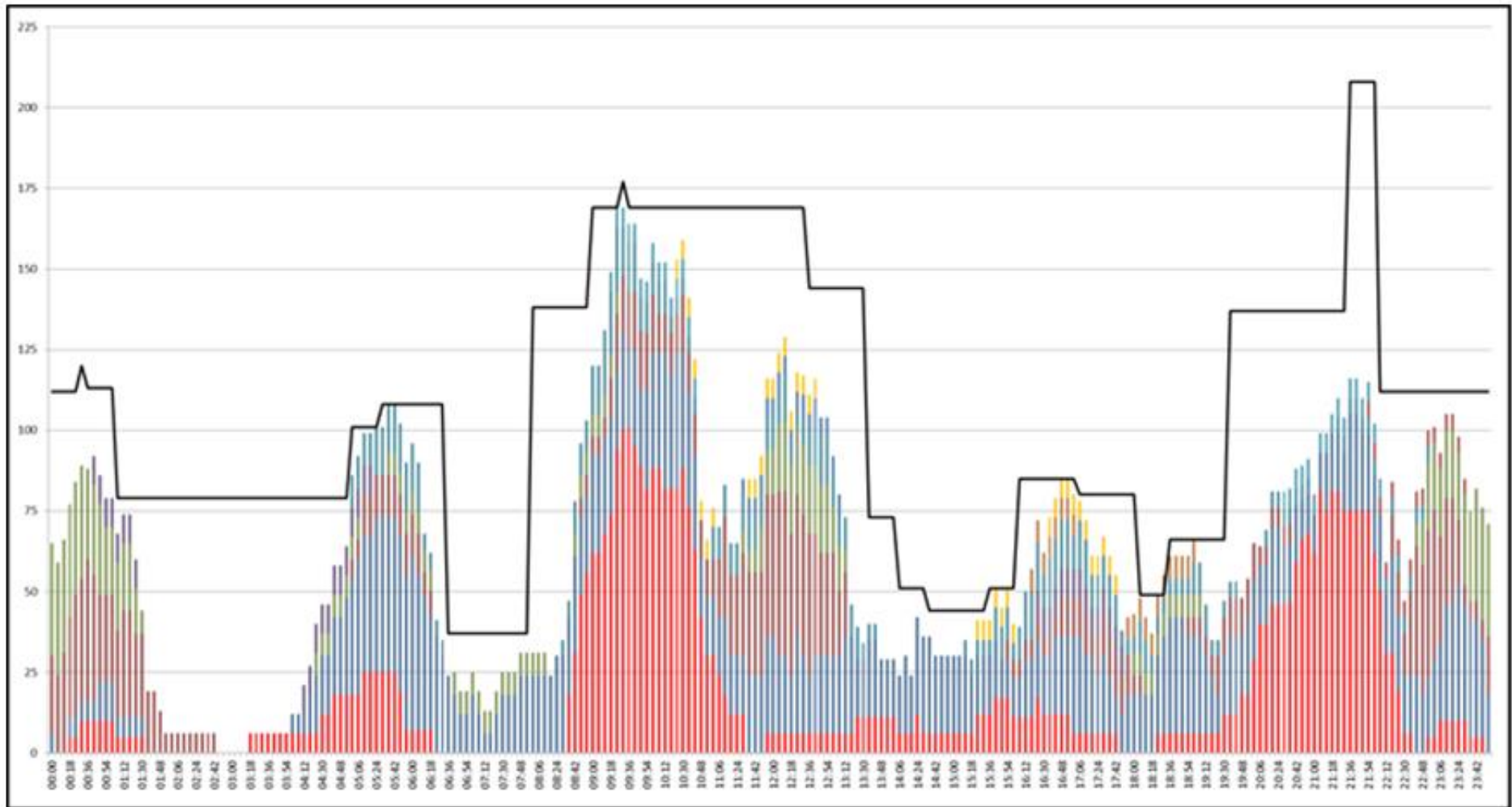


Figura 22: *Manpower* Chart de ATA con la programación lineal
Elaboración propia

4.4. Modelo de Pronóstico – Pronóstico con patrones estacionales

En este punto se verá los objetivos y consideraciones para esta propuesta de mejora, luego se calculará el crecimiento anual de ABC en base al PIB el cual servirá para los 2 pronósticos planteados:

- Modelo de pronóstico para las operaciones (servicios/vuelos)
- Modelo de pronóstico de simultaneidades y personal.

4.4.1. Objetivos

Los objetivos que se buscan con la implementación de los pronósticos son:

- Establecer un modelo de pronóstico que permita tener un panorama amplio de cómo afrontar los cambios y establecer estrategias de reacción frente a ellos.
- Implementar una herramienta de cálculo de proyección que pueda ser usado para diferentes fines tales como: presupuesto financiero, planes de capacitación, procesos de reclutamiento y compras.
- Simular futuros ingresos de aerolíneas y/o nuevas frecuencias y calcular cuantas personas adicionales se necesitaran, si llegaran a producirse estos cambios de una forma rápida.
- Simular combinaciones de participación de mercado, nivel de servicio, etc. y cuantificar el impacto en recursos (personal).

4.4.2. Consideraciones

El área de Ingeniería es la encargada de realizar el cálculo de personal, brindando a operaciones el rol de turnos con la cantidad de grupos por horarios de forma mensual.

Una oportunidad de mejora encontrada es que debido a la forma actual de trabajo se termina de realizar el cálculo de personal 10 días antes de finalizar el mes, lo que hace que sea una herramienta muy reactiva y por lo tanto no ofrece mucho horizonte de tiempo para poder afrontar de manera adecuada algún cambio importante que se presente. Los inputs requeridos para el desarrollo de los modelos.

- **Aerolínea:** Se especifica el nombre del cliente
- **Número de vuelos:** Vuelo de llegada o salida
- **ETA:** Tiempos estimados de llegadas
- **ETD:** Tiempos estimados de salidas
- **Frecuencia:** Días de la semana que va a operar
- **Modelo de Aeronave:** Se detalla si es una aeronave de fuselaje angosto o ancho
- **Recorrido:** Doméstico, Regional o Internacional

El presente modelo utiliza datos históricos para definir estacionalidades, itinerarios de los clientes para proyectar la demanda con un grado de mayor confiabilidad y por último datos de fuentes externas con el fin de hacer corridas de pronóstico a largo plazo logrando de esta forma un modelo más preciso usando correctamente todos los datos disponibles.

4.4.3. Proyección de crecimientos anuales de las operaciones en base al PBI

El objetivo principal es de encontrar los crecimientos anuales de las operaciones de ABC en base a los crecimientos del PIB del Perú y de turistas de países extranjeros, teniendo como input principal los datos proyectados hacia el futuro.

Además cabe resaltar que el modelo se sustenta en la premisa de que circulan en el aeropuerto pasajeros nacionales y pasajeros internacionales.

a) Proyección PBI por Fondo Monetario Internacional

Se hizo una investigación para obtener la proyección del PIB. Según estudios del FMI se tienen PIB proyectados hasta el 2017 que serán usados para hacer el seguimiento del índice de PIB Internacional y nacional con respecto al año 2000. Esta proyección ha sido aplicada por los países extranjeros que entran en el análisis (ver Anexo 6)²⁰.

b) Pasajeros Internacionales

Se buscó información sobre la composición de los pasajeros internacionales que llegan al Aeropuerto de Lima según país de residencia al año 2011²¹, luego se clasificó en forma porcentual²² obteniendo la información de la nacionalidad de las personas que visitan el Perú como se ve en la Tabla 61, el desarrollo completo figura en el Anexo 5 y Anexo 6.

Con esta lista se procedió a buscar el comportamiento desde el año 2000 hasta el 2011 del PIB nominal a precios constantes²³ por país obteniendo también la variación anual y estableciendo un índice con respecto al año 2000 como base como se ve en la Tabla 62. Esto debido a que se asume que el comportamiento de las operaciones está relacionado con el crecimiento de la economía, manifestándose dicho indicador en el PBI.

²⁰ Esta información se encuentra disponible en el portal: <http://datos.bancomundial.org/pais>

²¹ La fuente utilizada para esto fue el MININTER-Dirección General de Migraciones y Naturalización (DIGEMIN).

²² Solo se considerará los 17 primeros países ya que la información de Países Bajos no está completa y otros se refieren a los demás países con participación poco significativa de forma individual. Ya dentro del análisis se vuelve a recalcular su porcentaje de participación solo entre los 17 países analizados.

²³ El PIB a precio de comprador es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales.

Tabla 61. Países de procedencia de pasajeros internacionales

Nº	País	2009 P/	2010 P/	2011 P/
1	Chile	21.69%	25.92%	28.55%
2	EE.UU	19.92%	18.15%	15.86%
3	Ecuador	6.36%	6.63%	6.19%
4	Argentina	5.66%	5.53%	5.67%
5	Bolivia	4.36%	3.75%	3.39%
6	España	4.24%	4.20%	4.05%
7	Colombia	4.08%	4.29%	4.34%
8	Brasil	3.87%	3.81%	4.52%
9	Francia	3.09%	2.91%	2.81%
10	Reino Unido	2.74%	2.36%	2.13%
11	Canadá	2.55%	2.30%	2.21%
12	Alemania	2.42%	2.31%	2.16%
13	Italia	1.89%	1.82%	1.74%
14	Japón	1.87%	1.33%	1.69%
15	Venezuela	1.72%	1.67%	1.93%
16	Australia	1.45%	1.29%	1.17%
17	México	1.34%	1.66%	1.77%
18	Países Bajos (Holanda)	1.19%	1.08%	-
19	Otros	9.56%	8.98%	9.80%

Elaboración propia

Tabla 62. Comportamiento del PBI internacional ponderado²⁴

Año	Variación anual	Índice PIB ponderado Internacional
2000	-	1.0000
2001	-1.02%	0.9898
2002	-1.62%	0.9737
2003	11.06%	1.0814
2004	18.40%	1.2804
2005	16.86%	1.4963
2006	15.98%	1.7353
2007	12.97%	1.9605
2008	9.71%	2.1509
2009	-4.54%	2.0533
2010	16.34%	2.3888
2011	12.50%	2.6873

Elaboración propia

c) Pasajeros Nacionales

En el caso de los pasajeros nacionales se hizo el mismo seguimiento del comportamiento del PIB del Perú, se agregó la proyección proporcionada por el FMI hasta el 2017 y se hizo el índice de todos los años con respecto al año 2000 como se en la Tabla 63.

²⁴ En el Anexo 6 se muestra como se halló este índice ponderado.

Tabla 63. Comportamiento del PBI para Perú

Año	PIB (Millones de U\$S)	Var. anual	Índice (base 2000)
2000	53,290.39	-	1.0000
2001	53,935.76	1.21%	1.0121
2002	56,772.34	5.26%	1.0653
2003	61,346.73	8.06%	1.1512
2004	69,725.01	13.66%	1.3084
2005	79,385.07	13.85%	1.4897
2006	92,303.81	16.27%	1.7321
2007	107,233.30	16.17%	2.0122
2008	126,822.74	18.27%	2.3798
2009	126,923.12	0.08%	2.3817
2010	153,882.82	21.24%	2.8876
2011	176,662.07	14.80%	3.3151

Elaboración propia

d) Crecimiento de las Operaciones

El crecimiento de las operaciones en el Aeropuerto de Lima es clave para asociarlo con el crecimiento proyectado por el PBI. Según los datos obtenidos de CORPAC, en la Tabla 64 se muestra el desarrollo de las operaciones hasta el 2011.

Tabla 64. Desarrollo de las operaciones en el Aeropuerto de Lima

Año	Operaciones (Nac. + Int.)	Índice de Operaciones base 2000
2000	77,532.00	1.0000
2001	75,794.00	0.9776
2002	73,406.00	0.9468
2003	67,462.00	0.8701
2004	64,252.00	0.8287
2005	64,878.00	0.8368
2006	70,812.00	0.9133
2007	83,144.00	1.0724
2008	88,474.00	1.1411
2009	97,378.00	1.2560
2010	111,276.00	1.4352
2011	124,798.00	1.6096

Fuente: CORPAC (2012)

e) Modelo de Proyección

Posteriormente, teniendo el índice de PIB internacional y nacional se decidió juntar en un solo índice general total, por lo tanto se consideró la proporción de los pasajeros nacionales e internacionales en el Aeropuerto de Lima y se pondero con estos pesos los índices obtenidos en el análisis anterior. Esto se aprecia en la Tabla 65.

Tabla 65. Proporción de pasajeros nacionales e internacionales

Tipo	Pasajeros	
Nacionales	5,826,586	50.48%
Internacionales	5,716,803	49.52%
	11,543,389	

Elaboración propia

La idea de este trabajo fue de proyectar las operaciones del Aeropuerto de Lima (ver Tabla 58), por lo que la data de las operaciones totales de los explotadores de servicios aéreos también se basó en índices con base en el año 2000.

Al comparar el Índice General total del PIB y el Índice de operaciones se ve una brecha marcada en el comportamiento de ambos, ya que no necesariamente el crecimiento de un país (visto en el PIB), significa que las personas viajaran más, y que elegirán al Perú como uno de sus destinos para hacer turismo, negocios o cualquier otra actividad como se en la Tabla 66 y Figura 23.

Tabla 66. Comparación de Índice General Total PBI e Índice de Operaciones

Año	Índice de Operaciones base 2000	Índice General Total PIB	Índice de suavización	Factor de Predicción
2000	1.0000	1.0000	100.00%	1.0000
2001	0.9776	1.0010	97.66%	0.9776
2002	0.9468	1.0200	92.83%	0.9468
2003	0.8701	1.1166	77.92%	0.8701
2004	0.8287	1.2945	64.02%	0.8287
2005	0.8368	1.4929	56.05%	0.8368
2006	0.9133	1.7337	52.68%	0.9133
2007	1.0724	1.9866	53.98%	1.0724
2008	1.1411	2.2664	50.35%	1.1411
2009	1.2560	2.2191	56.60%	1.2560
2010	1.4352	2.6406	54.35%	1.4352
2011	1.6096	3.0042	53.58%	1.6096
2012		3.1685	56.60%	1.7933
2013		3.3945	56.60%	1.9212
2014		3.6366	56.60%	2.0583
2015		3.8794	56.60%	2.1957
2016		4.1576	56.60%	2.3532
2017		4.3629	56.60%	2.4693

Elaboración propia

Por lo tanto se relacionó estas dos variables obteniendo un Índice de suavización (ver Figura 24) el cual explica estos fenómenos encubiertos dentro del análisis y que además es un factor que convierte el proyectado del crecimiento de las economías en operaciones.

