PROGNOSIS DE TRÁFICO EN EL AEROPUERTO DE BOGOTÁ-EL DORADO Y ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DEMANDA - CAPACIDAD

INGRITH FERNANDA RAMOS QUINTÍN

LEIDY ESPERANZA CÁRDENAS JIMÉNEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C

2016

PROGNOSIS DE TRÁFICO EN EL AEROPUERTO DE BOGOTÁ-EL DORADO Y ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DEMANDA - CAPACIDAD

INGRITH FERNANDA RAMOS QUINTÍN

LEIDY ESPERANZA CÁRDENAS JIMÉNEZ

Proyecto de grado

Director:

Prof. Dr. Ing. Oscar Díaz Olariaga, Ph.D.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C

2016

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, mis padres: Aleida Jiménez y William Cárdenas, mis hermanos, mi abuelita, mi abuelito que desde el cielo guía cada paso de mi vida ; y en general a toda mi familia y cada una de las personas que de alguna u otra manera me acompañaron en este proceso.

Leidy Esperanza Cárdenas Jiménez

Mis agradecimientos son para una persona que admiro y es mi ejemplo a seguir, mi mamá. Gracias infinitas por apoyarme en este proceso. Así mismo, a la Virgen del Carmen que fue mi compañía espiritual y mi fortaleza.

Ingrith Fernanda Ramos Quintín

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente, agradecemos a nuestro asesor del proyecto de grado; Ingeniero aeroportuario, Oscar Eduardo Díaz Olariaga, quien fue punto de partida para este proceso, por su apoyo, dedicación y entrega hacia el proyecto, así mismo a nuestro jurados de sustentación, ingeniero Fernando Rey Valderrama y profesora María Esperanza Cuenca Coral. Adicional a los funcionarios de la universidad como la secretaria de la facultad de ingeniería civil, audiovisuales, y biblioteca.

Tabla de contenido

Introducción 13
Justificación 14
Objetivos 15
Objetivo general 15
Objetivos específicos 15
CAPÍTULO 1 16
1 Marco teórico y conceptual 16
1.1 Introducción 16
1.2 Transporte Aéreo: Planificación de la demanda 16
1.3 Marco teórico y conceptual "econométrico" 20
1.4 Conclusiones 23
CAPÍTULO 2 24
2 Transporte aéreo en Colombia 24
2.1 Introducción 24
2.2 Red de aeropuertos en Colombia 24
2.3 Concesiones 26
2.4 Comportamiento del transporte aéreo en Colombia. 29
2.5 Conclusiones 33
CAPÍTULO 3 34
3 Aeropuerto Internacional de Bogotá-El Dorado (BOG) 34
3.1 Introducción 34
3.2 Reseña histórica 34
3.3 Operadora Aeroportuaria Internacional – OPAIN S.A. 36
3.4 Comportamiento del tráfico aéreo en BOG. 37
3.5 Conclusiones 39
CAPÍTULO 4 40
4 Análisis de los planes maestros de BOG 40
4.1 Introducción 40

4.2 Plan maestro año 2001 40
4.2.1 Análisis de la demanda 41
4.2.2 Proyecciones de carga 42
4.2.3 Proyecciones de operaciones aéreas 43
4.2.4 Proyección de pasajeros internacionales 44
4.2.5 Proyección de Pasajeros nacionales 45
4.2.6 Objetivos del terminal a largo plazo 46
4.2.7 Nuevo terminal de pasajeros 47
4.2.8 Objetivos a corto plazo 47
4.2.9 Conclusiones sobre el plan maestro 2001 48
4.3 Actualización 2014 del Plan Maestro 2011 48
4.3.1 Proyección de pasajeros nacionales según los escenarios 49
4.3.2 Proyección de pasajeros internacionales según los escenarios 50
4.3.3 Proyección de carga nacional 51
4.3.4 Proyección del total de carga internacional 52
4.3.5 Proyección para operaciones aéreas totales (nacional más internacional) 53
4.3.6 Demanda/Capacidad y requerimientos de la terminal de pasajeros - tarea 5. 54
4.3.7 Conclusiones del plan maestro 2014 54
CAPÍTULO 5 55
5 Prognosis de Tráfico 55
5.1 Introducción 55
5.2 Metodología 55
5.3 Cuadro de valores estimados de los parámetros 59
5.4 Estadísticos complementarios 60
5.5 Modelo 60
5.6 Resultados para "Indicadores Bogotá" 61
5.6.1 Proyección para pasajeros nacionales 61

5.6.2 Proyección para pasajeros internacionales 63
5.6.3 Proyección para operaciones 65
5.7 Resultados para "Indicadores Colombia" 67
5.7.1 Proyección para pasajeros nacionales 67
5.7.2 Proyección para pasajeros internacionales 69
5.7.3 Proyección de operaciones aéreas 71
5.8 Resultados de proyección para carga 73
5.8.1 Proyección de carga nacional 73
5.8.2 Proyección para carga internacional 75
5.9 Conclusiones 77
CAPITULO 6 78
6 Análisis comparativo de pronósticos 78
6.1 Introducción 78
6.2 Análisis comparativo con Plan Maestro 2001 78
6.2.1 Carga 79
6.3 Análisis comparativo con actualización 2014 Plan Maestro 2011 82
6.3.1 Carga 82
6.4 Comparación de Planes Maestros e investigación actual 85
6.4.1 Conclusiones 88
CAPÍTULO 7 89
7 Dimensionamiento del edificio terminal 89
7.1 Introducción 89
7.2 Edificio Terminal de pasajeros de BOG 89
7.3 Conceptos 90
7.4 Parámetros para un pre-diseño 93
7.5 Análisis de la terminal de carga 97
7.6 Conclusiones 98
CONCLUSIONES 99
Bibliografía 100

Anexos 103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aeropuertos concesionados..... 27
Tabla 2. Proyección de carga Nacional e Internacional 42
Tabla 3. Proyección de operaciones..... 43
Tabla 4. Tráfico de pasajeros internacionales 44
Tabla 5. Tráfico de pasajeros nacionales 45
Tabla 6. Proyecciones de pasajeros nacionales en tres escenarios..... 49
Tabla 7. Proyecciones de pasajeros internacionales en tres escenarios..... 50
Tabla 8. Proyecciones del total de carga nacional..... 51
Tabla 9. Proyecciones del total de carga internacional..... 52
Tabla 10. Proyección para operaciones aéreas totales 53
Tabla 11.Proyección de Pasajeros nacionales para indicadores Bogotá..... 62
Tabla 12. Pasajeros internacionales para indicadores Bogotá 64
Tabla 13. Proyección de Operaciones para indicadores Bogotá 66
Tabla 14. Proyección de pasajeros nacionales en tres escenarios..... 68
Tabla 15. Proyección de pasajeros internacionales en tres escenarios..... 70
Tabla 16. Proyección de operaciones aéreas en tres escenarios..... 72
Tabla 17. Proyección de carga nacional 74
Tabla 18. Proyección de carga internacional 76
Tabla 19. Resultados obtenidos en proyección de investigación actual (escenario factible), respecto a los planes maestros de 2001 y 2011 (escenario base). 88
Tabla 20. Relaciones para los TPHP de cifras anuales recomendada por la FAA..... 91
Tabla 21. PHP por los métodos de Cudós y FAA 92
Tabla 22. PHP Actualización Plan Maestro BOG 2014..... 92
Tabla 23. PHP Plan Maestro BOG 2001..... 92
Tabla 24. Superficie para la terminal de pasajeros por el método de la FAA 95
Tabla 25. Área necesaria para plataforma internacional..... 95
Tabla 26. Niveles de servicio IATA 96
Tabla 27. Área en $m2$ requerida para ofrecer de un nivel de servicio "C" de IATA..... 97
Tabla 28. Área requerida para el total de carga anual proyectada 97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Histórico de pasajeros transportados en Colombia 30
Gráfico 2. Histórico de carga aérea total transportada en Colombia..... 31
Gráfico 3. Crecimiento de pasajeros totales: Colombia, L &C, Mundo 32
Gráfico 4. Crecimiento carga total: Colombia, L &C, Mundo..... 32
Gráfico 5. Pasajeros transportados en BOG..... 37
Gráfico 6. Transporte de carga en BOG 38
Gráfico 7. Proyección de tráfico de Carga Nacional e Internacional (ton)..... 42
Gráfico 8. Proyección para operaciones 43
Gráfico 9. Proyección para pasajeros internacionales 44
Gráfico 10. Proyección para tráfico nacional. 45
Gráfico 11. Proyección para pasajeros nacionales por los tres escenarios .. 49
Gráfico 12. Proyección de pasajeros internacionales por el escenario bajo, base y alto..... 50
Gráfico 13. Proyección de carga nacional 51
Gráfico 14. Proyección de carga internacional 52
Gráfico 15. Proyección para operaciones aéreas totales..... 53
Gráfico 16. Proyección de Pasajeros Nacionales 63
Gráfico 17: Proyección de pasajeros Internacionales 65
Gráfico 18. Proyección de operaciones 67
Gráfico 19. Proyección de Pasajeros Nacionales 69
Gráfico 20. Proyección de Pasajeros internacionales..... 71
Gráfico 21. Proyección de Operaciones Aéreas 73
Gráfico 22. Proyección de carga nacional 75
Gráfico 23. Proyección de carga internacional 77
Gráfico 24. Comparativo del indicador carga internacional entre 'proyección del plan maestro 2001', 'carga (realmente) transportada' y 'proyección de la presente investigación'..... 79
Gráfico 25. Comparativo del indicador carga nacional entre 'proyección del plan maestro 2001', 'carga (realmente) transportada' y 'proyección de la presente investigación'..... 79
Gráfico 26. Comparativo del indicador pasajeros internacionales entre 'proyección del plan maestro 2001', 'pasajeros (realmente) transportados' y 'proyección de la presente investigación'..... 80
Gráfico 27. Comparativo del indicador pasajeros nacionales entre 'proyección del plan maestro 2001', 'pasajeros (realmente) transportados' y 'proyección de la presente investigación'..... 81

Gráfico 28. Comparativo del indicador operaciones aéreas entre 'proyección del plan maestro 2001', 'operaciones (realmente) transportadas' y 'proyección de la presente investigación'..... 81
Gráfico 29. Comparativo del indicador carga internacional entre 'proyección del plan maestro 2014', 'carga (realmente) transportada' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista..... 82
Gráfico 30. Comparativo del indicador carga nacional entre 'proyección del plan maestro 2014', 'carga (realmente) transportada' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista..... 83
Gráfico 31. Comparativo del indicador pasajeros internacionales entre 'proyección del plan maestro 2014', 'pasajeros (realmente) transportados' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista. 83
Gráfico 32. Comparativo del indicador pasajeros nacionales entre 'proyección del plan maestro 2014', 'pasajeros (realmente) transportados' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista. 84
Gráfico 33. Comparativo del indicador operaciones aéreas entre 'proyección del plan maestro 2014', 'operaciones totales' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista..... 84
Gráfico 34. Comparativo del indicador carga nacional entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual..... 85
Gráfico 35. Comparativo del indicador carga internacional entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual..... 86
Gráfico 36. Comparativo del indicador pasajeros nacionales entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual..... 86
Gráfico 37. Comparativo del indicador pasajeros internacionales entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual. 87
Gráfico 38. Comparativo del indicador operaciones aéreas entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual..... 87
Gráfico 39. Comparativo de PHP por los métodos de Cudós, FAA y actualización 2014 de Plan Maestro. 93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. El Dorado en los Años 60's. 35
Ilustración 2. El Dorado Terminal en los años 60's. 35
Ilustración 3. Análisis de Prueba de Multicolinealidad 61
Ilustración 4. Análisis de Prueba de Multicolinealidad 63
Ilustración 5. Análisis de Prueba de Multicolinealidad 65
Ilustración 6. Análisis de Prueba de Multicolinealidad 68
Ilustración 7. Análisis de Prueba de Multicolinealidad 70
Ilustración 8. Análisis de Prueba de Multicolinealidad 72
Ilustración 9. Análisis de Prueba de Multicolinealidad. 74
Ilustración 10. Análisis de Prueba de Multicolinealidad 76
Ilustración 11. Prueba de Multicolinealidad..... 103
Ilustración 12. Prueba de Normalidad..... 103
Ilustración 13. Ecuación del modelo 104
Ilustración 14. Prueba de Homocedasticidad..... 104
Ilustración 15. Prueba de Autocorrelación 105
Ilustración 16. Prueba de Multicolinealidad..... 106
Ilustración 17. Prueba de Normalidad..... 106
Ilustración 18. Ecuación del modelo 107
Ilustración 19. Prueba de Homocedasticidad..... 107
Ilustración 20. Prueba de Autocorrelación 108
Ilustración 21. Prueba de multicolinealidad..... 109
Ilustración 22. Prueba de Normalidad..... 109
Ilustración 23. Ecuación del modelo 110
Ilustración 24. Prueba de Homocedasticidad..... 110
Ilustración 25. Prueba de Autocorrelación 111
Ilustración 26. Prueba de Multicolinealinealidad 112
Ilustración 27. Prueba de Normalidad..... 112
Ilustración 28. Ecuación del modelo 113
Ilustración 29. Prueba de Homocedasticidad..... 113
Ilustración 30. Prueba de Autocorrelación 114
Ilustración 31. Prueba de Multicolinealidad..... 115
Ilustración 32. Prueba de Normalidad..... 115
Ilustración 33. Ecuación del modelo 116
Ilustración 34. Prueba de Homocedasticidad..... 116
Ilustración 35. Prueba de Autocorrelación 117
Ilustración 36. Prueba de Multicolinealidad..... 118
Ilustración 37. Prueba de Normalidad..... 118

Ilustración 38. Ecuación del modelo 119
Ilustración 39. Prueba de Homocedasticidad..... 119
Ilustración 40. Prueba de Autocorrelación 120
Ilustración 41. Prueba de Multicolinealidad..... 121
Ilustración 42. Prueba de Normalidad..... 121
Ilustración 43. Ecuación del modelo 122
Ilustración 44. Prueba de Homocedasticidad..... 122
Ilustración 45. Prueba de Autocorrelación 123
Ilustración 46. Prueba de Multicolinealidad..... 124
Ilustración 47. Prueba de Normalidad..... 124
Ilustración 48. Ecuación del modelo 125
Ilustración 49. Prueba de Homocedasticidad..... 125
Ilustración 50. Prueba de Autocorrelación 126

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Aeropuertos de Colombia……26

Introducción

En el presente trabajo se desarrolla, en primer lugar, una prognosis de tráfico (pasajeros, carga y operaciones) para el Aeropuerto Internacional de Bogotá-El Dorado (en adelante BOG, código IATA de dicho aeropuerto), y en segundo lugar, se analiza la relación entre la demanda prevista y la capacidad en infraestructura necesaria para soportar dicha demanda, en función de ciertos estándares internacionales que fijan niveles de calidad de servicio. El análisis demanda-capacidad en este trabajo se centra exclusivamente en los edificios terminales (pasajeros y carga) y en sus áreas funcionales internas, quedando acotado el estudio en lo que ingeniería aeroportuaria se denomina "lado tierra".

Asimismo, se realizará un análisis comparativo de los resultados (pronósticos) obtenidos en la presente investigación con las proyecciones calculadas en los dos últimos planes maestros del aeropuerto, el del año 2001 y la actualización 2014 del plan del año 2011 respectivamente.

Finalmente, y una vez obtenidos los pronósticos, que en la investigación actual se realizan a corto (5 años) y medio (10 años) plazo, se procede, a nivel de recomendación, a proponer/sugerir superficies mínimas de las áreas de servicios (o áreas funcionales) en los edificios terminales (pasajeros y carga) para ofrecer a los usuarios (pasajeros) ciertos niveles de calidad de servicio, según reconocidos estándares internacionales utilizados en el diseño y construcción de áreas terminales aeroportuarias.

Justificación

El transporte aéreo colombiano está experimentando un vertiginoso y dinámico desarrollo, nunca visto en toda su historia, que dio inicio aproximadamente hace una década y media. Este periodo coincide con el inicio de una continuada implementación de políticas públicas elaboradas específicamente para el sector del transporte aéreo. El desarrollo de las políticas públicas ha conducido a que el transporte aéreo se haya transformado en poco tiempo en uno de los servicios más importantes de la economía colombiana. Por un lado, debido a la topografía del país que dificulta la operación de otro tipo de transporte, el transporte aéreo facilita la integración y la conectividad, sobre todo a muchas de las regiones más lejanas de la geografía colombiana. Y en otro orden, y gracias a la situación geográfica de Colombia, en el medio (Norte-Sur) del continente americano y con frontera a los océanos Atlántico (a través del Mar Caribe) y Pacífico, permite la conexión con la economía regional y mundial, hecho que resulta imperativo dada la dinámica de la globalización en el mundo.

En este orden, el Aeropuerto Internacional de Bogotá-El Dorado (BOG), primero del país y aeropuerto *HUB* (distribuidor) a nivel nacional, ha liderado el crecimiento del transporte aéreo a nivel Colombia, hecho que se ha potenciado desde la privatización de su operación y gestión en el año 2007, lo que condujo a una importante ampliación y modernización de toda su capacidad. Este aumento de su capacidad "disparó" el crecimiento de su actividad, medido en tráfico anual de pasajeros y carga.

Ahora bien, a pesar del notable crecimiento tanto del transporte aéreo como la industria aeroportuaria en Colombia, y de BOG en particular, en la bibliografía científica, no se han encontrado estudios (académicos) relacionados a la prognosis de tráfico y análisis de la relación demanda / capacidad del aeropuerto en estudio. Lo existente en la materia son los dos planes maestros realizados para BOG en los años 2001 y 2011 (y su actualización del 2014) por empresas consultoras privadas. Por ello, este trabajo viene a cubrir un gran vacío en este tema, y con un enfoque y perfil, en el análisis, exclusivamente académico.

En definitiva, el presente trabajo de investigación, no sólo pretende aportar el primer estudio de rigurosa base académica en materia de ingeniería aeroportuaria (a nivel Colombia), sino también poner a disposición de las autoridades competentes información relevante que le oriente para la toma de ciertas decisiones (inversión, control, regulación, etc.), relacionadas al aeropuerto en estudio.

Objetivos

Objetivo general

Realizar, para el Aeropuerto Internacional de Bogotá-El Dorado (BOG), un desarrollo de prognosis de tráfico, de pasajeros y carga, a corto y medio plazo, y analizar y evaluar el impacto del tráfico previsto en la capacidad de los terminales de pasajeros y carga del aeropuerto.

Objetivos específicos

- Estimar la demanda, a corto (5 años) y mediano (10 años) plazo, de pasajeros y carga (nacional e internacional), así como el total de operaciones aéreas (despegues y aterrizajes).

- Realizar la comparación de los resultados obtenidos en el presente trabajo con los obtenidos en los Planes Maestros del aeropuerto de los años 2001 y 2014.

- En función de los resultados obtenidos en la prognosis de tráfico (demanda), proponer un área instalada de Terminal (de pasajeros y carga) (oferta) que pueda absorber dicha demanda, y con los adecuados estándares de calidad de servicio establecidos.

CAPÍTULO 1

1 Marco teórico y conceptual

1.1 Introducción

Debido al carácter del presente trabajo de investigación, el marco teórico y conceptual presenta dos escenarios de base analítica, uno relacionado al Transporte Aéreo (con un fuerte enfoque en la "Ingeniería Aeroportuaria"), y otro vinculado al campo de la Econometría (que contempla ciertos principios de la Estadística).

En primera medida, se tratan conceptos y/o definiciones que se refieren a la planificación de la demanda en un aeropuerto con el fin de comprender la importancia del entendimiento del mismo para así obtener una buena organización y planeación acerca de lo que se prevé y así mismo como satisfacer dichas proyecciones.

Posteriormente, se describen los métodos econométricos que existen, con el fin de conocer las diferentes formas de calcular la proyección de pasajeros, carga y operaciones, y de esta manera seleccionar el método que se ajuste a los pronósticos que se desean conocer.

1.2 Transporte Aéreo: Planificación de la demanda

A continuación, se presentan un conjunto de conceptos y definiciones, según la bibliografía más destacada y referenciada, a nivel internacional, en materia de ingeniería aeroportuaria y transporte aéreo (Kazda y Cave, 2015; García Cruzado, 2013; de Neufville y Odoni, 2013; Horonjeff *et al*.; 2010; ICAO, 2006; Wells y Young, 2004; IATA, 2004; OACI, 2004; Ashford *et al*., 1997).

Aeródromo: Un aeródromo es un área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinado total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.

Capacidad y demanda: Concepto que relaciona la infraestructura instalada y los servicios disponibles en un periodo de tiempo, respecto de los requisitos para ese mismo periodo de tiempo de infraestructura y servicios, a partir del análisis de la prognosis de aeronaves y pasajeros en horas punta.

Plan maestro aeroportuario (PMA): Es un instrumento de planificación de naturaleza aeroportuaria, que incluye su entorno de influencia, organiza el aeropuerto y sus zonas de servicio definiendo las grandes directrices de ordenamiento y desarrollo del aeropuerto en forma racional, adecuando a las necesidades presentes y futuras del transporte aéreo, hasta alcanzar su máxima expansión previsible.

Todo aeropuerto internacional deberá contar con terminal de pasajeros, flujo de pasajeros diferenciados y diseños acorde con los procesos de Terminal, servicios de facilitación, servicios de información, servicios comerciales, adecuada señalización, planificados para mantener ciertos niveles de calidad de servicio.

Terminales de pasajeros y carga: Son los edificios del "lado tierra" (entendiendo por tal *toda aquella área con edificios, instalaciones y servicios destinados exclusivamente al pasajero*) del aeródromo que permiten el manejo y control de pasajeros que embarcan o desembarcan en las aeronaves. Para los aeropuertos de pasajeros, las terminales tienen como función la conexión entre los modos de acceso, con el modo de transporte aéreo: Puede ser el taxi, automóvil, autobuses, tren o metro.

La configuración de la terminal está determinada por el tipo de tráfico (regional, nacional o internacional) y por la cantidad de viajeros. Las terminales tienen las siguientes dependencias: vestíbulos de chequeo, salas de embarque, bandas de equipajes, puertas de salida, zonas de espaciamiento restaurantes, tiendas, bancos, cajas de cambio, aparcamiento de automóviles y servicios de baño. Los aeropuertos internacionales tienen además controles migratorios (control de pasaportes y aduana). En la aduana, los pasajeros que salen o entran del país reportan el ingreso o salida de dinero y mercancías.

Metodología de la planificación aeroportuaria: El objetivo de la planeación aeroportuaria consiste en determinar las inversiones requeridas, de acuerdo con el cumplimiento de la demanda proyectada en pasajeros y carga; ordenando el desarrollo del aeropuerto en forma racional, adecuando las necesidades presentes y futuras del transporte aéreo, hasta alcanzar su máxima expansión previsible.

La metodología de la planeación aeroportuaria consiste en realizar un estudio socio-económico, un inventario y diagnóstico de la infraestructura actual,

proyecciones de demanda, pasajeros y carga, y análisis de capacidad de la infraestructura, en lado aire y lado tierra.

En concordancia con lo enunciado y teniendo en cuenta que los planes maestros incluyen las proyecciones de inversión más relevantes, dicho plan se convierte en un instrumento esencial para programar los recursos necesarios para su desarrollo y expansión.

Recopilación de datos (inventario): La recopilación de información relativa al área de influencia a la que servirá el aeropuerto es fundamental. Esta información debe referirse también a inventarios de los aeropuertos existentes en la zona o más próximos a ella, tales como: Medio aeroportuario, datos socioeconómicos, datos (geométricos) del aeropuerto, etc.

La recopilación de la información va enfocada al área de influencia a la que servirá el aeropuerto. Por ende, se deben tener en cuenta datos socioeconómicos del área, tales como: Tasa de crecimiento, Producto Interno Bruto (PIB) (ciudad, dpto., país), la población (ciudad, dpto., país), el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y la tasa de cambio representativa del mercado (TRM), la tasa de empleo (local, regional, nacional), y el Índice de Competitividad (IC), datos estadísticos gestionados y presentados por instituciones públicas relacionadas. De igual forma se tienen en cuenta datos aeronáuticos o de transporte aéreo, del aeropuerto en estudio.

Estudio de tráfico: La realización del pronóstico de tráfico es el punto vital de los procesos de planificación, ya que constituyen las bases para definir las instalaciones que se requerirán, y el momento en que se necesitarán. La prognosis de tráfico se suele realizar a corto (5 años), medio (10 años), largo (15 años) y muy largo (20 años o más) plazo. Sin embargo, la experiencia dice que la predicción para periodos mayores de 10 años debe tratarse con mucha cautela, debida a la "discutida" fiabilidad de la misma.

En dicho estudio de prognosis, es importante realizar la predicción de, al menos, los siguientes parámetros:

- De pasajeros, internacional y nacional.
- De movimiento de aeronaves (u operaciones), internacional y nacional.
- De carga aérea, nacional e internacional.

Análisis de capacidad / demanda: Una vez obtenidas las demandas de tráfico que se prevén en cada año horizonte, se necesita efectuar un estudio de capacidad de la infraestructura según los esquemas preliminares que pueden tantearse para satisfacer mejor aquella demanda. El estudio de la capacidad para desarrollar un aeropuerto existente, comprende el área de movimiento y la zona terminal, fundamentalmente Edificios Terminales de Pasajeros, dependiendo de las características del aeropuerto.

Los Edificios Terminales se adecuan a la demanda de pasajeros previstos en función de sus distintas superficies para cada una de las zonas comprendidas en el lado tierra, mediante la utilización de los correspondientes parámetros de diseño normalmente definidos como número de metros cuadrados por número de pasajeros en la hora punta de diseño, longitud de cola admisibles, o tiempos máximos de espera.

Así pues, mediante el análisis comparativo entre la demanda prevista para un horizonte y la capacidad de la configuración para tal horizonte se pueden establecer las necesidades que habrá que atender en cuanto a dimensiones totales necesarias o de la expansión de uno ya existente.

Teniendo en cuenta las demandas de tráfico que se prevén en cada año, prosigue efectuar un estudio de capacidad de cada infraestructura, lo cual es necesario para poder satisfacer la demanda. Este estudio corresponde al lado tierra del aeropuerto existente. Para poder brindar un análisis se realiza una comparación entre la demanda prevista y la capacidad, lo cual arroja las necesidades que habrá que atender.

Métodos de diseño del terminal: La Administración Federal de Aviación de los EE.UU. (FAA) utiliza el concepto de "la hora punta del día medio del mes pico" para derivar la hora pico representativa.

El concepto de hora punta según la IATA, se obtiene tomando el segundo día más ocupado de la semana media del mes pico. Por otra parte, se obtienen otros conceptos que refieren a hora punta los cuales corresponden a la tasa de ocupación estándar, que se refiere a la hora 30 de mayor ocupación en el año.

La FAA (1998) y la IATA (2004) hacen una serie de procedimientos de desarrollo y/o modelos, para el cálculo de áreas requeridas para cada actividad dentro de la terminal, con base en el flujo de hora punta y los estándares aceptables para el tiempo necesario. Los modelos de la FAA son apropiados para el sistema aeroportuario de Estados Unidos, por lo cual encaran de manera general todas las actividades en la terminal. Los modelos de la IATA

están dirigidos a terminales de todo el mundo, pero no son tan amplios y éstos asumen que el tráfico es constante en la hora punta.

Capacidad: Las medidas de capacidad varían de un sistema a otro. La capacidad a largo plazo tiene muchas definiciones, pero en general, hace referencia a un límite cuando se alcance o se supere, lo cual afecta a las operaciones de los aeropuertos y nivel de servicio.

Capacidad y nivel de servicio: El problema del tráfico en hora pico en los aeropuertos ha sido la mayor preocupación por las compañías aéreas y los operadores de aeropuertos en todo el mundo, teniendo en cuenta que en las horas punta pueden surgir congestión, y derivado de ello, retrasos (o demora).

Planificación: La determinación de la capacidad y requisitos del aeropuerto, dependen en gran medida de predecir el impacto de las condiciones de funcionamiento y las reglas, así mismo de los perfiles de demanda y sectores de vuelo para un día pico.

1.3 Marco teórico y conceptual "econométrico"

El objetivo de las siguientes definiciones y/ o conceptos consiste en abordar algunos de los procedimientos de transformación de series de datos, según la siguiente bibliografía (Gujarati y Porter, 2010; Jarque y Bera, 1987; Judge y White, 1988; Vogelvang, 2005; Kennedy, P, 2008; Peón, 2010; Kikut, 2003; Robert y Marc , 2005; Mankiw y Gregory, 2000; DANE, 2016)

Software Eviews: Tiene en cuenta las condiciones económicas, y a través del análisis estadístico y matemático, permite hacer proyecciones operacionales del tráfico que contiene todas sus variables.

Prueba de normalidad: El supuesto de normalidad puede no ser tan crucial cuando se emplean muestras grandes. Una propiedad de la distribución normal es que cualquier función lineal de variables normalmente distribuidas estará también normalmente distribuidas.

La prueba *Jarque-Bera (JB)* es una prueba que considera los siguientes elementos para probar la normalidad de los errores de un modelo de regresión lineal.

Prueba de multicolinealidad: Cuando los regresores incluidos en un modelo econométrico se encuentran interrelacionados. La multlicolinealidad perfecta se da cuando existe una relación exacta entre varios de los regresores del

modelo. Existe dificultad para conocer el aporte a la explicación de las variables dependientes de cada una de las variables explicativas del modelo.

Prueba de homocedasticidad: Los componentes del vector de errores no tienen igual variancia.

Prueba de autocorrelación: Se presenta cuando los errores del modelo se encuentran correlacionados. Esta prueba permite detectar autocorrelación de primer orden cuando la variable dependiente rezagada no se encuentra dentro de los regresores del modelo.

Métodos de pronóstico cuantitativos: Los métodos de pronóstico cuantitativos se pueden clasificar en dos categorías principales: análisis de series de tiempo y métodos casuales. Algunas de las técnicas más ampliamente utilizadas en estas dos subcategorías incluyen proyecciones de tendencias, métodos de descomposición y análisis de regresión.

Proyección: Un primer paso para pronosticar la actividad del tráfico aéreo es por lo general para estudiar los datos históricos (series temporales) y determinar la tendencia en el desarrollo del tráfico. En el contexto de previsión a largo plazo. Al derivar una a medio plazo o pronosticar mediante la extrapolación de la tendencia del tráfico a largo plazo, el histórico del tráfico continuará operando en el futuro como en el pasado, excepto que su impacto puede cambiar gradualmente, y las condiciones de equilibrio continuarán en el futuro.

El análisis econométrico: El punto de partida para un análisis econométrico es, en efecto, un modelo de ecuación de regresión que postula una relación causal entre una variable dependiente y una o más variables explicativas. Las variables dependientes en el análisis de la demanda de tráfico, en general, son los datos históricos de tráfico medido en términos de pasajeros o de pasajero-kilómetro recorrido (RPK) y toneladas de carga o transporte de mercancías kilómetros-tonelada (FTK). Las variables explicativas (o independientes) son aquellas variables que podrían tener una influencia en la demanda de viajes aéreos. El modelo econométrico intenta explicar la demanda de viajes aéreos como causadas por él cambia en las variables explicativas. Conceptualmente, los cambios en las variables explicativas se expresan independientemente por el modelo.

Modelos de distribución del tráfico aéreo: Los modelos de distribución del tráfico aéreo se pueden utilizar para pronosticar la demanda de tráfico. Los factores socioeconómicos, demográficos y otros factores relevantes, incluyendo las características económicas de las propias ciudades para el mercado en cuestión deben ser tomados en consideración. Además, los

factores relacionados con la oferta, tales como el nivel de servicio disponible entre origen y destino también pueden entrar en juego.

A continuación, se dan a conocer series históricas económicas, las cuales son base para el desarrollo de los pronósticos.

La medición del valor de la actividad económica: el producto interno bruto. El producto interno bruto (PIB) de país es el valor total de todos los bienes y servicios finales producidos para el mercado durante un periodo dado, dentro de las fronteras de la nación. La medición del PIB sumando el valor de los bienes y servicios comprados por cada uno de los tipos de usuarios finales, Así mismo, el consumo es la parte del PIB comprada por los individuos en su papel de usuarios finales.