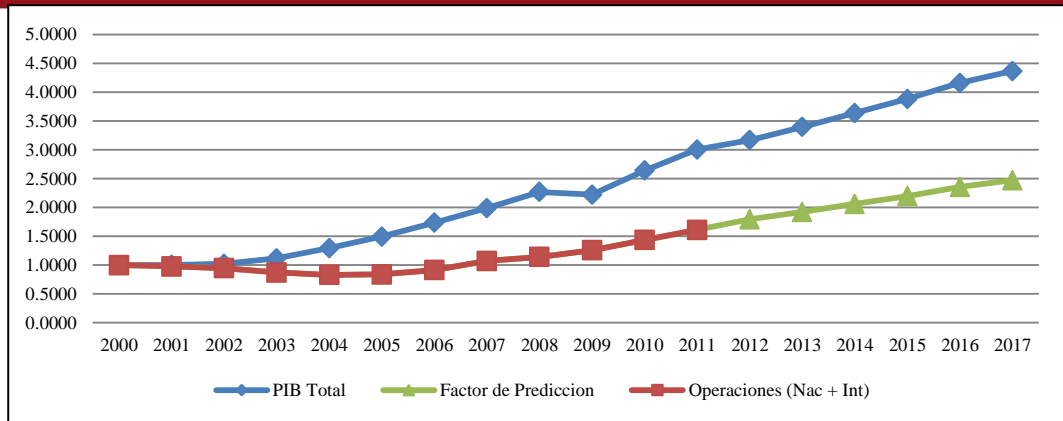


Figura 23: Comportamiento del PIB, Operaciones y Predicción
Elaboración propia

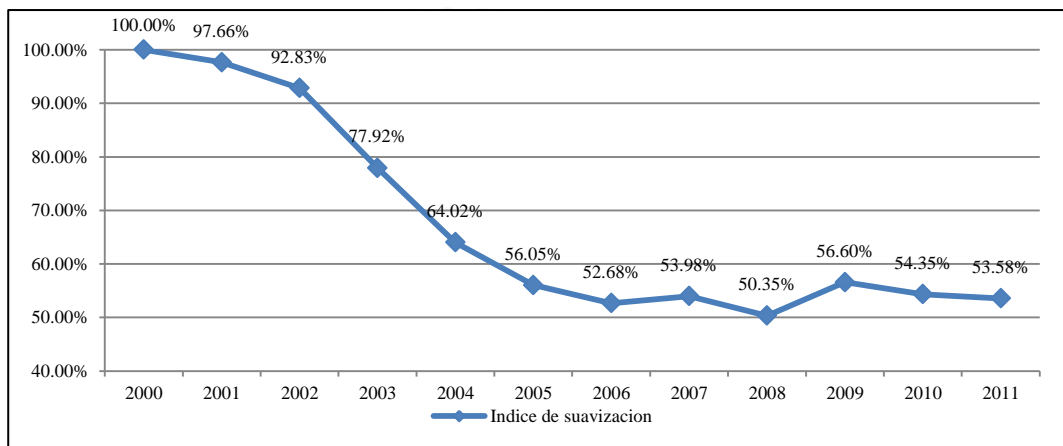


Figura 24: Índice de Suavización
Elaboración propia

Mediante este Índice de suavización se proyectaron las operaciones y se obtuvieron los crecimientos anuales hasta el 2017 del mercado donde participa directamente ABC como se ven la Tabla 67, adicionalmente el área Comercial proporcionará el dato de participación de mercado anual de la empresa y mediante este factor se obtiene el crecimiento personalizado de las operaciones en el caso específico de ABC.

Tabla 67. Resumen de crecimiento y participación de mercado de ABC

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Crecimiento anual total de las operaciones		11.41%	7.13%	7.13%	6.68%	7.17%	4.94%
Operaciones totales	124,798	139,041	148,957	159,583	170,238	182,447	191,455
Porcentaje de participación - ABC	82.88%	82.88%	82.88%	82.88%	82.88%	82.88%	82.88%
Operaciones proyectada - ABC	103,433	115,237	123,456	132,262	141,093	151,212	158,678
Crecimiento anual - ABC		11.41%	7.13%	7.13%	6.68%	7.17%	4.94%

Elaboración propia

4.4.4. Modelo de pronóstico de Operaciones

Para llegar al pronóstico nos basaremos en la data histórica recolectada por el área de operaciones de ABC. Se tomarán todo el año 2010, 2011 y como corroboración el 2012²⁵. La información clave recolectada son los vuelos por aerolínea, tipo de fuselaje (*narrow body* y *wide body*), y recorrido. Como primer paso se consolidó (ver Anexo 7) y clasificó la data de estos 02 años en función a su recorrido (recepción, origen y Turn-around) y también en las siguientes categorías:

- LANS (NB y WB)
- LANS Cargo, TACO
- Peruvian
- Otros (NB y WB)
- Cargueros

Mediante esta clasificación se comprobó que existe una estacionalidad definida en las operaciones (ver Figura 25).

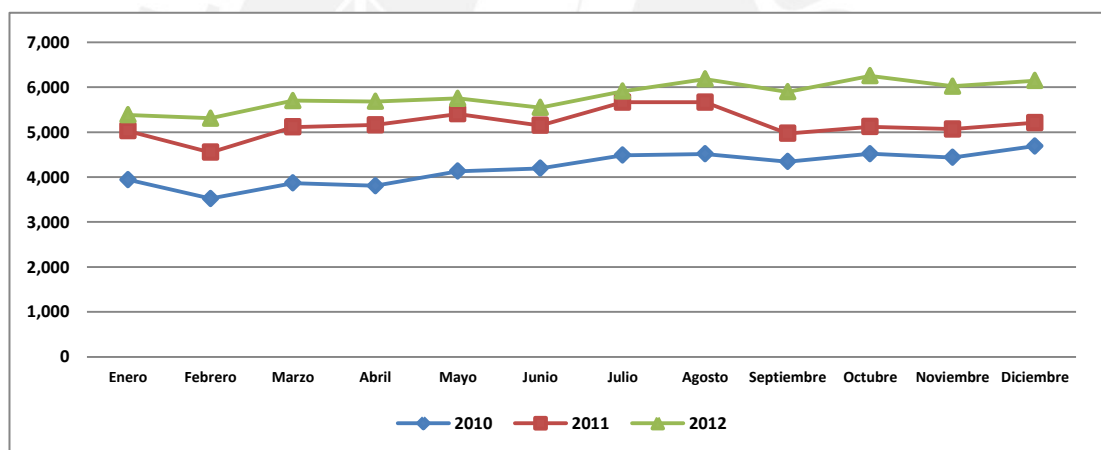


Figura 25: Comportamiento anual de los servicios totales
Elaboración propia

a) Aplicación del método de patrones estacionales

Debido al comportamiento netamente estacional de las operaciones se decide aplicar el método de patrones estacionales, el cual consiste en agrupar las operaciones de los años de referencia según meses o periodos, luego obtener un promedio general total y dividirlo entre el promedio parcial obtenido en cada periodo.

²⁵ Se muestra además el desarrollo del año 2012, para medir el error de pronóstico del modelo y no porque entre en el análisis.

Se aplicó este método para las operaciones totales, así como también para cada combinación, es decir, Aerolínea-Fuselaje-Recorrido para tratar por separado cada estacionalidad que se presente y obtener un modelo más cercano a la realidad. El desarrollo de la metodología se observa en el Anexo 8.

Para obtener las cantidades de operaciones por aerolínea y fuselaje, se analizó el comportamiento mensual de los años 2010 y 2011 como se aprecia en la Tabla 68, obteniendo así un porcentaje de participación para cada cliente. Las proporciones son casi constantes por cada mes, y esto es justificado por la baja desviación estándar que afecta a cada categoría (se puede ver a más detalle el cálculo en el Anexo 9).

Tabla 68. Distribución por aerolínea y por tipo de fuselaje

Aerolínea	Promedio	Desv. Est.
LANS	65.05%	0.0400
LANS Cargo	0.90%	0.0026
TACO	19.36%	0.0309
Peruvian	10.45%	0.0237
Otros	2.95%	0.0125
Cargueros	1.29%	0.0079

Fuselaje	Promedio	Desv. Est.
LANS NB	80.0%	0.0092
LANS WB	20.0%	0.0092

Otros NB	95.3%	0.0491
Otros WB	4.7%	0.0491

Elaboración propia

Una premisa principal del modelo es separar la estacionalidad del crecimiento, es decir, tratar los 2 factores de forma independiente al momento de correr el modelo, entonces con la estacionalidad definida, los índices proporcionales de cada aerolínea y los crecimientos anuales como dato fundamental se arma el modelo con la misma estructura de la cual se hizo el consolidado. Para mayor detalle ver Anexo 10, 11 y 12.

Como todo modelo de pronóstico se necesita una forma de medir el grado de exactitud por esto con la ayuda de 03 indicadores principales, los cuales son: MAD (Desviación Media Absoluta), MSE (Error Cuadrático Medio) y el MAPE (Error Porcentual Medio Absoluto). Para medir el grado de confiabilidad del modelo de pronóstico comparando lo pronosticado con el real, se hizo el seguimiento comparando lo pronosticado del 2012 versus el real del mismo año y de forma mensual. A continuación, en el Tabla 69 se muestra el resultado del intervalo, teniendo mayor detalle en el Anexo 13.

Con 2.91% de error porcentual medio absoluto (MAPE), consideramos que este modelo es una herramienta confiable al tener poco margen de error.

Tabla 69. Indicadores de Error

Mes	Real	Pronostico	MAD Desv	MSE (Error)^2	MAPE 100x(Error /real)
Ene	5,382	5,492	110	12,030	2.04%
Feb	5,307	4,946	361	130,381	6.80%
Mar	5,699	5,490	209	43,626	3.67%
Abr	5,681	5,494	187	35,008	3.29%
May	5,749	5,834	85	7,220	1.48%
Jun	5,547	5,713	166	27,649	3.00%
Jul	5,910	6,212	302	91,237	5.11%
Ago	6,182	6,228	46	2,128	0.75%
Sep	5,896	5,860	36	1,285	0.61%
Oct	6,251	5,952	299	89,115	4.78%
Nov	6,019	5,869	150	22,595	2.50%
Dic	6,144	6,088	56	3,169	0.92%
			167	38,787	2.91%

Elaboración propia

4.4.5. Modelo de pronóstico de simultaneidad y personal (I)

De la misma manera que el pronóstico de operaciones, se utilizó data histórica correspondiente al 2010 y 2011. El indicador fue los picos de máxima simultaneidad de vuelos por intervalos de 4 horas durante un día de trabajo. En la figura 26, se aprecia como para el intervalo C, se tiene una máxima de 30 simultaneidades y se mantiene siempre todos los años, a este pico se le denomina Hub de día. Este modelo se basa en 10 variables dependientes los cuales se describen a continuación

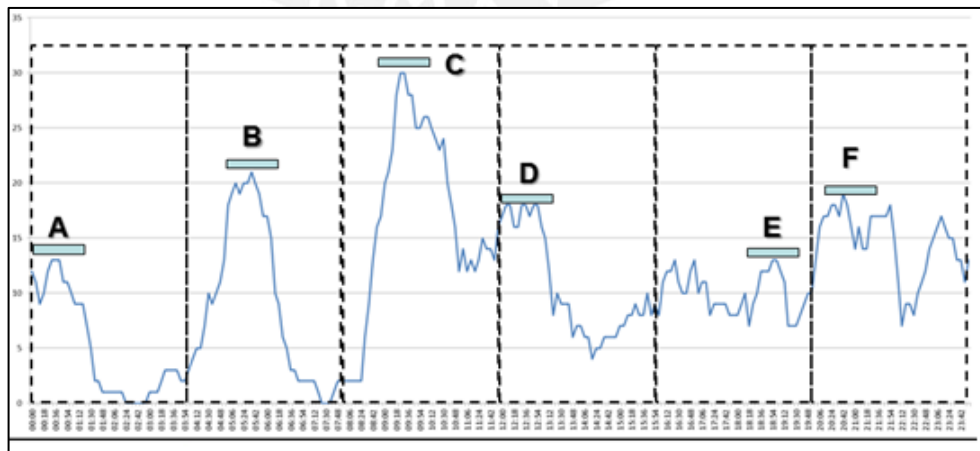


Figura 26: Comportamiento típico de las simultaneidades en el Aeropuerto de Lima
Elaboración propia

- a) **Capacidad de atención actual del aeropuerto:** Es la cantidad de PEAS disponibles para operar entre estacionamientos con mangas y remotas. En la Tabla 70 se observa la disponibilidad actual.

Tabla 70. Posiciones de estacionamiento disponible

Estacionamiento	Cantidad
PLB (manga)	19
Remoto	24
Capacidad Total	43

Elaboración propia

- b) **Nivel de servicio general ofrecido:** El nivel de servicio se conceptualiza normalmente como el grado en que se cubre la demanda. En el modelo la división de la oferta entre la demanda, define qué cantidad se deja de atender y como será cubierto el faltante; con horas extras o castigando la efectividad de la operación.
- c) **Proporción de personal por áreas variables:** Viene a ser la relación porcentual de la cantidad de personal por cada área con respecto al total, en la Tabla 71 se aprecia la distribución actual.

Tabla 71. Proporción de personal por áreas

Área	Porcentaje
ATA 378	55.74%
Siberia-Counter	22.21%
Limpieza de Cabina	17.00%
Aduanas	5.05%
Recurso Total	100.00%

Elaboración propia

- d) **Estacionalidad total:** Se obtuvo aplicando el método de patrones estacionales a las máximas simultaneidades desde enero del 2010 hasta diciembre del 2012.
- e) **Crecimiento anual:** Se consideran los mismos porcentajes de crecimiento anual derivados del análisis de PIB, esto se demuestra gracias a la prueba estadística de correlación entre simultaneidad y operaciones, en el cual se aplicó la Prueba de Pearson²⁶ obteniendo una correlación del 92.4%, demostrando que ambos tienen el mismo comportamiento proporcional y por lo tanto los mismos crecimientos.

²⁶ (b) El coeficiente de correlación de Pearson es un índice que mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza, es independiente de la escala de medida de las variables. El valor del índice de correlación varía en el intervalo [-1,1].

- f) **Estacionalidad – TACO:** En el presente modelo se tiene por separado a TACO debido a su máxima simultaneidad que determina la cantidad de grupos volantes a ser usados en la operación.
- g) **Proporción de simultaneidades por intervalo:** Se realizó un estudio complementario donde se toma la máxima simultaneidad del día que siempre se presenta desde las 08:00 hasta las 12:00 y se extrae una proporción con respecto a las demás agrupándolas jerárquicamente. El dato que se tiene en el modelo es el promedio de los 03 últimos meses debido a que la operación siempre está sujeta a posibles cambios en los comportamientos por lo cual se recomienda siempre tomar datos recientes porque ir muy atrás puede ensuciar de cierta forma estos valores.
- h) **Proporción de grupos NB y WB en ATA:** Es una proporción histórica según lo reportado en el capacity meses atrás de cuantos grupos del total de ATA son compuestos para la atención de vuelos Narrow Body y Wide Body y se aprecia en la Tabla 72.

Tabla 72. Proporción de grupos NB y WB en la atención en tierra (general)

Grupo	Porcentaje
NB	61.54%
WB	38.46%
	100.00%

Elaboración propia

- i) **Composición de grupos NB, WB y Cargueros en ATA.-** Es la composición de los grupos que está conformada por 07 personas en total incluido el descanso rotativo, obteniendo siempre 06 personas operativas para el caso de los NB y WB. Para los cargueros están directamente ligados al ítem “Apoyo Carguero” que normalmente es un grupo que está disponible en el día para la atención de solo vuelos cargueros sujeto a sus propios itinerarios. En la Tabla 73 se aprecia la composición por puesto y su respectiva proporción.