Los componentes del gasto: A los economistas y los responsables de la política económica no solo les interesa la producción total de bienes y servicios de la economía, sino también la asignación de esta producción a distintos fines. La contabilidad nacional divide el PIB en cuatro grandes categorías de gasto:

1. El consumo (C)
2. La inversión (I)
3. Las compras de estado (G)
4. Las exportaciones netas (XN).

Por lo tanto, representamos el PIB por medio del símbolo Y,

$$Y= C+I+G+X \qquad (1)$$

El PIB es la suma del consumo, la inversión, las compras del estado y las exportaciones netas. Esta ecuación es una ecuación que debe cumplirse debido a la forma en que se definen las variables (Mankiw y Gregory, 2000). El consumo está formado por los bienes y servicios adquiridos por las economías domésticas. Se divide en tres subcategorías: bienes no duraderos, bienes duraderos y servicios. La inversión se divide en tres subcategorías: inversión en bienes de equipo, inversión en construcción y variación de las existencias.

Índice de precios al consumo: El indicador más utilizado de precios es el índice de precios al consumo (IPC). El índice de precios al consumo es un indicador de la inflación muy vigilado. Como son tantos los elementos que dependen del IPC, es importante asegurarse de que esta medida del nivel de precios es exacta. Muchos economistas creen que el IPC tiende a sobreestimar la inflación por varias razones.

Técnicamente el IPC es un índice de canasta fija, correspondiente a un periodo base en el tiempo, que permite una actualización más rápida de la canasta para seguimiento de precios, según evolucione o cambie el gasto de consumo de los hogares de un país.

Población: La propuesta metodológica para el Censo General 2005 apuntó a satisfacer las necesidades del país, mediante un conteo que brindara información precisa, oportuna, confiable e integrada del volumen y composición de la población, los hogares y viviendas a nivel nacional. Asimismo, se buscó actualizar marcos censales básicos de los establecimientos económicos y las unidades agropecuarias asociadas a viviendas ocupadas con personas presentes.

1.4 Conclusiones

El capítulo presentado como marco teórico y conceptual, se tendrá en cuenta en el desarrollo de este trabajo como base principal para la comprensión de la investigación mostrada a continuación.

CAPÍTULO 2

2 Transporte aéreo en Colombia

2.1 Introducción

En el presente capítulo trata la evolución del transporte aéreo colombiano y su directa relación con el desarrollo de la infraestructura aeroportuaria que la soporta.

2.2 Red de aeropuertos en Colombia

Los aeródromos del país brindan cobertura y servicio a gran parte del país, con presencia en los 32 departamentos y el Distrito Capital de Bogotá, con lo que se obtiene una cobertura del 100% a nivel departamental. Dado que los aeropuertos controlados por la Aerocivil (2015) son los que gozan de mayor, tamaño, importancia y volumen de operaciones (ver Mapa 1).

Por otro lado, según lo estipulado por la Aerocivil, de los 202 aeropuertos que se encuentran en el país, tan sólo 11 son calificados por esta entidad como aeropuertos de carácter internacional, estos son:

- El Dorado en Bogotá,
- Ernesto Cortissoz en Barranquilla,
- Simón Bolívar en Santa Marta,
- Rafael Núñez en Cartagena,
- José María Córdova en Rionegro,
- Alfonso Bonilla Aragón en Cali,
- Alfredo Vázquez Cobo en Leticia,
- Palonegro en Bucaramanga,
- Matecaña en Pereira,
- Gustavo Rojas Pinilla de la ciudad de San Andrés Isla,
- Camilo Daza ubicado en Cúcuta

El sistema aeroportuario de la Aerocivil (2015) está organizado en seis regionales aeronáuticas que se ubican en los departamentos que conforman estas regionales como se menciona a continuación:

- Regional de Antioquia, conformada por catorce aeródromos de los cuales, trece presentan tráfico nacional y solo uno es internacional, esta regional abarca los departamentos de Chocó, Córdoba, Santander (Cimitarra) y Antioquia.

- Regional de Atlántico, hacen parte quince aeródromos de los cuales, once presentan tráfico nacional y cuatro son de categoría internacional, esta regional cubre los departamentos de Bolívar, San Andrés, Magdalena Cesar, Sucre, Guajira y Atlántico.

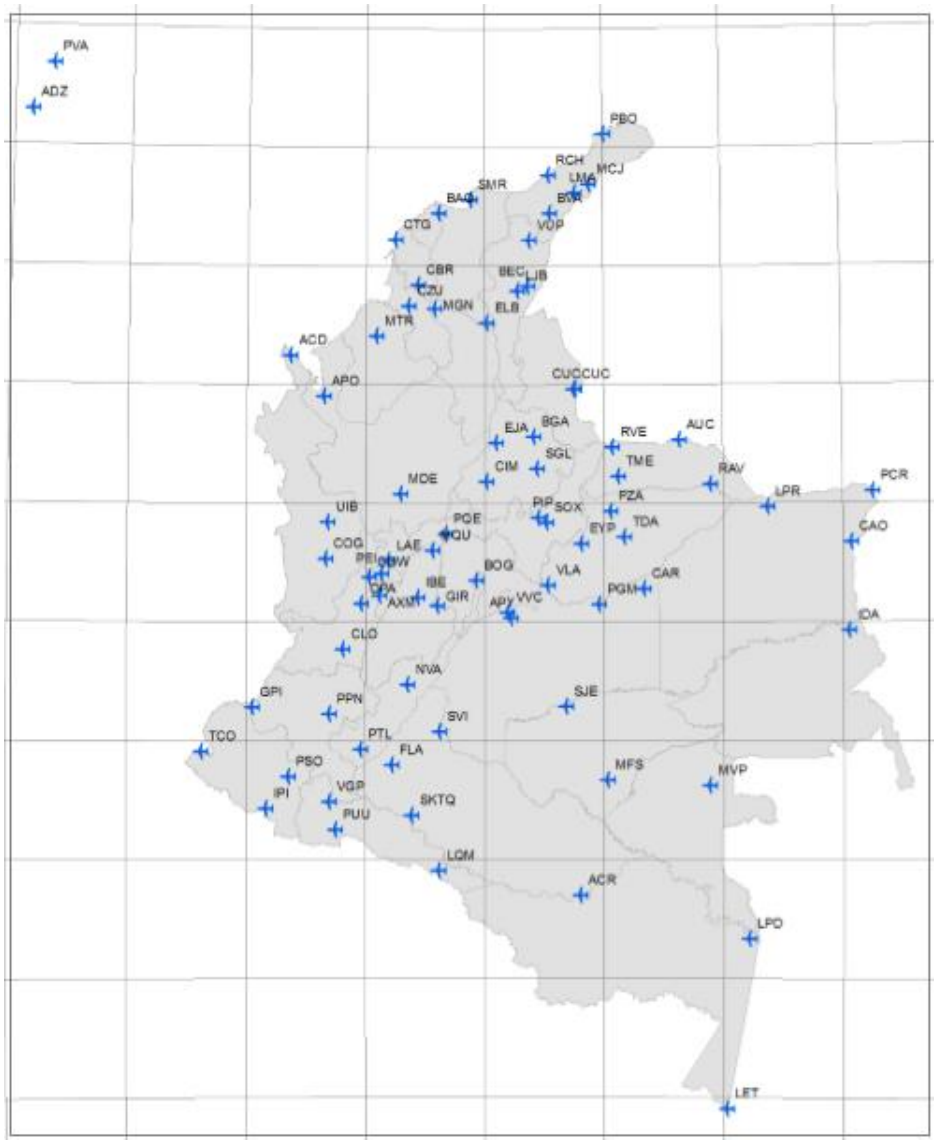
- Regional Cundinamarca, constituido por quince aeródromos de los cuales, trece presentan tráfico nacional y dos son de categoría internacional. Comprende los departamentos de Amazonas, Huila, Tolima, Putumayo, Caquetá, Boyacá y Cundinamarca.

- Regional Meta, conformada por nueve aeródromos en el que todos presentan tráfico nacional, esta regional abarca los departamentos de Casanare, Vichada, Vaupés y Meta.

- Regional Santander, hacen parte once aeródromos de los cuales, ocho presentan tráfico nacional y tres son de categoría internacional, esta regional cubre los departamentos de Norte de Santander, Arauca y Santander.

- Regional Valle, constituido por nueve aeródromos de los cuales, siete presentan tráfico nacional y dos son de categoría internacional. Comprende los departamentos de Risaralda, Quindío, Nariño, Cauca y Valle.

Mapa 1. Aeropuertos de Colombia.



Fuente: Aerocivil, 2010.

2.3 Concesiones

Sobre la gestión de la infraestructura aeroportuaria Colombia ha seguido la tendencia regional de concesionar la administración de dichas infraestructuras. Este modelo busca liberar al estado del alto gasto requerido por la infraestructura aeronáutica. Este proceso está regulado por una ley

nacional (Ley 80 de 1993, artículo 30). Por otra parte, el estado nacional, a través de otra norma consagró el proceso de concesiones de aeropuertos a través de un plan de ordenamiento de la infraestructura aeroportuaria. El documento además de plantear una renovación tecnológica, autorizó el proceso de concesión de los aeropuertos a empresas privadas, y consideró la contraprestación económica para el estado como único elemento para entregar la concesión. A esta contraprestación se le definió como destino: a) alimentar el fondo de compensación aeronáutica para subsidiar a los aeropuertos no rentables, b) financiar nuevas inversiones en dichos aeropuertos y c) financiar los servicios de tráfico aéreo y seguridad. Lo anterior significaba paralelamente que Aerocivil pudiera concentrar sus labores en la operación, control, desarrollo y mantenimiento del sistema de espacio aéreo y la supervisión de las operaciones aéreas (Díaz Olariaga, 2016a).

Entonces, desde mediados de la década de los noventa, y en cuatro fases temporales, denominadas generaciones, el gobierno colombiano, a través Aerocivil, entregó en concesión varios aeropuertos del país, un total de 18, los más grandes e importantes de los que administra la autoridad pública aeronáutica con el fin de obtener una mejor administración, modernización y expansión, operación, explotación comercial y mantenimiento de las terminales aéreas de mayor uso. Bajo el objetivo planteado de las concesiones aeroportuarias del país, la empresa, sociedad, consorcio o ente concesionario de los aeropuertos se desempeña únicamente como administrador del mismo. Los datos de dichas concesiones se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 1. Aeropuertos concesionados.

CONCESIÓN	AEROPUERTO	CIUDAD	INICIO / FIN DE CONCESIÓN
Airplan, S.A.	Antonio R. Betancourt	Carepa	2007 / 2032
	El Caraño	Quibdó	
	José María Córdova	Rionegro	
	Las Brujas	Corozal	
	Los Garzones	Montería	
	Olaya Herrera	Medellín	
AeroCali, S.A.	Alfonso Bonilla Aragón	Cali	2000 / 2020
Opain, S.A.	El Dorado	Bogotá D.C.	2007 / 2027
SACSA, S.A.	Rafael Núñez	Cartagena de Indias	1996 / 2013

CONCESIÓN	AEROPUERTO	CIUDAD	INICIO / FIN DE CONCESIÓN
CASYP, S.A.	Gustavo Rojas Pinilla El Embrujo	San Andrés Providencia	2007 / 2027
Aerop. de Oriente, S.A.S.	Palonegro Camilo Daza Simón Bolívar Yarigüíres Almirante Padilla Alfonso López Pumarejo	Bucaramanga Cúcuta Santa Marta Barrancabermeja Riohacha Valledupar	2010 / 2025
Aeropuertos Colombia SPV	Ernesto Cortissoz	Barranquilla	2015 / 2030

Fuente: Díaz Olariaga, 2016b.

La primera generación de concesiones se realizó bajo un modelo de ingresos mínimos garantizados al concesionario, con lo cual éste no asumía ningún riesgo. En esta generación se ceden al concesionario todos los ingresos regulados y no regulados de los aeropuertos, a cambio de una contraprestación fija para el Estado. También se establecía para el concesionario la responsabilidad del manejo, mantenimiento y operación del terminal, pista, rampa, instalaciones aeroportuarias y ayudas audiovisuales de aproximación y zonas accesorias. En esta generación las concesiones no contenían un plan maestro, lo que hizo imposible que se identificaran y cuantificaran las inversiones necesarias y por lo tanto, las que se realizaron fueron en obras menores de la terminal, determinadas por el mismo concesionario. De esta manera, la vinculación del capital privado a la infraestructura fue insignificante (Díaz Olariaga, 2016b).

A partir de la segunda generación de concesiones, concretadas en el período 2000-2007, las contraprestaciones para la Aerocivil se distribuyen entre unos cargos fijos y unos variables sobre el ingreso bruto del concesionario. Este cambio en los términos de la privatización de los aeropuertos se hizo necesario debido a que los ingresos que estaba recibiendo Aerocivil de ciertos aeropuertos no eran suficientes para llevar a cabo las inversiones que se tenían previstas. Así mismo, se previeron responsabilidades dependiendo de los diferentes agentes involucrados en el proceso y como consecuencia se

hizo una reasignación de los riesgos. El concesionario quedó a cargo de una serie de inversiones obligatorias y de rehabilitación, vinculadas a condiciones de demanda, a través de los planes maestros en el que establecían las necesidades a corto, mediano y largo plazo, con una aproximación en costos de las mismas. Éstas últimas debían llevarse a cabo dentro de los primeros doce meses a partir del inicio del contrato, de lo contrario entrarían a aplicar determinadas sanciones (Díaz Olariaga, 2016a).

En la tercera generación de concesiones, año 2010, se mantienen y mejoran las condiciones de la segunda. No obstante, las diferencias más importantes se dan en que, por un lado, la forma de determinación del aumento del porcentaje de los ingresos brutos no se hace sobre ingresos fijos y variables sino que corresponde a un porcentaje determinado, que el concesionario debe pagar a Aerocivil. Por otra parte, se define como obligatorio el cumplimiento del plan maestro y por tanto la ejecución de las inversiones a cargo y riesgo del concesionario, definiendo un modelo de ingresos estimados a partir de los cuales se equiparan los ingresos regulados generados.

La cuarta generación de concesiones dio inicio el 30 de diciembre de 2014, con la concesión del Aeropuerto Internacional de Barranquilla-Ernesto Cortissoz. La autoridad pública hizo entrega del aeropuerto al nuevo concesionario en el primer semestre de 2015. La inversión prevista para la ampliación y modernización de los aeropuertos es de USD 135 millones (constantes de 2014) (Díaz Olariaga, 2016b).

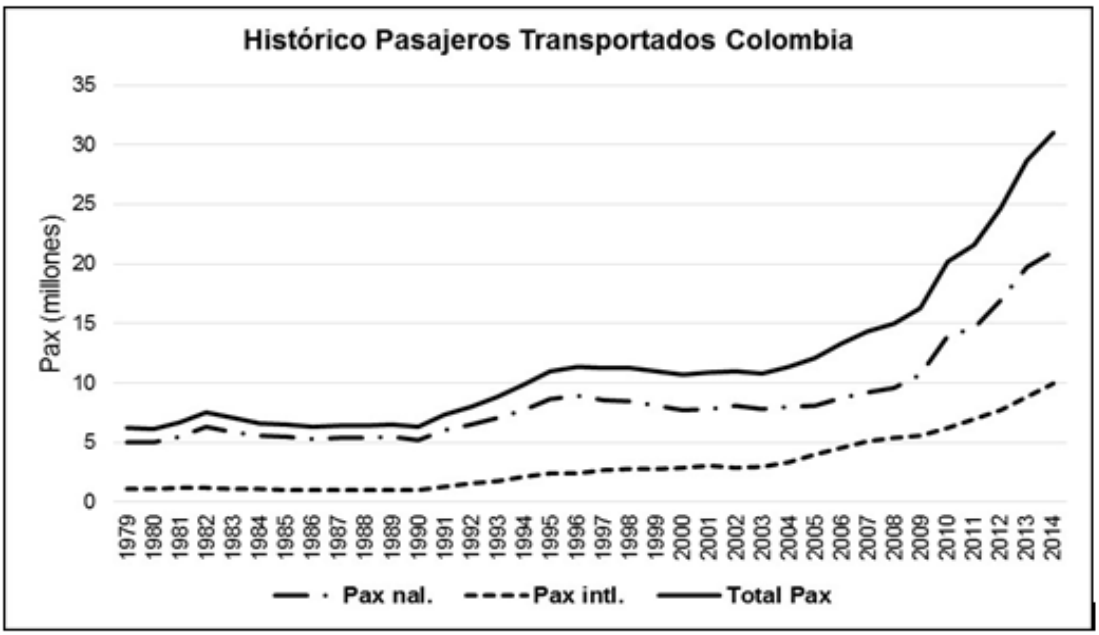
2.4 Comportamiento del transporte aéreo en Colombia.

En Colombia la industria de la aviación ha tenido un gran auge y solidez debido al creciente uso de este sistema como medio de transporte, este comportamiento está influenciado por factores económicos del sector regional y nacional y por la llegada de aerolíneas de bajo coste en los tiquetes han hecho que la demanda de pasajeros en lo última década se haya incrementado rápidamente.

La liberalización del sector del transporte aéreo (iniciada en 1991) representó el despegue de la industria, que venía de una década de crecimiento casi nulo. La 1ra y 2da generación de concesiones, en 1996 y 2000 respectivamente, no tuvieron un impacto relevante en el crecimiento del transporte aéreo, evento que además se vio perjudicado por la gran crisis económica que experimentó Colombia entre 1999 y 2002, sin embargo, es a partir del año 2004, a través de la aplicación de políticas públicas específicas para el sector, cuando empieza un relevante crecimiento del sector del transporte aéreo, lo que

promueve, en gran parte, la privatización del principal aeropuerto de (BOG), en el año 2007, la cual gestiona el 46% del tráfico total de pasajeros y el 69% del total de la carga aérea, seguido de la ejecución de la tercera generación de concesiones aeroportuarias que finalizó en el año 2010, (Díaz Olariaga, 2016b).

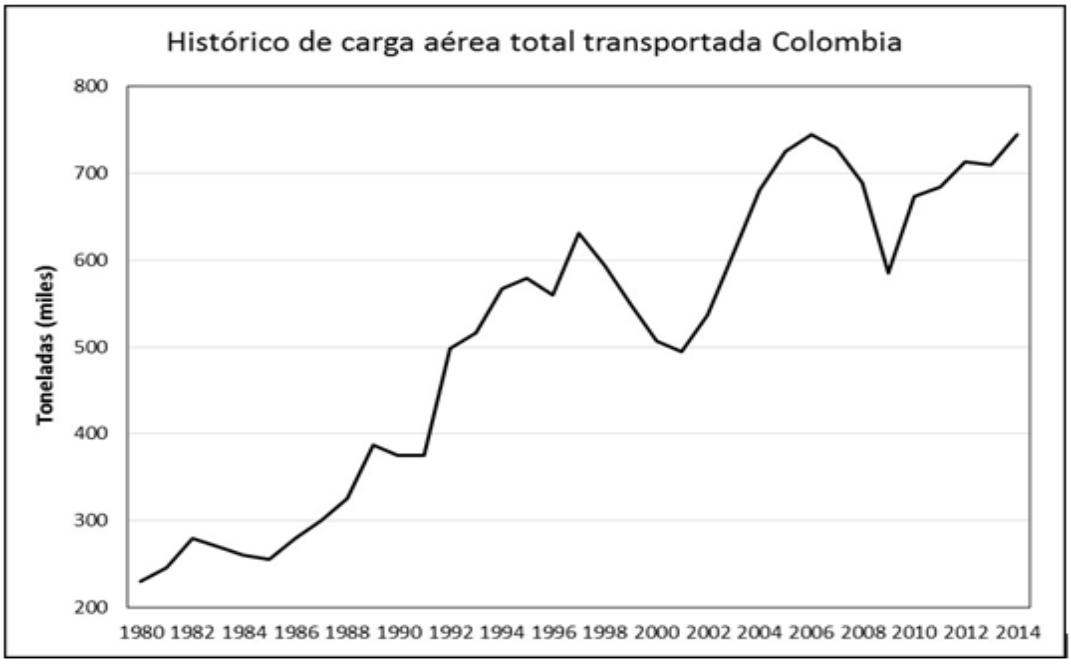
Gráfico 1. Histórico de pasajeros transportados en Colombia



Fuente: Díaz Olariaga, 2016a.

En cuanto al transporte aéreo de carga, éste se ha triplicado en las última tres décadas. Cabe destacar que las dos fuertes caídas en el crecimiento (ver gráfico 2) se deben, en primer lugar, a la gran crisis económica colombiana de 1999-2002, y en segundo lugar, a la última crisis económica internacional de 2008-2009, (Díaz Olariaga, 2016a).

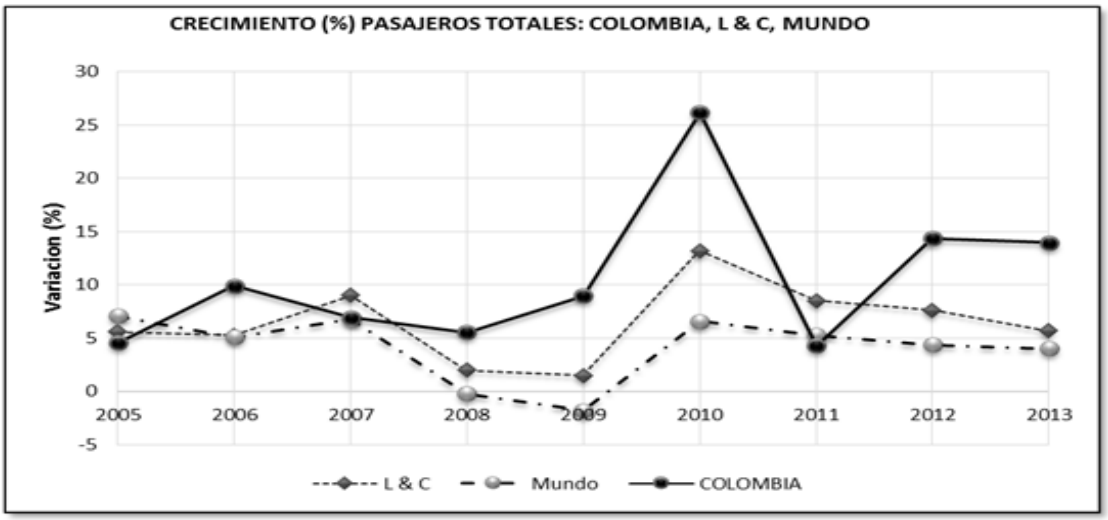
Gráfico 2. Histórico de carga aérea total transportada en Colombia



Fuente: Díaz Olariaga, 2016a.

Así mismo el crecimiento del transporte aéreo colombiano se ha visto reflejado en los indicadores internacionales. En el periodo 2005-2013 la media anual de crecimiento de tráfico total de pasajeros en Colombia ha sido del 10,5%, más del doble de la media mundial y dos tercios superior a la media de la región Latinoamérica y Caribe (L&C) (ver gráfico 3), (Diaz Olariaga, 2016a).

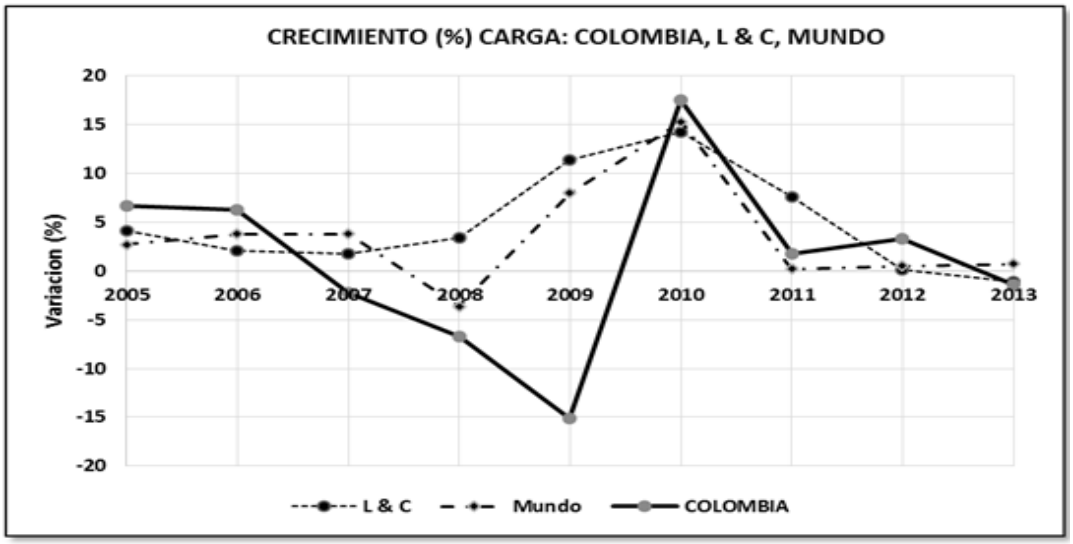
Gráfico 3. Crecimiento de pasajeros totales: Colombia, L &C, Mundo



Fuente: Díaz Olariaga, 2016a.

Por otra parte, el transporte de carga a nivel mundial y en la región L&C, en el periodo 2005-2013, salvo el corto periodo 2007-2009, el crecimiento del transporte de carga verificó un comportamiento de crecimiento similar a los mostrados tanto a nivel mundial como por la región L&C (ver gráfico 4), (Díaz Olariaga, 2016a).

Gráfico 4. Crecimiento carga total: Colombia, L &C, Mundo.



Fuente: Díaz Olariaga, 2016a.

De lo anterior, se observó que el comportamiento del tráfico aéreo está ligado fuertemente al comportamiento económico del país, de este mismo modo las políticas de desarrollo en la infraestructura aeroportuaria han hecho aportes que han servido al crecimiento de la industria, tales como la concesión de aeropuertos lo cual ha generado un impacto favorecedor en la percepción de calidad del servicio, (Díaz Olariaga, 2016a).

2.5 Conclusiones

El transporte aéreo en Colombia ha tenido un gran crecimiento a partir de las concesiones de los aeropuertos más importantes del país, esto ha generado que la red aeroportuaria se vea altamente beneficiada, reflejándose en el crecimiento de pasajeros y de carga.

CAPÍTULO 3

3 Aeropuerto Internacional de Bogotá-El Dorado (BOG)

3.1 Introducción

Este capítulo presentará detalles de BOG, tales como su historia y su estado actual, así mismo, se hace la presentación de la concesión encargada de “la administración, operación, explotación comercial, mantenimiento, modernización y expansión” de BOG. De este modo, se establece la transformación del aeropuerto desde que inició su operación con lo que hoy se logra posicionar con el mayor tráfico aéreo en Colombia.

Posteriormente, se realiza un análisis del comportamiento de tráfico aéreo en BOG, de pasajeros y de carga entre los años de 1979 y 2015, en el que se identifica el comportamiento histórico del transporte aéreo a partir de datos proporcionados por Aerocivil.

3.2 Reseña histórica

A partir de información aportada por Aerocivil (Aerocivil, 2016a) se conoce que BOG desde su construcción en 1930, era conocido como el Aeropuerto de Techo. Por razones de ubicación y sus instalaciones físicas, y teniendo en cuenta el crecimiento del transporte aéreo y el avance vertiginoso de la tecnología aeronáutica, este aeropuerto presentaba serias dificultades en la prestación del servicio, sobre todo debido a la ubicación de las torres de difusión de radio que obstruían la visibilidad de las tripulaciones de vuelo durante la maniobra de aterrizaje.

Se empezó con su diseño y construcción en el año 1955. Fue diseñado por la Empresa Colombiana de Aeródromos, ECA conjuntamente con el apoyo del diseñador italiano Doménico Parmo. El aeropuerto fue inaugurado el 10 de diciembre de 1959 (Aerocivil, 2016a). La ilustración 1 y la ilustración 2, es del aeropuerto pocos años después de su inauguración.

Ilustración 1. El Dorado en los Años 60's.

Fuente: Aerocivil, 2016a.

En mayo del 1963, se completó la construcción del Comando Aéreo de Transporte Militar CATAM, aunque la FAC (Fuerza Aérea Colombiana) siempre estuvo presente en el aeropuerto desde su construcción.

Ilustración 2. El Dorado Terminal en los años 60's.

Fuente: Aerocivil, 2016a.

En la década de los 70's y con el aumento en número de la actividad aeronáutica en el aeropuerto, se realizaron varios estudios sobre la adición de una segunda pista paralela. En 1981, el puente Aéreo fue construido como un terminal anexo por Avianca para acomodar los vuelos a sus principales destinos nacionales e internacionales. Este es un edificio de una sola planta.

En 1982, el Gobierno Colombiano aprobó el plan maestro del aeropuerto El Dorado que incluyó el desarrollo de una segunda pista. El proceso licitatorio para la construcción de la segunda pista fue abierto por Aerocivil en 1994. El proyecto fue adjudicado a un consorcio Español-Colombiano, Compañía de Desarrollo Aeropuerto Eldorado S.A. (CODAD S.A.). La obra comenzó en el año de 1996 y finalizó el 16 de julio de 1998, recibida a satisfacción por Aerocivil (Aerocivil, 2016a).

En 2001, se realizó un nuevo plan maestro para el aeropuerto, el cual fue hecho por la firma *Aéroports de Paris Ingénierie (ADPi)*. El Plan Maestro recomendó la ampliación y modernización del aeropuerto. En 2006, el Gobierno de Colombia decidió concesionar el aeropuerto y el consorcio OPAIN ganó la licitación para operar y ampliar el aeropuerto por los próximos 25 años. El aeropuerto fue entregado a OPAIN el 7 de febrero de 2007 (Aerocivil, 2016a).

El 19 de septiembre de 2007 empezó la ejecución del Hito 1 del plan de modernización y expansión del aeropuerto. Consistió en la expansión del procesador - *Hall* Central del terminal hoy existente y la instalación del sistema CUTE. Estos trabajos se finalizaron en marzo de 2008, mes en que se dio inicio a la ejecución del Hito 2 que corresponde a la construcción de la nueva terminal de carga, un nuevo edificio para Aerocivil, una nueva estación de bomberos, un centro administrativo de carga y un edificio de cuarentena. Este Hito se concluyó en septiembre de 2009. El tercer hito comenzó a finales de noviembre de 2009. Se trata de la Terminal 2, al norte de la terminal actual. Esto requerió la demolición de la vieja terminal de carga nacional ubicada en esa área. Se trasladó la actividad al sureste del área terminal donde están ubicadas las instalaciones de carga hoy en día (Aerocivil, 2016a).

3.3 Operadora Aeroportuaria Internacional – OPAIN S.A.

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil suscribió el contrato No. 6000169 OK del 12 de septiembre de 2006, de Concesión con el Consorcio OPAIN para la administración, operación, explotación comercial, mantenimiento y modernización y expansión del Aeropuerto El Dorado de la ciudad de Bogotá. El consorcio se comprometió con un cronograma de obras a realizar para modernizar y expandir el Aeropuerto, incluyendo obras de remodelación y expansión (Aerocivil, 2016a).

El contrato de concesión para modernizar constó de 8 hitos su remodelación y ampliación, que arrancó en septiembre de 2007, culminando en el 2014. Adicional a los hitos, se llevó a cabo la repavimentación de las pistas norte y

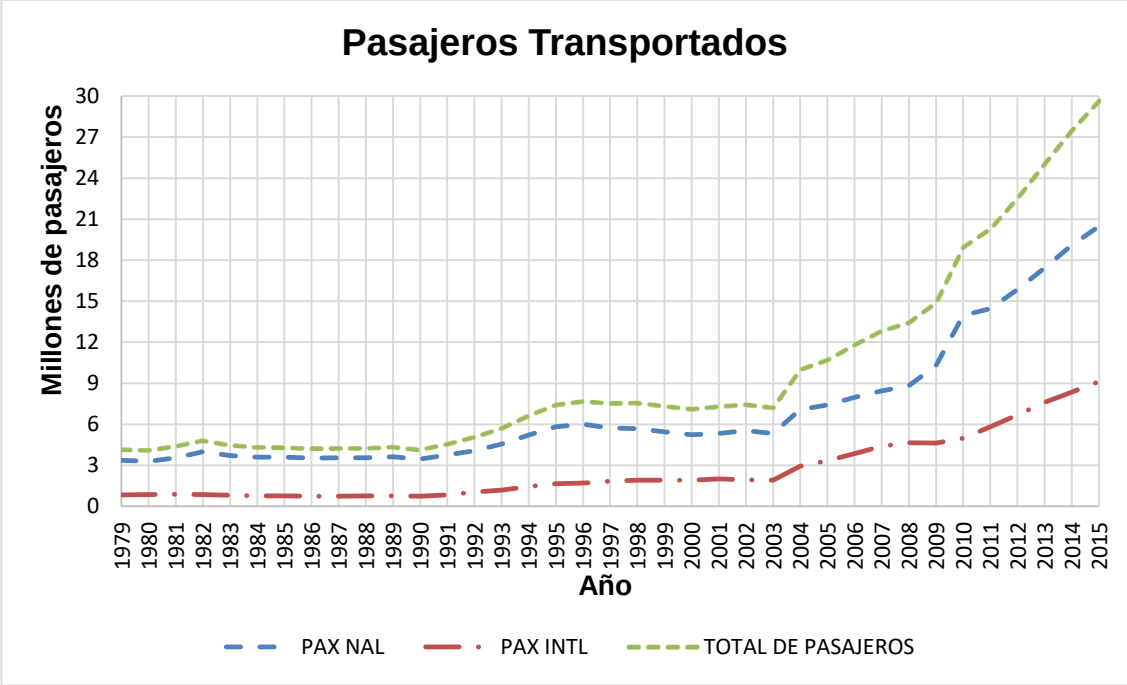
sur, obras ajenas al concesionario OPAIN y que concluyeron a cargo tanto de la Aerocivil como de CODAD (Aerocivil, 2016a).

El área concesionada se refiere a la totalidad del Aeropuerto El Dorado, con las excepciones del: Área en concesión a CODAD (Sistema de pistas), CATAM (Fuerza Aérea), Policía Antinarcóticos, Centro Nacional de Aeronavegación (CNA) y Centro de Estudios Aeronáuticos (CEA).

3.4 Comportamiento del tráfico aéreo en BOG.

El tráfico aéreo en BOG, tiene la mayor participación en la industria aeroportuaria en Colombia, por lo tanto, el crecimiento del tráfico de pasajeros y de carga es paralelo al crecimiento que se presenta a nivel nacional. Para el año 2015 BOG transportó el 36,24% de pasajeros y 40,56% de carga nacional del total transportado en Colombia, por otro lado, en el transporte aéreo internacional de pasajeros y de carga tuvo una participación del 67,28% y 83,67%, respectivamente, posesionándose como el aeropuerto más importante de Colombia (Aerocivil, 2016b).

Gráfico 5. Pasajeros transportados en BOG

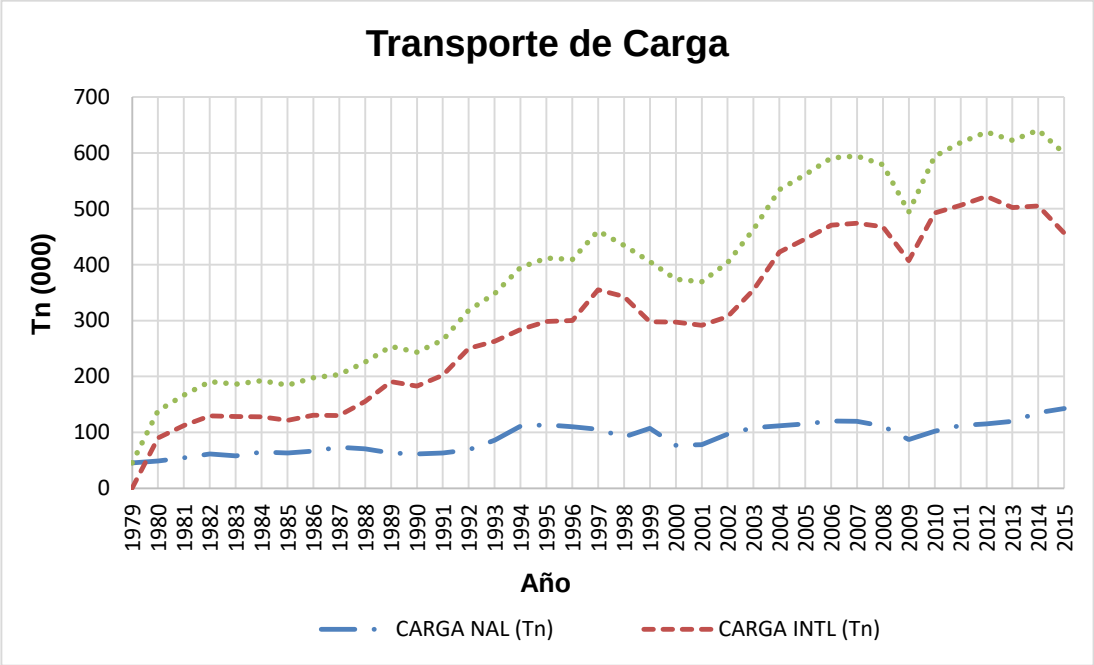


Fuente: Aerocivil, 2016b.

Como se observa en la gráfica 5 el transporte de pasajeros, tomando como base el año 1979, hasta el año de 1991 el incremento fue imperceptible, y asciende levemente hasta el año 1995, continua sin modificaciones significativas y es en el año 2004 en el que el transporte de pasajeros tiene un incremento realmente importante continuando con esta tendencia, pasando de 7 millones a 10 millones de pasajeros. De este modo, en los últimos 12 años se ha triplicado el transporte de pasajeros que tiene como origen y/o destino BOG.

En conclusión, entre los años de 1979 y 2015 el incremento de pasajeros se refleja en un 79.19%, sin embargo, el transporte ha sido triplicado en los últimos 12 años, evidenciando el posicionamiento en el transporte aéreo de pasajeros nacionales e internacionales. Esto, puede explicarse por los modelos de apertura y el auge en el comercio exterior. Es de esperar que con la firma del tratado de paz el turismo internacional sea incentivado.

Gráfico 6. Transporte de carga en BOG



Fuente: Aerocivil, 2016b.

El transporte de carga como muestra el Gráfico 6, se observan fluctuaciones que se ven altamente ligados al transporte de carga internacional que en las crisis económicas tanto internas como externas se evidencian; un descenso notable fue en los años 1999 y 2009 donde hubo una crisis económica global.

3.5 Conclusiones

BOG es el principal aeropuerto del país, sin embargo el desarrollo de su tráfico ha sido lento, no obstante, una vez privatizado, BOG ha sido capaz de solventar la creciente demanda del servicio que se empezó a presentar desde el año 2003. Aunque el comportamiento de tráfico de pasajeros, sea disímil al tráfico de carga, éste se vuelve a normalizar luego de las caídas evidenciadas en algunos periodos, sobre todo la carga internacional, ya que la carga nacional muestra un muy bajo crecimiento en casi toda su historia.

CAPÍTULO 4

4 Análisis de los planes maestros de BOG

4.1 Introducción

El presente capítulo analiza los últimos dos planes maestros de BOG, y su desarrollo en lo que refiere a la terminal de pasajeros y carga (teniendo en cuenta que esta investigación solo se enfoca en estas dos infraestructuras del "lado tierra"). Por lo tanto, se rescatan los temas con mayor relevancia, analizando las diferentes variables que se utilizan en cada uno de los planes maestros correspondiente a la proyección de pasajeros, carga y operaciones, respectivamente.

Consecutivamente, se podrá observar en los gráficos, el comportamiento que tuvo cada variable, para de esta manera poder realizar una comparación de las proyecciones de ambos planes maestros mencionados, así mismo, se dan a conocer los objetivos y conclusiones a los que llegaron éstos, para poder obtener una buena planificación y satisfacer cada una de las necesidades presentadas en el aeropuerto para la época.

4.2 Plan maestro año 2001

En toda esta sección, salvo se indique lo contrario, la única referencia, tanto de presentación de resultados como de contenidos (afirmaciones, comentarios, observaciones, recomendaciones, conclusiones, etc.) es la correspondiente al plan maestro en análisis (Aerocivil, 2016a).

El CONSORCIO, conformado por las firmas *Aeroports* de Paris (ADP), *The Louis Berger Group, Inc., Ingetec* S.A., C.E.I Ltda., y Euroestudios, S.A,. Suscribió el contrato PNUD 990388 DE 2001-01-25 y los estudios se iniciaron el 21 de febrero de 2001. La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC), es el organismo de ejecución, encargado del seguimiento y control de los estudios. Los estudios se desarrollaron en tres fases:

Fase I: Revisión y análisis de la situación actual del aeropuerto.

Fase II: Presentación de las opciones de desarrollo del aeropuerto a horizonte de diseño de 5,15 y 25 años.

Fase III: Realización del Plan Maestro detallado del Aeropuerto y concepción de anteproyectos de las obras contempladas en el desarrollo propuesto al horizonte de 2005.

Este informe fue el resultado de la Fase III y representó los estudios de concepto y de anteproyecto de la opción definitiva, seleccionada en la fase anterior del estudio por los responsables de la UAEAC y validado por el Ministerio del Transporte.

El informe III fue un documento que sirvió de guía para el desarrollo del Plan Maestro del Aeropuerto Eldorado durante las tres fases de ejecución: corto, mediano y largo plazo; y esto independientemente del organismo que tuvo a cargo su ejecución (Administración pública, concesionario privado, organización mixta,…).

4.2.1 Análisis de la demanda

Se tuvo en cuenta las siguientes características:

- Continuo y fuerte crecimiento económico a largo plazo en Colombia y en los principales países con fuertes vínculos comerciales (de acuerdo con las previsiones del instituto nacional de planeación) (Aerocivil, 2016a).

- Impacto de la desregulación de la industria de transporte aéreo que irá adquiriendo mayor importancia conforma a los principios de liberalización que se han ido aplicando en el sector de transporte aéreo colombiano.

- La limitación del espacio de carga en el fuselaje disponible en los aviones para pasajeros, se pretendió garantizar que la parte de la carga aérea de la región en aviones exclusivamente dedicados al manejo de carga siguieran por encima del 85% y muy probablemente 90% (Aerocivil, 2016a).

- Se han determinado los pronósticos de tráfico aéreo para pasajeros y carga en BOG, de tráfico de operaciones y de tráfico a hora punta.

4.2.2 Proyecciones de carga

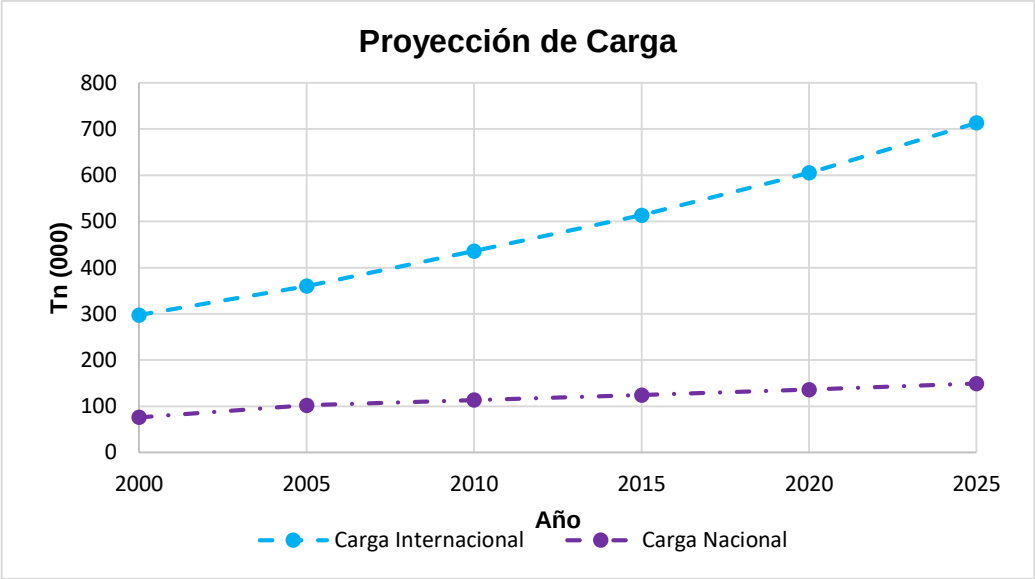
Para mejor visualización a continuación se representará mediante la Tabla 2 y Gráfico 7 la proyección (a corto y medio plazo) de carga Nacional e Internacional para BOG.

Tabla 2. Proyección de carga Nacional e Internacional

Año	Carga Nacional (Tn)	Carga Internacional (Tn)
2000	76.158	297.393
2005	102.034	360.019
2010	113.468	435.832
2015	124.301	513.633
2020	136.169	605.322
2025	149.169	713.380

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 7. Proyección de tráfico de Carga Nacional e Internacional (ton)



Fuente: Aerocivil, 2016a.

4.2.3 Proyecciones de operaciones aéreas

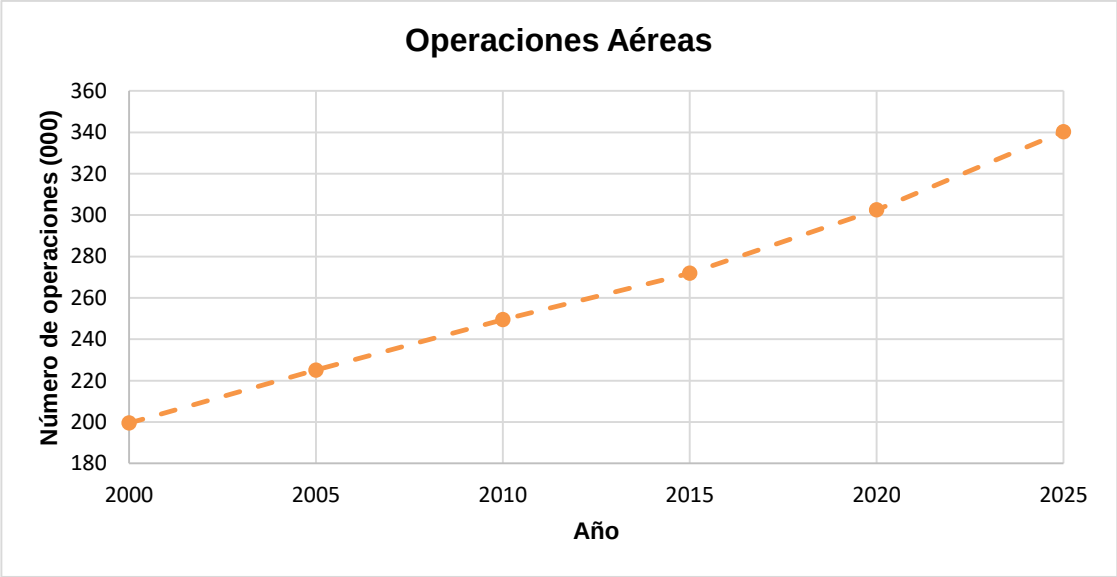
Tomando como base el modelo econométrico con el PIB en el área de influencia como variable más importante, se proyectó así la demanda hasta el año 2025 como se muestra a continuación en la Tabla 3 y Grafico 8:

Tabla 3. Proyección de operaciones

Año	Operaciones
2000	199.488
2005	225.093
2010	249.481
2015	271.845
2020	302.507
2025	340.318

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 8. Proyección para operaciones



Fuente: Aerocivil, 2016a.

4.2.4 Proyección de pasajeros internacionales

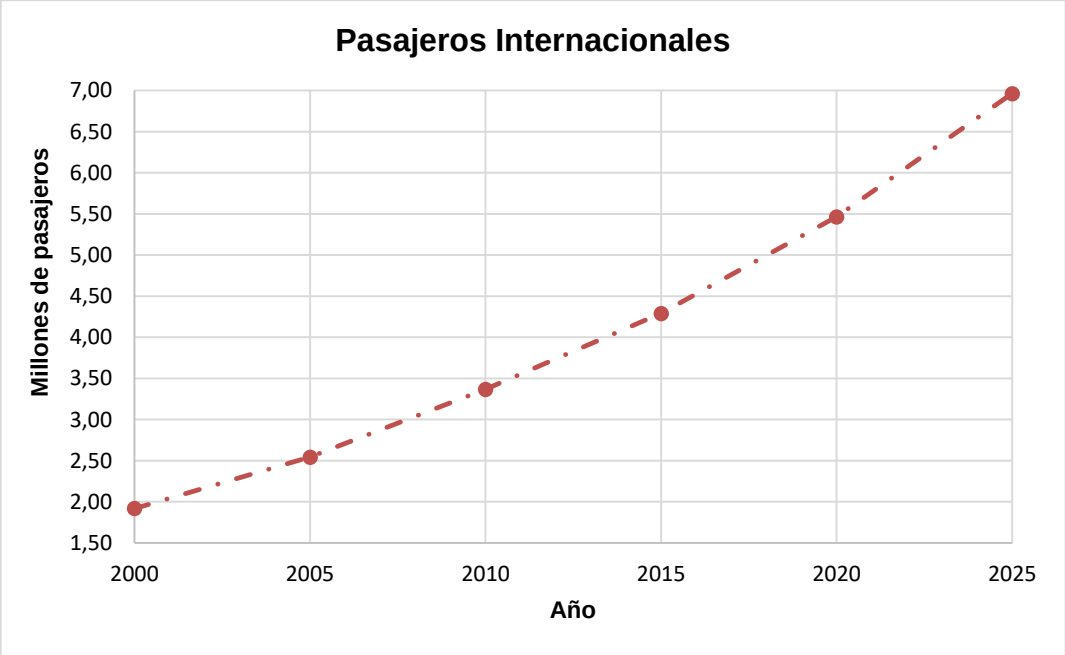
A continuación, se presenta la proyección de pasajeros internacionales representados mediante la Tabla 4 y gráfico 9:

Tabla 4. Tráfico de pasajeros internacionales

Año	Pasajeros Internacionales
2000	1.919.505
2005	2.543.000
2010	3.368.000
2015	4.290.000
2020	5.465.000
2025	6.962.000

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 9. Proyección para pasajeros internacionales



Fuente: Aerocivil, 2016a.

4.2.5 Proyección de Pasajeros nacionales

A continuación se presenta en la Tabla 5 y Gráfico 10 la proyección de pasajeros nacionales.

Tabla 5. Tráfico de pasajeros nacionales

Año	Pasajeros Nacionales
2000	5.235.000
2005	5.866.000
2010	6.573.200
2015	7.248.000
2020	7.992.000
2025	8.813.000

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 10. Proyección para tráfico nacional.

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Dadas las capacidades y las restricciones del aeropuerto y los requerimientos para el año 2001, se elaboraron seis opciones de solución para el desarrollo

del plan maestro. Cada opción respetó las superficies requeridas para los terminales de pasajeros (más de 120 hectáreas) y para la zona de carga (más de 60 hectáreas). Es decir que para cubrir los requerimientos del tráfico esperado se necesitó una superficie de al menos 180 hectáreas. El área central y principal del aeropuerto representaba solamente 143 hectáreas lo que significa que 36 hectáreas de la superficie requerida deberán implantarse fuera del área central en la zona occidental.

4.2.6 Objetivos del terminal a largo plazo

La saturación de los terminales existentes del aeropuerto por falta de espacio para atender el tráfico aéreo en el 2001, tenía efectos negativos en la calidad de servicio ofrecido al pasajero. Para satisfacer el crecimiento del tráfico aéreo y llevar la calidad de servicio a un nivel estándar, se debía aumentar la superficie disponible para los pasajeros.

El estudio de programación de las necesidades proyectadas de las instalaciones y a su vez el estudio de desarrollo de la opción definitiva permitió fijar los objetivos de diseño a largo plazo del nuevo terminal de pasajeros. Estos objetivos incluyeron el respeto del programa cuantitativo de la infraestructura, así como aspectos cualitativos de igual o mayor importancia que incluyeron:

- Aumentar las capacidades del aeropuerto para responder en forma adecuada a la evolución proyectada del tráfico.

- Mejorar la calidad de servicio para los pasajeros, solucionando los problemas de saturación de las instalaciones.

- Garantizar las mejores condiciones de seguridad en el tratamiento del tráfico aéreo, asegurando, entre otros aspectos, la separación conveniente entre el flujo de pasajeros llegando y el flujo de pasajeros saliendo, así como la modificación del sistema de tratamiento de equipaje de manera que este permita satisfacer plenamente las reglas de seguridad aeronáutica.

- Ofrecer las funcionalidades necesarias para permitir el desarrollo de los objetivos estratégicos de la UAEAC para el aeropuerto de Bogotá.

4.2.7 Nuevo terminal de pasajeros

Las razones que condujeron a prever un nuevo terminal de pasajeros son las siguientes:

- La saturación del terminal actual (por entonces) y su no adaptación al tráfico internacional.

- La distancia estrecha entre las dos pistas que no permite la ampliación del terminal existente.

- El incremento proyectado del tráfico aéreo.

Según el plan maestro 2001 las obras de construcción del nuevo terminal deberían iniciar de forma inmediata para que a finales del año 2005 el nuevo terminal entrara en operación.

4.2.8 Objetivos a corto plazo

El estudio de programación de las instalaciones y el desarrollo de la opción definitiva del plan maestro permitieron fijar los parámetros de diseño pertinentes. Entonces, se contemplaban los siguientes objetivos:

- Aportar una mejora inmediata y significativa a las instalaciones, no solamente en términos funcionales sino también en lo que se refiere a la percepción arquitectónica de terminal de pasajeros.

- Aumentar las capacidades del aeropuerto para responder en forma adecuada al incremento del tráfico.

- Mejorar la calidad de servicio a los pasajeros evitando la saturación de las instalaciones.

- Permitir la realización de las obras de reforzamiento estructural del terminal existente Eldorado, necesarias para satisfacer las exigencias recientes de construcción sismo resistente.

Las necesidades y demandas identificadas por la autoridad aeroportuaria o por aquellos que utilizan y/o administran la infraestructura se tomaron en cuenta teniendo como base las zonas delimitadas en el plan maestro para la localización de las distintas funciones en el aeropuerto.

4.2.9 Conclusiones sobre el plan maestro 2001

En el año 2001 se previó ampliar la infraestructura del aeropuerto, evidenciando el colapso en el servicio, recalcando que se debía iniciar de forma inmediata los cambios con el fin de garantizar un buen nivel de servicio en el sistema.

4.3 Actualización 2014 del Plan Maestro 2011

En toda esta sección, salvo se indique lo contrario, la única referencia, tanto de presentación de resultados como de contenidos (afirmaciones, comentarios, observaciones, recomendaciones, conclusiones, etc.) es la correspondiente al plan maestro en análisis (Aerocivil, 2016a).

En la actualización realizada en el año 2014 para el Plan Maestro del año 2011 (en adelante se hará referencia a dicho plan como "plan maestro 2014") está conformado por 15 tareas que para el presente trabajo son relevantes la tarea 4 que refiere a “Pronósticos de la Demanda” y la tarea 5, describe “Demanda/Capacidad y requerimientos de la terminal de pasajeros”.

Teniendo en cuenta que el Reglamento Aeronáutico de Colombia-RAC (Aerocivil, 2016c) establece que un Plan Maestro deberá ser actualizado cada tres años, se tuvo en cuenta para esta investigación la última actualización realizada en el año 2014, tomando como base el Plan Maestro del año 2011 (Aerocivil, 2016c).

La tarea 4, presenta los pronósticos de demanda para la actualización del plan maestro de BOG. Los pronósticos cubren un periodo de 30 años, de acuerdo a los terminos de referencia. La tarea incluye proyecciones de número de pasajeros, toneladas de carga y el número de operaciones aéreas. Los pronósticos se hicieron para tres periodos, a corto plazo (0-5 años), mediano plazo (6-10 años) y largo plazo (11-30 años).

Los pronósticos realizados se basan en las diferentes variables estudiadas como son el comportamiento histórico de la actividad aeronáutica, el estudio de mercados relevantes, el estudio de variables económicas y socieconómicas, pronósticos del comportamiento futuro de estas variables y estimados realizados por el consultor o por fuentes de la industria (Aerocivil, 2016a).

Las proyecciones de pasajeros, carga y operaciones aéreas se realizaron bajo tres escenarios:

1. Escenario bajo
2. Escenario base
3. Escenario alto

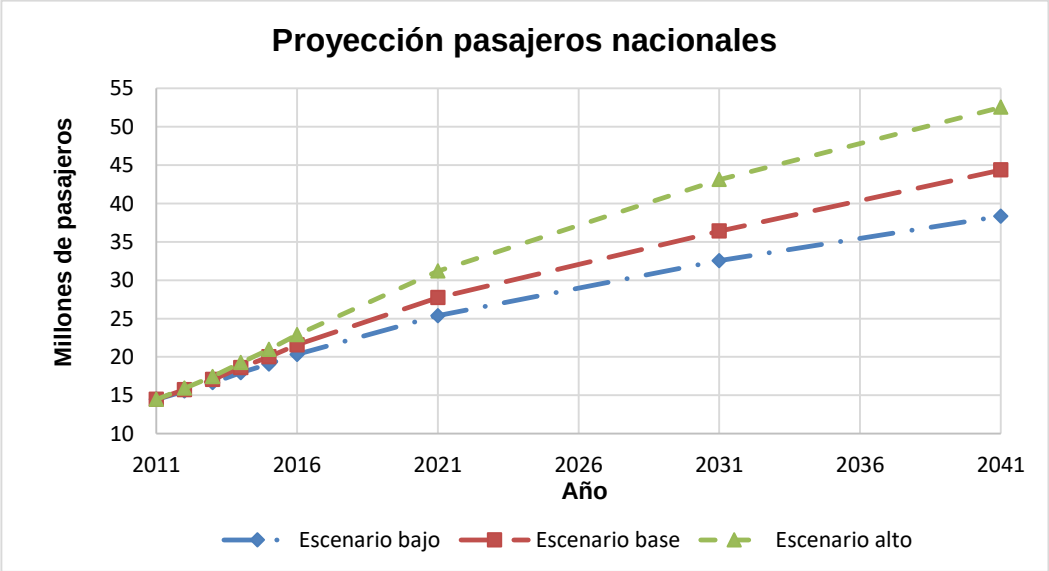
4.3.1 Proyección de pasajeros nacionales según los escenarios

Tabla 6. Proyecciones de pasajeros nacionales en tres escenarios

Proyección de pasajeros nacionales			
Año	**Escenario bajo**	**Escenario base**	**Escenario alto**
2011	14.456.479	14.456.479	14.456.479
2012	15.547.390	15.729.122	15.910.853
2013	16.634.532	17.036.631	17.436.706
2014	17.941.886	18.600.506	19.260.030
2016	20.307.691	21.578.894	22.877.118
2021	25.365.300	27.733.080	31.177.960
2031	32.544.500	36.405.850	43.109.980
2041	38.330.510	44.378.540	52.549.170

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 11. Proyección para pasajeros nacionales por los tres escenarios



Fuente: Aerocivil, 2016a.

4.3.2 Proyección de pasajeros internacionales según los escenarios

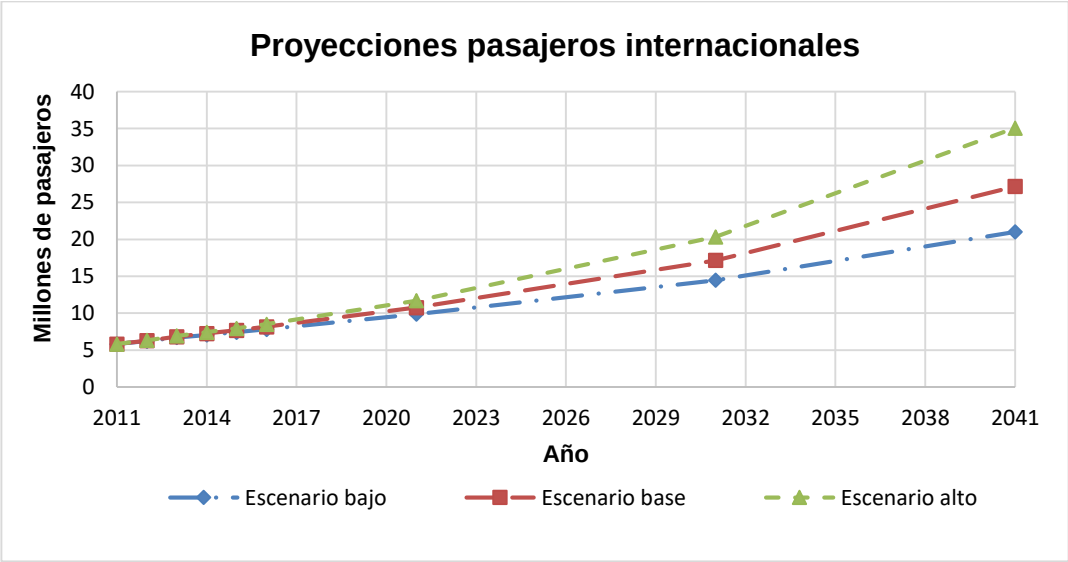
1. Escenario bajo
2. Escenario base
3. Escenario alto

Tabla 7. Proyecciones de pasajeros internacionales en tres escenarios

Proyección de pasajeros internacionales			
Año	**Escenario bajo**	**Escenario base**	**Escenario alto**
2011	5.829.665	5.829.665	5.829.665
2012	6.217.799	6.270.236	6.322.674
2013	6.707.781	6.820.745	6.934.664
2014	7.064.934	7.245.253	7.428.651
2015	7.434.045	7.688.935	7.950.405
2016	7.822.447	8.159.787	8.508.812
2021	9.878.550	10.754.196	11.700.005
2031	14.459.380	17.156.162	20.333.236
2041	21.001.295	27.157.599	35.068.986

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 12. Proyección de pasajeros internacionales por el escenario bajo, base y alto.



Fuente: Aerocivil, 2016a.

4.3.3 Proyección de carga nacional

Tabla 8. Proyecciones del total de carga nacional

Año	Carga (Ton)
2011	109.189
2012	112.460
2013	115.830
2014	119.310
2015	122.890
2016	126.580
2021	146.730
2031	192.460
2041	239.240

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 13. Proyección de carga nacional

Fuente: Aerocivil, 2016a.

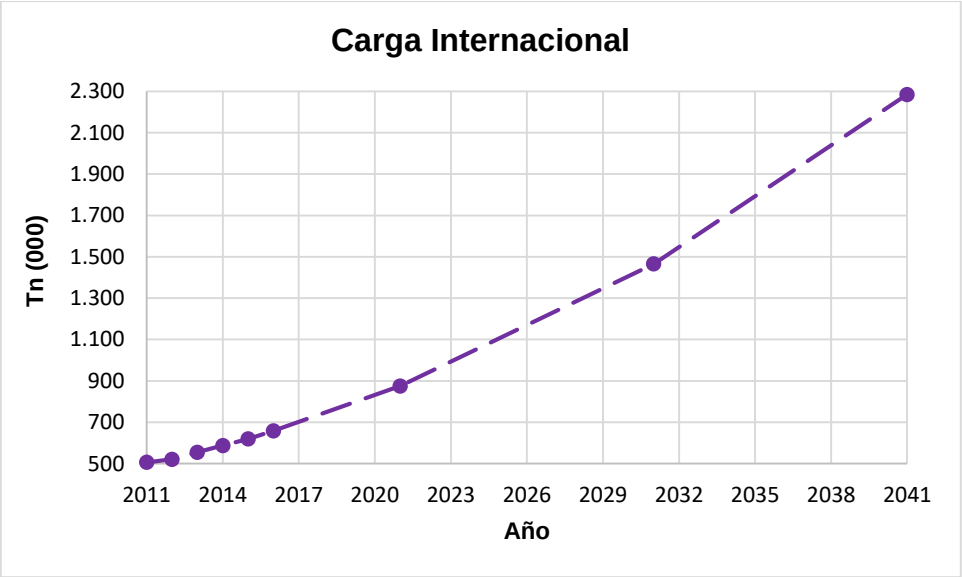
4.3.4 Proyección del total de carga internacional

Tabla 9. Proyecciones del total de carga internacional

Año	Carga (Ton)
2011	506.064
2012	521.250
2013	555.270
2014	587.330
2015	619.100
2016	658.880
2021	874.940
2031	1.465.390
2041	2.283.940

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 14. Proyección de carga internacional



Fuente: Aerocivil, 2016a.