Tabla 73. Composición estándar de los grupos de atención

Puesto	Narrow Body		Wide Body		Cargueros	
	Q	Porcentaje	Q	Porcentaje	Q	Porcentaje
Operador 04	1	14.29%	1	14.29%	2	14.29%
Operador 03	1	14.29%	1	14.29%	0	0.00%
Operador 02	0	0.00%	2	28.57%	2	14.29%
Operador 01	2	28.57%	2	28.57%	4	28.57%
Auxiliar	3	42.86%	1	14.29%	6	42.86%

Elaboración propia

Luego de obtener las variables, se tomó como pivót al intervalo de tiempo mencionado anteriormente (08:00 – 12:00); con el crecimiento anual calculado en el análisis de PIB y la estacionalidad se tiene un modelo proyectado al 2017. Para completar los otros 05 intervalos restantes se utiliza la proporción establecida en el punto “h” agregando también al total la cantidad máxima de aviones en simultáneo de TACO, el cual sirve para obtener la cantidad de grupos volantes en el modelo final. Finalmente con esta información se diseñó un modelo de programación lineal (ver Anexo 14: Modelo de Pronostico) que convierte estos datos en número de grupos operativos de ATA como se observa en las Tablas 74, 75, 76 y 77.

a) Variables

Tabla 74. Lista de variables del modelo de programación

X_1 = Cantidad de grupos en turno de día
 X_2 = Cantidad de grupos en turno de tarde
 X_3 = Cantidad de grupos en turno de noche
 V_1 = Cantidad de grupos volante de TACO

Elaboración propia

b) Función Objetivo

Se buscará minimizar la cantidad de grupos cubriendo la demanda de simultaneidades establecidas.

Tabla 75. Función Objetivo

$Z = \text{Minimizar } X_1 + X_2 + X_3 + V_1$

Elaboración propia

c) Restricciones

Tabla 76. Restricciones del modelo

1	$X_3 \geq$ Cantidad de vuelos en simultáneo en el intervalo de 00:00 - 04:00
2	$X_3 \geq$ Cantidad de vuelos en simultáneo en el intervalo de 04:00 - 08:00
3	$X_1 + V_1 \geq$ Cantidad de vuelos en simultáneo en el intervalo de 08:00 - 12:00
4	$X_1 + V_1 \geq$ Cantidad de vuelos en simultáneo en el intervalo de 12:00 - 16:00
5	$X_2 + V_1 \geq$ Cantidad de vuelos en simultáneo en el intervalo de 16:00 - 20:00
6	$X_2 + V_1 \geq$ Cantidad de vuelos en simultáneo en el intervalo de 20:00 - 00:00
7	$V_1 \geq$ Cantidad de vuelos en simultáneo de TACO

Elaboración propia

d) Rango de existencia

Tabla 77. Rango de Existencia

$X_i \geq 0, \quad i = 1,2,3$
 $V_j \geq 0, \quad j = 1$

Elaboración propia

Después de correr este modelo en el Solver de Excel se obtiene la cantidad de grupos operativos, que al multiplicar por 7 resulta la cantidad de personal necesario total en ATA incluyendo descansos, luego se calcula una proporción para cada área según los porcentajes definidos. Dentro del modelo, el personal está clasificado en dos categorías:

- **Área de trabajo:** se divide en personal variable, que se definen como los que están directamente ligados a las fluctuaciones de la demanda mensual y en contraste tenemos al personal fijo, los cuales son los que no se relacionan a los itinerarios.
- **Puestos de trabajo:** comprende la clasificación según puesto y funciones que desempeña cada personal dentro de un área y que están en la planilla.

Cabe resaltar que la cantidad de operadores y auxiliares son obtenidos por las proporciones descritas en las variables. De forma adicional se agregaron factores como rotación de personal, ausentismos y vacaciones programadas por el área de recursos humanos.

4.4.6. Modelo de pronóstico de simultaneidad y personal (II)

Este modelo pretende calcular la cantidad de personal por vacaciones, despido, ingreso o por horas extras, teniendo como objetivo minimizar el costo anual de estas actividades, logrando de esta forma complementar el modelo de pronóstico de personal en el punto anterior.

a) Lógica de cálculo

Se usa la lógica de programación agregada de un plan de producción tradicional, asumiendo que en este caso nuestro producto sería la cantidad de FTE mensual como se ve en la Tabla 78. A esta ecuación se agrega como restante cada mes la cantidad de personal enviado a vacaciones mensualmente, considerando su regreso el siguiente mes.

Tabla 78. Lógica de cálculo

$$Inv. Inicial_{i-1} = Producción_i + Producción (h. extras)_i - Inv. Final_i = Demanda_i$$

Donde $i = 1, 2, 3 \dots, 12$ (meses del año)

Elaboración propia

b) Variables

La formulación matemática del modelo utiliza 48 variables, distribuidas en 4 grupos como se observa en la Tabla 79.

Tabla 79. Lista de variables del modelo de programación

I_i = Cantidad de personal que se contrata en el mes i del 2013 D_i = Cantidad de personal que se despide en el mes i del 2013. V_i = Cantidad de personal que se asignan vacaciones en el mes i del 2013. H_i = Cantidad de horas extras en el mes i del 2013

Dónde: $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$ (meses del año)

Elaboración propia

c) Función Objetivo

Se buscará minimizar el costo anual de contratación, despido, vacaciones y horas extras cumpliendo las restricciones establecidas. Para poder armar la esta función objetivo, hay que considerar los costos asociados las acciones descritas y que se buscan minimizar como se ve en las Tablas 80 y 81.

Con la procedencia de estos costos explicados se procede a presentar la formulación de la ecuación objetivo que se aprecia en la Tabla 82.

Tabla 80. Cálculo del costo por planilla y horas extras

Tipo	Salario + Costo Social	% de FTE requerido	Hora extra	Costo x hora	%
Operador 4	S/. 2,212.50	8.11%	Al 25%	S/. 7.10	42.98%
Operador 3	S/. 1,762.50	7.76%	Al 35%	S/. 7.67	39.79%
Operador 2	S/. 1,312.50	7.17%	Al 100%	S/. 11.36	17.23%
Operador 1	S/. 1,237.50	23.37%			
Auxiliar	S/. 1,237.50	53.59%			
			Costo hora promedio	S/. 5.68	
Costo planilla promedio		S/. 1,362.69	Costo hora extra promedio		S/. 8.06

Elaboración propia

Tabla 81. Otros costos relacionados

Tipo de Costo	Monto
Contratar	S/. 1,250.00
Despedir	S/. -
Vacaciones	S/. 1,362.69

Elaboración propia

Tabla 82. Función Objetivo

$$\begin{aligned}
 Z = \text{Minimizar} \quad & 2,612.73I_1 + 2,612.73I_2 + 2,612.73I_3 + 2,612.73I_4 + \\
 & 2,612.73I_5 + 2,612.73I_6 + 2,612.73I_7 + 2,612.73I_8 + \\
 & 2,612.73I_9 + 2,612.73I_{10} + 2,612.73I_{11} + 2,612.73I_{12} + \\
 & 0D_1 + 0D_2 + 0D_3 + 0D_4 + \\
 & 0D_5 + 0D_6 + 0D_7 + 0D_8 + \\
 & 0D_9 + 0D_{10} + 0D_{11} + 0D_{12} + \\
 & 1,362.73V_1 + 1,362.73V_2 + 1,362.73V_3 + 1,362.73V_4 + \\
 & 1,362.73V_5 + 1,362.73V_6 + 1,362.73V_7 + 1,362.73V_8 + \\
 & 1,362.73V_9 + 1,362.73V_{10} + 1,362.73V_{11} + 1,362.73V_{12} + \\
 & 8.06H_1 + 8.06H_2 + 8.06H_3 + 8.06H_4 + \\
 & 8.06H_5 + 8.06H_6 + 8.06H_7 + 8.06H_8 + \\
 & 8.06H_9 + 8.06H_{10} + 8.06H_{11} + 8.06H_{12}
 \end{aligned}$$

Elaboración propia

d) Restricciones

Se formularan las siguientes restricciones por mes y se igualarán a la necesidad de FTE mensual proyectado (mostrándose, la ecuación completa y abajo la resuelta). Una restricción adicional se añadirá para delimitar la cantidad de personal a ser enviado a vacaciones.

Cabe señalar que el factor de conversión de hora extra el cual se resumen que 1FTE = 0.0048 horas extras. Todo esto se observa claramente en la Tabla 83.

Tabla 83. Restricciones del modelo

1	$758 + I_1 - D_1 - V_1 + 0.0048H_1 = 758;$ $I_1 - D_1 - V_1 + 0.0048H_1 = 0$
2	$758 + I_1 + I_2 - D_2 + V_1 - V_2 + 0.0048H_2 = 741;$ $I_1 + I_2 - D_2 + V_1 - V_2 + 0.0048H_2 = -17$
3	$741 + I_1 + I_2 + I_3 - D_3 + V_2 - V_3 + 0.0048H_3 = 758;$ $I_1 + I_2 + I_3 - D_3 + V_2 - V_3 + 0.0048H_3 = 17$
4	$758 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 - D_4 + V_3 - V_4 + 0.0048H_4 = 711;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 - D_4 + V_3 - V_4 + 0.0048H_4 = -47$
5	$711 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 - D_5 + V_4 - V_5 + 0.0048H_5 = 758;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 - D_5 + V_4 - V_5 + 0.0048H_5 = 47$
6	$758 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 - D_6 + V_5 - V_6 + 0.0048H_6 = 741;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 - D_6 + V_5 - V_6 + 0.0048H_6 = -17$
7	$741 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 - D_7 + V_6 - V_7 + 0.0048H_7 = 821;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 - D_7 + V_6 - V_7 + 0.0048H_7 = 80$
8	$821 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 - D_8 + V_7 - V_8 + 0.0048H_8 = 791;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 - D_8 + V_7 - V_8 + 0.0048H_8 = -30$
9	$791 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 - D_9 + V_8 - V_9 + 0.0048H_9 = 821;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 - D_9 + V_8 - V_9 + 0.0048H_9 = 30$
10	$821 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} - D_{10} + V_9 - V_{10} + 0.0048H_{10} = 821;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} - D_{10} + V_9 - V_{10} + 0.0048H_{10} = 0$
11	$821 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11} - D_{11} + V_{10} - V_{11} + 0.0048H_{11} = 758;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11} - D_{11} + V_{10} - V_{11} + 0.0048H_{11} = -63$
12	$758 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11} + I_{12} - D_{12} + V_{11} - V_{12} + 0.0048H_{12} = 821;$ $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11} + I_{12} - D_{12} + V_{11} - V_{12} + 0.0048H_{12} = 63$
13	$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 + V_{10} + V_{11} + V_{12} = 247$

Elaboración propia

e) Rango de existencia

El rango figura en la Tabla 84.

Tabla 84. Rango de Existencia

$I_i, D_i, H_i, V_i, \geq 0, \quad i = 1,2,3 \dots 12$
--

Elaboración propia

f) Resultados

Después de resolver el modelo planteado con el complemento Solver de Excel, se obtiene la siguiente solución desagregada en la Tabla 85 mes a mes, con un costo total anual **S/. 354,388**, el cual resulta ser el costo mínimo que se puede aplicar cumpliendo todas las restricciones planteadas sin considerar el costo de planilla. Por otro lado, en la Figura 27 se aprecia el movimiento de la curva FTE a lo largo del año 2003.

Tabla 85. Plan de vacaciones, ingreso, despido y horas extras

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Requerido	758	741	758	711	758	741	821	791	821	821	758	821
Ingreso	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vacaciones	0	9	7	68	35	66	0	16	0	0	49	0
Despido	0	9	0	0	0	0	0	29	0	15	29	0
Personal por HE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	758	741	780	779	793	807	821	778	821	806	778	821

Elaboración propia

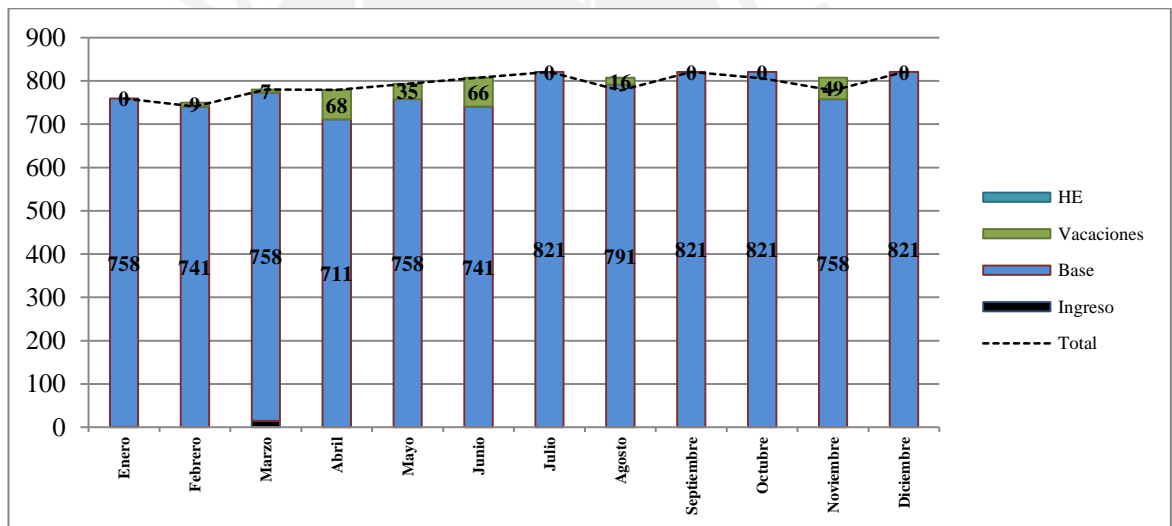


Figura 27: Comportamiento anual 2013
Elaboración propia

4.5. Algoritmo para cálculo y distribución de personal

Esta propuesta abarca la parte operativa del servicio a diferencia de las 3 propuestas anteriores que están enfocadas a la planificación. Para comenzar, definiremos los objetivos y consideraciones de la propuesta, luego, veremos el desarrollo del algoritmo para la asignación de personal, más adelante plantearé métodos de trabajo para cuadrillas de distintos tamaños y finalmente se integrará todo en un procedimiento que tome en cuenta la nueva forma de asignar personal a un servicio.

4.5.1. Objetivos

Los objetivos de esta propuesta son:

- Mostrar un algoritmo que permita calcular el tamaño de cuadrilla adecuado para determinado tipo de vuelo, de modo que se haga más eficiente la asignación de personal.
- Armar una metodología de trabajo para los tres tipos de servicio (recepción, origen y turn-around), en las situaciones donde se requieran 3, 4, 5 o 6 operarios. Teniendo como base que los grupos que deben buscar formarse de 3 auxiliares y 1 líder, pudiendo luego aumentar o disminuir el tamaño del grupo.
- Establecer un procedimiento de trabajo para realizar la adecuada coordinación y asignación de personal en el centro de control de operaciones (CCO).

4.5.2. Consideraciones

Actualmente, se atienden todos los vuelos con grupos de seis personas, indiferentes a la cantidad de carga y/o equipajes, y de las posiciones que ocupan en las bodegas que se encuentran en la parte inferior de la aeronave. Debido a esto se generan 2 efectos negativos:

- Tiempos ociosos en vuelos donde se atiende con más personal del realmente necesario, con lo cual se reduce la eficiencia del servicio.
- Incumplimiento de tiempos y procedimiento cuando se tiene menos personal del necesario, lo que conlleva a reducir el nivel de servicio evaluado por el cliente o alguna demora en la salida de la aeronave.

Para esta propuesta, como se explicó en el acápite 3.2.1, se va a trabajar solo con aeronaves tipo *narrow body*, por alcance propio de la investigación y porque además estos pueden ser manejados por grupos menores a 6 operarios.

Finalmente, en el análisis se hace diferencia entre las aerolíneas ya que para TACO exige un proceso más riguroso a la hora de desagregar y conciliar el equipaje en las hojas de estiba. Por lo tanto, consideraremos LANS y PERUVIAN como un tiempo determinado y TACO con otro.

4.5.3. Desarrollo del algoritmo

Se comenzará con analizar los tiempos para estiba y desestiba, luego se mencionarán los elementos y datos adicionales para el cálculo y finalmente mediante un ejemplo se mostrará el desarrollo del algoritmo. Más detalle ver Anexo 15. Algoritmo de cuadrillas desarrollado.

a) **Análisis de tiempos para estiba y desestiba**

Se realizó un estudio de tiempos donde se tomó un mínimo de 10 muestra para cada actividad involucrada en el servicio de ATA en sus tres variantes (recepción, origen y turn-around). En las tablas 86, 87 y 88 se pueden ver el detalle de los tiempos.

Sin considerar la estiba y desestiba se tiene que para el servicio ATA – recepción se utilizan **29.12** minutos/hombre, para origen **36.55** minutos/hombre y para turn-around **50.82** minutos/hombre. Claramente el último agrupa casi todas las actividades de los 2 primeros, es por ese motivo que es más largo. Hay que tener en cuenta que minutos/hombre no es necesariamente igual a tiempo corrido de trabajo ya que hay actividades que se realizan en paralelo.

Tabla 86. Tiempos de atención para recepción

Actividades del Proceso	Muestras Tomadas (segundos)										Tiempo Prom.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Detener tráfico y parquear aeronave (alero)	250	273	221	300	274	281	243	223	265	233	256.3
Parqueo aeronave Marshall	146	168	160	179	156	151	139	187	167	142	159.5
Señalizar ingreso PEA	60	90	65	58	55	56	65	58	63	59	62.9
Colocar Conos	43	40	41	39	45	38	39	44	48	44	42.1
Colocar Calzas	50	53	54	55	50	48	55	49	53	55	52.2
Colocar Extintor	9	8	7	7	7	6	9	7	8	8	7.6
Adosar y conectar Planta eléctrica	69	63	60	58	64	68	63	70	69	65	64.9
Adosar Escalera	60	54	55	62	56	69	73	54	63	69	61.5
Abrir Bodega Delantera (BD)	11	10	11	11	10	13	10	10	12	11	10.9
Abrir Bodega Posterior (BP)	10	10	10	9	10	12	13	11	12	12	10.9
Adosar Faja a BD	40	40	47	52	54	42	44	43	46	42	45
Adosar Faja a BP	40	38	49	50	51	48	52	50	47	38	46.3
Colocar guía Faja BD	41	40	42	52	54	42	44	43	46	42	44.6
Colocar guía Faja BP	41	38	41	50	51	48	52	50	47	38	45.6
Desenmallar BD	12	11	12	12	10	12	10	11	11	12	11.3
Desenmallar BP	8	7	7	10	15	9	11	13	11	11	10.2
Adosar Carretas vacías BD	21	22	20	21	19	25	22	23	21	28	22.2
Adosar Carretas vacías BP	23	25	25	27	25	27	26	27	26	27	25.8
Adosar Dollies vacíos BD	22	25	23	21	25	24	26	24	24	22	23.6
Adosar Dollies vacíos BP	23	26	22	26	22	24	27	25	28	28	25.1
Desestibar BD											
Desestibar BP											
Retirar Carretas llenas BD	20	19	22	25	23	24	23	26	25	25	23.2
Retirar Carretas llenas BP	23	23	25	24	26	23	24	23	25	26	24.2
Retirar Dollies llenos BD	59	80	65	67	74	77	68	70	69	75	70.4
Retirar Dollies llenos BP	60	90	78	79	67	83	75	79	71	73	75.5
Enmallar BD	15	20	18	17	16	16	16	15	17	20	17
Enmallar BP	19	17	16	14	17	17	18	17	19	20	17.4
Retirar Faja BD	29	31	30	31	26	28	26	27	31	30	28.9
Retirar Faja BP	25	29	39	26	25	25	28	23	22	25	26.7
Cerrar Bodega Delantera (BD)	10	10	11	9	10	10	10	11	10	10	10.1
Cerrar Bodega Posterior (BP)	11	10	11	10	9	10	10	9	11	11	10.2
Verificar Documentos	455	350	400	420	500	423	456	502	432	503	444.1
											1776.2

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

Tabla 87. Tiempos de atención para origen

Actividades del Proceso		Muestras Tomadas (segundos)										Tiempo Prom.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Adosar y conectar	Planta eléctrica	69	63	60	58	64	68	63	70	69	65	64.9
Adosar	Escalera	60	54	55	62	56	69	73	54	63	69	61.5
Abrir	Bodega Delantera (BD)	11	10	11	11	10	13	10	10	12	11	10.9
Abrir	Bodega Posterior (BP)	10	10	10	9	10	12	13	11	12	12	10.9
Adosar	Faja a BD	40	40	47	52	54	42	44	43	46	42	45.0
Adosar	Faja a BP	40	38	49	50	51	48	52	50	47	38	46.3
Colocar guía	Faja BD	41	40	42	52	54	42	44	43	46	42	44.6
Colocar guía	Faja BP	41	38	41	50	51	48	52	50	47	38	45.6
Desenmallar	BD	12	11	12	12	10	12	10	11	11	12	11.3
Desenmallar	BP	8	7	7	10	15	9	11	13	11	11	10.2
Adosar	Carretas llenas BD	20	21	23	22	22	21	23	25	23	21	22.1
Adosar	Carretas llenas BP	21	22	21	25	24	25	22	23	21	21	22.5
Adosar	Dollies llenos BD	48	51	51	52	49	49	50	51	52	53	50.6
Adosar	Dollies llenos BP	36	48	40	45	46	49	43	44	46	45	44.2
Estibar	BD											
Estibar	BP											
Retirar	Carretas vacías BD	23	23	21	22	24	26	25	24	23	22	23.3
Retirar	Carretas vacías BP	23	23	24	26	23	21	22	24	23	23	23.2
Retirar	Dollies vacíos BD	21	20	19	22	23	21	22	25	23	25	22.1
Retirar	Dollies vacíos BP	25	22	24	26	21	23	22	22	23	23	23.1
Enmallar	BD	15	20	18	17	16	16	16	15	17	20	17.0
Enmallar	BP	19	17	16	14	17	17	18	17	19	20	17.4
Retirar	Faja BD	29	31	30	31	26	28	26	27	31	30	28.9
Retirar	Faja BP	25	29	39	26	25	25	28	23	22	25	26.7
Cerrar	Bodega Delantera (BD)	10	10	11	9	10	10	10	10	11	10	10.1
Cerrar	Bodega Posterior (BP)	11	10	11	10	9	10	10	9	11	11	10.2
Enganchar	Barra de tiro a aeronave	49	45	47	47	41	51	43	47	49	48	46.7
Retirar	Conos	32	33	30	31	34	33	31	30	30	32	31.6
Retirar	Calzas	40	39	42	41	43	40	41	43	38	40	40.7
Retirar	Extintor	7	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6.2
Señalizar	Salida (alero)	500	410	455	489	516	478	490	513	467	521	483.9
Remolcar	Aeronave	500	410	455	489	516	478	490	513	467	521	483.9
Verificar	Documentos	455	350	400	420	500	423	456	502	432	503	444.1
											2229.7	

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

Las actividades de estiba y desestiba no se consideran porque vendrían a ser los tiempos variables que dependen directamente de la cantidad de equipaje y/o carga que presente la aeronave y es el que realmente defina la cantidad real de personal para trabajar. Podemos hallar los tiempos mediante la siguiente fórmula (Ver Tabla 89 y 90) y sus componentes, los cuales varían para TACO y las otras 2 aerolíneas.

Tabla 88. Tiempos de atención para turn-around

Sec.	Actividades del Proceso	Muestras Tomadas (segundos)										Tiempo Prom.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Detener tráfico y parqupear aeronave (alero)	250	273	221	300	274	281	243	223	265	233	256.3
1	Parqueo aeronave Marshall	146	168	160	179	156	151	139	187	167	142	159.5
2	Señalizar ingreso PEA	60	90	65	58	55	56	65	58	63	59	62.9
3	Colocar Conos	43	40	41	39	45	38	39	44	48	44	42.1
4	Colocar Calzas	50	53	54	55	50	48	55	49	53	55	52.2
4	Colocar Extintor	9	8	7	7	7	6	9	7	8	8	7.6
3	Adosar y conectar Planta eléctrica	69	63	60	58	64	68	63	70	69	65	64.9
5	Adosar Escalera	60	54	55	62	56	69	73	54	63	69	61.5
6	Abrir Bodega Delantera (BD)	11	10	11	11	10	13	10	10	12	11	10.9
6	Abrir Bodega Posterior (BP)	10	10	10	9	10	12	13	11	12	12	10.9
7	Adosar Faja a BD	40	40	47	52	54	42	44	43	46	42	45
7	Adosar Faja a BP	40	38	49	50	51	48	52	50	47	38	46.3
7	Colocar guía Faja BD	41	40	42	52	54	42	44	43	46	42	44.6
7	Colocar guía Faja BP	41	38	41	50	51	48	52	50	47	38	45.6
8	Des-enmallar BD	12	11	12	12	10	12	10	11	11	12	11.3
8	Des-enmallar BP	8	7	7	10	15	9	11	13	11	11	10.2
9	Adosar Carretas R vacías BD	21	22	20	21	19	25	22	23	21	28	22.2
9	Adosar Carretas R vacías BP	23	25	25	27	25	27	26	27	26	27	25.8
10	Adosar Dollies R vacíos BD	22	25	23	21	25	24	26	24	24	22	23.6
11	Adosar Dollies R vacíos BP	23	26	22	26	22	24	27	25	28	28	25.1
12	Desestibar BD											
12	Desestibar BP											
13	Retirar Carretas R llenas BD	20	19	22	25	23	24	23	26	25	25	23.2
14	Retirar Carretas R llenas BP	23	23	25	24	26	23	24	23	25	26	24.2
15	Retirar Dollies R llenos BD	59	80	65	67	74	77	68	70	69	75	70.4
16	Retirar Dollies R llenos BP	60	90	78	79	67	83	75	79	71	73	75.5
17	Adosar Carretas O llenas BD	20	21	23	22	22	21	23	25	23	21	22.1
18	Adosar Carretas O llenas BP	21	22	21	25	24	25	22	23	21	21	22.5
19	Adosar Dollies O llenos BD	48	51	51	52	49	49	50	51	52	53	50.6
20	Adosar Dollies O llenos BP	36	48	40	45	46	49	43	44	46	45	44.2
21	Estibar BD											
21	Estibar BP											
22	Retirar Carretas O vacías BD	23	23	21	22	24	26	25	24	23	22	23.3
23	Retirar Carretas O vacías BP	23	23	24	26	23	21	22	24	23	23	23.2
24	Retirar Dollies O vacíos BD	21	20	19	22	23	21	22	25	23	25	22.1
25	Retirar Dollies O vacíos BP	25	22	24	26	21	23	22	22	23	23	23.1
26	Enmallar BD	15	20	18	17	16	16	16	15	17	20	17
27	Enmallar BP	19	17	16	14	17	17	18	17	19	20	17.4
28	Retirar Faja BD	29	31	30	31	26	28	26	27	31	30	28.9
29	Retirar Faja BP	25	29	39	26	25	25	28	23	22	25	26.7
30	Cerrar Bodega Delantera (BD)	10	10	11	9	10	10	10	10	11	10	10.1
31	Cerrar Bodega Posterior (BP)	11	10	11	10	9	10	10	9	11	11	10.2
32	Enganchar Barra de tiro a aeronave	49	45	47	47	41	51	43	47	49	48	46.7
33	Retirar Conos	32	33	30	31	34	33	31	30	30	32	31.6
34	Retirar Calzas	40	39	42	41	43	40	41	43	38	40	40.7
33	Retirar Extintor	7	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6.2
35	Señalizar Salida (alero)	500	410	455	489	516	478	490	513	467	521	483.9
35	Remolcar Aeronave	500	410	455	489	516	478	490	513	467	521	483.9
35	Verificar Documentos	455	350	400	420	500	423	456	502	432	503	444.1
												3100.3
												947.5

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

Tabla 89. Fórmula y componentes para calcular tiempos de desestiba

Código	Actividad	Tiempo Observado (seg/p)	
		Lans y Peruvian	Taco
A	Colocar carga de la bodega en la faja	5.00	5.63
C1	Traslado 1° carga en la faja	30.33	30.33
B	Colocar carga de la faja en el dolly	5.45	5.20
D	Colocar equipaje de la bodega en faja	5.23	5.65
C2	Traslado 1° equipaje en la faja	30.33	30.33
E	Colocar equipaje de la faja en la CE	4.76	7.55
$[(A+C1) + (B*#Cg)] + [(D+C2) + (E*#Eq)]$			Eq: Equipaje Cg: Carga

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

Tabla 90. Fórmula y componentes para calcular tiempos de estiba

Código	Actividad	Tiempo Observado (seg/p)	
		Lans y Peruvian	Taco
F	Colocar carga del dollie en la faja	5.15	5.88
H1	Traslado 1° carga en la faja	30.33	30.33
G	Colocar la carga de la faja en la bodega	5.00	5.88
I	Colocar equipaje de la CE en la faja	4.62	10.75
H2	Traslado 1° equipaje en la faja	30.33	30.33
J	Colocar equipaje de la faja en la bodega	4.42	6.85
$[(F+H1) + (G*#Cg)] + [(I+H2) + (J*#Eq)]$			Eq: Equipaje Cg: Carga

Fuente: Área de Ingeniería – ABC Servicios Aeroportuarios (2012)

La forma como se calcula la fórmula es tomando en cuenta solo el 1° equipaje o carga con el que se comienza a trabajar. Es decir, para la desestiba, se coloca la 1° carga de la bodega a la faja, luego esta, en trasladarse se toma 30 segundos porque no hay maletas delante. Una vez recibida se coloca la carga en el dolly y se multiplica este tiempo por el número de carga restantes sin tomar en cuenta que simultáneo se sigue todavía pasando carga a la faja.

b) Elementos adicionales al cálculo

A continuación describiremos todos los elementos utilizados para el cálculo del tiempo necesario para la estiba y desestiba:

- **Tiempo de tierra:** es el tiempo que el avión debe permanecer en tierra desde que se estaciona. Por lo tanto, la operación se debe ceñir a este tiempo y no excederlo, de lo contrario se genera un SNC de incumplimiento de tiempos.
- **Tipo de aerolínea:** me permite seleccionar tiempos de estibas y desestibas distintos ya que TACO tiene tiempos mayores a LANS y PERUVIAN.
- **Tipo de aeronave,** permite la cantidad de bodegas de las que dispone la aeronave así como la capacidad de estas.

- **Tipo de recorrido:** nos da el tiempo de permanencia en tierra permitido por contrato para la aeronave.
- **Contenido bodegas:** es la información recibida antes que llegue la aeronave y sobre esto se realiza el cálculo de tiempo de estiba y desestiba respectivo.
- **Peso promedio:** es el peso en kilos promedio de una unidad de carga y/o equipaje.

Toda esta información es necesario ingresarla en la hoja de cálculo para realizar el cálculo, de lo contrario se obtienen un resultado erróneo.

c) Procedimiento de cálculo

Para el procedimiento tomamos el caso de servicios turn-around porque siempre se acompaña una recepción de un origen a la hora de estibar y desestibar. Además, el vuelo es de la aerolínea LANS, aeronave A319 con ruta doméstica. En las tablas 91 y 92 se aprecia el desarrollo.