Se predice un crecimiento promedio anual de 5,9% para América Latina estas predicciones con una tendencia decreciente en los últimos años del periodo proyectado.

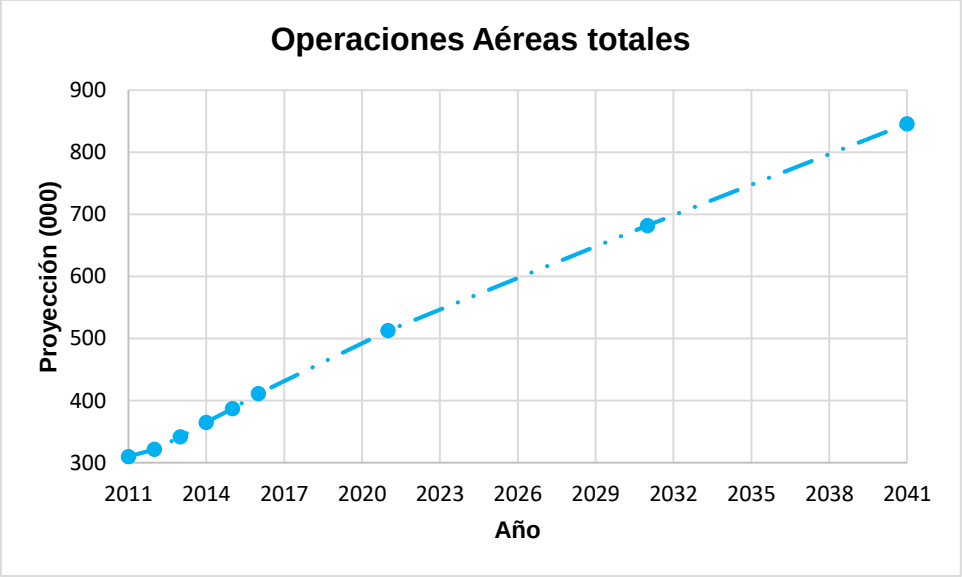
4.3.5 Proyección para operaciones aéreas totales (nacional más internacional)

Tabla 10. Proyección para operaciones aéreas totales

Año	Operaciones totales
2011	309.708
2012	321.345
2013	341.530
2014	364.840
2015	386.990
2016	411.160
2021	512.560
2031	682.110
2041	845.930

Fuente: Aerocivil, 2016a.

Gráfico 15. Proyección para operaciones aéreas totales



Fuente: Aerocivil, 2016a.

4.3.6 Demanda/Capacidad y requerimientos de la terminal de pasajeros - tarea 5.

En este Plan Maestro se estableció como objetivo alcanzar un nivel de servicio C (*LOS* C), según IATA (2004), para la terminal de pasajeros conformada por chequeo, inspección de equipaje, inspección de seguridad y reclamo de equipaje para pasajeros nacionales e internacionales, así mismo el control de pasaportes de salidas y llegadas e inmigración/aduanas solo para pasajeros internacionales.

4.3.7 Conclusiones del plan maestro 2014

Para pasajeros nacionales existe una demanda latente que se anticipa, la cual se puede satisfacer en los cinco años posteriores y de ahí paulatinamente el porcentaje de crecimiento se irá reduciendo. En el periodo evaluado el porcentaje está un poco por encima de las previsiones hechas, lo cual parece razonable tomando en cuenta que se espera que haya incrementos considerables en la actividad doméstica comercial regular, principalmente para los siguientes cinco años.

El análisis de los pronósticos de la demanda de carga ha tomado en cuenta que Colombia ha estado realizando mejoras significativas a su red de carreteras para facilitar el acceso entre diferentes comunidades del país. Conforme se vaya implementando las mejoras a sus vías de acceso, incluyendo ampliación a doble calzada y nuevas carreteras, el transporte de carga se va a hacer más económico y competitivo con respecto a la carga aérea. Por lo tanto tendrá un impacto en el volumen de carga aérea doméstica.

CAPÍTULO 5

5 Prognosis de Tráfico

5.1 Introducción

Como se mencionó en el marco teórico, existen algunos modelos usados para el pronóstico de tráfico aéreo, de esta manera en el presente capítulo se hablará del modelo usado en esta investigación, el lugar de donde se obtuvieron los datos y de las variables que corresponden a ello explicando la implementación del mismo.

Así mismo, se muestra el pronóstico de la demanda hecho para dos periodos: a corto plazo (0 – 5 años) y mediano plazo (6 – 10 años). Con base a lo anterior, se determinará la ecuación para cada modelo que van condicionadas al desarrollo económico del país; de esta manera se realizan las proyecciones de pasajeros, total de operaciones y toneladas de carga, con base a indicadores Bogotá y Colombia, tomando tres escenarios: optimista, pesimista y factible.

Los pronósticos realizados se basan en variables estudiadas, como son el comportamiento histórico del tráfico de pasajeros, el estudio de variables económicas y socioeconómicas, pronósticos del comportamiento futuro de estas variables y estimaciones realizadas de las mismas, estos datos lograron recopilarse desde el año de 1979 hasta el año de 2015, y corresponden a variables tales como: PIB, IPC, población, importaciones y exportaciones (Banco de la República, 2016; DANE, 2016; MinCIT, 2016).

Estos pronósticos se diferencian en que cada variable socioeconómica fue separada según el lugar de estudio, por ende se desarrolló en dos contextos; indicadores Colombia e indicadores Bogotá.

5.2 Metodología

En el Doc 8991 de OACI “Manual de Previsión de Tráfico Aéreo” (ICAO, 2006) se citan los métodos de previsión establecidos, con el fin de realizar pronósticos confiables de la actividad aeronáutica a corto y mediano plazo, estos métodos son nombrados a continuación:

- Métodos de pronóstico cuantitativos.

- Análisis de series temporales.
- Métodos causales.
- Métodos cualitativos de pronóstico.
- Técnica Delphi.
- Pronóstico tecnológico.
- Análisis de decisión.
- Estudios de mercado y de la industria.
- Análisis probabilístico, análisis bayesiano.
- La dinámica de sistemas de pronóstico horizontes temporales.
- proyección de tendencia (del Atlántico Norte mercado).
- El análisis econométrico.
- Exactitud de la previsión.

Para esta investigación se escogió el análisis econométrico, ya que es uno de los métodos más usado para el pronóstico de tráfico aéreo, así mismo, se eligieron variables socioeconómicas del tipo de Producto Interno Bruto per cápita, Población, e índice de precio al consumidor (IPC) en el caso de la proyección de pasajeros, y Producto Interno Bruto de la industria, importaciones y exportaciones para el caso de proyección de tráfico de carga. De éste modo dichos datos son más precisos y cabe recalcar que al dejar explícitas las variables independientes, permiten reajustarlas en el futuro.

Datos:

Los datos que se usarán en el pronóstico en cada variable para BOG, tiene periodicidad anual entre 1979 y 2015.

Variable dependiente:

- **Número total de pasajeros*:*** Es el total de pasajeros que tienen como origen y/o destino BOG, estos datos se obtuvieron a partir de la base de datos pública de Aerocivil (Aerocivil, 2016b).

- **Número total de operaciones aéreas:** Es el número de despegues y aterrizajes (Aerocivil, 2016b).

- **Número total de carga*:*** Es el total de carga que gestiona (llega y sale) el aeropuerto (Aerocivil, 2016b).

Variables independientes o explicativas

- **PIB Per Cápita:** Se refiere al PIB por habitante, usando indicadores a nivel nacional y distrital, a precios constantes (base 2005) en el que se realizó empalme de PIB base 1975 y base 1994. Estos datos fueron tomados del DANE (2016a) para indicadores Colombia y Bogotá.

- **IPC:** Se usó el promedio aritmético anual para los indicadores Colombia y Bogotá, estos datos se obtuvieron de la base de datos del Banco de la República de Colombia (2016a) y del DANE (2016a) respectivamente.

- **Población:** corresponden a la población nacional y Distrital basado en datos obtenidos del DANE (2016a).

- **PIB Industria:** corresponde al PIB que la industria obtuvo anualmente a nivel nacional a precios constantes (base 2005) en el que se realizó empalme de PIB base 1975 y base 1994. Estos datos fueron tomados del DANE (2016a).

- **Importaciones y exportaciones:** Esta información es recopilada a partir de la base de datos del Banco de la república (2016a) y del DANE (2016a).

Estadísticas básicas de series individuales

Se verificaron elementos estadísticos que complementan al modelo arrojado por E-views, con el fin de comprobar la significancia de dicho modelo. A continuación se muestra los parámetros que se tuvieron en cuenta para el análisis de cada modelo (Fabris, 2009; Mahía, 2001).

El histograma de frecuencias representa gráficamente la distribución de frecuencias de los valores de la serie. Esta representación tiene en general poco sentido para series temporales en las que, habitualmente, no suelen repetirse valores en distintos períodos a lo largo de la muestra considerada. Los estadísticos descriptivos ofrecidos a la derecha del histograma son:

- La media (*mean*) de la serie, calculada como promedio aritmético.

- La mediana (*median*) de la serie; es decir, aquel valor que separa los valores de la serie en dos conjuntos de igual densidad de frecuencias.

A continuación, se muestran dos aproximaciones a la dispersión de la serie respecto a sus valores centrales:

- El valor máximo y mínimo de la serie.

- La desviación típica (*Std. Dev*.) de la serie (raíz de la varianza de la serie).

- La simetría de la serie *(Skewness*) con respecto a su media es un cálculo sencillo (que utiliza el momento de orden tres con respecto a la media, así como el cubo de la desviación típica de la serie). Esta expresión toma el valor cero en el caso de una distribución perfectamente.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_1 - \bar{x})^3}{n}}{\sigma^3} \qquad (2)$$

- La *Kurtosis* de una serie indica si su distribución de frecuencias es más aplanada o más apuntada que una distribución normal, es decir, si alrededor de la media se concentran más o menos valores que en el caso de una normal y por tanto sus "*colas*" son más o menos estrechas.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_1 - \bar{x})^4}{n}}{\sigma^4} \qquad (3)$$

A partir de ambas medidas, simetría y *kurtosis*, puede elaborarse un contraste paramétrico de normalidad de la serie que se denomina contraste de *Jarque-Bera*. La idea del cálculo se apoya en comparar simultáneamente los valores obtenidos para los coeficientes de simetría y *kurtosis* con los de referencia para una normal.

$$\mathrm{JB} = \frac{\mathrm{n} - \mathrm{k}}{6}\left[\mathrm{S}^2 + \frac{1}{4}(\mathrm{K} - 3)^2\right] \qquad (4)$$

El término "k" minúscula se refiere al número de variables exógenas utilizadas, cuando este test se usa para contrastar la normalidad de los residuos de una determinada regresión y toma el valor "0" cuando contrastamos la normalidad de una serie individual.

El valor de la probabilidad ofrecido por Eviews, se entiende como el nivel de significación asociado al rechazo de la nula: valores pequeños para esa probabilidad (*inferiores a 0,05 ó 0,1*) indicarían, por tanto, ausencia de normalidad en la distribución de valores de la variable analizada.

Dependent variable: Es la variable dependiente o variable explicada. Es la variable que aparece del lado izquierdo de la ecuación representativa del modelo.

Method: Este renglón hace referencia al método utilizado para realizar. En nuestro caso, hemos utilizado el método de mínimos cuadrados (*least squares*) y es lo que el encabezado informa.

Sample: Se refiere al intervalo temporal de los datos. Eviews tiene dos conceptos de intervalo temporal: *Range* (rango) y simple (muestra). El primero refiere al máximo intervalo temporal que puede utilizarse en cada archivo, ya sea para acomodar datos o pronósticos, y se fija al crear el archivo de trabajo. El segundo (simple) es una parte de *range* (puede ser también coincidente con él). *Sample* indica los datos que se han tenido en cuenta para realizar la regresión.

Included observations: Es el número de observaciones efectivamente utilizadas en la regresión. Esta cantidad tiene importancia ya que aparece en varios de los datos estadísticos que luego se calculan y se la refiere en el programa con la letra T mayúscula (se dice que el subíndice temporal t toma valores desde 1 hasta T.

5.3 Cuadro de valores estimados de los parámetros

En el cuadro que aparece debajo del encabezado. Para cada una de las variables explicativas (incluida la constante) se reportan los valores estimados y algunas otras características a saber:

Coefficient: Son las estimaciones de los coeficientes correspondientes a cada variable.

Std error: Es el desvió estándar del coeficiente de cada variable. Para explicar este concepto, tengamos en cuenta el modelo de partida.

$$r_{it} = \propto_i + \beta_i * r_{Mt} + \varepsilon_{it} \qquad (5)$$

Justamente *std error,* es el valor calculado por el programa para la estimación del desvío estándar de la distribución del estimador de cada parámetro. Este desvío estándar mide, en cierto sentido, la confiabilidad estadística de las estimaciones obtenidas. A mayor desvío, mayor ruido estadístico en las estimaciones y menos confiable el valor obtenido.

Prob: Es el valor de probabilidad correspondiente a los valores empíricos de que disponemos. Este valor (también llamado nivel de significación observado, marginal o exacto) permite rechazar o aceptar fácilmente la hipótesis nula de que el verdadero coeficiente es cero (Fabris, 2009-a).

5.4 Estadísticos complementarios

Debajo del cuadro de valores estimados de los coeficientes, se reportan varios estadísticos de uso frecuente.

R-squared: Es el valor del estadístico R^2, es la capacidad de la regresión de predecir valores de la variable dependiente dentro de la muestra disponible. En general, su valor esta entre 0 y 1. El estadístico toma el valor 1 si la regresión ajusta perfectamente y el valor cero, si su ajuste no supera al de un simple promedio de la variable independiente (Fabris, 2009-a).

Adjusted r.squared: Uno de los problemas con el uso del estadístico r cuadrado para medir la bondad del ajuste es que este nunca decrece con el agregado de nuevos regresores. Desde un punto de vista teórico, siempre se podría obtener un estadístico R^2 igual a 1 agregando el número suficiente de variables dependientes, lo cual tendencialmente haría disminuir el termino SCR.

F-statistic: Es estadístico F es el correspondiente al test de hipótesis del mismo nombre, cuya hipótesis nula es que todos los coeficientes correspondientes a variables independientes distintas de la constante son nulos.

Prob (F-statistic): Es el valor p del estadístico F antes explicado. En nuestro caso el valor p=0.0000.

5.5 Modelo

Dentro de las múltiples operaciones de transformación de datos que pueden realizarse en Eviews, se presentará en este capítulo aquellas que permiten especificar y estimar correctamente un Modelo Básico de Regresión Lineal.

Como resultado a la recopilación de datos desde el año 1979 hasta 2015, se obtuvieron las correspondientes variables mencionadas, separando los indicadores socioeconómicos a nivel nacional (indicadores Colombia) y distrital (indicadores Bogotá). De este modo se realizaron los modelos en el software Eviews para finalmente realizar los pronósticos a partir de éstos.

5.6 Resultados para "Indicadores Bogotá"

En las variables socioeconómicas de Bogotá, se asumió que se tendrá el mismo crecimiento económico de Colombia, por ser la ciudad con mayor actividad económica del país. De este modo, se realizó la proyección a corto y mediano plazo de los indicadores usados en el modelo por el método de mínimos cuadrados, a partir de tres escenarios: pesimista, optimista y factible, los cuales, están entre los rangos 1,5%, 3,2% y 2,7% respectivamente (BRC, 2016b).

5.6.1 Proyección para pasajeros nacionales

Ilustración 3. Análisis de Prueba de Multicolinealidad

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Dependent Variable: PAXNAL
Method: Least Squares
Date: 07/12/16 Time: 01:01
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	10574868	3576007.	2.957172	0.0057
IPCBOG	170510.3	26157.20	6.518675	0.0000
POBLACIONBOG	-5.548937	1.031302	-5.380517	0.0000
PIBBOG	1.689076	0.298556	5.657492	0.0000

R-squared	0.879315	Mean dependent var	7073422.
Adjusted R-squared	0.868344	S.D. dependent var	4783458.
S.E. of regression	1735653.	Akaike info criterion	31.67347
Sum squared resid	9.94E+13	Schwarz criterion	31.84763
Log likelihood	-581.9592	Hannan-Quinn criter.	31.73487
F-statistic	80.14632	Durbin-Watson stat	0.448927
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

Al correr el modelo univariado en la ilustración 3, brinda un ajuste del 88% de la variable de pasajeros nacionales teniendo en cuenta las variables PIB, IPC y población, por ende, es importante mencionar y/o establecer que la variable es significativa (prueba t).

Al desarrollar la ecuación arrojada por Eviews para el pronóstico de pasajeros expresada a continuación, se obtiene:

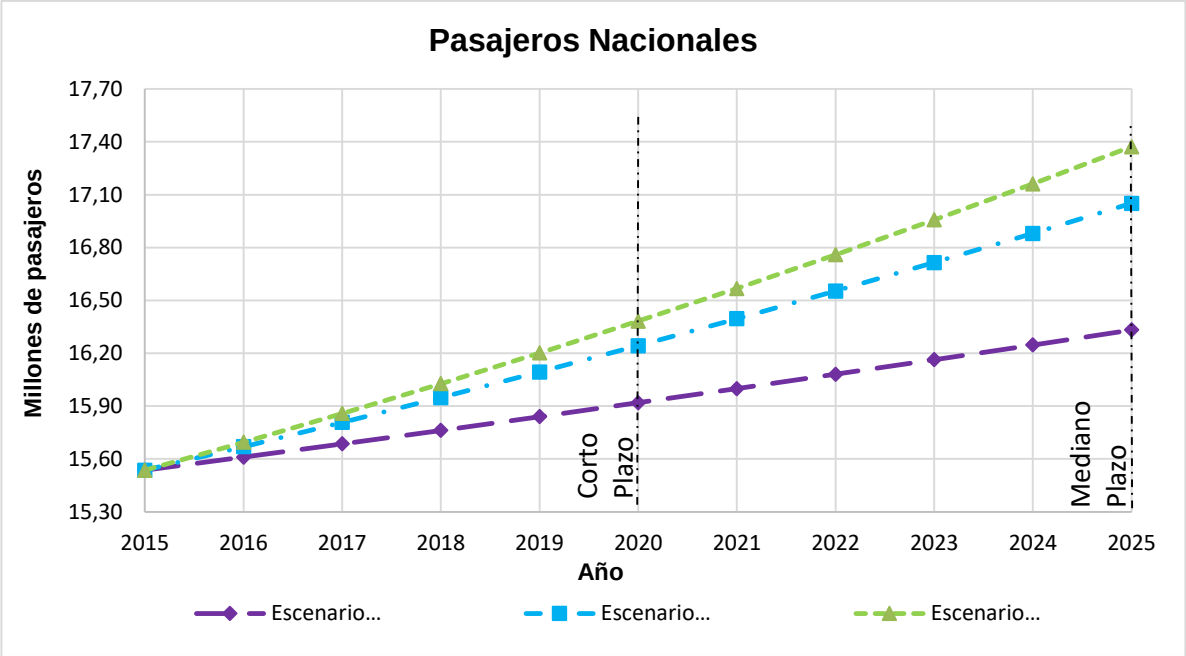
$$\mathbf{PAXNAL = 10574867.50 + 170510.28 * IPCBOG - 5.548 * POBLACIONBOG * 1.69 * PIBBOG}$$

Tabla 11.Proyección de Pasajeros nacionales para indicadores Bogotá

Pasajeros Nacionales			
AÑO	**Escenario Pesimista**	**Escenario Factible**	**Escenario Optimista**
2015	15.535.741	15.535.741	15.535.741
2016	15.610.154	15.669.684	15.694.488
2017	15.685.683	15.807.244	15.858.316
2018	15.762.345	15.948.518	16.027.387
2019	15.840.157	16.093.607	16.201.867
2020	15.919.137	16.242.613	16.381.931
2021	15.999.301	16.395.642	16.567.757
2022	16.080.667	16.552.803	16.759.530
2023	16.163.254	16.714.207	16.957.439
2024	16.247.080	16.879.969	17.161.681
2025	16.332.163	17.050.207	17.372.459

Fuente: Elaboración propia

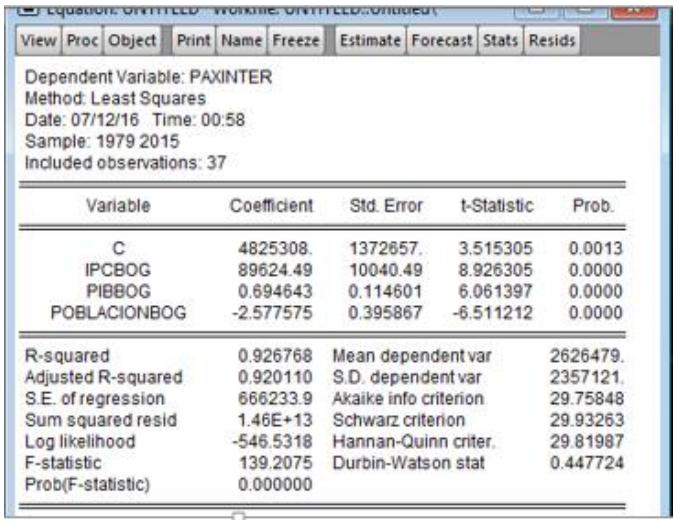
Gráfico 16. Proyección de Pasajeros Nacionales



Fuente: Elaboración propia

5.6.2 Proyección para pasajeros internacionales

Ilustración 4. Análisis de Prueba de Multicolinealidad



View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Dependent Variable: PAXINTER
Method: Least Squares
Date: 07/12/16 Time: 00:58
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4825308.	1372657.	3.515305	0.0013
IPCBOG	89624.49	10040.49	8.926305	0.0000
PIBBOG	0.694643	0.114601	6.061397	0.0000
POBLACIONBOG	-2.577575	0.395867	-6.511212	0.0000

R-squared	0.926768	Mean dependent var	2626479.
Adjusted R-squared	0.920110	S.D. dependent var	2357121.
S.E. of regression	666233.9	Akaike info criterion	29.75848
Sum squared resid	1.46E+13	Schwarz criterion	29.93263
Log likelihood	-546.5318	Hannan-Quinn criter.	29.81987
F-statistic	139.2075	Durbin-Watson stat	0.447724
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

El resultado arrojado en la ilustración 4 para el modelo de pasajeros internacionales demuestra que éste depende del IPC, PIB y población, indicando así que es un modelo significativo; teniendo en cuenta un ajuste del 93%.

Para prever los pasajeros internacionales se desarrollará la ecuación arrojada en el modelo, la cual es expresada de la siguiente forma:

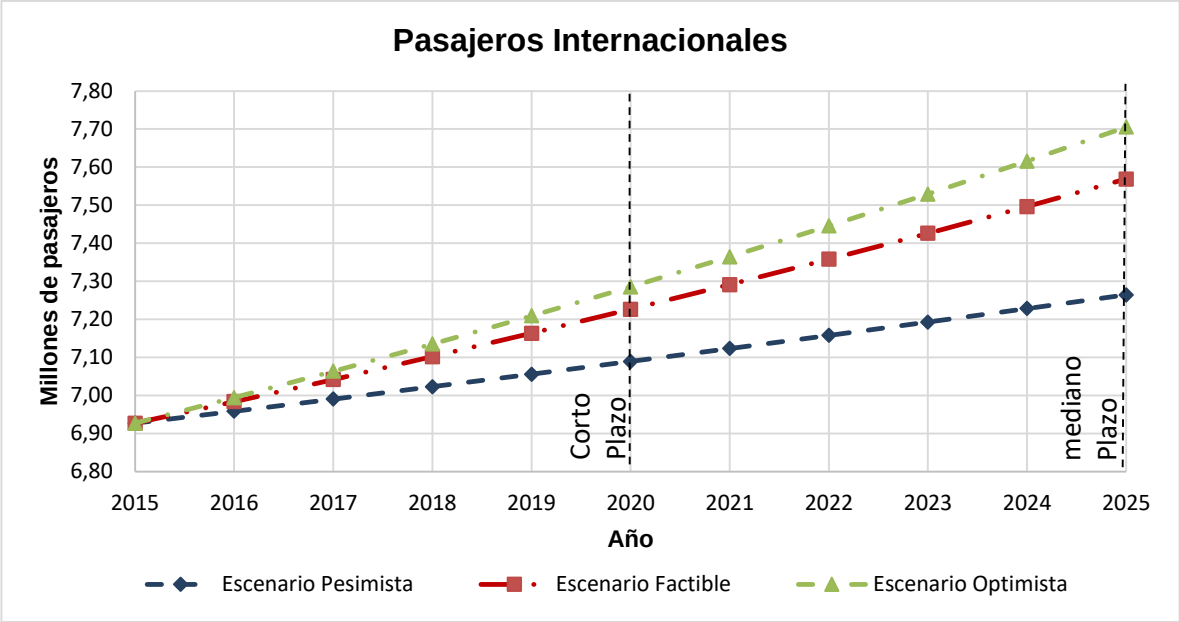
$$\mathbf{PAXINTERNAL} = \mathbf{4825308.48} + \mathbf{89624.49} * \mathbf{IPC} + \mathbf{0.695} * \mathbf{PIBBOG} - \mathbf{2.578} * \mathbf{POBLACIONBOG}$$

Tabla 12. Pasajeros internacionales para indicadores Bogotá

Pasajeros Internacionales			
AÑO	**Escenario Pesimista**	**Escenario Factible**	**Escenario Optimista**
2015	6.926.952	6.926.952	6.926.952
2016	6.958.477	6.983.697	6.994.205
2017	6.990.475	7.041.973	7.063.610
2018	7.022.952	7.101.823	7.135.235
2019	7.055.917	7.163.289	7.209.153
2020	7.089.376	7.226.415	7.285.436
2021	7.123.337	7.291.244	7.364.160
2022	7.157.807	7.357.825	7.445.403
2023	7.192.795	7.426.203	7.529.246
2025	7.264.352	7.568.547	7.705.067

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17: Proyección de pasajeros Internacionales



Fuente: Elaboración propia

5.6.3 Proyección para operaciones

Ilustración 5. Análisis de Prueba de Multicolinealidad

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Dependent Variable: OPERACIONES
Method: Least Squares
Date: 07/12/16 Time: 00:48
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	29612.94	35010.74	0.845825	0.4037
IPCBOG	1234.618	256.0909	4.821017	0.0000
POBLACIONBOG	-0.020499	0.010097	-2.030190	0.0505
PIBBOG	0.018158	0.002923	6.211989	0.0000

R-squared	0.951545	Mean dependent var	191772.2
Adjusted R-squared	0.947140	S.D. dependent var	73909.63
S.E. of regression	16992.84	Akaike info criterion	22.42078
Sum squared resid	9.53E+09	Schwarz criterion	22.59493
Log likelihood	-410.7844	Hannan-Quinn criter.	22.48217
F-statistic	216.0135	Durbin-Watson stat	0.590218
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

El resultado arrojado por E-views (ilustración 5) en el modelo de operaciones para indicadores Bogotá demuestra que éste depende del IPC, PIB y población, mostrando así que es un modelo significativo (prueba t); teniendo en cuenta un ajuste del 95%.

En lo que respecta a operaciones, se desarrollará la ecuación arrojada por Eviews, la cual es expresada de la siguiente forma:

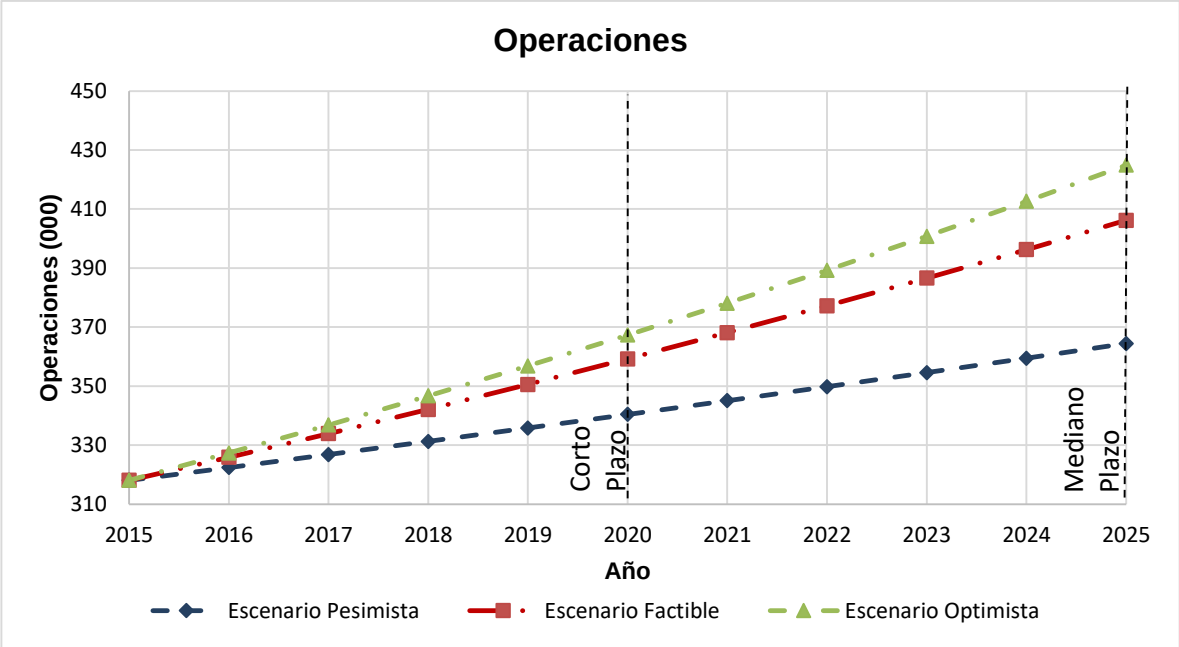
$$\boldsymbol{OPERACIONES = 29612.94 + 1234.618 * IPCBOG - 0.0205 * POBLACIONBOG + 0.018 * PIBBOG}$$

Tabla 13. Proyección de Operaciones para indicadores Bogotá

Operaciones			
AÑO	**Escenario Pesimista**	**Escenario Factible**	**Escenario Optimista**
2015	318.084	318.084	318.084
2016	322.411	325.872	327.315
2017	326.803	333.871	336.841
2018	331.261	342.086	346.672
2019	335.785	350.523	356.818
2020	340.378	359.188	367.289
2021	345.039	368.086	378.095
2023	354.573	386.611	400.754
2024	359.448	396.250	412.631
2025	364.395	406.149	424.887

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18. Proyección de operaciones



Fuente: Elaboración propia

5.7 Resultados para "Indicadores Colombia"

Se realizó la proyección de las variables agrupadas para este modelo, basadas en el crecimiento económico esperado para Colombia según el Banco de la República (2016b), de esta manera se espera que los indicadores socioeconómicos usados en el modelo tengan un incremento sujeto al crecimiento económico, el cual está entre los rangos 1,5%, 3,2% y 2,7%, lo anterior es basado en los escenarios pesimista, optimista y factible, respectivamente.

5.7.1 Proyección para pasajeros nacionales

La ecuación del modelo arrojado por Eviews va representada de la siguiente forma:

$$\mathbf{PAXNAL = -10082710.5605 - 0.325 * POBLACIÓN + 4005.613 * PIB}$$

Ilustración 6. Análisis de Prueba de Multicolinealidad

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Dependent Variable: PAXNAL
Method: Least Squares
Date: 05/30/16 Time: 16:35
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-10082711	1310120.	-7.696023	0.0000
POBLACION	-0.325357	0.069547	-4.678223	0.0000
PIB	4005.613	274.1473	14.61117	0.0000

R-squared	0.941376	Mean dependent var	7073422.
Adjusted R-squared	0.937927	S.D. dependent var	4783458.
S.E. of regression	1191770.	Akaike info criterion	30.89738
Sum squared resid	4.83E+13	Schwarz criterion	31.02800
Log likelihood	-568.6016	Hannan-Quinn criter.	30.94343
F-statistic	272.9823	Durbin-Watson stat	0.550399
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

El modelo para pasajeros nacionales señala que la variable IPC no es significativa para dicho modelo como se puede observar en la ilustración 6, lo que demuestra que el tráfico de pasajeros nacionales con indicadores Colombia depende de las variables POBLACIÓN y PIB, tal como se demuestra en la ilustración 6. Así mismo, brinda un ajuste del 94%.

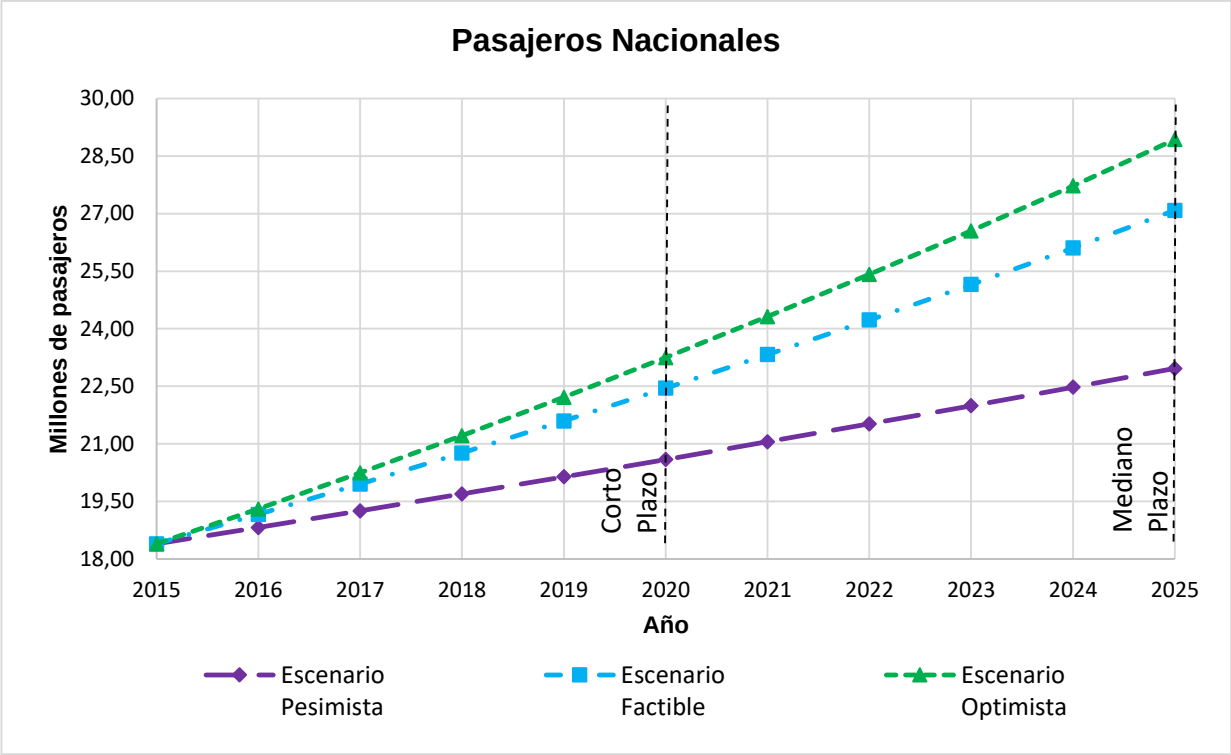
Tabla 14. Proyección de pasajeros nacionales en tres escenarios

Pasajeros Nacionales

AÑO	Escenario Pesimista	Escenario Factible	Escenario Optimista
2015	18.390.329	18.390.329	18.390.328
2016	18.817.425	19.159.101	19.301.466
2017	19.250.927	19.948.630	20.241.759
2018	19.690.931	20.759.476	21.212.142
2019	20.137.536	21.592.215	22.213.578
2021	21.050.943	23.325.752	24.313.612
2022	21.517.948	24.227.781	25.414.294
2023	21.991.957	25.154.164	26.550.198
2024	22.473.077	26.105.560	27.722.451
2025	22.961.414	27.082.643	28.932.216

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 19. Proyección de Pasajeros Nacionales



Fuente: Elaboración Propia

5.7.2 Proyección para pasajeros internacionales

Para indicadores nacionales, la ecuación arrojada por Eviews para la proyección de pasajeros internacionales es de la siguiente forma:

$$\mathbf{PAXINTERNAL} = -\mathbf{1530642.45} - \mathbf{0.217} * \mathbf{POBLACIÓNCOL} + \mathbf{1519.819} * \mathbf{PIBCOL} + \mathbf{26750.899}\ \mathbf{IPCCOL}$$

Ilustración 7. Análisis de Prueba de Multicolinealidad

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Dependent Variable: PAXINTER
Method: Least Squares
Date: 07/12/16 Time: 01:11
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1530642.	1274261.	-1.201200	0.2382
POBLACIONBOG	-0.217290	0.032861	-6.612458	0.0000
PIBCOL	1519.819	129.0823	11.77404	0.0000
IPCCOL	26750.90	6478.045	4.129471	0.0002

R-squared	0.971321	Mean dependent var	2626479.
Adjusted R-squared	0.968714	S.D. dependent var	2357121.
S.E. of regression	416922.6	Akaike info criterion	28.82099
Sum squared resid	5.74E+12	Schwarz criterion	28.99515
Log likelihood	-529.1884	Hannan-Quinn criter.	28.88239
F-statistic	372.5607	Durbin-Watson stat	0.477092
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

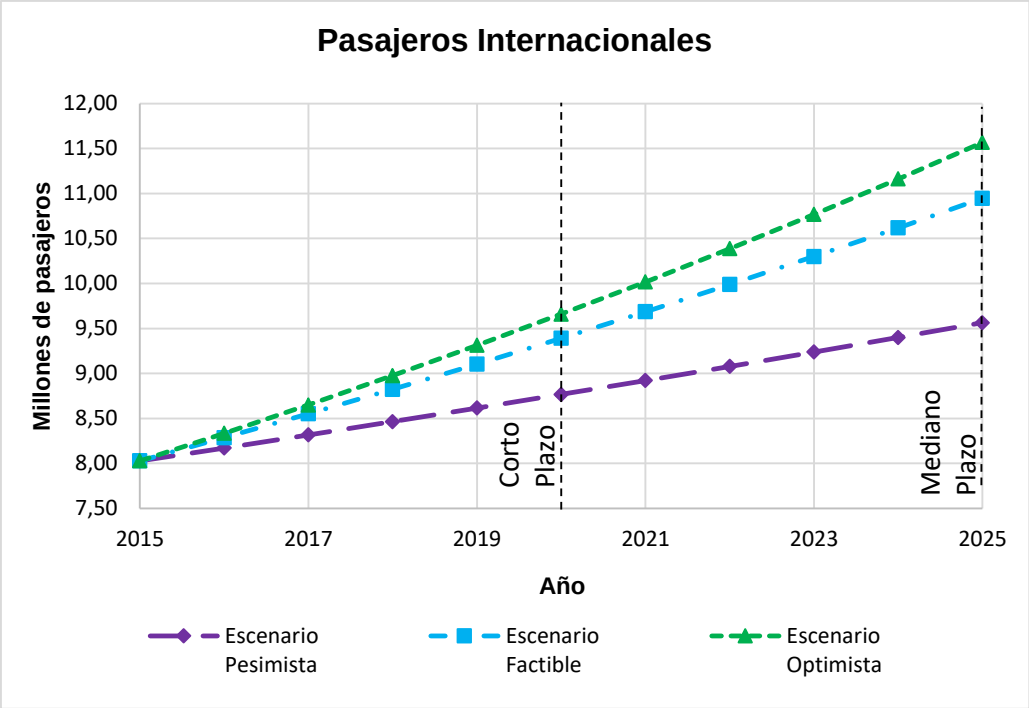
El modelo para pasajeros internacionales arroja que es un modelo significativo (prueba t), ya que depende de todas las variables (IPC, PIB, POBLACIÓN), por lo cual tiene un ajuste del 97%.

Tabla 15. Proyección de pasajeros internacionales en tres escenarios

Pasajeros Internacionales			
AÑO	**Escenario Pesimista**	**Escenario Factible**	**Escenario Optimista**
2015	8.028.249	8.028.249	8.028.249
2016	8.171.632	8.286.339	8.334.133
2017	8.317.166	8.551.398	8.649.806
2018	8.464.884	8.823.613	8.975.581
2019	8.614.816	9.103.178	9.311.780
2020	8.766.998	9.390.291	9.658.737
2021	8.921.463	9.685.156	10.016.797
2022	9.078.245	9.987.982	10.386.316
2023	9.237.378	10.298.985	10.767.658
2024	9.398.898	10.618.385	11.161.204
2025	9.562.841	10.946.409	11.567.343

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 20. Proyección de Pasajeros internacionales



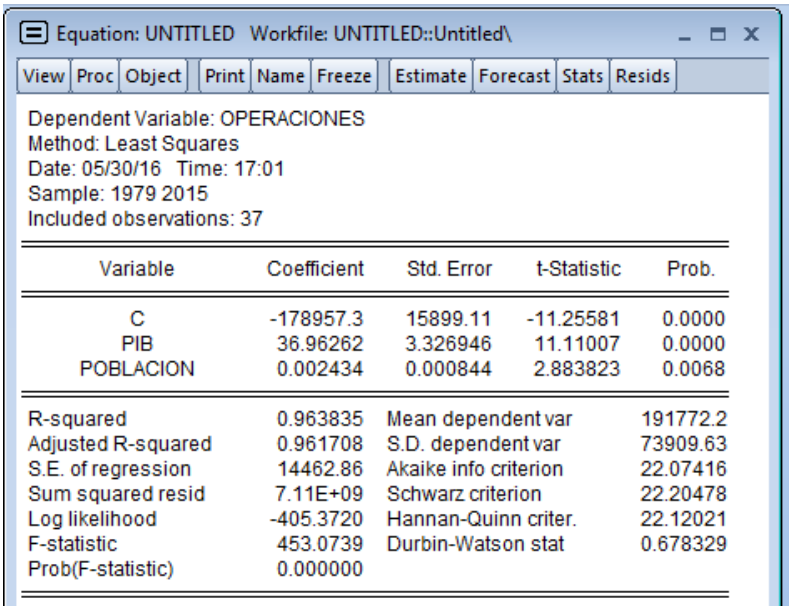
Fuente: Elaboración propia

5.7.3 Proyección de operaciones aéreas

En lo que respecta a operaciones, se desarrollará la ecuación arrojada por Eviews, la cual es expresada de la siguiente forma:

$$\mathbf{OPERACIONES} = -178957.31 + 36.963 * \mathbf{PIB} + 0.0024 * \mathbf{POBLACIÓN}$$

Ilustración 8. Análisis de Prueba de Multicolinealidad



Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Dependent Variable: OPERACIONES
Method: Least Squares
Date: 05/30/16 Time: 17:01
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-178957.3	15899.11	-11.25581	0.0000
PIB	36.96262	3.326946	11.11007	0.0000
POBLACION	0.002434	0.000844	2.883823	0.0068

R-squared	0.963835	Mean dependent var	191772.2
Adjusted R-squared	0.961708	S.D. dependent var	73909.63
S.E. of regression	14462.86	Akaike info criterion	22.07416
Sum squared resid	7.11E+09	Schwarz criterion	22.20478
Log likelihood	-405.3720	Hannan-Quinn criter.	22.12021
F-statistic	453.0739	Durbin-Watson stat	0.678329
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

El resultado arrojado en la ilustración 8, para el modelo de operaciones demuestra que éste depende del PIB y población, indicando así que es un modelo significativo (prueba t), teniendo en cuenta un ajuste del 96%.

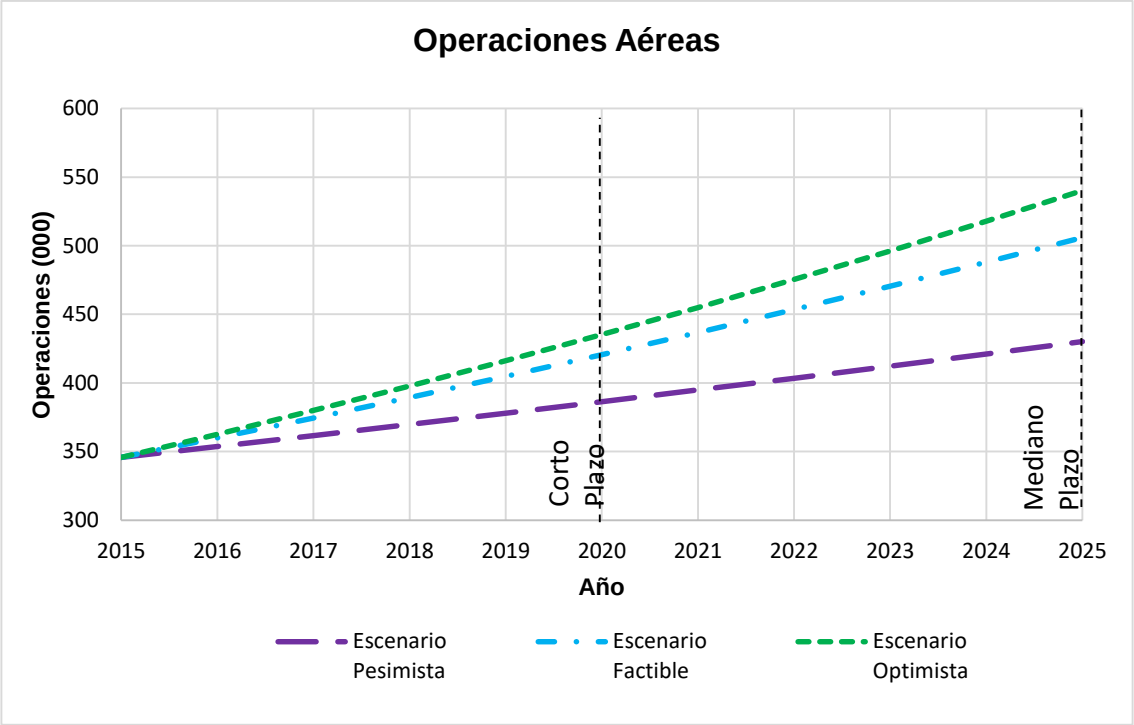
Tabla 16. Proyección de operaciones aéreas en tres escenarios

Operaciones Aéreas

AÑO	Escenario Pesimista	Escenario Factible	Escenario Optimista
2015	345.829	345.829	345.829
2016	353.700	359.998	362.622
2017	361.690	374.550	379.952
2018	369.800	389.494	397.837
2019	378.031	404.843	416.295
2020	386.386	420.605	435.343
2021	394.866	436.793	455.001
2022	403.474	453.419	475.287
2023	412.210	470.493	496.223
2024	421.078	488.028	517.829
2025	430.078	506.036	540.126

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 21. Proyección de Operaciones Aéreas



Fuente: Elaboración propia

5.8 Resultados de proyección para carga

Para realizar el modelo en EViews de carga, se utilizaron variables independientes tales como; exportaciones, importaciones y el PIB de la industria manufacturera, dichas variables se tomaron a nivel nacional, y de esta manera poder determinar el modelo que más se ajustara, es decir, se obtengan variables significativas.

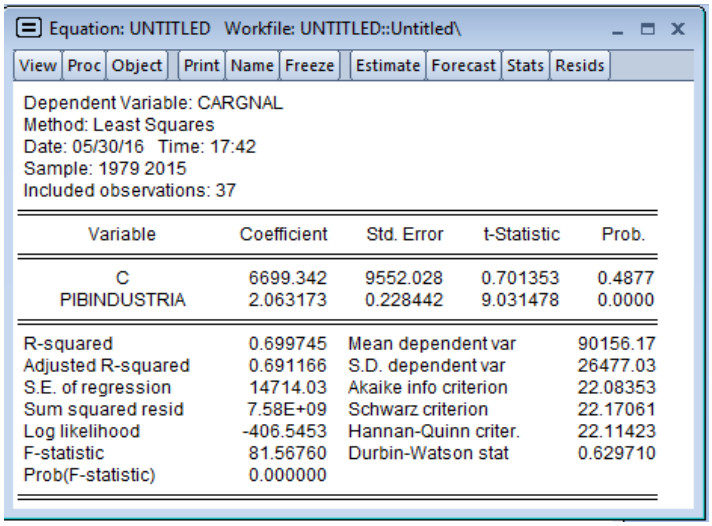
En la investigación, para obtener un modelo significativo fue necesaria la recopilación de datos desde el año 1979 hasta el 2015, a continuación, se encontrará el modelo arrojado en EViews correspondiente a carga nacional:

5.8.1 Proyección de carga nacional

En lo que respecta a carga nacional, se desarrollará la ecuación arrojada por Eviews, la cual es expresada de la siguiente forma:

$$\mathbf{CARGNAL = 6699.34158019 + 2.06317313247 * PIBINDUSTRIA}$$

Ilustración 9. Análisis de Prueba de Multicolinealidad.



Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Dependent Variable: CARGNAL
Method: Least Squares
Date: 05/30/16 Time: 17:42
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6699.342	9552.028	0.701353	0.4877
PIBINDUSTRIA	2.063173	0.228442	9.031478	0.0000

R-squared	0.699745	Mean dependent var	90156.17
Adjusted R-squared	0.691166	S.D. dependent var	26477.03
S.E. of regression	14714.03	Akaike info criterion	22.08353
Sum squared resid	7.58E+09	Schwarz criterion	22.17061
Log likelihood	-406.5453	Hannan-Quinn criter.	22.11423
F-statistic	81.56760	Durbin-Watson stat	0.629710
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

En el modelo para carga nacional (ton), arrojó tanto las exportaciones como las importaciones no representan una variable significativa como se muestra en la ilustración 9. Por ende, puede decirse que al correr este modelo, el 69% de la variable, queda explicada por el PIB Industria Colombia (nacional), en ausencia de otras variables, lo más importante es establecer que dichas variables son significativas (prueba t).

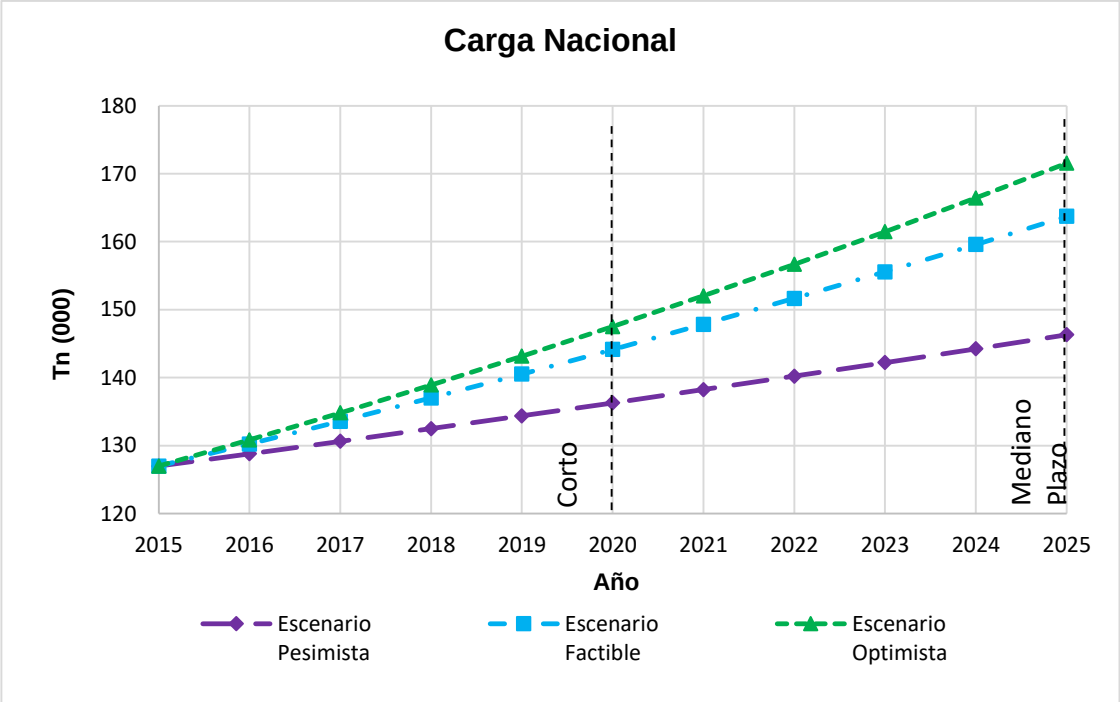
Tabla 17. Proyección de carga nacional

Carga Nacional (Ton)

AÑO	Escenario Pesimista	Escenario Factible	Escenario Optimista
2015	126.996,78	126.996,78	126.996,78
2016	128.801,24	130.244,81	130.846,30
2017	130.632,77	133.580,54	134.819,00
2018	132.491,77	137.006,33	138.918,83
2019	134.378,66	140.524,62	143.149,85
2020	136.293,84	144.137,90	147.516,27
2021	138.237,76	147.848,74	152.022,41
2022	140.210,84	151.659,77	156.672,75
2023	142.213,51	155.573,71	161.471,90
2024	144.246,22	159.593,31	166.424,62
2025	146.309,43	163.721,45	171.535,83

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 22. Proyección de carga nacional



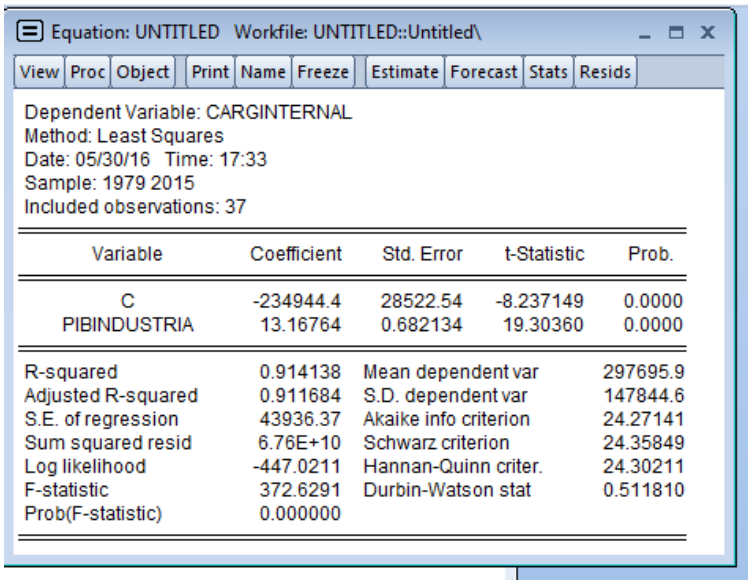
Fuente: Elaboración propia

5.8.2 Proyección para carga internacional

En lo que respecta a carga internacional, se desarrollará la ecuación arrojada por Eviews, la cual es expresada de la siguiente forma:

$$\boldsymbol{CARGINTERNAL = -234944.425 + 13.168 * PIBINDUSTRIA}$$

Ilustración 10. Análisis de Prueba de Multicolinealidad



Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Dependent Variable: CARGINTERNAL
Method: Least Squares
Date: 05/30/16 Time: 17:33
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-234944.4	28522.54	-8.237149	0.0000
PIBINDUSTRIA	13.16764	0.682134	19.30360	0.0000

R-squared	0.914138	Mean dependent var	297695.9
Adjusted R-squared	0.911684	S.D. dependent var	147844.6
S.E. of regression	43936.37	Akaike info criterion	24.27141
Sum squared resid	6.76E+10	Schwarz criterion	24.35849
Log likelihood	-447.0211	Hannan-Quinn criter.	24.30211
F-statistic	372.6291	Durbin-Watson stat	0.511810
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

En el modelo para carga internacional (tn), arrojó tanto las exportaciones como las importaciones no representan una variable significativa como se muestra en la ilustración 10. Por ende, al correr este modelo, el 91% de la variable, queda explicada por el PIB Industria Colombia (nacional), en ausencia de otras variables, lo más importante es establecer que dichas variables son significativas (prueba t).

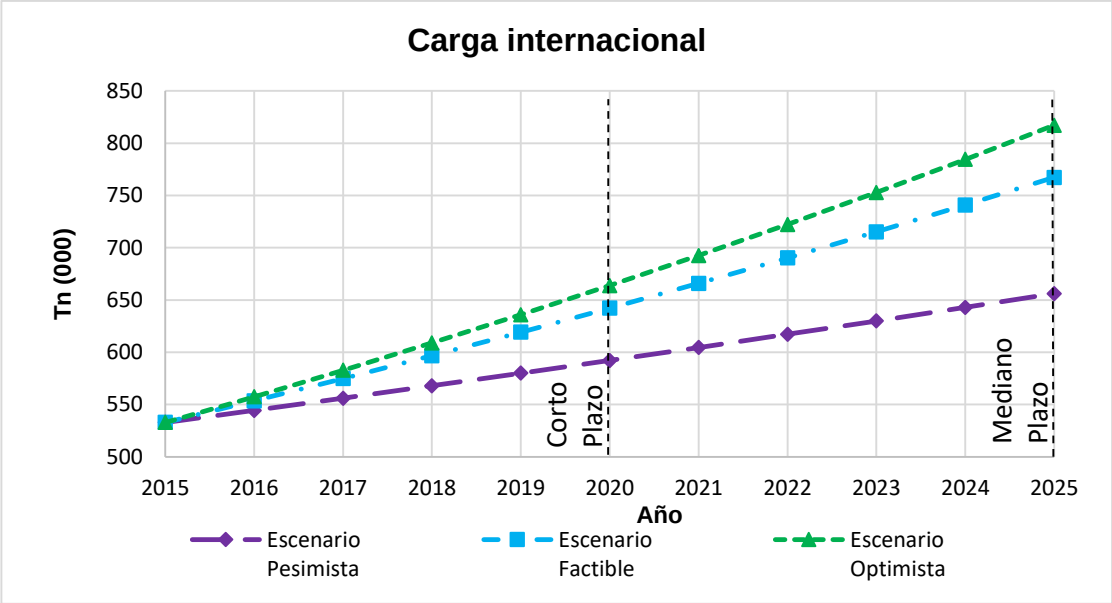
Tabla 18. Proyección de carga internacional

Carga internacional (Ton)

AÑO	Escenario Pesimista	Escenario Factible	Escenario Optimista
2015	532.821,00	532.821,00	532.821,00
2016	544.337,48	553.550,66	557.389,49
2017	556.026,71	574.840,03	582.744,18
2018	567.891,27	596.704,21	608.910,21
2019	579.933,81	619.158,72	635.913,56
2020	592.156,98	642.219,51	663.781,02
2021	604.563,50	665.902,94	692.540,23
2022	617.156,12	690.225,81	722.219,74
2023	629.937,63	715.205,41	752.848,99
2024	642.910,86	740.859,46	784.458,38
2025	656.078,69	767.206,16	817.079,27

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 23. Proyección de carga internacional



Fuente: Elaboración propia

5.9 Conclusiones

Los modelos econométricos aquí reseñados, cumplen con los supuestos del modelo clásico. A todos ellos se les hicieron pruebas de normalidad, multicolinealidad, autocorrelación y homocedasticidad. A partir de ellos, se hicieron pronósticos para las variables de interés: carga, pasajeros (nacional e internacional) y total de operaciones aéreas.

CAPITULO 6

6 Análisis comparativo de pronósticos

6.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrolla un análisis comparativo entre los dos planes maestros de BOG, estudiados en capítulos anteriores (en los que se comparó las proyecciones realizadas en dichos planes maestros, el histórico de tráfico de pasajeros, carga y total de operaciones), con las proyecciones que se han calculado y obtenido en la presente investigación.

Es importante mencionar, que para dicha comparación no se tomaron en cuenta los "indicadores Bogotá", debido a que algunas de las pruebas realizadas no estuvieron dentro de los rangos que validaran el modelo; por dicha razón, se realizó el análisis con "indicadores Colombia", ya que éstos se ajustaron a la realidad del comportamiento de tráfico de pasajeros, carga y total de operaciones.

Inicialmente se desarrollará una comparativa entre la proyección estimada en el plan maestro 2001, la cual, se desarrolló en un único escenario, y la proyección obtenida en la presente investigación en el escenario factible.

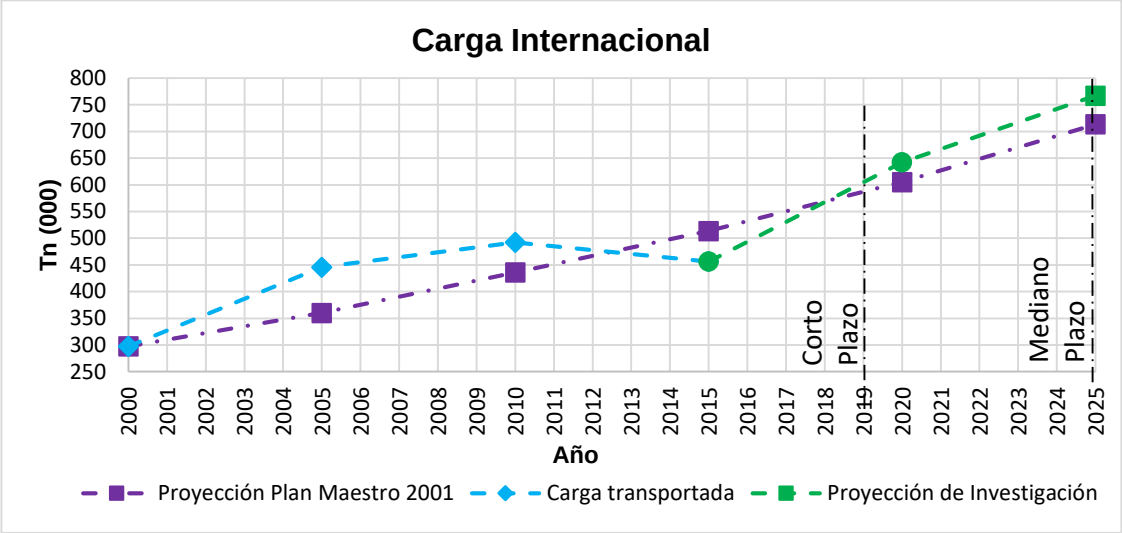
De igual forma, se realiza una comparación con la última actualización del plan maestro 2014, éste realizó las proyecciones en tres escenarios (bajo, base y alto), pero a efectos de este trabajo y con el fin de que haya una continuidad con el plan maestro de 2001 sólo se realiza la comparación con el escenario base de dicha proyección con los tres escenarios (pesimista, factible y optimista) de la presente investigación; en dichas comparativas se incluirá también el tráfico realmente verificado (o existente) en el pasado hasta el año 2015.

6.2 Análisis comparativo con Plan Maestro 2001

A continuación se presenta la comparación entre la proyección realizada por el plan maestro del año 2001 (proyec. P.M. 2001), teniendo en cuenta el único escenario, respecto al tráfico existente y la proyección realizada en la investigación actual (proyec. invest.) empleando el escenario factible.