Tabla 91. Calculo de tiempo necesario para la estiba

ESTIBA									
	Bodega Delantera				Bodega Posterior			Total	
	11	12			51	42	41		
	1000	1200			1500	1700	1350	6750	
Carga Kg	800	600						1400	
Equipaje Kg	200	300						500	
Carga Kg					0	0	0	0	
Equipaje Kg					400	400	500	1300	
								3200	
	Peso Prom						¿Excede?		NO
Carga	15								
Equipaje	15								
	Delante		Posterior						
Carga Un	93		0						
Equipaje Un	33		87						
	ESTIBA						Tiempo Total Estiba		
	F	5.2					Delante		Seg Min
	H1	30.3					Posterior		
	G	5.0					684		
	I	4.6					453		
	H2	30.3					12		
	J	4.4					8		

Elaboración propia

Tabla 92. Calculo de tiempo necesario para la desestiba

DESESTIBA								
					Bodega Posterior			Total
	11	12			51	42	41	
	1000	1200			1500	1700	1350	5750
Carga Kg	500	800						1300
Equipaje Kg	400	400						800
Carga Kg					0	0	200	200
Equipaje Kg					800	600	500	1900
								4200
	Peso Prom				¿Excede?			NO
Carga	15							
Equipaje	15							
	Delante		Posterior					
Carga Un	87		13					
Equipaje Un	53		127					
	DESESTIBA				Tiempo Total Estiba			
	A	5.0			Delante	Posterior		
	C1	30.3			797	746		Seg
	B	5.5			14	13		Min
	D	5.2						
	C2	30.3						
	E	4.8						

Elaboración propia

Para comenzar se ingresa la información a la hoja de cálculo para la estiba y desestiba como se aprecia en la Tabla 93. De esta se obtiene que para esta cantidad de unidades de equipaje y carga se requiere:

- **Estiba:** 12 minutos de trabajo en la bodega delantera y 8 minutos de trabajo en la bodega posterior
- **Desestiba:** 14 minutos de trabajo en la bodega delantera y 13 minutos de trabajo en la bodega posterior.

Tabla 93. Calculo de personal necesario

TIEMPOS				
	Tiempos			
Tiempo en tierra	30.0			
Tiempo FIJO	15.8			
	14.2			
	Tiempos restantes		T. Delante	T. Posterior
Tiempo ESTIBA	7.1		12	8
Tiempo DESESTIBA	7.1		14	13
	Relación D	Relación P	Mayor	Redondeo
Personal ESTIBA	1.7	1.1	1.7	2.0
Personal DESESTIBA	2.0	1.8	2.0	2.0

Elaboración propia

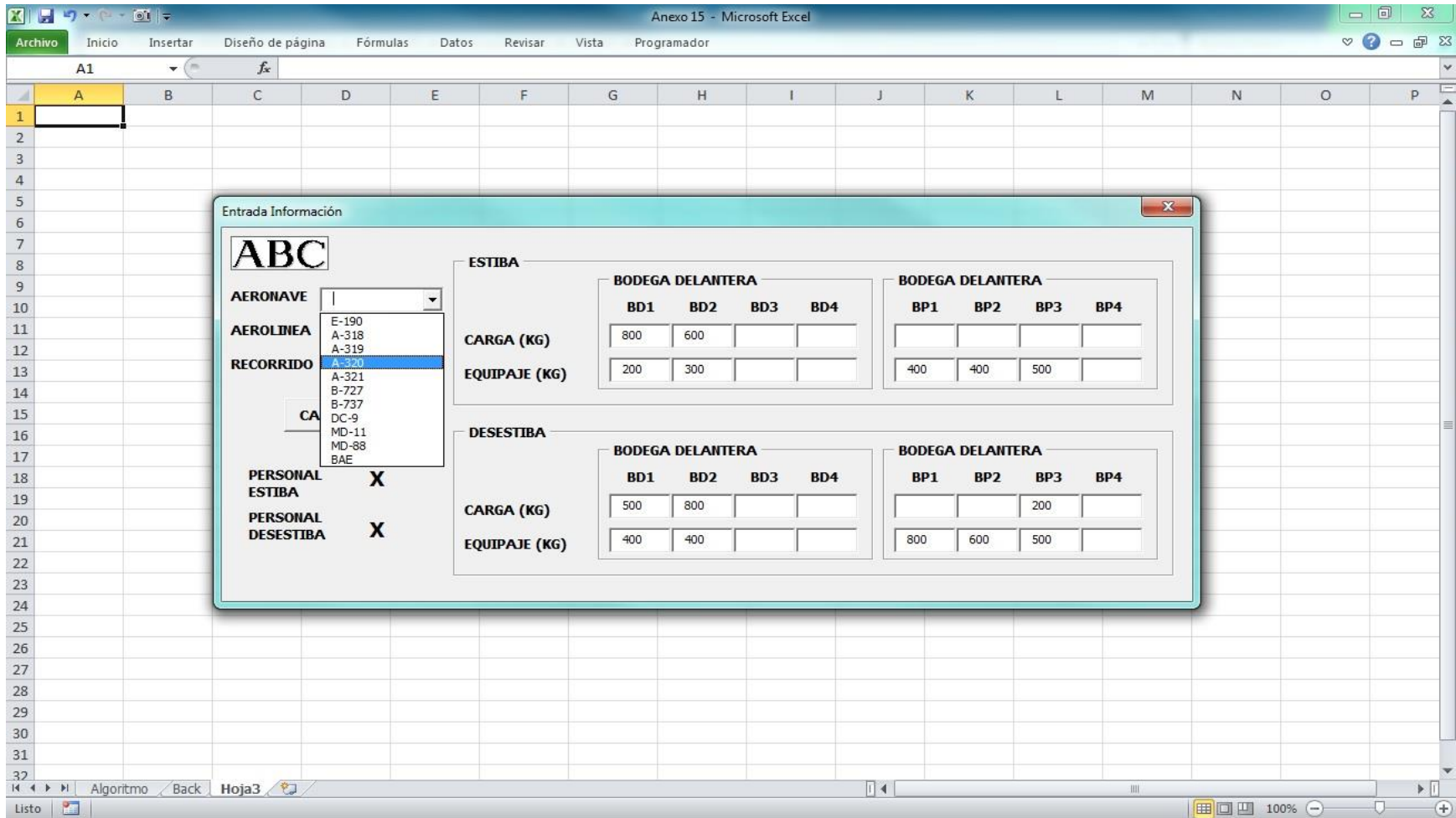


Figura 28: Modelo de Macro utilizada para el algoritmo de cuadrilla
Elaboración propia

Teniendo en cuenta que este vuelo solo puede estar en tierra durante 30 minutos y 15.8 de estos se necesitan en actividades de duración FIJA, nos queda 14.2 minutos repartidos en 7.1 para cada una de las 2 bodegas de la aeronave.

En la tabla 92 vemos que partir de esta restricción obtenemos la relación de tiempo entre lo necesario y disponible. De esta manera para estiba tenemos que se requiere 1.7 y 1.1 de personal y para la desestiba 2.0 y 1.8, tomando el mayor en ambos casos para asegurar por exceso el servicio, quedamos con la necesidad de tener 2 personas tanto para la estiba como la desestiba. Finalmente en la Figura XX se observa la macro de Excel desarrollada para correr el algoritmo.

4.5.4. Estructura de las cuadrillas

Como se aprecia en el acápite anterior, las cuadrillas de trabajo tienen cantidades variables de personal para realizar el servicio. Por ello es necesario armar métodos de trabajo de 3, 4 y 5 operarios para cada uno de los tipos de vuelo: Recepción, Origen y Turn-around.

Para vuelos de Recepción los métodos se ven en las Tablas 94, 95 y 96:

Tabla 94. Método de trabajo para cuadrillas de 3 operarios – Recepción

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T
Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Marshall)	3
Elementos Safety (Conos) / Planta Eléctrica (si se solicita)	1.5	Elementos Safety (Calzas y Extintor) / Planta Eléctrica (si se solicita)	1.5	Parqueo (Marshall)	1.5
Adosamiento de FT (BP)	3	Adosamiento de FT (BD)	3	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5
				Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1.5
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5		
Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5
Retiro de FT BP	1	Retiro de FT BD	1	Coloca mallas y cierra bodega	1
Temas Documentales	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2

Elaboración propia

Tabla 95. Método de trabajo para cuadrillas de 4 operarios – Recepción

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T	Operario 3	T
Tiempo Muerto	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Marshall)	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3
Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Parqueo (Marshall)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5
Adosamiento de FT (BP) / Suben barandas	1.5	Adosamiento de FT (BD) / Suben barandas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5
Tiempo Muerto	1	Tiempo Muerto	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5				
Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5
Temas Documentales	2	Retiro de FT BD	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Coloca mallas y cierra bodega	1
		Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro de FT BP	1

Elaboración propia

Tabla 96. Método de trabajo para cuadrillas de 5 operarios – Turn-around

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T	Operario 3	T	Operario 4	T
Tiempo Muerto	3	Tiempo Muerto	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Marshall)	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3
Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Parqueo (Marshall)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5
Adosamiento de FT (BP) / Suben barandas	1.5	Adosamiento de FT (BD) / Suben barandas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Tiempo Muerto	1.5
Tiempo Muerto	1	Tiempo Muerto	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1	Tiempo Muerto	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5					1er. Eq. Baja BP	0.5
Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5
Temas Documentales	2	Retiro de FT BP	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Retiro de FT BD	1
		QUEDA LIBRE	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1

Elaboración propia

Para vuelos de Origen los métodos se ven en las Tablas 97, 98 y 99:

Tabla 97. Método de trabajo para cuadrillas de 3 operarios – Origen

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T
Adosamiento de Equipos (BP) / Suben barandas	3	Adosamiento de Equipos (BD) / Suben barandas	3	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5
				Revisión y Retiro de Mallas	1.5
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5		
Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5.5
Retiro de FT BP	1	Retiro de FT BD	1	Coloca mallas y cierra bodega	1
Temas Documentales	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2

Elaboración propia

Tabla 98. Método de trabajo para cuadrillas de 4 operarios – Origen

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T	Operario 3	T
Adosamiento de Equipos (BP) / Suben barandas	3	Adosamiento de Equipos (BD) / Suben barandas	3	Apertura de BP y señales para adosamiento de faja	1.5	Apertura de BD y señales para adosamiento de faja	1.5
				Revisión y Sube a Bodega	1.5	Revisión y Retiro de Mallas	1.5
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5				
Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5.5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5.5
Temas Documentales	2	Retiro de FT BP	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Coloca mallas y cierra bodega	1
		Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro FT BD	1

Elaboración propia

Tabla 99. Método de trabajo para cuadrillas de 5 operarios – Origen

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T	Operario 3	T	Operario 4	T
Adosamiento de Equipos (BP)	3	Adosamiento de Equipos (BD)	3	Apertura de BP y señales para adosamiento de faja	1.5	Apertura de BD y señales para adosamiento de faja	1.5	Tiempo Muerto	3
				Revisión y Sube a Bodega	1.5	Revisión y Retiro de Mallas	1.5		
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5					1er. Eq. Baja BP	0.5
Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5.5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5.5	Desestiba 1ra CE Bodega Posterior	5
Temas Documentales	2	Retiro de FT BD	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Retiro de FT BP	1
		Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1
Temas Documentales	2	Retiro de FT BD	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Retiro de FT BP	1
		Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1

Elaboración propia

Para vuelos de Turn-around los métodos se ven en las Tablas 100, 101 y 102:

Tabla 100. Método de trabajo para cuadrillas de 3 operarios – Turn-Around

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T
Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Marshall)	3
Elementos Safety (Conos) / Planta Eléctrica (si se solicita)	1.5	Elementos Safety (Calzas y Extintor) / Planta Eléctrica (si se solicita)	1.5	Parqueo (Marshall)	1.5
Adosamiento de Equipos (BP)	3	Adosamiento de Equipos (BD)	3	Apertura de Bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5
				Revisión y Retiro de Mallas	1.5
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5		
Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5
Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5
Retiro de FT BP	1	Retiro de FT BD	1	Coloca mallas y cierra bodega	1
Temas Documentales	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2

Elaboración propia

Tabla 101. Método de trabajo para cuadrillas de 4 operarios – Turn-Around

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T	Operario 3	T
Tiempo Muerto	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Marshall)	3
Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Parqueo Aeronave (Marshall)	1.5
Adosamiento de FT (BP) / Suben barandas	1.5	Adosamiento de FT (BD) / Suben barandas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5
Tiempo Muerto	1	Tiempo Muerto	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5				
Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5
Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5
Retiro de FT BP	1	Retiro de FT BP	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Coloca mallas y cierra bodega	1
Temas Documentales	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	2

Elaboración propia

Tabla 102. Método de trabajo para cuadrillas de 5 operarios – Turn-Around

Líder	T	Operario 1	T	Operario 2	T	Operario 3	T	Operario 4	T
Tiempo Muerto	3	Tiempo Muerto	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Alero)	3	Parqueo Aeronave (Marshall)	3
Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Elementos Safety / Planta (si se solicita)	1.5	Parqueo Aeronave (Marshall)	1.5
Adosamiento de FT (BP) / Suben barandas	1.5	Adosamiento de FT (BD) / Suben barandas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Apertura de bodegas y señales para adosamiento de fajas	1.5	Tiempo Muerto	1.5
Tiempo Muerto	1	Tiempo Muerto	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1	Revisión, sube a bodega y retiro de mallas	1	Tiempo Muerto	1
1er. Eq. Baja BP	0.5	1er. Eq. Baja BP	0.5					1er. Eq. Baja BP	0.5
Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5.5	Desestiba de Carga y/o Equipajes	5
Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5	Estiba de Carga y/o Equipajes	5
Temas Documentales	2	Retiro de FT BD	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Coloca mallas y cierra bodega	1	Retiro de FT BP	1
		Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1	Retiro Elementos Safety / Retiro Planta Eléctrica	1

Elaboración propia

A partir de estas nuevas estructuras de cuadrillas se logran eficiencias más altas alrededor del 90% como se observa en la Tabla 103.

Si comparamos las cuadrillas propuestas con la forma como se trabaja actualmente vemos que se tienen las eficiencias para los tres casos aumentan alrededor del 35% sobre la eficiencia actual como se ve en la Tabla 104.