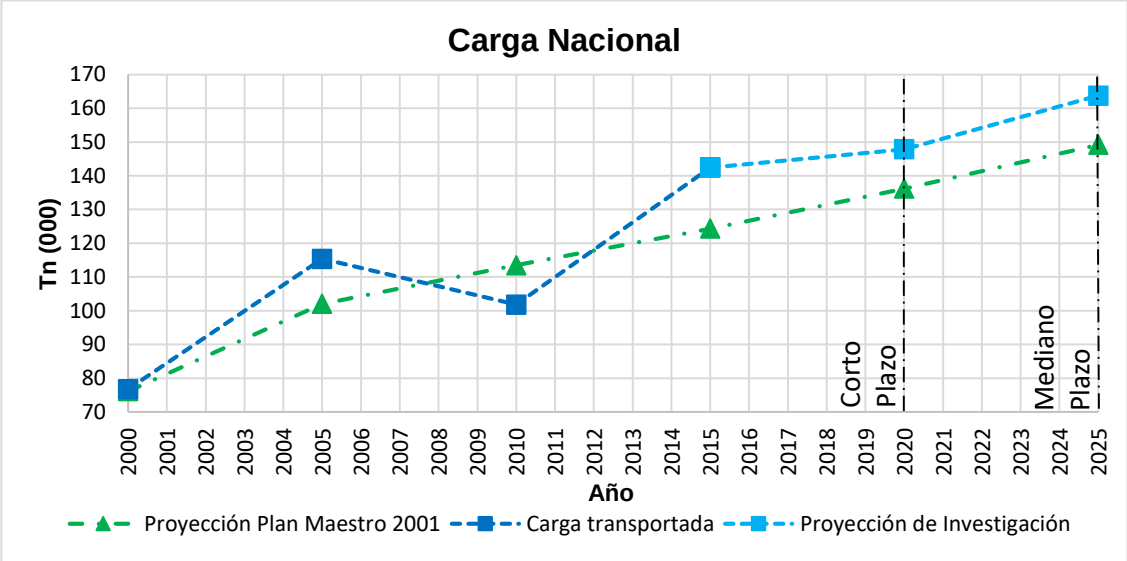
6.2.1 Carga

Gráfico 24. Comparativo del indicador carga internacional entre 'proyección del plan maestro 2001', 'carga (realmente) transportada' y 'proyección de la presente investigación'



Fuente: Elaboración propia

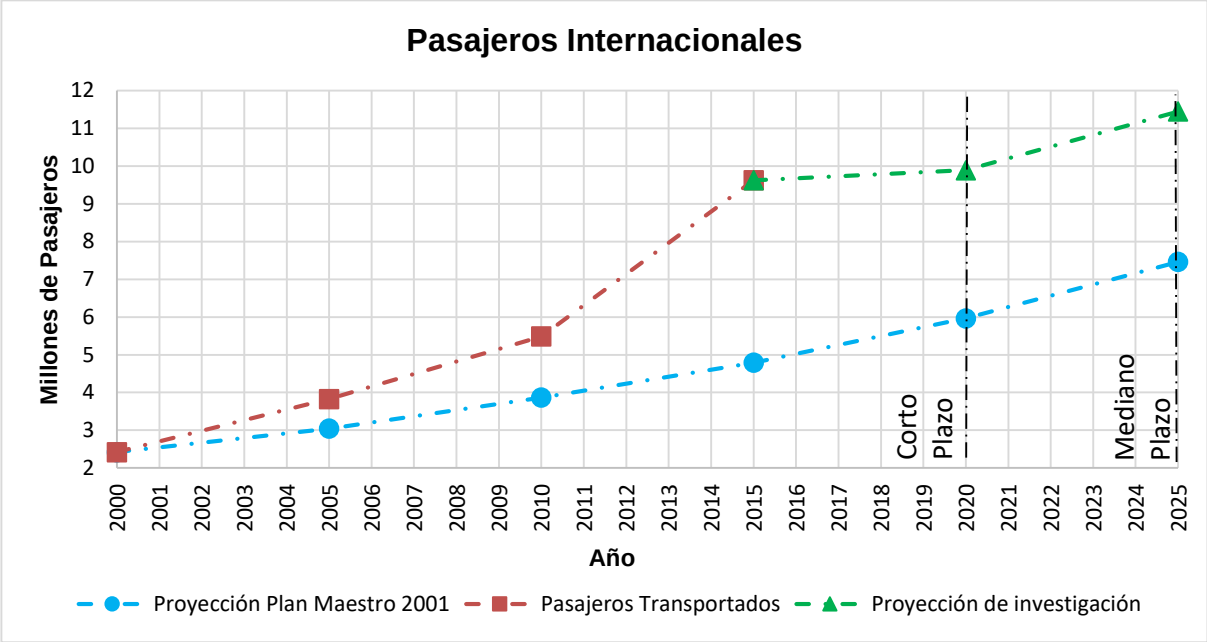
Gráfico 25. Comparativo del indicador carga nacional entre 'proyección del plan maestro 2001', 'carga (realmente) transportada' y 'proyección de la presente investigación'



Fuente: Elaboración propia

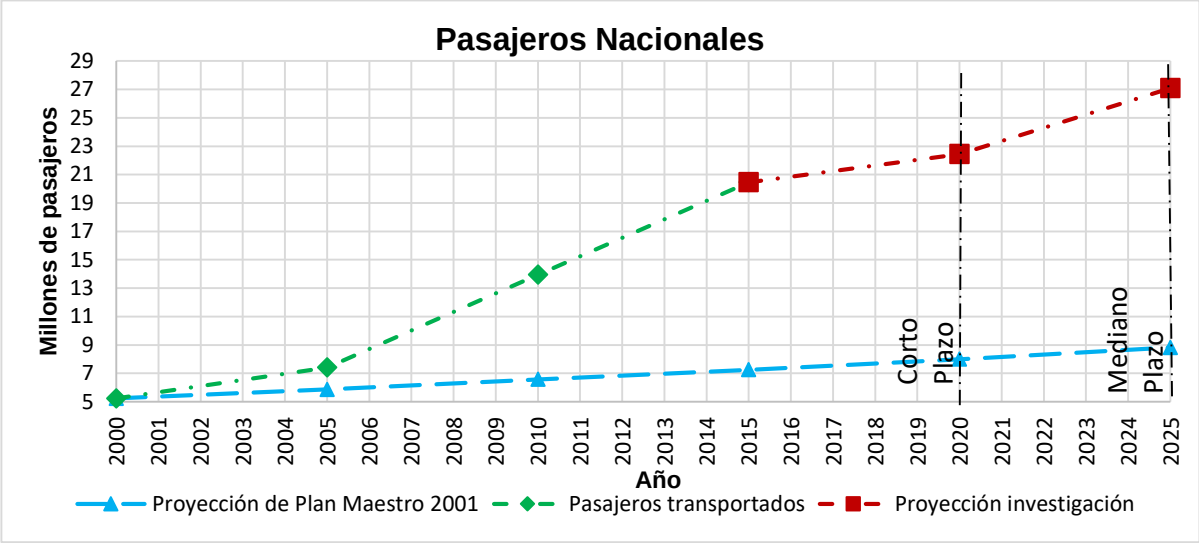
A continuación, se presenta el comparativo de pronósticos de la investigación actual respecto a los pronósticos del Plan Maestro del año 2001 y pasajeros transportados como operaciones totales, que corresponden a indicadores Colombia, ya que como se mencionó anteriormente, éstos se ajustaron a la realidad del comportamiento de tráfico de pasajeros, carga y total de operaciones.

Gráfico 26. Comparativo del indicador pasajeros internacionales entre 'proyección del plan maestro 2001', 'pasajeros (realmente) transportados' y 'proyección de la presente investigación'



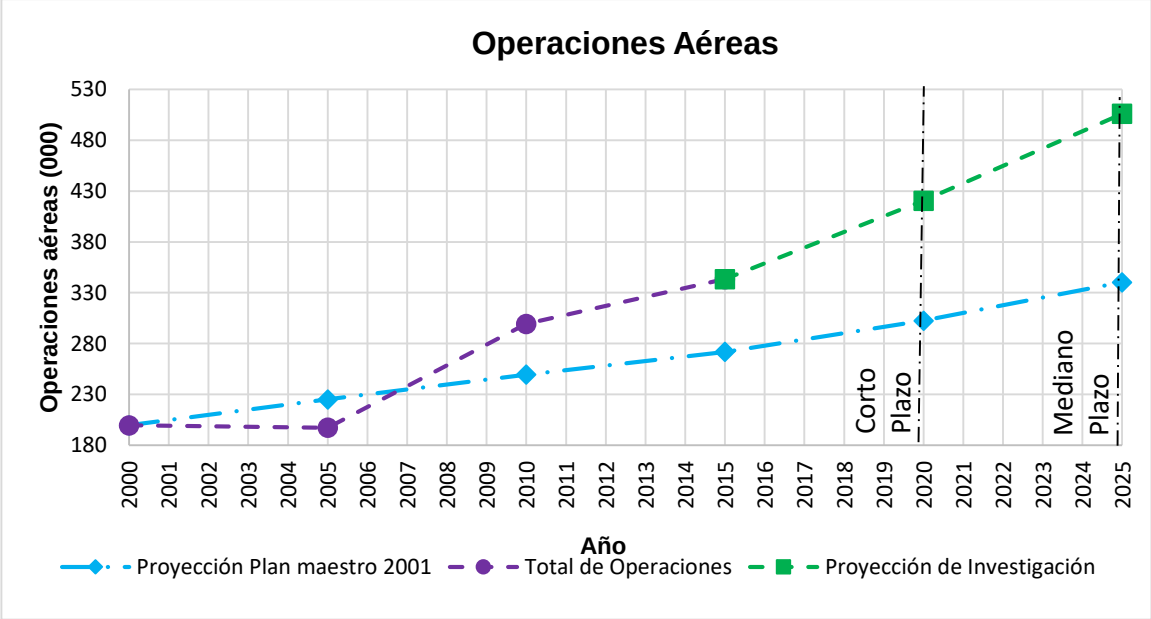
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 27. Comparativo del indicador pasajeros nacionales entre 'proyección del plan maestro 2001', 'pasajeros (realmente) transportados' y 'proyección de la presente investigación'



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 28. Comparativo del indicador operaciones aéreas entre 'proyección del plan maestro 2001', 'operaciones (realmente) transportadas' y 'proyección de la presente investigación'



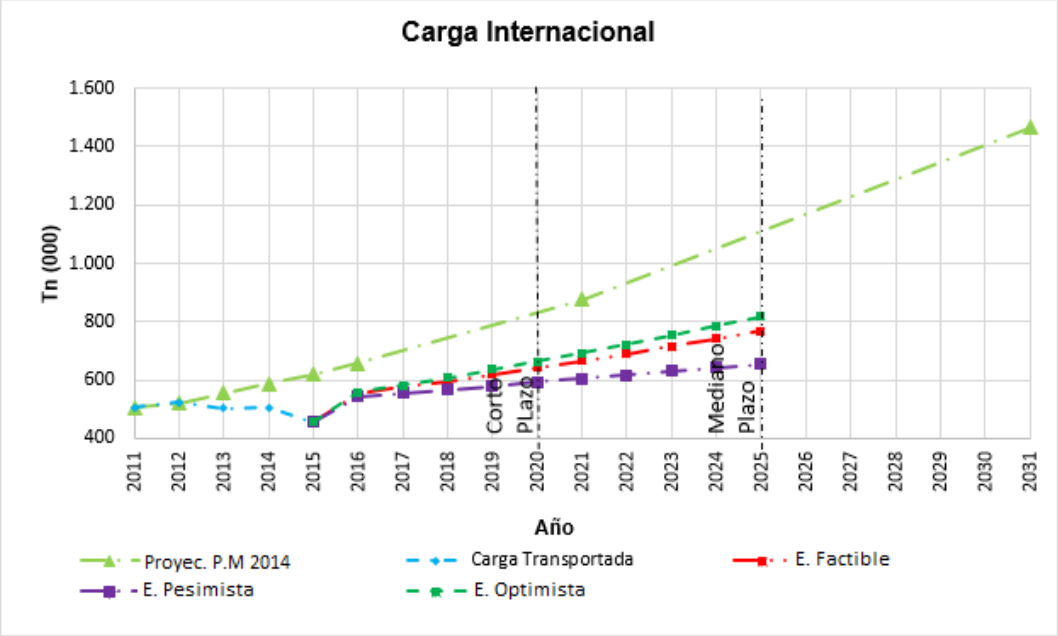
Fuente: Elaboración propia

6.3 Análisis comparativo con actualización 2014 Plan Maestro 2011

Esta comparación presentada a continuación, se hace con los resultados obtenidos que corresponden a indicadores Colombia, ya que como se mencionó en la introducción del presente capítulo, éstos se ajustaron a la realidad del comportamiento de tráfico de pasajeros, carga y total de operaciones.

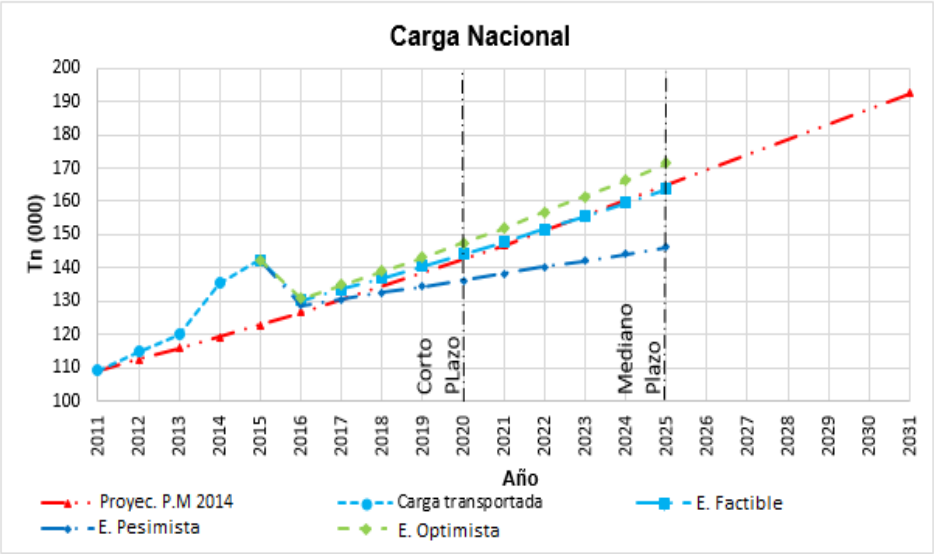
6.3.1 Carga

Gráfico 29. Comparativo del indicador carga internacional entre 'proyección del plan maestro 2014', 'carga (realmente) transportada' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista.



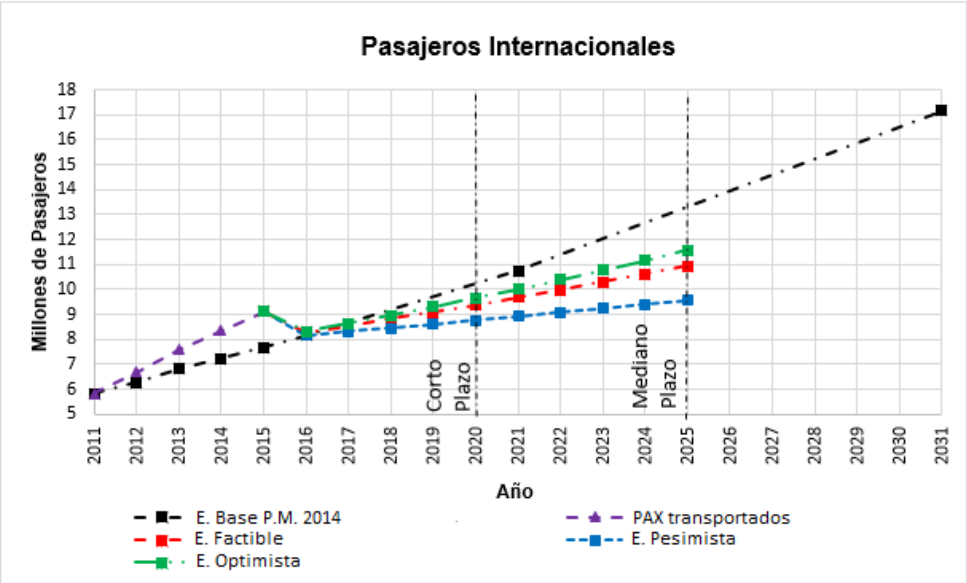
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 30. Comparativo del indicador carga nacional entre 'proyección del plan maestro 2014', 'carga (realmente) transportada' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista.



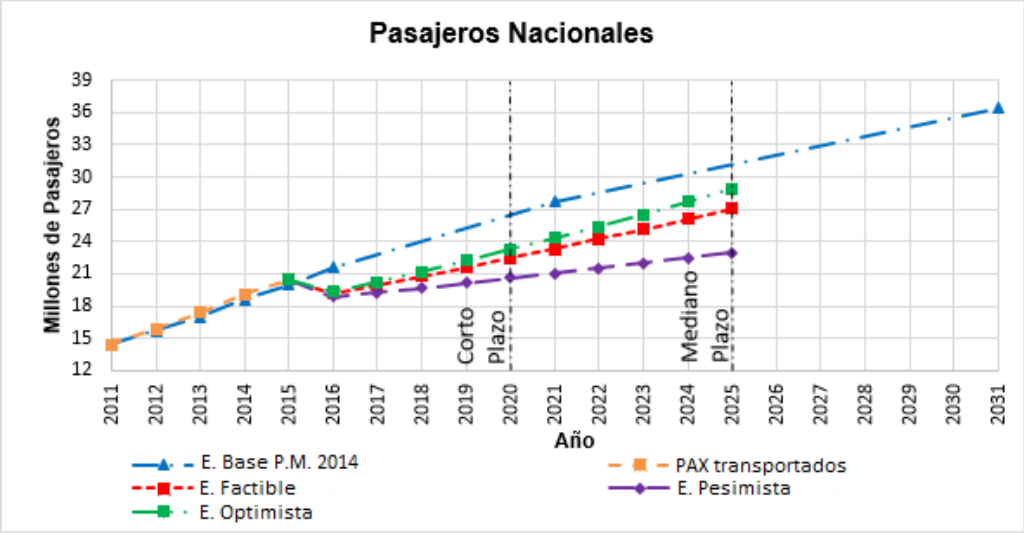
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 31. Comparativo del indicador pasajeros internacionales entre 'proyección del plan maestro 2014', 'pasajeros (realmente) transportados' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista.



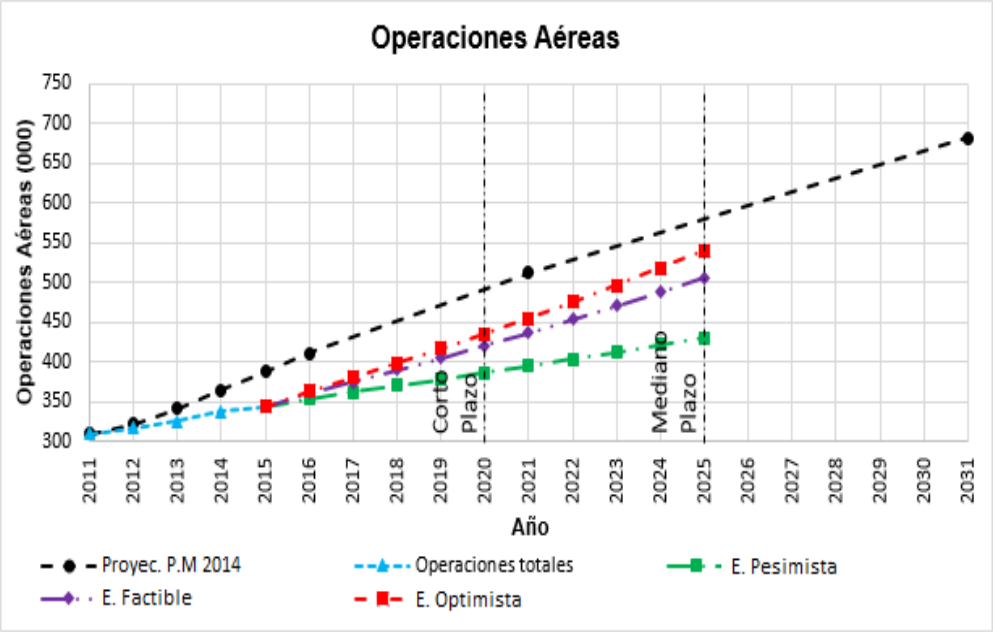
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 32. Comparativo del indicador pasajeros nacionales entre 'proyección del plan maestro 2014', 'pasajeros (realmente) transportados' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 33. Comparativo del indicador operaciones aéreas entre 'proyección del plan maestro 2014', 'operaciones totales' y 'proyección de la presente investigación' por el escenario pesimista, factible y optimista.

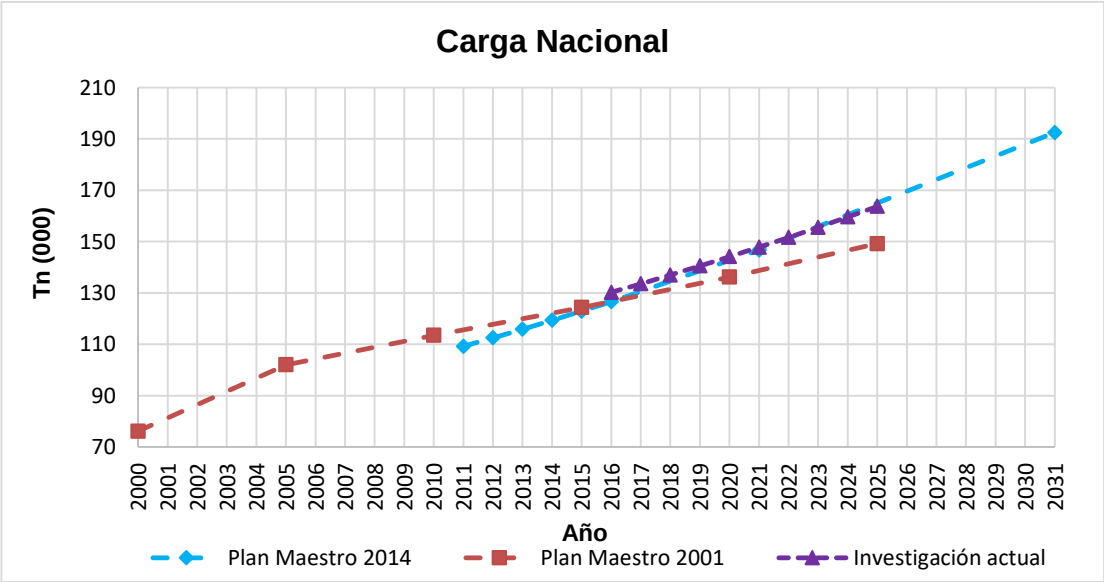


Fuente: Elaboración propia

6.4 Comparación de Planes Maestros e investigación actual

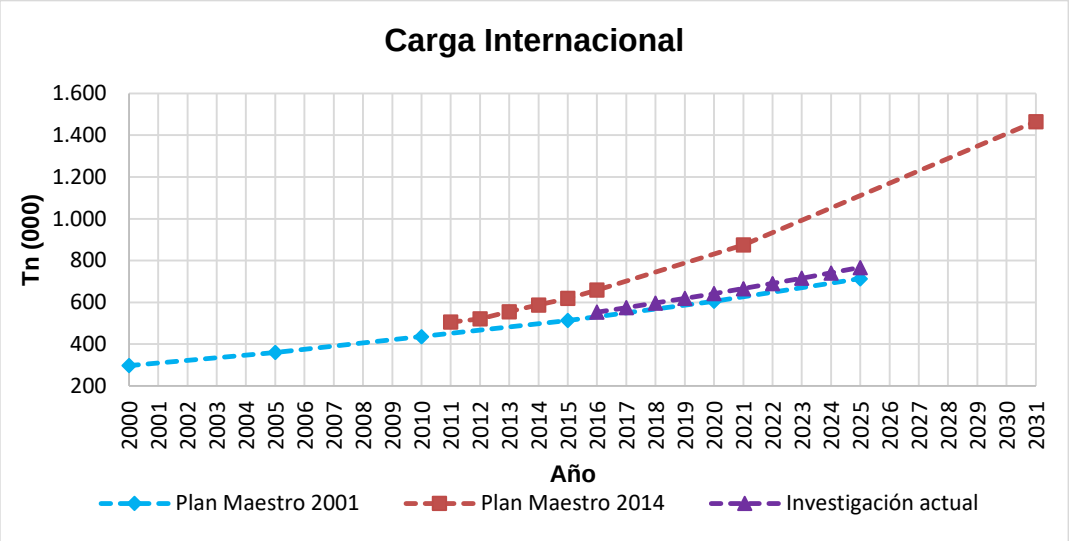
A continuación se presenta la comparación conjunta entre las proyecciones realizadas en los Planes Maestros 2001 y 2014, usando el escenario base para el último plan maestro, y los resultados obtenidos en la investigación actual empleando el escenario factible, con el fin de tener un estimativo de la proyección realizada en este trabajo, con respecto a los planes maestros anteriores.

Gráfico 34. Comparativo del indicador carga nacional entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual.



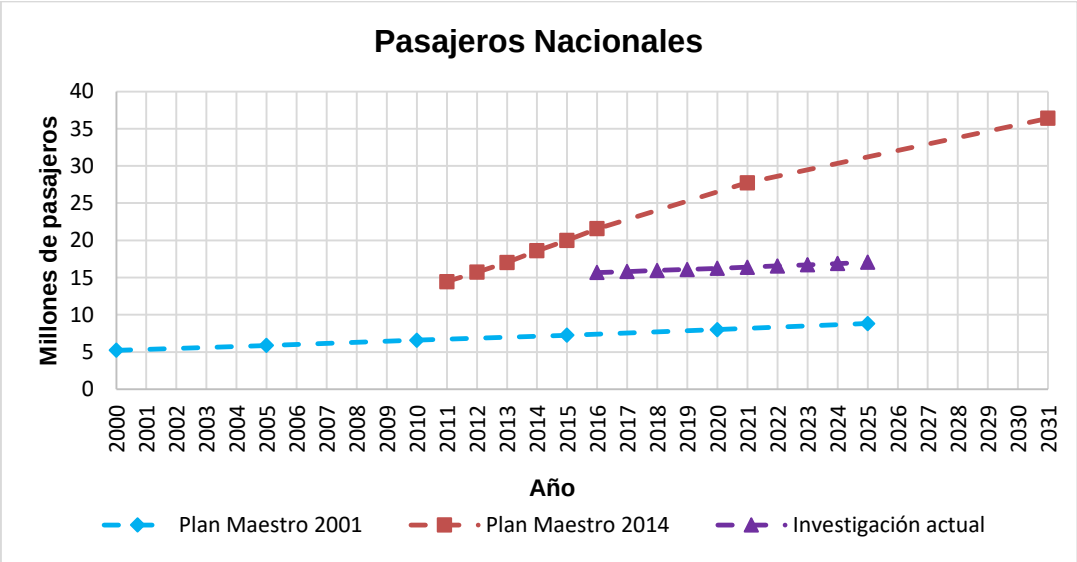
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 35. Comparativo del indicador carga internacional entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual.



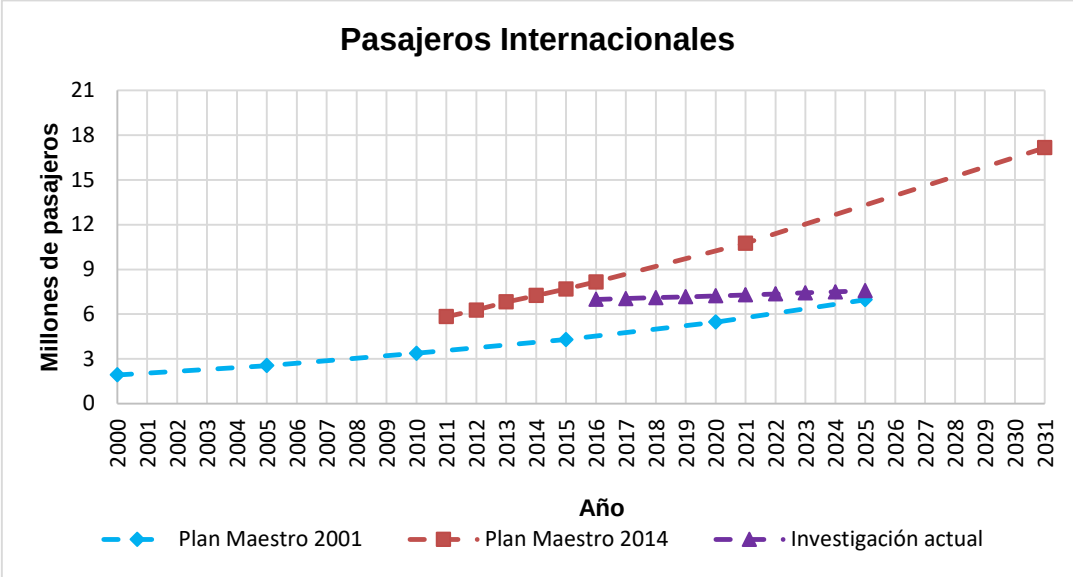
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 36. Comparativo del indicador pasajeros nacionales entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual.



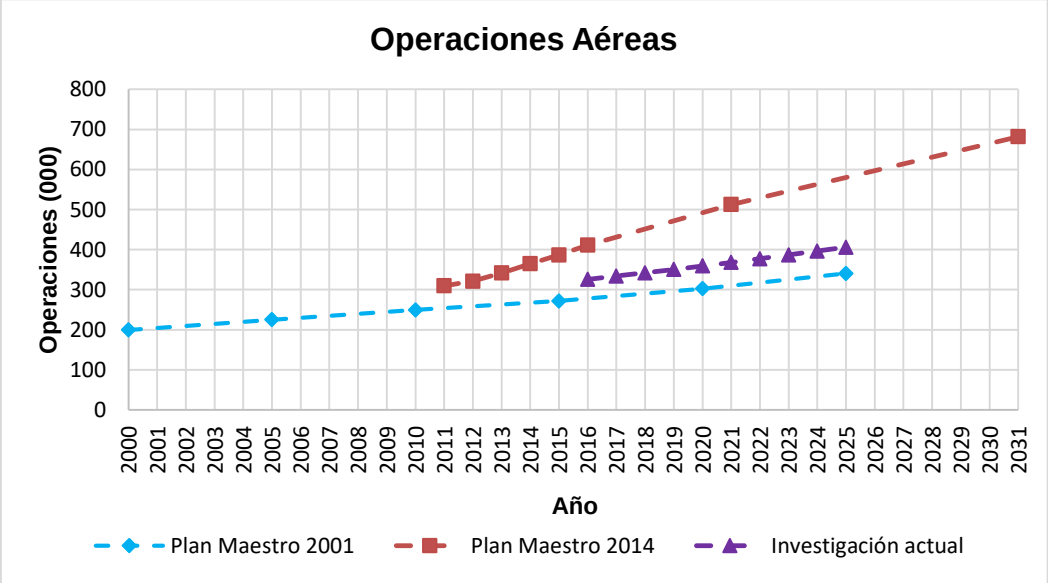
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 37. Comparativo del indicador pasajeros internacionales entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 38. Comparativo del indicador operaciones aéreas entre 'proyección del plan maestro 2014', proyección del plan maestro 2001' y 'proyección de la investigación actual.



Fuente: Elaboración propia

6.4.1 Conclusiones

En la tabla 19**,** se presentan los resultados obtenidos en las proyecciones de la presente investigación en el escenario factible, respecto a las proyecciones hechas en el plan maestro de 2001 y la última actualización del plan maestro de 2011 (2014) con los resultados obtenidos en el escenario base.

Tabla 19. Resultados obtenidos en proyección de investigación actual (escenario factible), respecto a los planes maestros de 2001 y 2011 (escenario base).

			Proyección de investigación	
			Corto plazo	Medio plazo
Plan maestro 2001	Carga	NAL	Superior	Superior
		INTL	Superior	Superior
	Pax	NAL	Superior	Superior
		INTL	Superior	Igual
	Total de operaciones		Superior	Superior
Plan maestro 2014	Carga	NAL	Igual	Igual
		INTL	Inferior	Inferior
	Pax	NAL	Inferior	Inferior
		INTL	Inferior	Inferior
	Total de operaciones		Inferior	Inferior

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 7

7 Dimensionamiento del edificio terminal

7.1 Introducción

En este capítulo se presentará el análisis de la capacidad de la terminal de pasajeros a partir de especificaciones de la IATA (2004) y la FAA (Ashford, *et al.*, 1997), además, se utilizó para disponer de datos comparativos con el criterio de algunos investigadores relevantes de la ingeniería aeroportuaria. Basándose en los resultados de la proyección de pasajeros realizada en el capítulo 5, se evaluaron las áreas (superficies medidas en m2) requeridas para satisfacer la demanda de Pasajeros Hora Punta (PHP).

Como no se dispone de los planos de las terminales de pasajeros y carga de BOG, sobre todo una vez terminada su ampliación / remodelación, actualmente en curso (y que finaliza en 2017), no se puede valorar si la capacidad instalada (próxima), sobre todo las diferentes áreas operativas o de servicios del Terminal, será capaz de absorber la demanda proyectada, y sobre todo, con que niveles de calidad de servicio. Por ello, este trabajo sólo presentará, a nivel de recomendación, cuáles deberían ser las áreas o superficies (medidas en m2) que deberían tener las diferentes áreas operativas o de servicio de las terminales (de pasajeros y carga) para gestionar el tráfico previsto (pasajero y carga) con determinados niveles de calidad de servicio, fijados por los estándares internacionales.

Asimismo mencionar que se trabaja con la penúltima versión del manual de desarrollo aeroportuario de IATA, del año 2004, ya que existe una última versión, publicada en el año 2014, pero de la cual no se dispone de una copia (tampoco disponible en la Biblioteca de la universidad, debido a su alto costo de adquisición).

7.2 Edificio Terminal de pasajeros de BOG

El Aeropuerto Internacional de Bogotá-El Dorado (BOG), cuenta con cinco pisos distribuidos de la siguiente forma:

- *Primer piso:* se encuentran ubicadas las oficinas de plataforma, sistema de selección y recibo de equipaje, llegadas de pasajeros, el hall público de espera y zona de comercio.

- *Segundo piso:* en este piso se halla los puentes de abordaje, corredores de desembarque y sistema de manejo de equipaje.
- *Tercer piso:* se localiza el hall público de salidas, comercio, salas de abordaje, *Duty Free* y *Duty Pay* y salones VIP nacionales.
- *Cuarto y quinto piso:* En este piso se encuentra los *mezzanines* de salones VIP internacionales y áreas comerciales.

Para Marzo del 2017 se espera que termine la Fase III de la ampliación de BOG, en la cual, el edificio terminal pasará de 173.600 m^2 a 235.000 m^2, aumentando en un 36% la superficie del edificio (El Dorado, 2016).

7.3 Conceptos

A continuación se presentan algunos conceptos referentes a la terminal de pasajeros, las cuales son necesarias para satisfacer la demanda;

Pasajeros hora punta: La Administración Federal de Aviación (FAA) utiliza una medida de pico llamado pasajeros típicos en las horas punta. Dicho de esta forma, es evidente que el pico es más pronunciado con respecto a los flujos anuales (Ashford *et al*., 1997)

Superficies necesarias en el edificio terminal: La determinación de la superficie total necesaria en cada uno de los servicios generales debe efectuarse en función del tráfico de pasajeros previsto para diez años futuros, teniendo en cuenta el número representativo de pasajeros en las horas de máximo tráfico o número de pasajeros en hora punta. Es por tanto, un factor que define el orden de actividad y no el número absoluto de pasajeros máximos durante la hora de mayor movimiento en el aeropuerto (Lopez Pedraza, 1970).

Es relevante mencionar, que para las instalaciones relacionadas con los pasajeros, el tráfico de diseño ha de ser menor que el pico, pues no está justificado el dimensionar para el tráfico pico por presentarse en situaciones muy concretas y escasas. El dimensionar para el tráfico pico requeriría una inversión substancialmente mayor, siendo en estos casos admisible el aumento de la capacidad a costa de una pequeña pérdida en la calidad del servicio ofertado.

Ahora bien, para los cálculos de capacidad relativos de edificios terminales se precisan las cantidades de pasajeros hora diseño, los cuales son inferiores a los tráficos pico. Para este cálculo se recurre un método conocido como '30ava hora punta', en la cual se define el parámetro de diseño, como aquél que sólo

es superado en 29 ocasiones a lo largo del año, es decir es la 30 hora punta del año.

Sin embargo, en el plan maestro de BOG 2014 se consideró igual la hora punta con la hora de diseño, por lo tanto, para efectos de esta investigación y con la finalidad de realizar una comparación entre plan maestro con la investigación actual, entonces, para el cálculo de la capacidad disponible, se utilizó el criterio 'pasajeros hora punta (PHP)' el cual se considerará igual a los pasajeros en la hora de diseño por lo mencionado anteriormente.

Pasajeros Hora Punta (PHP) en BOG

Para el cálculo de la capacidad disponible, se utilizó el criterio de "Pasajeros Hora Punta" (PHP) a partir del total de pasajeros, teniendo en cuenta las recomendaciones de pre-diseño realizadas por la FAA en la relación que se muestra en la Tabla 20

Así mismo, se usó la ecuación de Cudós (2004) para estimar los PHP a partir de datos de tráfico total de pasajeros:

$$Y = 105{,}62 * X^{-0{,}4723} \quad (5)$$

Donde,

$Y =$ % de PHP máximo sobre pasajeros totales anuales,

$X =$ Pasajeros totales anuales.

Tabla 20. Relaciones para los TPHP de cifras anuales recomendada por la FAA

Total de pasajeros anuales	(TPHP) como porcentaje de flujo anual
30 millones en adelante	0.035
20.000.000 a 29.999.999	0.040
10.000.000 a 19.999.999	0.045
1.000.000 a 9.999.999	0.050
500.000 a 999.999	0.080
100.000 a 499.999	0.130
Por debajo de 100.000	0.200

Fuente: Ashford *et al.*, 1997

A partir del total de pasajeros nacionales e internacionales se halla los PHP por los métodos mencionados anteriormente, como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. PHP por los métodos de Cudós y FAA

Año	Total de pasajeros	PHP Cudós	PHP FAA
2016	27.445.440	8.893	9.606
2017	28.500.028	9.071	9.975
2018	29.583.089	9.252	10.354
2019	30.695.393	9.434	10.743
2020	31.837.729	9.617	11.143
2021	33.010.908	9.803	11.554
2022	*34.215.763*	*9.990*	*11.976*
2023	35.453.149	10.179	12.409
2024	36.723.945	10.370	12.853
2025	38.029.052	10.563	13.310

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. PHP Actualización Plan Maestro BOG 2014

Año	PHP		
	Domésticos	Internacionales	Totales
2011	4.500	2.230	6.730
2016	6.550	2.790	9.340
2021	8.210	3.510	11.720
2031	10.140	5.540	15.680
2041	11.660	7.690	19.350

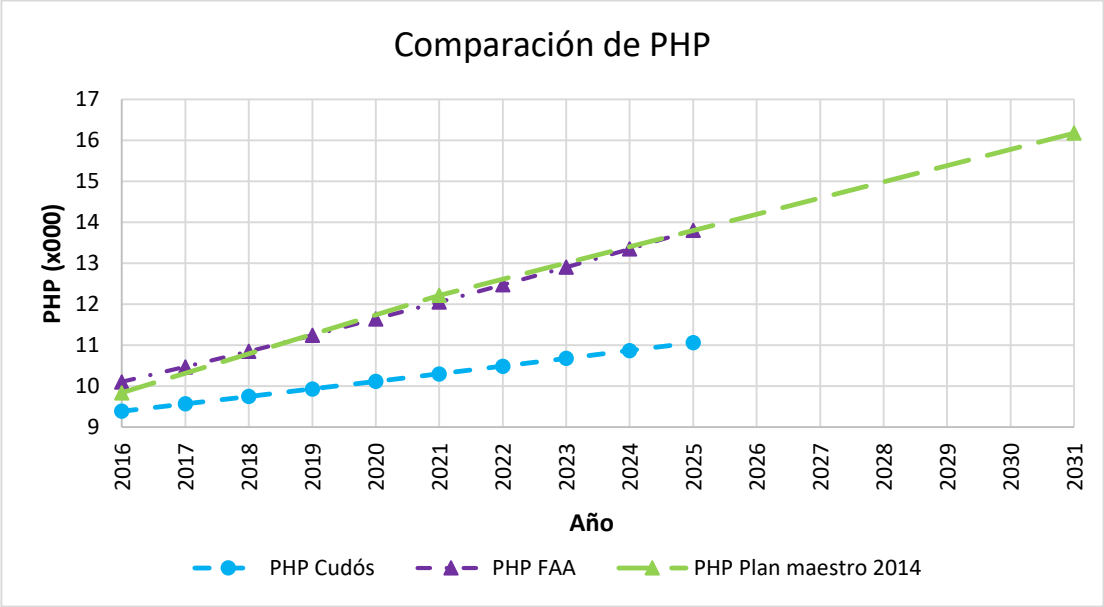
Fuente: Aerocivil, 2016a

Tabla 23. PHP Plan Maestro BOG 2001

Año	PHP		
	Domésticos	Internacionales	Totales
2000	2011	1660	3671
2005	2253	2055	4308
2010	2525	2178	4703
2015	2784	2428	5212
2020	3069	3093	6162
2025	3385	3939	7324

Fuente: Aerocivil 2016a.

Gráfico 39. Comparativo de PHP por los métodos de Cudós, FAA y actualización 2014 de Plan Maestro.



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 39 se encuentran expresados los pronósticos de PHP realizado en el plan maestro de 2014 y los hallados por el método de Cudós y de la FAA. En esta gráfica se muestra un comportamiento similar entre los PHP hallado por el método de la FAA y los PHP analizado en la última actualización del plan maestro (2014) de BOG, asimismo, los PHP estudiados por el método de Cudós arroja datos conservadores que podrían llegar a subestimar el área requerida para la terminal de pasajeros.

De igual forma, no se tuvo en cuenta los PHP del plan maestro del 2001 de BOG (ver tabla 23), ya que, para el año 2000 el tráfico de pasajeros fue significativamente menor, y por ende, en su planificación los PHP se encuentran por debajo al comportamiento del flujo de pasajeros.

7.4 Parámetros para un pre-diseño

Para efectos de la proyección o de un diseño previo se usaron algunos parámetros generales que darán una estimación cercana de las necesidades a partir de los PHP hallado por el método de la FAA.

Estos parámetros son ejemplos; en el caso de ampliaciones o remodelaciones deben contrastarse con el caso particular por estimación “in situ” y por consulta a autoridades, compañías, concesionarios, etc. (García Cruzado, 2013)

Superficie total de terminal:

- La FAA para terminales con los estándares americanos, da como indicativo:
    - Áreas vuelos interiores (m²/pax – hp tipo)

• Vestíbulos salidas:	1,0
• Recogida equipajes:	1,0
• Salas de espera:	1,7
• Aseos:	0,2
• Cocinas y despensas:	1,5
• Restaurantes y cafeterías:	1,5
• Oficinas compañías:	4,5
• Otras dependencias:	0,5
• Áreas de circulación, instalaciones, paredes, etc.:	11,0
	23,0

    - Área vuelos internacionales (m²/pax – hp tipo)

• Inmigración:	1,5
• Aduanas:	3,0
• Sanidad:	1,0
• Otros controles:	0,2
• Circulación, instalaciones, clasificación equipajes:	7,1
	14,2

Teniendo en cuenta lo anterior se realizó el análisis de la superficie necesaria para cada área operativa, o de servicio, del terminal de pasajeros de BOG (ver Tablas 24 y 25)

Tabla 24. Superficie para la terminal de pasajeros por el método de la FAA

Año	Vestibulos salidas	Recogida de equipajes	Salas de espera	Aseos	Cocinas y despensas	Restaurantes y cafeterias	Oficinas y compañias	Otras dependencias	Áreas de circulación, etc	Total
2016	9.606	9.606	16.330	1.921	14.409	14.409	43.227	4.803	105.665	219.975
2017	9.975	9.975	16.958	1.995	14.963	14.963	44.888	4.988	109.725	228.428
2018	10.354	10.354	17.602	2.071	15.531	15.531	46.593	5.177	113.895	237.108
2019	10.743	10.743	18.264	2.149	16.115	16.115	48.345	5.372	118.177	246.024
2020	11.143	11.143	18.943	2.229	16.715	16.715	50.144	5.572	122.575	255.179
2021	11.554	11.554	19.641	2.311	17.331	17.331	51.992	5.777	127.092	264.582
2022	11.976	11.976	20.358	2.395	17.963	17.963	53.89	5.988	131.731	274.239
2023	12.409	12.409	21.095	2.482	18.613	18.613	55.839	6.204	136.495	284.157
2024	12.853	12.853	21.851	2.571	19.280	19.280	57.840	6.427	141.387	294.342
2025	13.310	13.310	22.627	2.662	19.965	19.965	59.896	6.655	146.412	304.803

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Área necesaria para plataforma internacional

Año	Inmigración	Aduanas	Sanidad	Otros controles	Circulación, instalaciones.	Total
2016	14.409	28.818	9.606	1.921	68.202	122.956
2017	14.963	29.925	9.975	1.995	70.823	127.680
2018	15.531	31.062	10.354	2.071	73.514	132.532
2019	18.417	36.834	12.278	2.456	87.175	157.160
2020	19.103	38.205	12.735	2.547	90.419	163.009
2021	19.807	39.613	13.204	2.641	93.751	169.016
2022	20.529	41.059	13.686	2.737	97.173	175.185
2023	21.272	42.544	14.181	2.836	100.687	181.520
2024	22.034	44.069	14.690	2.938	104.296	188.027
2025	22.817	45.635	15.212	3.042	108.003	194.709

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los niveles de servicio de la IATA (ver tabla 26), se determinó el área demandada de PHP para la terminal internacional en un nivel de servicio C, en donde se puede establecer la superficie necesaria para dicho terminal, hallada a partir del método de la FAA (ver tabla 25), ya que éste fue el que se ajustó a lo proyectado a la actualización del Plan Maestro.

Tabla 26. Niveles de servicio IATA

SUBSISTEMA	m²/ocupante para distintos niveles de servicio					
	A	B	C	D	E	F
Área de conlas en facturación	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	COLAPSADO
Áreas de espera y de circulación	2,7	2,3	1,9	1,5	1,0	
Salas de espera	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	
Área de recogida de equipaje (excluyendo superficie ocupada por hipódromos)	2,0	1,8	1,8	1,4	1,2	
Áreas de controles gubernamentales (aduanas, inmigración, sanidad, etc.)	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	

Fuente: IATA, 2004

A= Excelente. Flujos libres. No hay retrasos.

B= Alto. Flujos estaciones. Retrasos pequeños.

C= Bueno. Flujos estacionarios. Retrasos aceptables.

D= Adecuado. Flujos inestables. Retrasos aceptables durante periodos cortos de tiempo.

E= Inadecuado. Flujos inestables. Retrasos admisibles.

F= Colapso del sistema.

Teniendo en consideración el área recomendada por la IATA y los PHP hallado por el método de la FAA se encuentra el total del área para la demanda de PHP.

Tabla 27. Área en m^2 requerida para ofrecer de un nivel de servicio "C" de IATA

Año	Área de cola en la facturación	Área de espera y de circulación	Salas de espera	Área de recogida de equipaje	Área de controles gubernamentales	Total de área requerida
2016	13.448,27	18.251,22	9.605,90	17.290,63	9.605,90	68.201,92
2017	13.965,01	18.952,52	9.975,01	17.955,02	9.975,01	70.822,57
2018	14.495,71	19.672,75	10.354,08	18.637,35	10.354,08	73.513,98
2019	15.040,74	20.412,44	10.743,39	19.338,10	10.743,39	76.278,05
2020	15.600,49	21.172,09	11.143,21	20.057,77	11.143,21	79.116,76
2021	16.175,34	21.952,25	11.553,82	20.796,87	11.553,82	82.032,11
2022	16.765,72	22.753,48	11.975,52	21.555,93	11.975,52	85.026,17
2023	17.372,04	23.576,34	12.408,60	22.335,48	12.408,60	88.101,08
2024	17.994,73	24.421,42	12.853,38	23.136,09	12.853,38	91.259,00
2025	18.634,24	25.289,32	13.310,17	23.958,30	13.310,17	94.502,19

Fuente: Elaboración propia

7.5 Análisis de la terminal de carga

A continuación se observan los resultados obtenidos a partir del total de carga para cada año, teniendo en cuenta las recomendaciones que establece IATA, en la cual debe variar entre 5 y 17 Ton/ m^2 , dependiendo el alto o bajo equipamiento. Por ende, el estudio sugiere que la productividad media es de 10 Ton/año/m^2 de la superficie total para los terminales que manipulan más de 250.000 toneladas/año, de esa manera se realiza el cálculo de los metros cuadrados requeridos para la terminal de carga (Kazda y Caves, 2015). A partir de los resultados obtenidos en la proyección del total de carga transportada en BOG, y de acuerdo con lo mencionado anteriormente el resultado del área requerida a corto y mediano plazo para la terminal de carga se muestra en la tabla 28.

Tabla 28. Área requerida para el total de carga anual proyectada

Año	Total carga	m^2
2016	683.795,47	68.380
2017	708.420,57	70.842
2018	733.710,54	73.371
2019	759.683,34	75.968
2020	786.357,41	78.636
2021	813.751,68	81.375

2022	841.885,58	84.189
2023	870.779,12	87.078
2024	900.452,77	90.045
2025	930.927,61	93.093

Fuente: Elaboración propia

7.6 Conclusiones

Se debe tener en cuenta que las instalaciones se dimensionan según el flujo de PHP_D siendo este menor que los PHP evitando así sobredimensionar las áreas operativas de la terminal, sin embargo, debido a que en el último plan maestro se usó PHP, en esta investigación se realizó de la misma forma, obteniendo valores similares a los resultados de dicho plan maestro.

Al realizar el estudio comparativo con los resultados obtenidos en esta investigación, correspondiente al área necesaria en la terminal de pasajeros y de carga, respecto al área proyectada para la terminal de BOG en el pal maestro (2014), resulta complejo ya que no se tiene la suficiente información acerca de las zonas de estudio; es por ello, que se mencionan dos métodos que dan un diagnóstico del área operativa necesaria para cubrir la demanda de pasajeros y carga a corto y mediano plazo.

CONCLUSIONES

El transporte de pasajeros en BOG, ha tenido un crecimiento tres veces mayor al que se presentaba hace más de una década, es por esto, que en la realización del plan maestro 2001, no se pronosticó dicho incremento. En consecuencia, para evitar la saturación del sistema, en el último plan maestro se replanteó la ampliación del aeropuerto con el fin de responder a la alta demanda.

El tráfico de carga, en su mayoría, se debe al transporte de carga internacional y el comportamiento que se muestra de éste, se puede definir como un crecimiento constante con picos bajos debido a factores exógenos.

Teniendo en cuenta las perspectivas de crecimiento, se prevé un aumento de las operaciones, pasajeros y carga, así mismo, con base a los escenarios, se estipularon algunos cambios y se realizaron supuestos acerca del crecimiento económico del país, ya que la variable PIB resulto siendo significativa.

Para el análisis de las variables, tales como los pasajeros y tarifas aéreas, los modelos se asumieron como indicadores homogéneos, ya que dicho análisis para las previsiones es limitado, por lo tanto, se pierden en gran escala debido a la falta de información. Consecuentemente, se obtienen resultados conservadores en las proyecciones, teniendo en cuenta que en las comparaciones realizadas de pasajeros tanto nacionales como internacionales, con base a la última actualización del plan maestro del año 2014, éstos, esperan un flujo mayor de pasajeros a los resultados obtenidos en este trabajo investigativo.

Adicional, se mencionan dos métodos, los cuales dan un diagnóstico del área operativa necesaria para cubrir la demanda de pasajeros a corto y mediano plazo, realizando así una comparación acerca de los resultados arrojados para el área requerida en la terminal de pasajeros y carga de la presente investigación, respecto al área proyectada para la terminal de BOG.

Bibliografía

Aerocivil (2015). *Plan de Navegación Aérea para Colombia*. Bogotá DC: Aerocivil.

Aerocivil (2016a). *Lista de aeropuertos de Colombia*. Recuperado de: http://goo.gl/Hjo63f

Aerocivil (2016b). *Estadísticas operacionales*. Recuperado de: http://goo.gl/1JL2uu

Aerocivil (2016c). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia*. Recuperado: http://goo.gl/QonlVT

Ashford, N., Stanton, H. M., y Moore, C. A. (1997). *Airport Operations* (Second ed.). New York, New York, United States: McGraw

Banco de la República (2016a). *Estadísticas*. Recuperado de: http://goo.gl/KL8T9T

Banco de la República (2016b). *Informe de política monetaria y rendición de cuentas*. Recuperado de: http://goo.gl/Frtn9J

Benítez J. (2000). Factores determinantes de la demanda de transporte aéreo y modelo de previsión. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española, 2652*, 45-48.

Cudós Samblancat, V. (2004). *Cuadernos de Ingeniería de Aeropuertos*. Madrid: Ed. AENA.

DANE (2009). *Metodología Censo General 2005*. Obtenido de http://goo.gl/lp9zNt.

DANE (2016a). *Estadísticas por tema.* Recuperado de: *http://goo.gl/j7Wqbz*

DANE (2016b). *Índice de Precios al Consumidor* - IPC. Recuperado de: http://goo.gl/Xnbzir.

Díaz Olariaga, O. (2016a). Análisis del desarrollo reciente del transporte aéreo en Colombia. *Revista Transporte y Territorio,* 14, 122-143.

Díaz Olariaga, O. (2016b). Análisis de la evolución de las políticas públicas y de regulación en la industria aeroportuaria en Colombia. *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal,* 26, 7-42.

Fabris, J. (2009). *Econometría Financiera.* Buenos Aires: Monarka.

Garcia Cruzado, M. (2013). Aeropuertos Planificación, Diseño y Medio Ambiente. Madrid: Garceta.

Gujarati, D.N. y Porter, D.C. (2010). *Econometría*. 5ª. Ed., México DF: Mac-Graw Hill.

IATA (2004). *Airport Development reference manual.* 9th Ed. Montréal: Ed. Association International Air Transport-IATA.

ICAO (2006). *Manual on Air Traffic Forecasting. Doc 8991*. 3ra edición. Montréal: Ed. International Civil Aviation Organization-ICAO.

Jarque, C.M. y Bera, A.K. (1987). A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. *International Statistics Review*, Vol. 55, pp. 163-177.

Judge, G.; White, K. (1988). *Introducction to Theory and Practice of Econometrics*. New York: John Wiley & Sons.

Kazda, A., y Caves, R. E. (2015). *Airport Design and Operation.* USA: ISOQAR

Kennedy, P. (2008). *A Guide to Econometrics*, 6th Edition. New York: Wiley-Blackwell.

Kikut, A. C. (2003). *Principales indicadores para el diagnóstico del análisis de regresión lineal*. Recuperado de: http://goo.gl/j5i3m8

López Pedraza, F. (1970). *Aeropuertos.* Madrid: Paraninfo.

Mankiw y Gregory. (2000). *Macroeconomía*. Nueva York: Antoni Bosch.

Martinez Toro, A. (2013). *Estimación de la demanda del tráfico de pasajeros en vuelos domésticos de los 5 aeropuertos más importantes de Colombia.* Universidad de la Sabana, Chía, Colombia.

Norman A.; Martin S. y Clifton M. (1997). *Airport Operations.* New York: Mc Graw Hill.

Neufville, R. y Odoni, A. (2013). *Airport systems. Planning, design, and management*. United states: McGrawHill.

OACI (2004). *Aeródromos.* Diseño y Operación de Aeródromos. Vol I, OACI, Montreal

Ocampo Ferrer, E., & Sandoval Caracas, D. P. (2013). *Elementos para el diseño de modelos de pronóstico del comportamiento del tráfico aéreo de pasajeros en la República de Colombia bajo incertidumbre*. Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá, Colombia.

Oficina de Regulación Económica (2009). *Revisión y análisis de la estructura de costos de transporte aéreo*. Bogotá: MinTransporte.

Peón, F. V. (Octubre de 2010). Normalidad de los errores. México D.F. Recuperado de: http://goo.gl/l1Wwh4

Robert & Marc. (2005). *Macroeconomía, principios y aplicaciones*. México: Thomson.

Robert E. y Kazda A. (2015). Airport Design and operation . United Kigdom, London: Emerald.

SIC - Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia - (2013). *Estudios de Mercado, Aeropuertos de Colombia (2010-2012)*. Bogotá: SIC.

VALLES, A. (2011). *El aeropuerto internacional Eldorado como elemento urbanístico determinante en la articulación urbana y regional. Relación en los escenarios: Ciudad-aeropuerto y ciudad-región*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Vogelvang, B. (2005). Econometrics. *Theory an Applications with E-Views*. Malaysa: Pearson Education Limited.

Wells, A. y Young, S (2004). *Airport planning and management*. 5ta ed. New york: McGrawHill.

Anexos

ANEXO 1: INDICADORES COLOMBIA- PASAJEROS NACIONALES

Ilustración 11. Prueba de Multicolinealidad

Equation: PAXNALDEFINITIVO Workfile: INDICADORES COL::Untitl...

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

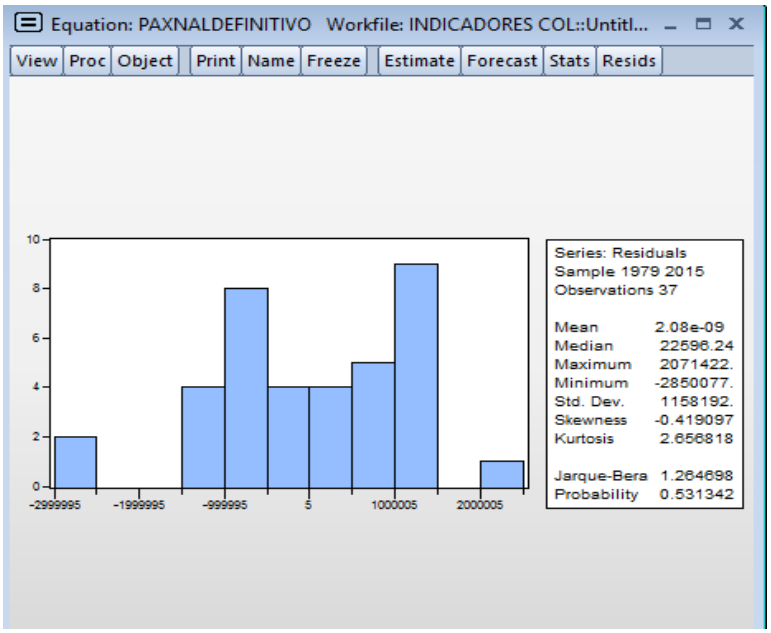
Dependent Variable: PAXNAL
Method: Least Squares
Date: 05/30/16 Time: 16:35
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-10082711	1310120.	-7.696023	0.0000
POBLACION	-0.325357	0.069547	-4.678223	0.0000
PIB	4005.613	274.1473	14.61117	0.0000

R-squared	0.941376	Mean dependent var	7073422.
Adjusted R-squared	0.937927	S.D. dependent var	4783458.
S.E. of regression	1191770.	Akaike info criterion	30.89738
Sum squared resid	4.83E+13	Schwarz criterion	31.02800
Log likelihood	-568.6016	Hannan-Quinn criter.	30.94343
F-statistic	272.9823	Durbin-Watson stat	0.550399
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12. Prueba de Normalidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13. Ecuación del modelo

Equation: PAXNALDEFINITIVO Workfile: INDICADORES COL::Untitl...

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

```
Estimation Command:
==========================
LS PAXNAL C POBLACION PIB

Estimation Equation:
==========================
PAXNAL = C(1) + C(2)*POBLACION + C(3)*PIB

Substituted Coefficients:
==========================
PAXNAL = -10082710.5606 - 0.325357054122*POBLACION + 4005.61331111
*PIB
```

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14. Prueba de Homocedasticidad

Equation: PAXNALDEFINITIVO Workfile: INDICADORES COL::Untit...

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.940225	Prob. F(5,31)	0.1159
Obs*R-squared	8.818961	Prob. Chi-Square(5)	0.1165
Scaled explained SS	6.169025	Prob. Chi-Square(5)	0.2901

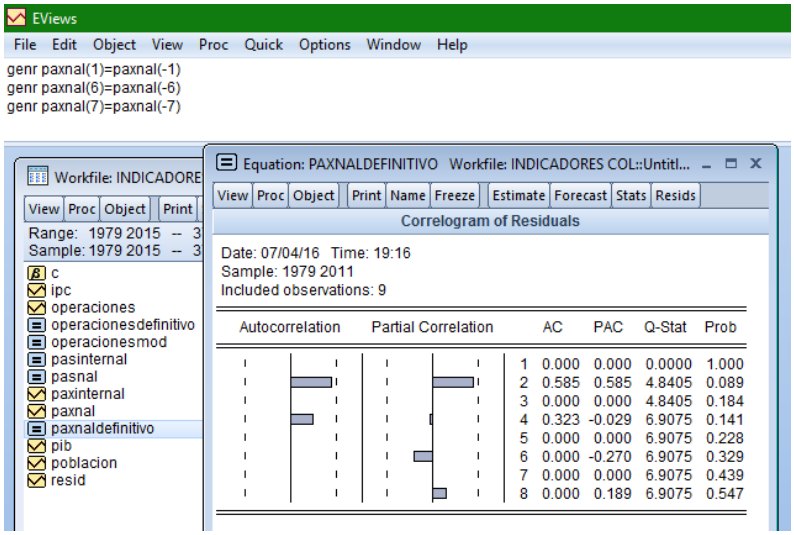
Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 07/04/16 Time: 19:15
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.71E+13	2.41E+13	1.124011	0.2696
POBLACION	-217430.1	947234.4	-0.229542	0.8200
POBLACION^2	-0.058737	0.039108	-1.501942	0.1432
POBLACION*PIB	692.5480	418.3254	1.655525	0.1079
PIB	-7.08E+09	6.96E+09	-1.017010	0.3170
PIB^2	-1383891.	781560.0	-1.770678	0.0864

R-squared	0.238350	Mean dependent var	1.31E+12
Adjusted R-squared	0.115504	S.D. dependent var	1.70E+12
S.E. of regression	1.60E+12	Akaike info criterion	59.18952
Sum squared resid	7.95E+25	Schwarz criterion	59.45075
Log likelihood	-1089.006	Hannan-Quinn criter.	59.28161
F-statistic	1.940225	Durbin-Watson stat	1.196672
Prob(F-statistic)	0.115950		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15. Prueba de Autocorrelación



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: INDICADORES COLOMBIA- PASAJEROS INTERNACIONALES

Ilustración 16. Prueba de Multicolinealidad

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

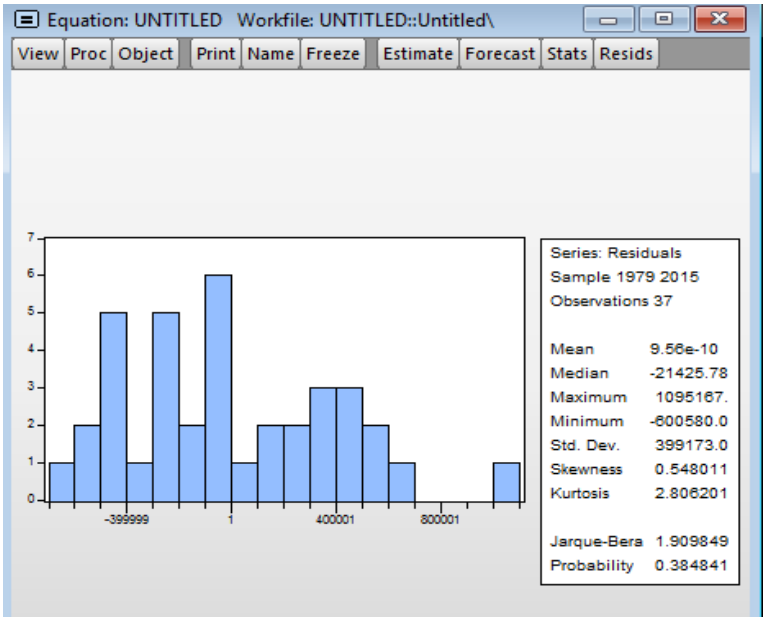
Dependent Variable: PAXINTER
Method: Least Squares
Date: 07/12/16 Time: 01:11
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1530642.	1274261.	-1.201200	0.2382
POBLACIONBOG	-0.217290	0.032861	-6.612458	0.0000
PIBCOL	1519.819	129.0823	11.77404	0.0000
IPCCOL	26750.90	6478.045	4.129471	0.0002

R-squared	0.971321	Mean dependent var	2626479.
Adjusted R-squared	0.968714	S.D. dependent var	2357121.
S.E. of regression	416922.6	Akaike info criterion	28.82099
Sum squared resid	5.74E+12	Schwarz criterion	28.99515
Log likelihood	-529.1884	Hannan-Quinn criter.	28.88239
F-statistic	372.5607	Durbin-Watson stat	0.477092
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17. Prueba de Normalidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18. Ecuación del modelo

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

```
Estimation Command:
==========================
LS PAXINTER C POBLACIONBOG PIBCOL IPCCOL

Estimation Equation:
==========================
PAXINTER = C(1) + C(2)*POBLACIONBOG + C(3)*PIBCOL + C(4)*IPCCOL

Substituted Coefficients:
==========================
PAXINTER = -1530642.45153 - 0.217290492904*POBLACIONBOG +
1519.81911383*PIBCOL + 26750.8996901*IPCCOL
```

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19. Prueba de Homocedasticidad

EViews - [Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\]

File Edit Object View Proc Quick Options Window Help

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	3.970058	Prob. F(9,27)	0.0025
Obs*R-squared	21.07474	Prob. Chi-Square(9)	0.0123
Scaled explained SS	15.13989	Prob. Chi-Square(9)	0.0872

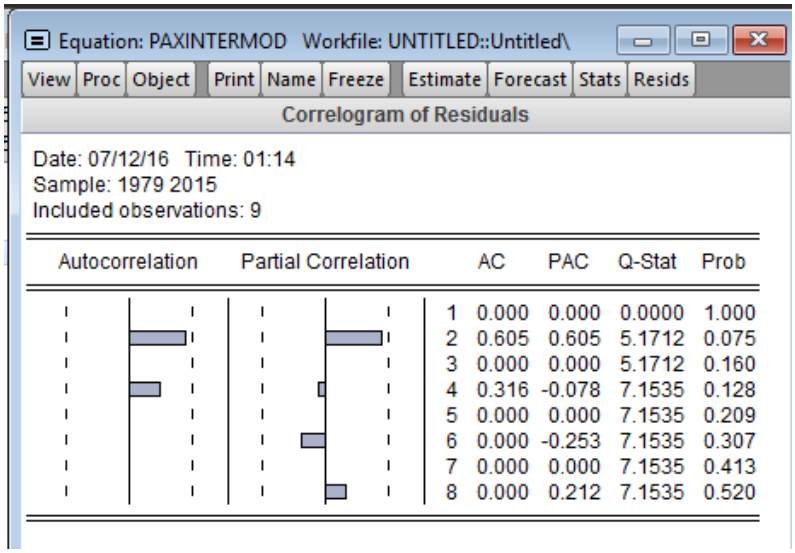
Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 07/12/16 Time: 01:13
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.79E+13	2.33E+13	2.056167	0.0496
POBLACIONBOG^2	0.005604	0.013611	0.411723	0.6838
POBLACIONBOG*PIBCOL	223.9890	111.7137	2.005027	0.0551
POBLACIONBOG*IPCCOL	-8265.353	5672.823	-1.457009	0.1566
POBLACIONBOG	-1544513.	1017005.	-1.518687	0.1405
PIBCOL^2	-49610.07	168121.0	-0.295086	0.7702
PIBCOL*IPCCOL	-18072958	16879958	-1.070675	0.2938
PIBCOL	-7.59E+09	3.74E+09	-2.029510	0.0524
IPCCOL^2	8.36E+08	5.15E+08	1.623595	0.1161
IPCCOL	3.72E+11	2.05E+11	1.821167	0.0797

R-squared	0.569588	Mean dependent var	1.55E+11
Adjusted R-squared	0.426117	S.D. dependent var	2.11E+11
S.E. of regression	1.60E+11	Akaike info criterion	54.66043
Sum squared resid	6.91E+23	Schwarz criterion	55.09582
Log likelihood	-1001.218	Hannan-Quinn criter.	54.81393
F-statistic	3.970058	Durbin-Watson stat	1.099720
Prob(F-statistic)	0.002543		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20. Prueba de Autocorrelación



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.000	0.000	0.0000	1.000
		2	0.605	0.605	5.1712	0.075
		3	0.000	0.000	5.1712	0.160
		4	0.316	-0.078	7.1535	0.128
		5	0.000	0.000	7.1535	0.209
		6	0.000	-0.253	7.1535	0.307
		7	0.000	0.000	7.1535	0.413
		8	0.000	0.212	7.1535	0.520

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: INDICADORES COLOMBIA-OPERACIONES

Ilustración 21. Prueba de multicolinealidad

Equation: OPERACIONESDEFINITIVO Workfile: INDICADORES COL:...