Tabla 103. Eficiencias con nuevas cuadrillas

			Operario 5	Operario 4	Operario 3	Operario 2	Operario 1	Suma	Efectividad
RECEPCIÓN	CUADRILLA DE 3	Tiempo Total	16.0	16.0	16			48.0	89%
		Tiempo Ocioso	0.5	0.5	0			1.0	
		Tiempo Efectivo	15.5	15.5	16			47.0	
	CUADRILLA DE 4	Tiempo Total	14.5	14.5	14.5	14.5		58.0	
		Tiempo Ocioso	4.5	1.5	0.0	0.0		6.0	
		Tiempo Efectivo	10.0	13.0	14.5	14.5		52.0	
	CUADRILLA DE 5	Tiempo Total	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	72.5	
		Tiempo Ocioso	4.5	5.5	0.0	1.0	2.0	13.0	
		Tiempo Efectivo	10.0	9.0	14.5	13.5	12.5	59.5	
ORIGEN	CUADRILLA DE 3	Tiempo Total	11.5	11.5	11.5			34.5	95%
		Tiempo Ocioso	0.5	0.5	0			1.0	
		Tiempo Efectivo	11.0	11.0	11.5			33.5	
	CUADRILLA DE 4	Tiempo Total	10.5	10.5	10.5	10.5		42.0	
		Tiempo Ocioso	0.5	0.5	0.0	0.0		1.0	
		Tiempo Efectivo	10.0	10.0	10.5	10.5		41.0	
	CUADRILLA DE 5	Tiempo Total	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	62.5	
		Tiempo Ocioso	0.5	0.5	0.0	0.0	3.5	4.5	
		Tiempo Efectivo	12.0	12.0	12.5	12.5	9.0	58.0	
TURN-AROUND	CUADRILLA DE 3	Tiempo Total	8.0	8.0	8			24.0	91%
		Tiempo Ocioso	0.5	0.5	0			1.0	
		Tiempo Efectivo	7.5	7.5	8			23.0	
	CUADRILLA DE 4	Tiempo Total	20.5	20.5	20.5	20.5		82.0	
		Tiempo Ocioso	4.5	1.5	0.0	0.0		6.0	
		Tiempo Efectivo	16.0	19.0	20.5	20.5		76.0	
	CUADRILLA DE 5	Tiempo Total	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	97.5	
		Tiempo Ocioso	4.5	4.5	0.0	0.0	3.0	12.0	
		Tiempo Efectivo	15.0	15.0	19.5	19.5	16.5	85.5	

Elaboración propia

Tabla 104. Comparación de eficiencias

	Actual	Propuesto	Mejora
Recepción	65.50%	88.80%	35.57%
Origen	69.80%	95.32%	36.57%
Turn-around	66.70%	90.66%	35.93%

Elaboración propia

4.5.5. Actualización de Procedimiento de asignación de cuadrillas del CCO

El procedimiento original de asignación de cuadrillas para el servicio de ATA es descrito en el acápite 2.3.1. Luego de aplicar el algoritmo para la nueva formación de cuadrillas de trabajo, es necesario replantear la manera como se realiza este proceso en el CCO, de modo que sea viable armar estos grupos reducidos con la suficiente anticipación ante la llegada de un vuelo. En la Tabla 105 y la Figura 28 se puede apreciar al detalle el nuevo proceso.

Tabla 105. Descripción del Nuevo procedimiento del servicio de ATA

N ^a	Descripción	Encargado
AL INICIAR EL TURNO		
	Ubicación personal	
a)	Al inicio de cada turno, se indica a los operarios y auxiliares en cuál de las 3 secciones, en las que se divide la rampa, va a ser ubicada. Cada una de estas cuenta con un punto de reunión para los todos los involucrados en el servicio.	Todo personal de Rampa
	Asignación de Grupos Fijos (3 auxiliares y 1 líder)	
b)	Con la relación de vuelos y los horarios de personal para el turno, se realiza la asignación inicial de cuadrillas base y es comunicada a los Supervisores de campo para la formación de grupos fijos.	CCO
ANTES DE LLEGAR EL VUELO		
	Envío de información a CCO de Provincia a Lima (Recepción)	
c)	En cada aeropuerto donde opere ABC, debe haber un responsable de transmitir la información del vuelo que se dirige a Lima. Esta se compone por la cantidad, peso y distribución de la carga en las bodegas de la aeronave.	Responsable en estación
	Envío de información a CCO en Lima (Origen)	
d)	La aerolínea actualiza la información de estiba de bodegas y todas sus características 1 hora antes de la salida del vuelo y esta información es exportada en el formato correspondiente para uso de ABC.	Aerolínea
	Recepción de información y cálculo de la cuadrilla	
e)	Una vez recibida la información detallada se introducen las variables en el algoritmo desarrollado, seleccionando las características del vuelo y aeronave y con eso se obtiene los auxiliares volantes a asignar.	CCO
	Envío de información (cuadrillas y confirmación)	
f)	La nueva información generada es transmitida a los Supervisores de campo mediante sus tablets, así como la confirmación del vuelo con los siguientes datos: <ul style="list-style-type: none"> • Hora de arribo y salida • Número de PEA • Matrícula y aerolínea • Origen y destino. 	

N ^a	Descripción	Encargado
g)	Asignación de Auxiliares Volantes a Grupos fijos Los grupos constituidos por defectos son de 2 operarios y 1 auxiliar.. Al momento de recibir la información sobre el requerimiento actual de personal, el Supervisor de campo procede a completar los grupos con auxiliares volantes según el vuelo.	Supervisor de Campo
h)	Cambio tamaño cuadrilla Una vez que el vuelo arriba al PEA, y la cuadrilla realiza la desestiba con el personal volante añadido inicialmente. A la hora de la estiba, el personal extra permanecerá siempre y cuando se requiera ²⁷ , caso contrario los auxiliares volantes regresan a su punto de reunión.	Supervisor de Campo

Elaboración propia

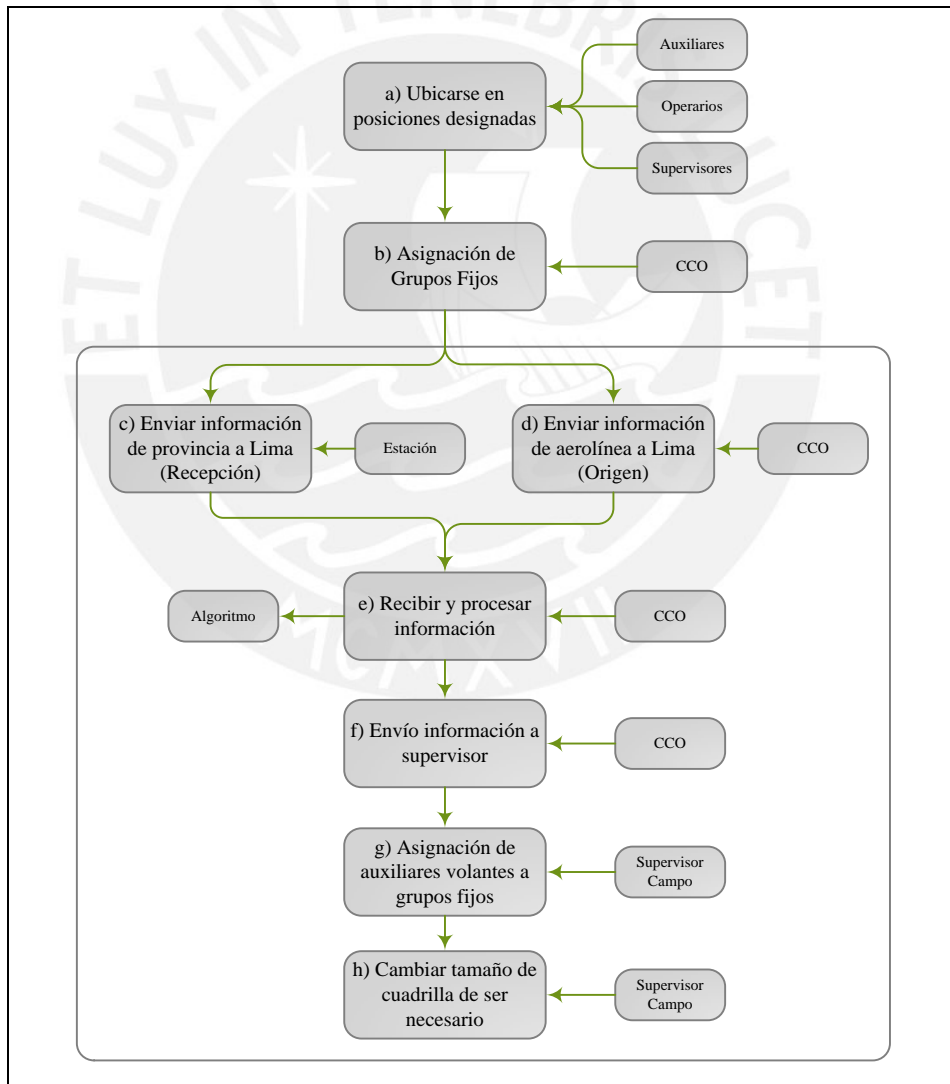


Figura 29: Flujo del nuevo proceso de servicio ATA

Elaboración propia

²⁷ Normalmente se puede dar el caso que el vuelo de recepción venga con menor carga que el vuelo de origen siguiente. También la situación se puede dar viceversa.

5. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO DEL PROYECTO

Dentro del marco de la propuesta de mejora para el proceso de atención de aeronaves se debe demostrar mediante un estudio económico y financiero los beneficios que obtendría la empresa al aplicar los cambios y sistemas planteados.

Para las mejoras de Buffer de variabilidad y modelo de pronóstico, se utilizó información como carga laboral, vuelos atendidos, tipo de clientes, PBI, llegadas al país, etc. Todo esto produjo información útil y que será utilizada para las otras mejoras de manera que estén más acordes a la realidad. Por lo tanto, no requiere ningún tipo de implementación o inversión más que la simple aplicación directa. Lo que sí es importante, es la actualización mínima de forma anual, para que la información generada tenga validez.

Por otro lado, se tiene las mejoras que sí requieren de recursos económicos para su realización diaria en la operación. A continuación se describe el detalle de las inversiones.

5.1. Inversiones del proyecto

Es la suma de las inversiones en bienes tangibles, intangibles y capital de trabajo. Todos los montos se expresan en nuevos soles (S/.) y se basan en cotizaciones realizadas por el área de Operaciones de ABC, indicando para que proyecto está destinado el desembolso de efectivo.

5.1.1. Inversión en activos fijos tangibles

Los activos fijos tangibles necesarios para la implementación del proyectos detallan a continuación y su costo total se señala en la Tabla 106 en donde asciende a **S/. 50,000**.

a) Computadoras

Se requiere una computadora para poder aplicar el algoritmo de cálculo en el CCO de ABC en Lima y las otras 13 se destinan a provincia para la transmisión de la información. La computadora elegida es una Laptop HP Core i5, 4Gb de RAM y 500GB de disco duro.

b) Tablet

Una vez calculada la necesidad de operarios para determinado vuelos, esta debe ser transmitida del CCO a los supervisores de campos mediante un equipo Tablet Motion modelo CL900²⁸, lo suficiente robusta y compacta para aguantar el manejo en rampa. Por este motivo cuenta con pantalla Gorilla® Glass de alta durabilidad, 0.95Kg e ingreso de información táctil o mediante stylus.

²⁸ La descripción detallada de esta Tablet se puede encontrar en el siguiente link de la empresa: http://www.motioncomputing.com/products/tablet_pc_CL900.asp

c) Accesorios Tablet

Para el adecuado funcionamiento de las tabletas en rampa se requiere en primer lugar protectores de pantallas y funda para mantener el equipo operativo por más tiempo, debido al uso intensivo que se les da. Además dentro del área de rampa se instalará estaciones de carga y se mantendrá baterías de repuesto con lo que se asegura la continuidad de la operación.

Tabla 106. Resumen de inversiones en activos tangibles

Mejora	Inversión	Cant.	Costo	IGV	Costo Unitario	Costo Total
Cálculo de personal	Computadoras Lima y estaciones	14	S/. 1,712	S/. 308	S/. 2,020	S/. 28,280
Cálculo de personal	Tableta modelo CL900	4	S/. 3,602	S/. 648	S/. 4,250	S/. 17,000
Cálculo de personal	Funda de transporte	4	S/. 178	S/. 32	S/. 210	S/. 840
Cálculo de personal	Protector de pantalla	8	S/. 42	S/. 8	S/. 50	S/. 400
Cálculo de personal	Estación de carga	4	S/. 356	S/. 64	S/. 420	S/. 1,680
Cálculo de personal	Batería de repuesto para Tableta	2	S/. 763	S/. 137	S/. 900	S/. 1,800
						S/. 50,000

Elaboración propia

5.1.2. Inversión en activos fijos intangibles

Son las inversiones realizadas por mediante servicios o derechos adquiridos los cuales son necesarios para poner en marcha el proyecto. A continuación se detallan los componentes principales que son la licencias de software y las instalaciones y su costo total se señala en la Tabla 107 donde asciende a **S/. 52,500**.

a) Licencias

Para tener listas todas las computadoras destinadas a las estaciones en provincia (13) que enviarán información a la central de ABC en Lima (1), se requiere la licencia de sistema operativo Windows 7, de antivirus Nod32 y la de Office 2010.

Por otro lado, para la computadora relacionada a la planificación del cálculo del capacity, se debe pagar la licencia de Premium Solver Pro²⁹ debido a que el complemento que viene por defecto con Excel solo se puede trabajar con una determinada cantidad de variables y restricciones, por ese motivo y teniendo como objetivo ampliar el modelo para incluso programar los descansos de las personas por días conllevaría a ingresar más datos, por lo que consideramos adquirir dicha extensión.

²⁹ Cabe precisar que se puede trabajar con otros programas de optimización lineal como Lindo, Lingo, etc. pero debido a que el cálculo e ingreso de itinerarios se realiza en hojas de cálculo y para no estar cambiando de plataforma que quizás conllevaría a errores se decidió seguir usando Excel y sus extensiones de optimización lineal que se adquieren por separado.

b) Servicio de instalación

Se considera las instalaciones físicas de las computadoras en provincia (13) y Lima (1) tanto de hardware como de software. Además se toma en cuenta la instalación de las estaciones de carga de poder para las tabletas.

Tabla 107. Resumen de inversiones en activos intangibles

Mejora	Inversión	Cant.	Costo	IGV	Costo Unitario	Costo Total
Cálculo de personal	Licencia Windows 7	14	S/. 263	S/. 47	S/. 310	S/. 4,340
Cálculo de personal	Licencia Antivirus nod32	14	S/. 127	S/. 23	S/. 150	S/. 2,100
Cálculo de personal	Licencia Office 2010	14	S/. 2,203	S/. 397	S/. 2,600	S/. 36,400
Planificación Capacity	Licencia Premium Solver Pro	1	S/. 2,119	S/. 381	S/. 2,500	S/. 2,500
Cálculo de personal	Instalación PC en CCO	1	S/. 610	S/. 110	S/. 720	S/. 720
Cálculo de personal	Instalación PC en Provincia	13	S/. 322	S/. 58	S/. 380	S/. 4,940
Cálculo de personal	Instalación Estaciones poder	1	S/. 1,271	S/. 229	S/. 1,500	S/. 1,500
						S/. 52,500

Elaboración propia

5.1.3. Inversión en capital de trabajo

Estas inversiones incluyen los recursos necesarios para llevar a cabo la implementación de los proyectos. A continuación se detallan los componentes principales que son los sueldos de personal que va a implementar el sistema y las capacitaciones brindadas al personal del lugar. El costo total se señala en la Tabla 108 donde asciende a **S/. 40,500**.

a) Personal

En primer lugar, se requerirá inversión en personal para la programación en el sistema SIATA³⁰ del algoritmo planteado en este trabajo. El analista programador se encarga de crear un módulo dentro del sistema SIATA que puede ser utilizado por los colaboradores del CCO una vez implementado. Mientras que el analista funcional se dedicará a traducir las necesidades operativas entre el área de operaciones y el programador. Ambos serán requeridos por un período de 3 meses.

b) Capacitaciones

Para enseñar el funcionamiento del nuevo sistema se debe realizar viajes a las 13 estaciones de ABC a nivel nacional, dando instrucciones sobre la comunicación necesaria en el proceso de asignación de cuadrillas. Los costos relacionados son materiales para las capacitaciones y pasajes de avión.

³⁰ El SIATA es una plataforma in-house mediante la cual se visualizan horarios de vuelos, carga de servicio e itinerarios. Además sirve para registrar los tiempos del servicio, que es información que luego es utilizada para hacer informes y análisis.

Tabla 108. Resumen de inversiones en capital de trabajo

	Inversión	Cant.	Costo	IGV	Costo Unitario	Costo Total
Cálculo de personal	Viajes de capacitación	13	S/. 339	S/. 61	S/. 400	S/. 5,200
Cálculo de personal	Reuniones de capacitación	14	S/. 85	S/. 15	S/. 100	S/. 1,400
Cálculo de personal	Analista Funcional	1	S/. 4,500		S/. 4,500	S/. 13,500
Cálculo de personal	Analista Programador	2	S/. 3,400		S/. 3,800	S/. 20,400
						S/. 40,500

Elaboración propia

En resumen, es necesario saber cómo se divide esta inversión por tipo de activos o capital de trabajo para poder realizar un financiamiento coherente. En la Tabla 109 se observa la agrupación de los rubros según este criterio.

Tabla 109. Resumen de inversiones por categorías (incluye IGV)

Tipo	Monto	Porcentaje
Activos Intangibles	S/. 52,500	36.7%
Activos Tangibles	S/. 50,000	35.0%
Capital de Trabajo	S/. 40,500	28.3%
	S/. 143,000	

Elaboración propia

5.2. Financiamiento del Proyecto

La empresa ABC durante su funcionamiento y por disposiciones internas fuera del alcance de este trabajo, realiza sus operaciones bancarias con 2 bancos: Banco de Crédito del Perú y (BCP) y Banco BBVA Continental (BBVA). Las características de los préstamos que otorgan se aprecian en la Tabla 110.

Tabla 110. Características de las opciones de Financiamiento

	BBVA	BCP
Monto Mínimo	S/. 80,000	S/. 82,500
Plazo Máximo	20 años	25 años
TEA (S/.) (< 5 años)	12.0%	12.5%
TEA (S/.) (> 5 años)	14.0%	14.0%
Cuotas	12 al año	12 al año

Elaboración propia

Se toma el financiamiento ofrecido por BBVA al tener una TEA menor entre las 2 opciones. El préstamo es tomado por 1 año con una tasa del 12.0% y se utilizará para las inversiones relacionadas a activos tangibles. Los activos intangibles y el capital de trabajo serán totalmente financiados por la empresa ABC. De este modo se financiará un monto de **S/.50,000.**

5.2.1. Costo de oportunidad de Capital (COK)

Para hallar este valor, se utiliza el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM). Los valores de cada dato se proceden a calcular a continuación:

Tabla 111. Resultado del Beta apalancado del sector

Componente	Valor
Deuda/Patrimonio (D/C)	0.54
Tasa Efectiva de Impuesto (T)	30%
Beta des-apalancado sector (B)	1.01
Beta Apalancado	1.390
$Beta\ apalancado = Beta \times (1 + (1 - T) \times (D/C))$	

Elaboración propia

- **Beta**³¹: Al no haber un Beta específico para servicios de manejo de equipo aeroportuario (*ground handling service*), se utilizará el de transporte aéreo³². El Beta no apalancado para este rubro es de 1.01. El Beta apalancado se halla mediante la fórmula de la Tabla 111 siendo el resultado **1.390**
- **R_{país}**: La tasa de riesgo país para Julio del 2013 es de 173 puntos básicos, es decir **1.73%** de acuerdo a EMBI+Perú³³.
- **R_f**: La tasa libre de riesgo se toma sobre los bonos del tesoro americano de EEUU a 10 años, y para Julio del 2013 tiene un valor de **2.52%**³⁴.
- **R_m-R_f**: La prima por riesgo de mercado para EEUU es de **5.50%**³⁵.

Tabla 112. Resultado del Costo de Oportunidad de Capital (COK)

Componente	Valor
Beta Apalancado	1.390
R _{país}	1.73%
R _f	2.52%
R _m - R _f	5.50%
COK	11.90%
$COK = Beta \times (R_m - R_f) + R_f + R_{país}$	

Elaboración propia

En la Tabla 112, se observa que el COK para este proyecto es de **11.90%**.

³¹ Se utiliza la relación de valores Beta para países emergentes: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/data.html#Archives

³² Esta misma metodología es utilizada por la Consultora Deloitte al realizar una evaluación de costo de capital para la empresa que también brinda servicios aeroportuarios: AVINOR AS. <http://www.regjering.no/pages/37009520/AnnexD.pdf>

³³ Véase <http://www.mef.gob.pe/>

³⁴ Véase T-bills a 30 años <http://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yield>

³⁵ Véase: Market Risk Premium used in 82 countries in 2012: a survey with 7,192 answers. University of Navarra - IESE BusinessSchool. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2084213

5.2.2. Costo ponderado de Capital (WACC)

Se define costo ponderado de capital o WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) como la tasa que se utiliza para determinar el valor actual de los flujos futuros que genera un proyecto. La inversión del proyecto será financiada en un 65% mediante aportes de capital y un 35% será financiado por el BBVA a una tasa fija de 12% anual.

Siendo esta la estructura de financiamiento, se aprecia en la Tabla 113 el costo ponderado de capital (WACC), el cual asciende a 10.67%, la cual difiere de la tasa tomada por defecto por la empresa para este tipo de inversiones que suele situarse en 15%.

Tabla 113. Resultado del Costo ponderado de Capital (COK)

Tipo aporte	Componente	Valor
Préstamo	Monto	S/. 50,000
	Porcentaje	35%
	Tasa de Interés	12%
Aporte Propio	Monto	S/. 93,000
	Porcentaje	65%
	Tasa de Interés	11.90%
	Escudo Tributario	70%
WACC		10.67%
$WACC = [D/I \times TEA \times (1 - T)] + [D/I \times COK]$		

Elaboración propia

Con estas condiciones del préstamo en la Tabla 114 se da el detalle de las amortizaciones, intereses y pago de cuota a manera mensual con una tasa efectiva mensual del 0.95%.

Tabla 114. Cronograma de amortización y pago de intereses

Cuota	Fecha	Saldo Inicial	Amortización	Interés	Cuota Total	Saldo Final
1	Ene	50,000	3,954	474	4,428	46,046
2	Feb	46,046	3,991	437	4,428	42,055
3	Mar	42,055	4,029	399	4,428	38,026
4	Abr	38,026	4,067	361	4,428	33,959
5	May	33,959	4,106	322	4,428	29,853
6	Jun	29,853	4,145	283	4,428	25,708
7	Jul	25,708	4,184	244	4,428	21,524
8	Ago	21,524	4,224	204	4,428	17,300
9	Sep	17,300	4,264	164	4,428	13,036
10	Oct	13,036	4,304	124	4,428	8,732
11	Nov	8,732	4,345	83	4,428	4,386
12	Dic	4,386	4,386	42	4,428	0

Elaboración propia

5.3. Presupuestos de ingresos y egresos

Se presentan los presupuestos de ahorros de personal (ingresos) y egresos en nuevos soles.

5.3.1. Presupuesto de Ahorro por asignación de personal

En la Tabla 115 se observa como está distribuido los sueldos de personal³⁶ según su posición y el porcentaje de participación en la cantidad total de personal.

Tabla 115. Resumen de Sueldos

Puesto	Sueldo mensual	Sueldo incluye Costo social	%
Operador 04	S/. 1,475	S/. 2,212.5	13.99%
Operador 03	S/. 1,175	S/. 1,762.5	13.99%
Operador 02	S/. 875	S/. 1,312.5	9.52%
Operador 01	S/. 825	S/. 1,237.5	16.07%
Auxiliar	S/. 825	S/. 1,237.5	46.43%

Elaboración propia

Según esta escala se calcula el ahorro generado en el presupuesto de personal antes y después de la aplicación de programación lineal. En el Anexo 16 se verá más a detalle el cálculo de ahorro y en la Tabla 116 se aprecia el resumen del ahorro total en este rubro.

Tabla 116. Ahorro en asignación de personal

Tipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Costo sin PL	S/. 488,709	S/. 478,527	S/. 488,709	S/. 459,619	S/. 488,709	S/. 478,527
Costo con PL	S/. 437,801	S/. 429,075	S/. 437,801	S/. 413,075	S/. 437,801	S/. 429,075
Ahorro	S/. 50,907	S/. 49,453	S/. 50,907	S/. 46,544	S/. 50,907	S/. 49,453

Tipo	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Costo sin PL	S/. 529,434	S/. 510,526	S/. 529,434	S/. 529,434	S/. 488,709	S/. 529,434
Costo con PL	S/. 475,618	S/. 458,164	S/. 475,618	S/. 475,618	S/. 437,801	S/. 475,618
Ahorro	S/. 53,816	S/. 52,362	S/. 53,816	S/. 53,816	S/. 50,907	S/. 53,816

Elaboración propia

5.3.2. Presupuesto de Ahorro por ingreso, despido y vacaciones

En la Tabla 117 se observa la distribución de sueldos de personal, además del costo de uniforme y capacitación agregado al sueldo para el caso de contratación.

Tabla 117. Resumen de Sueldos (incluye contratación)

Item	Valor	Sueldo incluye Costo social	Reclutamiento y Capacitación	Uniforme	Total Contratar	%
Operador 04	S/. 1,475	S/. 2,212.5	S/. 350	S/. 168	S/. 2,730.5	13.99%
Operador 03	S/. 1,175	S/. 1,762.5	S/. 350	S/. 168	S/. 2,280.5	13.99%
Operador 02	S/. 875	S/. 1,312.5	S/. 350	S/. 168	S/. 1,830.5	9.52%
Operador 01	S/. 825	S/. 1,237.5	S/. 350	S/. 168	S/. 1,755.5	16.07%
Auxiliar	S/. 825	S/. 1,237.5	S/. 350	S/. 168	S/. 1,755.5	46.43%

Elaboración propia

³⁶ Se utiliza en ambos casos el sueldo que incluye el costo social.

En el Anexo 17 se verá detalladamente el ahorro por tipo de personal mientras en la Tabla 118 se aprecia el movimiento de ingresos, despidos y vacaciones según el requerimiento de personal. En la parte superior del cuadro se ve la forma actual de trabajar y en la parte inferior el método propuesto mediante programación lineal. En ambos casos se coloca el costo asociado

Tabla 118. Movimiento de ingresos, despidos y vacaciones con costo asociado

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Requerido	758	741	758	711	758	741	821	791	821	821	758	821
Ingreso	0	0	17	0	47	0	80	0	30	0	0	63
Despido	0	17	0	47	0	17	0	30	0	0	63	0
Vacaciones	21	20	21	20	21	21	21	21	21	21	21	21
Total	779	744	796	684	826	745	922	782	872	842	716	905
Costo Requerido	S/. 1,102,503	S/. 1,077,777	S/. 1,102,503	S/. 1,034,142	S/. 1,102,503	S/. 1,077,777	S/. 1,194,136	S/. 1,150,502	S/. 1,194,136	S/. 1,194,136	S/. 1,102,503	S/. 1,194,136
Costo Ingreso	S/. 0	S/. 0	S/. 33,532	S/. 0	S/. 92,707	S/. 0	S/. 157,799	S/. 0	S/. 59,175	S/. 0	S/. 0	S/. 124,267
Costo Despido	S/. 0	-S/. 24,726	S/. 0	-S/. 68,361	S/. 0	-S/. 24,726	S/. 0	-S/. 43,635	S/. 0	S/. 0	-S/. 91,633	S/. 0
Costo Vacaciones	S/. 30,544	S/. 29,090	S/. 30,544	S/. 29,090	S/. 30,544	S/. 30,544	S/. 30,544	S/. 30,544	S/. 30,544	S/. 30,544	S/. 30,544	S/. 30,544
Costo sin PL	S/. 1,133,048	S/. 1,082,141	S/. 1,166,580	S/. 994,871	S/. 1,225,755	S/. 1,083,595	S/. 1,382,480	S/. 1,137,411	S/. 1,283,855	S/. 1,224,681	S/. 1,041,415	S/. 1,348,947
Requerido	758	741	758	711	758	741	821	791	821	821	758	821
Ingreso	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Despido	0	9	0	0	0	0	0	29	0	15	29	0
Vacaciones	0	9	7	68	35	66	0	16	0	0	49	0
Total	758	741	780	779	793	807	821	778	821	806	778	821
Costo Requerido	S/. 1,102,503	S/. 1,077,777	S/. 1,102,503	S/. 1,034,142	S/. 1,102,503	S/. 1,077,777	S/. 1,194,136	S/. 1,150,502	S/. 1,194,136	S/. 1,194,136	S/. 1,102,503	S/. 1,194,136
Costo Ingreso	S/. 0	S/. 0	S/. 29,587	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Costo Despido	S/. 0	-S/. 13,090	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	-S/. 42,180	S/. 0	-S/. 21,817	-S/. 42,180	S/. 0
Costo Vacaciones	S/. 0	S/. 13,090	S/. 10,181	S/. 98,905	S/. 50,907	S/. 95,996	S/. 0	S/. 23,272	S/. 0	S/. 0	S/. 71,270	S/. 0
Costo con PL	S/. 1,102,503	S/. 1,077,777	S/. 1,142,272	S/. 1,133,048	S/. 1,153,411	S/. 1,173,773	S/. 1,194,136	S/. 1,131,593	S/. 1,194,136	S/. 1,172,319	S/. 1,131,593	S/. 1,194,136

Elaboración propia

En la Tabla 119 se observa el resumen del ahorro total conseguido al reprogramar de manera óptima los ingresos y despido modo que no solo satisfaga la necesidad del mes siguiente sino que reduzca las contrataciones innecesarias. Del mismo modo las vacaciones también se han reprogramado para cubrir los meses con mayor necesidad de personal.

Tabla 119. Ahorro en ingresos, despidos y vacaciones

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Costo sin PL	S/. 1,133,048	S/. 1,082,141	S/. 1,166,580	S/. 994,871	S/. 1,225,755	S/. 1,083,595
Costo con PL	S/. 1,102,503	S/. 1,077,777	S/. 1,142,272	S/. 1,133,048	S/. 1,153,411	S/. 1,173,773
Ahorro	S/. 30,544	S/. 4,363	S/. 24,308	-S/. 138,177	S/. 72,344	-S/. 90,178

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Costo sin PL	S/. 1,382,480	S/. 1,137,411	S/. 1,283,855	S/. 1,224,681	S/. 1,041,415	S/. 1,348,947
Costo con PL	S/. 1,194,136	S/. 1,131,593	S/. 1,194,136	S/. 1,172,319	S/. 1,131,593	S/. 1,194,136
Ahorro	S/. 188,343	S/. 5,818	S/. 89,719	S/. 52,362	-S/. 90,178	S/. 154,811

Elaboración propia

5.3.3. Presupuesto de Depreciación

Para activos tangibles tenemos computadoras, tabletas, equipos de carga y demás accesorios. Estos ascienden a un valor inicial de S/ 50,000 y devaluándose al 10% anual (0.8% mensual) tienen un valor residual de S/ 45,216. Para activos intangibles se cuenta con las licencias del software a utilizar que suman S/. 45,340 devaluándose 25% anual (1.88% mensual) teniendo como valor residual S/ 35,128. El resumen se puede ver en la Tabla 120.

Tabla 120. Presupuesto de Depreciación

Tipo	V. Inicial	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Activos Tangibles	S/. 50,000	S/. 399	S/. 399	S/. 399	S/. 399	S/. 399	S/. 399
Activos Intangibles	S/. 45,340	S/. 851	S/. 851	S/. 851	S/. 851	S/. 851	S/. 851
Total	S/. 95,340	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250

Tipo	V. Inicial	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	V. Residual
Activos Tangibles	S/. 50,000	S/. 399	S/. 399	S/. 399	S/. 399	S/. 399	S/. 399	S/. 45,216
Activos Intangibles	S/. 45,340	S/. 851	S/. 851	S/. 851	S/. 851	S/. 851	S/. 851	S/. 35,128
Total	S/. 95,340	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 80,344

Elaboración propia

Se debe tener en consideración que al final del año para cerrar con la evaluación económica y financiera es necesario vender los archivos tangibles al valor de mercado, el cual suele ser distinto del valor en libros cuando este llega a cero. Para este caso, al terminar el año de análisis el valor residual para los activos tangibles fue de **S/45,216**.

5.4. Flujo de caja económico y financiero

En la Tabla 121 se aprecia el flujo de caja económico (FCE) y financiero (FCF) del proyecto para un marco de 1 años de proyecto. En el caso de ventas de activos se toma el valor residual en libros como referencia mientras que para el escudo fiscal se toma los intereses generados por el crédito bancario.

Tabla 121. Flujo de caja económico y financiero

	0	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ahorro Asignación		S/. 50,907	S/. 49,453	S/. 50,907	S/. 46,544	S/. 50,907	S/. 49,453	S/. 53,816	S/. 52,362	S/. 53,816	S/. 53,816	S/. 50,907	S/. 53,816
Ahorro Despido e Ingreso		S/. 30,544	S/. 4,363	S/. 24,308	S/. -138,177	S/. 72,344	S/. -90,178	S/. 188,343	S/. 5,818	S/. 89,719	S/. 52,362	S/. -90,178	S/. 154,811
Venta Activos Fijos													S/. 45,216
TOTAL INGRESOS	S/. 0	S/. 81,451	S/. 53,816	S/. 75,215	S/. -91,633	S/. 123,251	S/. -40,726	S/. 242,160	S/. 58,180	S/. 143,535	S/. 106,178	S/. -39,271	S/. 253,843
Inv. Activos Tangibles	S/. 50,000												
Inv. Activos Intangibles	S/. 52,500												
Capital de trabajo	S/. 40,500												
Depreciación		S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250
TOTAL EGRESOS	S/. 143,000	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 1,250
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO (1)	S/. -143,000	S/. 80,202	S/. 52,566	S/. 73,965	S/. -92,883	S/. 122,002	S/. -41,975	S/. 240,910	S/. 56,930	S/. 142,285	S/. 104,928	S/. -40,521	S/. 252,593
Préstamo	S/. 50,000												
Amortización		S/. 3,954	S/. 3,991	S/. 4,029	S/. 4,067	S/. 4,106	S/. 4,145	S/. 4,184	S/. 4,224	S/. 4,264	S/. 4,304	S/. 4,345	S/. 4,386
Intereses		S/. 474	S/. 437	S/. 399	S/. 361	S/. 322	S/. 283	S/. 244	S/. 204	S/. 164	S/. 124	S/. 83	S/. 42
Escudo Fiscal		S/. 142	S/. 131	S/. 120	S/. 108	S/. 97	S/. 85	S/. 73	S/. 61	S/. 49	S/. 37	S/. 25	S/. 12
FLUJO DE CAJA FINANCIERO NETO (2)	S/. 50,000	S/. -4,286	S/. -4,297	S/. -4,308	S/. -4,320	S/. -4,331	S/. -4,343	S/. -4,355	S/. -4,367	S/. -4,379	S/. -4,391	S/. -4,403	S/. -4,416
FLUJO DE CAJA FINANCIERO (1+2)	S/. -93,000	S/. 75,916	S/. 48,269	S/. 69,657	S/. -97,202	S/. 117,670	S/. -46,319	S/. 236,555	S/. 52,563	S/. 137,907	S/. 100,537	S/. -44,924	S/. 248,177

Elaboración propia

5.5. Evaluación económica y financiera del proyecto

Para todos los indicadores generados se utilizara tasas de interés distintas como se indica en la Tabla 122. A continuación se procede a analizar cada indicador.

5.5.1. Valor actual Neto (VAN)

Se aprecia que el Valor actual neto económico (VANE) con una tasa de 10.67% y el Valor actual neto financiero (VANF) con una tasa del 11.90% se encuentran por encima de cero, por lo tanto se acepta el proyecto.

5.5.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para la Tasa interna de retorno económica (TIRE) se tiene 40.47% la cual es mayor a su costo de oportunidad comparable (WACC) de 10.67% y por lo tanto se acepta el proyecto.

Para la Tasa interna de retorno financiera (TIRF) se tiene 58.28% la cual es mayor a su costo de oportunidad comparable (COK) de 11.90% y por lo tanto se acepta el proyecto.

5.5.3. Ratio de Beneficio Costo (B/C)

Este indicador es analizado sobre el Flujo de caja financiero, por lo tanto se calcula sobre el COK. El resultado es 4.31 que al estar por encima de 1 se recomienda aprobar el proyecto.

Tabla 122. Resumen de Indicadores

Tasa	Indicador	Resultado
WACC 10.67%	VANE	S/. 316,116
	TIRE	40.47%
COK 11.90%	VANF	S/. 307,782
	TIRF	58.28%
	B/C	4.31

Elaboración propia

5.5.4. Periodo de recuperación (PR)

Al análisis se realiza sobre el Flujo de caja económico (FCE) con un costo de oportunidad WACC = 10.67%. En base a esto, se puede observar que para el quinto mes se recuperaría la inversión hecha en el período 0, ya que S/ 181,513 rebasa los S/. 143,000 iniciales como se observa en la Tabla 123.

Tabla 123. Período de Recuperación

	0	Ene	Feb	Mar	Abr	May
FCE	S/. -143,000	S/. 80,202	S/. 52,566	S/. 73,965	S/. -92,883	S/. 122,002
VANE		S/. 72,467	S/. 42,916	S/. 54,563	S/. -61,910	S/. 73,477
VANE Acumulado		S/. 72,467	S/. 115,383	S/. 169,946	S/. 108,036	S/. 181,513

Elaboración propia

5.6. Beneficios Cualitativos

Los beneficios que no se pueden cuantificar serían los siguientes:

- Mejor percepción por parte de los inversionistas en cuanto al uso de los recursos que se necesitan para la operación, es decir, se demuestra numéricamente la cantidad de personal que se requiere.
- Se cuenta con información confiable y sustentada en una metodología para la proyección de personal para todo el año que pueda servir a finanzas al momento de elaborar el presupuesto para estimar el costo de planilla.
- Para las ventas se cuenta con el modelo de pronóstico de servicios con lo que se puede proyectar la cantidad de servicios a facturar mensualmente con un margen de error muy pequeño.
- Con el análisis ANOVA se mejora el clima laboral con los planificadores porque se ingresarían buffer de tiempo de holguras al modelo de cálculo de personal con lo que se atenuaría ciertos desfases existentes al momento de la asignación de recursos.
- El área de RRHH obtiene un plan de reclutamiento y despidos para el personal con la optimización de vacaciones del personal, por lo tanto, ya no se estaría trabajando de forma reactiva.
- Mejora en el clima laboral de los operarios ya que al distribuir de forma exacta la cantidad de recursos por vuelo, ya no sentirán que en un lado están con excesivos tiempos muertos y en el otro sobre exigiéndose, mejorando de esta forma también la eficiencia de trabajo como se muestra en el capítulo anterior.
- El supervisor tendrá una Tablet que le muestre la cantidad de personal a asignar a cada vuelo el cual le ayudara considerablemente a manejar el personal en campo y tomar decisiones con lo que se le bajaría el estrés.
- Disminución notable de los servicios no conformes (SNC) con lo que se mejoraría la relación con el cliente y también existiría la posibilidad de vender el modelo de pronóstico, operación y sistema a otras operaciones del mundo como paquete.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación daremos las conclusiones del trabajo así como las recomendaciones del caso.

6.1. Conclusiones

La viabilidad económica y financiera del proyecto queda demostrada al obtener un VAN mayor a cero (VANE S/. 316,116 y VANF de S/. 307,782), una tasa de retorno mayor al costo de oportunidad WACC y COK (TIRE de 40.47% y TRIF de 58.28%), además un ratio costo/beneficio de 4.31 y un período de recuperación de 5 meses a partir de la puesta en marcha.

Del beneficio total se logra el mayor ahorro con el nuevo método de planificación de personal que se eleva a S/.616,704 al reducir alrededor de 35 personas en promedio de la operación de manera mensual por elección de horarios óptimos.

La nueva disposición de ingresos, despidos y vacaciones que complementa los ahorros de personal, brinda ahorros netos por S/.304,080, además de disminuir la cantidad de personal requerido, reduce la carga sobre el proceso de reclutamiento en recursos humanos.

La disminución de personal en 10% de 336 a 301 para la operación obtenido por la aplicación de optimización lineal a la planificación, no afectaría la operación debido a que ahora se trabaja con cuadrillas con mayor flexibilidad aumentando su eficiencia de trabajo. Los nuevos métodos de trabajo aumentan la eficiencia actual de 65% a 90% teniendo menores tiempos muertos durante el servicio a una aeronave.

Si se decide aprobar el ingreso de los buffer por variabilidad a la herramienta de planificación, haría aumentar el nivel de servicio al cliente que actualmente ha bajado de 99% a 96% en los últimos 2 años, debido a que al programar un grupo de trabajo mucho tiempo antes del arribo del avión a la PEA se reducirían automáticamente las solicitudes de servicios no conformes por tardanzas y da mayor tiempo a los operadores para realizar los trabajos previos.

6.2. Recomendaciones

En primer lugar, dentro de la programación lineal hecha para planificación de personal, se podría investigar un modelo que considera cada día de la semana en vez de un día tipo. Este día tipo es el de mayor carga laboral y sobre este, que es el caso más extremo, se realiza la corrida de la programación. Esta referencia por exceso nos cubre contra picos en la operación, pero genera valles de servicio con sobreoferta de operarios.

La programación por objetivos se plantea como una opción interesante, ya que en la vida real, las empresas se tienen que acomodar a los recursos que disponen en el momento. Tal es el caso, que la gerencia de operaciones puede determinar trabajar con un número de personas por debajo del capacity obtenido, teniendo que sacrificar momentáneamente el nivel de servicio.

El modelo de optimización podría construirse con el módulo OptQuest® para ARENA®. Esto serviría para determinar la eficiencia real de la aplicación del método de cálculo de tamaño de cuadrillas por cantidad de carga del vuelo, ya que el sistema dispone de toda la información necesaria. De este modo veremos que tantas tardanzas en el servicio se generan, cuantos vuelos se quedan esperando atención y en general que tan alta es la eficiencia de las cuadrillas en función a los nuevos métodos de trabajos impuestos.

Como ha mostrado esta investigación, se han generados ahorros implementación programación lineal en la programación de horarios, además de mejorar el nivel de eficiencia con la re-estructuración de procesos operativos de las cuadrillas. Por lo tanto, el modelo desarrollado puede replicarse en otros aeropuertos importantes del país como Cuzco y Arequipa que siguen en tráfico aéreo al aeropuerto de Lima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfares H. K. Bailey J. E. (1997). Integrated Project task and manpower scheduling. EEUU: IIE Transactions 29, (pp. 711-717)
- América Económica (2012). Ranking. Recuperado el 22 de Mayo del 2012. EEUU: http://rankings.americaeconomia.com/2011/500-peru/por_sector_multisector.php, <http://rankings.americaeconomia.com/2011/500-peru/ranking-500-peru-02.php>
- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T. (2008). Estadística para administración y economía. Decima edición. México: Cengage Learning, Inc.
- Chavez. M. (2005). Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial - Modelo de dimensionamiento de un centro de atención de llamadas basado en simulación de sistemas. Perú, Pontificia Universidad Católica.
- Collier, D., Evans, J. (2009). Administración de operaciones. Bienes, servicios y cadenas de valor. Segunda edición. México: Cengage Learning, Inc. (TS 155 C72)
- Córdova, M. (2009). Estadística descriptiva e inferencial. Aplicaciones. Perú: Moshera.
- Dantzig G. B. Thapa M.N. (1997). Linear Programming, 1: Introduction. EEUU: Springer.
- Damodaran (2013), Lista de Betas apalancados y no apalancados por Industria. EEUU. Recuperado el 12 de junio del 2013. http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- Fritzon P. (2003). Introducción al Modelado y Simulación de Sistemas Técnicos y Físicos. España: Addlink Software Científico. Recuperado el 20 de mayo del 2012. <http://www.modelica.es/NR/rdonlyres/0973E138-E391-4242-8563-E6DD44973702/0/Resum..>
- Galloway, D (2002). Mejora continua de procesos. España: Gestión 2000.
- Heizer, J., Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. Quinta edición. México: Pearson Educación.
- Hillier y Lieberman F. S. Lieberman G. J. (2010). Introducción a la Investigación de Operaciones 9ª Edición. EEUU: McGraw-Hill
- Holloran T. J. y Bryne J. E. (1986). United Airlines Station Manpower Planning System. EEUU: Interfaces 16: 1 January-February 1986 (pp. 39-50)

- International Air Transport Association - IATA (2013), Airport Handling Manual 33^o Edición. Cánada.
- International Air Transport Association - IATA (2013), Reglamentación sobre Mercancías Peligrosas 54^o Edición. Cánada.
- Kong M. (2010). Investigación de Operaciones – Programación lineal – Problemas de Transporte – Análisis de redes. Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú
- Krajewski, L., Ritzman, L., Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor. Octava edición. México: Pearson Educación. (TS 155 K79 2008 ES).
- Marín, J. M. (2004). Introducción a los Procesos Estocásticos – Estadística Actuarial II, Licenciatura en Ciencias Actuariales y Financieras. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado el 19 de mayo del 2012. <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/PEst/PEstoc.html>
- Mascareñas J. (2008). Procesos Estocásticos – Introducción. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Recuperado el 18 de mayo del 2012, de <http://www.ucm.es/info/jmas/mon/27.pdf>
- Mason, R., Lind, D., Marchal, W. (2003). Estadística para administración y economía. Decima edición. Colombia: Alfaomega.
- Montgomery, D., Runger, G. (1996). Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. México: McGraw – Hill.
- Quiroz, T. L. (2011). Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial - Aplicaciones no convencionales de cadena de Markov. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado el 17 de mayo del 2012. http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1248/QUIROZ_MARTINEZ_TELMO_APLICACIONES_NO_CONVENCIONALES_CADENA_MARKOV.pdf?sequence=1
- Rodriguez, T. (2002). Introducción a los modelos estadísticos, numéricos y probabilísticos. España: Portal Colegio Maristas Cristo Rey. Recuperado el 15 de mayo del 2012 de <http://centros.edu.aytolacoruna.es/maristas/Apuntes%20Estadistica%20P3.pdf>

- Schroeder, R., Meyer, S., Rungtusanatham, J. (2011). Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos. Quinta edición. México: McGraw – Hill. (TS 155 S31A 2011)
- Sapag Chain, Nassir (2011). Preparación y evaluación de proyectos. Segunda Edición. Santiago de Chile: Pearson Education.
- Taha. H. (2003). Investigación de Operaciones 7º Edición. EEUU: Pearson Education
- Torres P. J. (2010). Simulación de Sistemas con el Software Arena. Perú: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.
- Winston W. L. (2005). Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos 4ª Ed. EEUU: Thomson