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

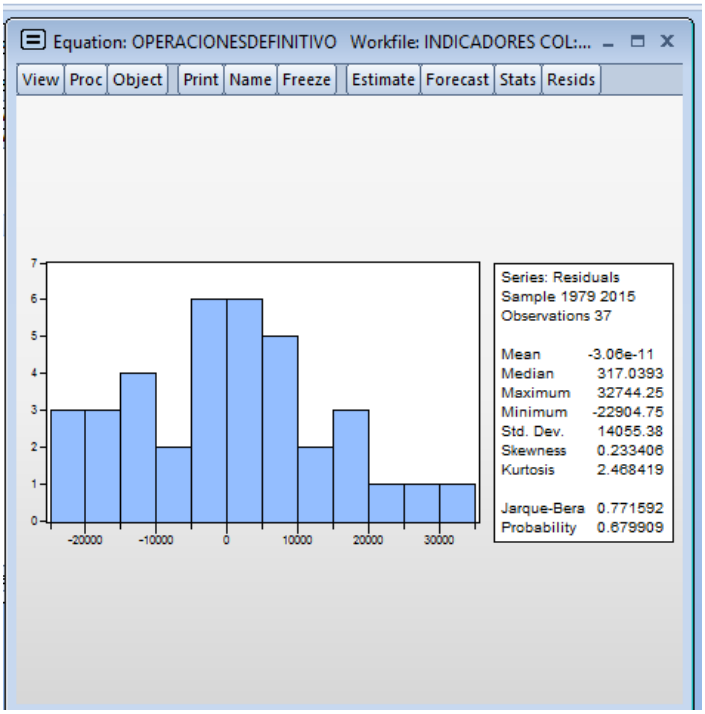
Dependent Variable: OPERACIONES
Method: Least Squares
Date: 05/30/16 Time: 17:01
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-178957.3	15899.11	-11.25581	0.0000
PIB	36.96262	3.326946	11.11007	0.0000
POBLACION	0.002434	0.000844	2.883823	0.0068

R-squared	0.963835	Mean dependent var	191772.2
Adjusted R-squared	0.961708	S.D. dependent var	73909.63
S.E. of regression	14462.86	Akaike info criterion	22.07416
Sum squared resid	7.11E+09	Schwarz criterion	22.20478
Log likelihood	-405.3720	Hannan-Quinn criter.	22.12021
F-statistic	453.0739	Durbin-Watson stat	0.678329
Prob(F-statistic)	0.000000		

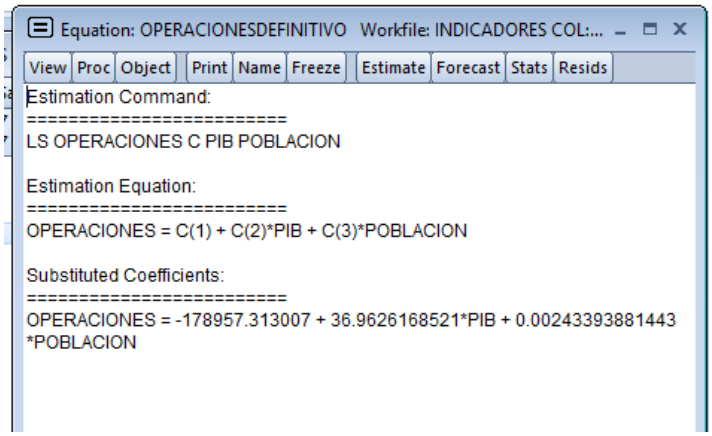
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22. Prueba de Normalidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23. Ecuación del modelo



Equation: OPERACIONESDEFINITIVO Workfile: INDICADORES COL:...

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

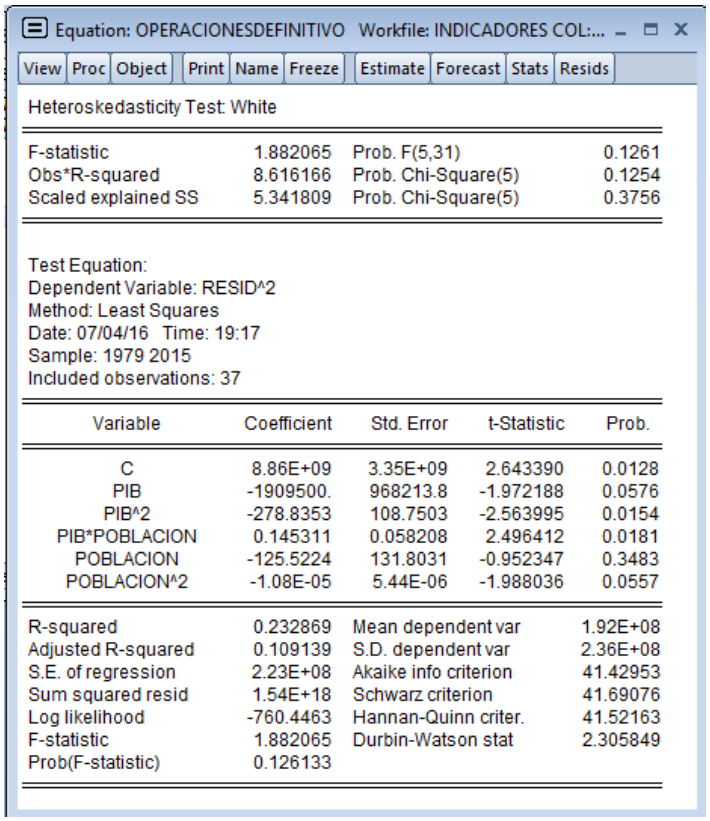
Estimation Command:
==========
LS OPERACIONES C PIB POBLACION

Estimation Equation:
==========
OPERACIONES = C(1) + C(2)*PIB + C(3)*POBLACION

Substituted Coefficients:
==========
OPERACIONES = -178957.313007 + 36.9626168521*PIB + 0.00243393881443 *POBLACION

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 24. Prueba de Homocedasticidad



Equation: OPERACIONESDEFINITIVO Workfile: INDICADORES COL:...

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.882065	Prob. F(5,31)	0.1261
Obs*R-squared	8.616166	Prob. Chi-Square(5)	0.1254
Scaled explained SS	5.341809	Prob. Chi-Square(5)	0.3756

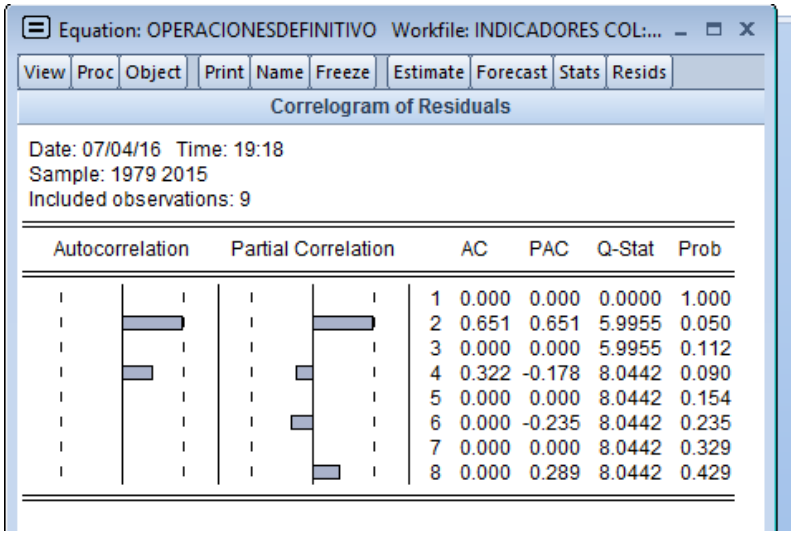
Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 07/04/16 Time: 19:17
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8.86E+09	3.35E+09	2.643390	0.0128
PIB	-1909500.	968213.8	-1.972188	0.0576
PIB^2	-278.8353	108.7503	-2.563995	0.0154
PIB*POBLACION	0.145311	0.058208	2.496412	0.0181
POBLACION	-125.5224	131.8031	-0.952347	0.3483
POBLACION^2	-1.08E-05	5.44E-06	-1.988036	0.0557

R-squared	0.232869	Mean dependent var	1.92E+08
Adjusted R-squared	0.109139	S.D. dependent var	2.36E+08
S.E. of regression	2.23E+08	Akaike info criterion	41.42953
Sum squared resid	1.54E+18	Schwarz criterion	41.69076
Log likelihood	-760.4463	Hannan-Quinn criter.	41.52163
F-statistic	1.882065	Durbin-Watson stat	2.305849
Prob(F-statistic)	0.126133		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 25. Prueba de Autocorrelación



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4: CARGA NACIONAL

Ilustración 26. Prueba de Multicolinealinealidad

Equation: CARGANACIONAL Workfile: CARGA::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

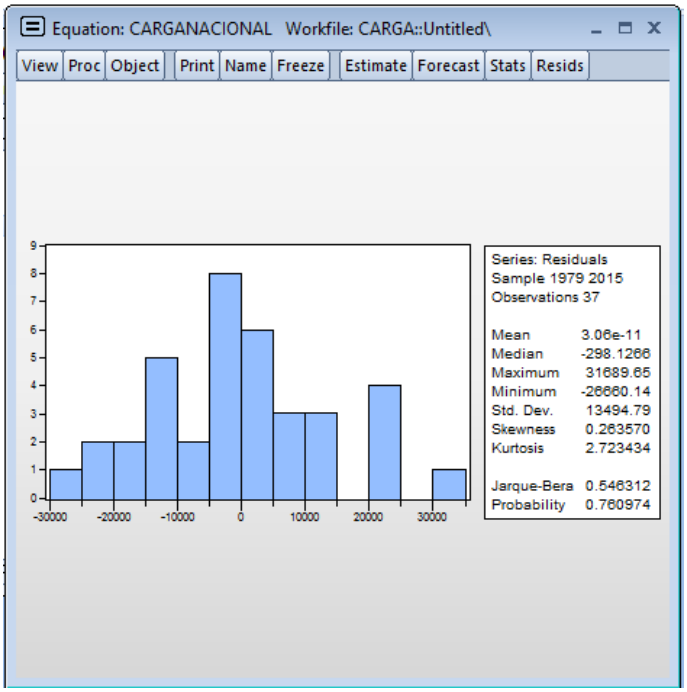
Dependent Variable: CARGNAL
Method: Least Squares
Date: 05/30/16 Time: 17:37
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-12822.67	21336.64	-0.600970	0.5520
EXPORTACIONES	-0.804180	0.354664	-2.267441	0.0300
IMPORTACIONES	0.553890	0.285923	1.937201	0.0613
PIBINDUSTRIA	2.712066	0.664123	4.083680	0.0003

R-squared	0.740227	Mean dependent var	90156.17
Adjusted R-squared	0.716611	S.D. dependent var	26477.03
S.E. of regression	14094.85	Akaike info criterion	22.04681
Sum squared resid	6.56E+09	Schwarz criterion	22.22097
Log likelihood	-403.8660	Hannan-Quinn criter.	22.10821
F-statistic	31.34466	Durbin-Watson stat	0.802588
Prob(F-statistic)	0.000000		

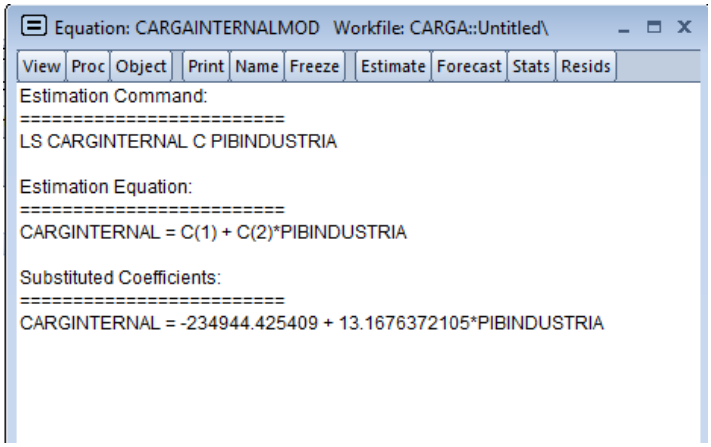
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27. Prueba de Normalidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28. Ecuación del modelo



Equation: CARGAINTERNALMOD Workfile: CARGA::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

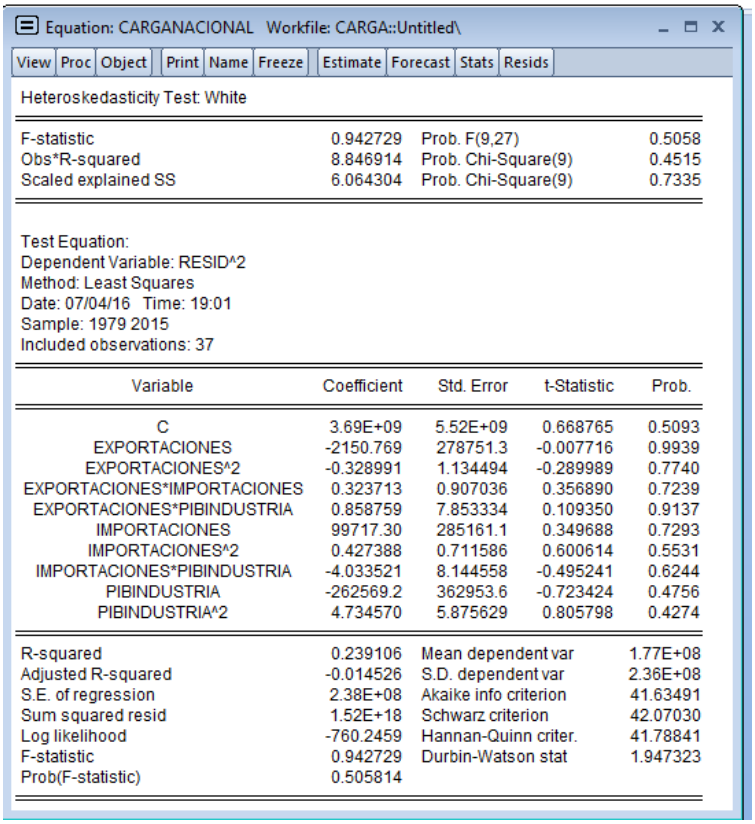
Estimation Command:
==========
LS CARGINTERNAL C PIBINDUSTRIA

Estimation Equation:
==========
CARGINTERNAL = C(1) + C(2)*PIBINDUSTRIA

Substituted Coefficients:
==========
CARGINTERNAL = -234944.425409 + 13.1676372105*PIBINDUSTRIA

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 29. Prueba de Homocedasticidad



Equation: CARGANACIONAL Workfile: CARGA::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.942729	Prob. F(9,27)	0.5058
Obs*R-squared	8.846914	Prob. Chi-Square(9)	0.4515
Scaled explained SS	6.064304	Prob. Chi-Square(9)	0.7335

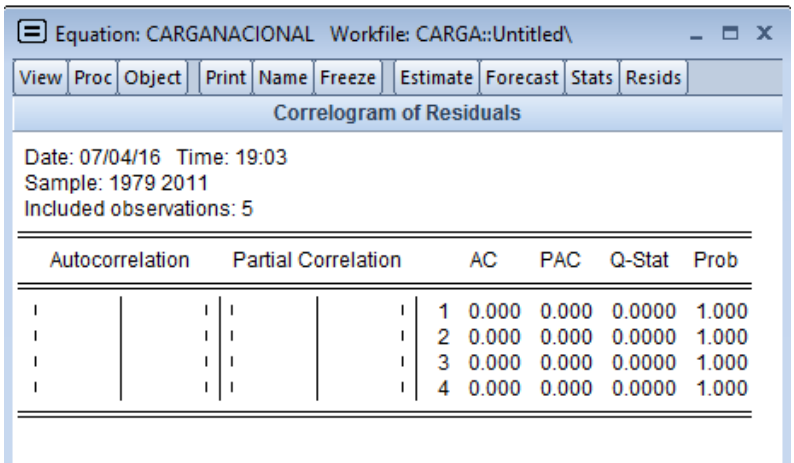
Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 07/04/16 Time: 19:01
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.69E+09	5.52E+09	0.668765	0.5093
EXPORTACIONES	-2150.769	278751.3	-0.007716	0.9939
EXPORTACIONES^2	-0.328991	1.134494	-0.289989	0.7740
EXPORTACIONES*IMPORTACIONES	0.323713	0.907036	0.356890	0.7239
EXPORTACIONES*PIBINDUSTRIA	0.858759	7.853334	0.109350	0.9137
IMPORTACIONES	99717.30	285161.1	0.349688	0.7293
IMPORTACIONES^2	0.427388	0.711586	0.600614	0.5531
IMPORTACIONES*PIBINDUSTRIA	-4.033521	8.144558	-0.495241	0.6244
PIBINDUSTRIA	-262569.2	362953.6	-0.723424	0.4756
PIBINDUSTRIA^2	4.734570	5.875629	0.805798	0.4274

R-squared	0.239106	Mean dependent var	1.77E+08
Adjusted R-squared	-0.014526	S.D. dependent var	2.36E+08
S.E. of regression	2.38E+08	Akaike info criterion	41.63491
Sum squared resid	1.52E+18	Schwarz criterion	42.07030
Log likelihood	-760.2459	Hannan-Quinn criter.	41.78841
F-statistic	0.942729	Durbin-Watson stat	1.947323
Prob(F-statistic)	0.505814		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30. Prueba de Autocorrelación



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.000	0.000	0.0000	1.000
		2	0.000	0.000	0.0000	1.000
		3	0.000	0.000	0.0000	1.000
		4	0.000	0.000	0.0000	1.000

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5: CARGA INTERNACIONAL

Ilustración 31. Prueba de Multicolinealidad

Equation: CARGAINTERNALMOD Workfile: CARGA::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

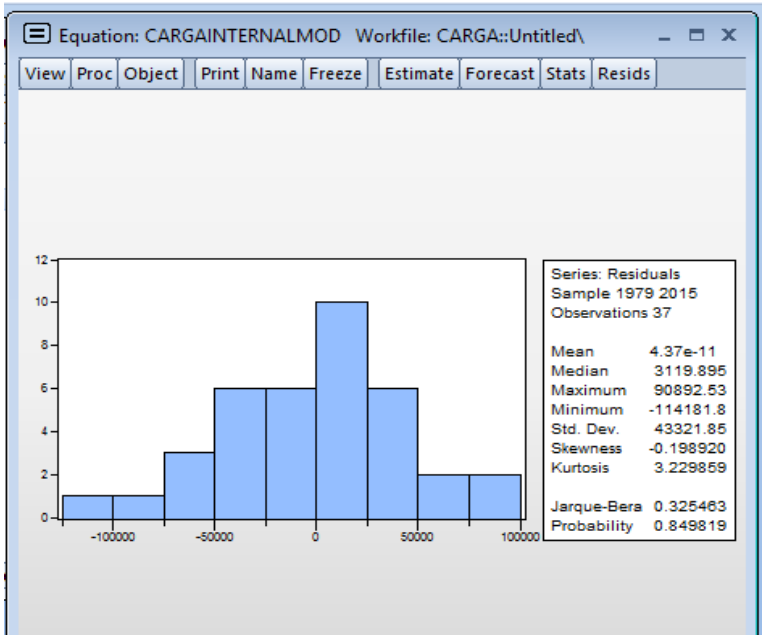
Dependent Variable: CARGINTERNAL
Method: Least Squares
Date: 05/30/16 Time: 17:33
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-234944.4	28522.54	-8.237149	0.0000
PIBINDUSTRIA	13.16764	0.682134	19.30360	0.0000

R-squared	0.914138	Mean dependent var	297695.9
Adjusted R-squared	0.911684	S.D. dependent var	147844.6
S.E. of regression	43936.37	Akaike info criterion	24.27141
Sum squared resid	6.76E+10	Schwarz criterion	24.35849
Log likelihood	-447.0211	Hannan-Quinn criter.	24.30211
F-statistic	372.6291	Durbin-Watson stat	0.511810
Prob(F-statistic)	0.000000		

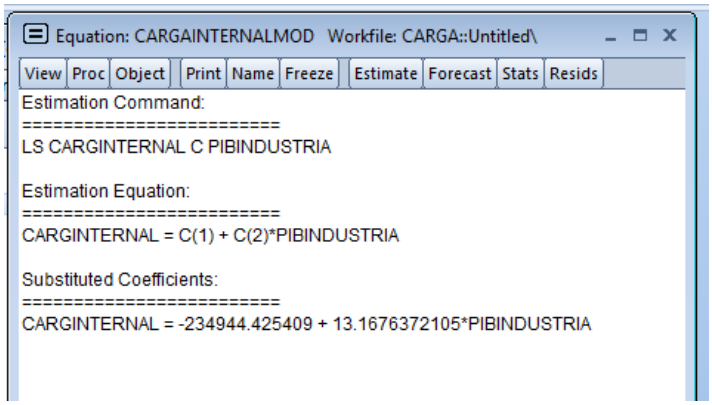
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 32. Prueba de Normalidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 33. Ecuación del modelo



Equation: CARGAINTERNALMOD Workfile: CARGA::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

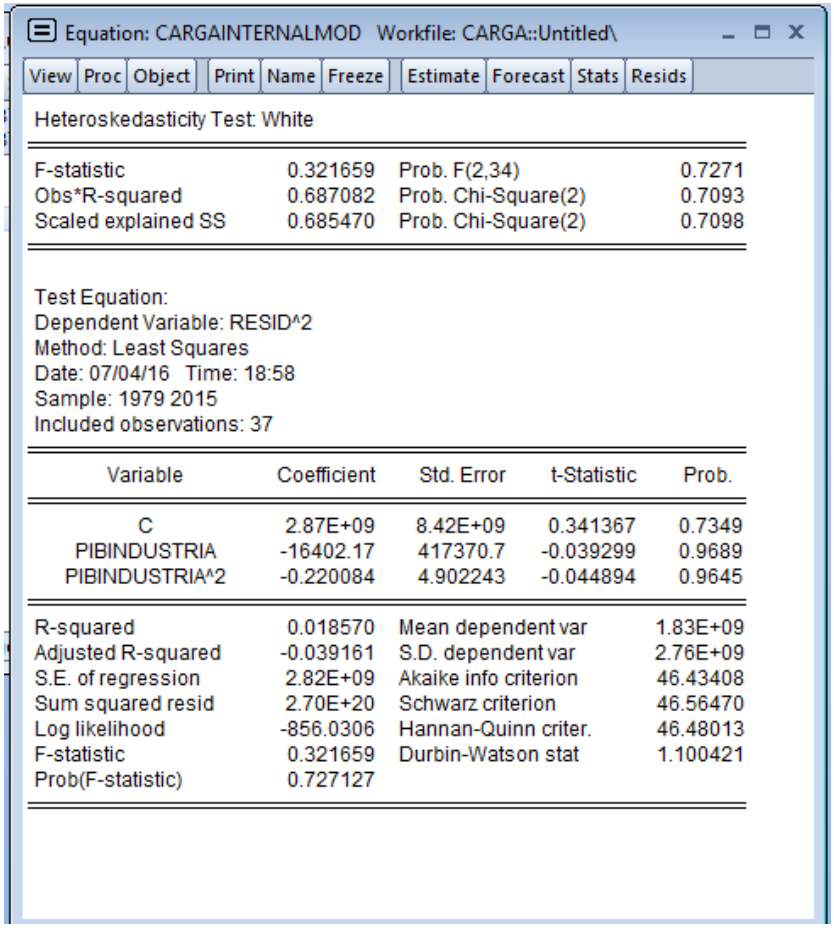
```
Estimation Command:
==========================
LS CARGINTERNAL C PIBINDUSTRIA

Estimation Equation:
==========================
CARGINTERNAL = C(1) + C(2)*PIBINDUSTRIA

Substituted Coefficients:
==========================
CARGINTERNAL = -234944.425409 + 13.1676372105*PIBINDUSTRIA
```

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 34. Prueba de Homocedasticidad



Equation: CARGAINTERNALMOD Workfile: CARGA::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.321659	Prob. F(2,34)	0.7271
Obs*R-squared	0.687082	Prob. Chi-Square(2)	0.7093
Scaled explained SS	0.685470	Prob. Chi-Square(2)	0.7098

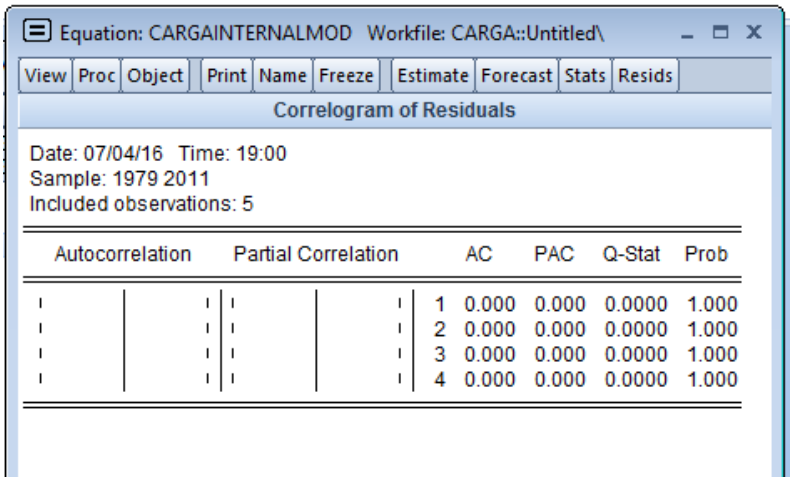
Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 07/04/16 Time: 18:58
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.87E+09	8.42E+09	0.341367	0.7349
PIBINDUSTRIA	-16402.17	417370.7	-0.039299	0.9689
PIBINDUSTRIA^2	-0.220084	4.902243	-0.044894	0.9645

R-squared	0.018570	Mean dependent var	1.83E+09
Adjusted R-squared	-0.039161	S.D. dependent var	2.76E+09
S.E. of regression	2.82E+09	Akaike info criterion	46.43408
Sum squared resid	2.70E+20	Schwarz criterion	46.56470
Log likelihood	-856.0306	Hannan-Quinn criter.	46.48013
F-statistic	0.321659	Durbin-Watson stat	1.100421
Prob(F-statistic)	0.727127		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 35. Prueba de Autocorrelación



Equation: CARGAINTERNALMOD Workfile: CARGA::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Correlogram of Residuals

Date: 07/04/16 Time: 19:00
Sample: 1979 2011
Included observations: 5

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.000	0.000	0.0000	1.000
		2	0.000	0.000	0.0000	1.000
		3	0.000	0.000	0.0000	1.000
		4	0.000	0.000	0.0000	1.000

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6: INDICADORES BOGOTÁ- PASAJEROS INTERNACIONALES

Ilustración 36. Prueba de Multicolinealidad

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

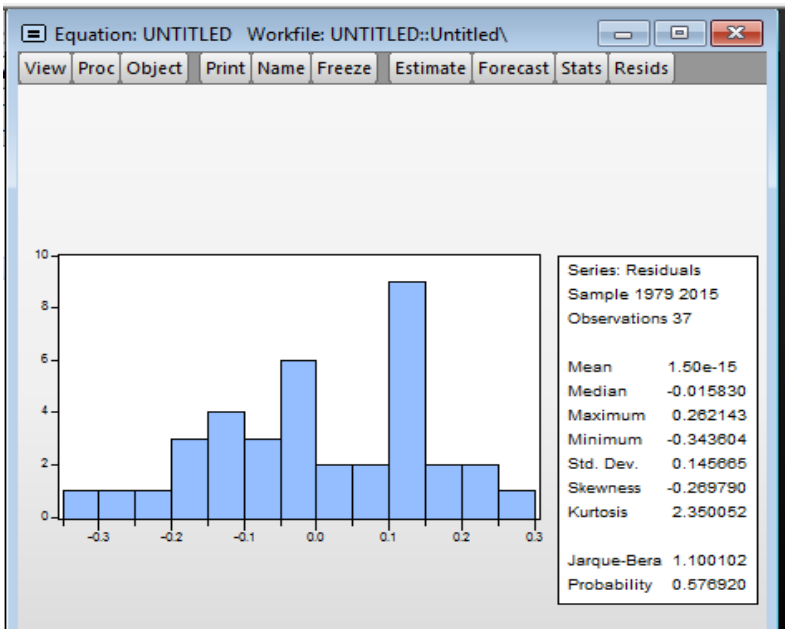
Dependent Variable: PAXINTERBOG
Method: Least Squares
Date: 07/09/16 Time: 14:21
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-40.07396	15.43920	-2.595598	0.0140
POBLACIONBOG	5.807392	2.703517	2.148088	0.0391
PIBBOG	1.143143	0.799136	1.430474	0.1620
IPCBOG	-0.690399	0.432960	-1.594600	0.1203

R-squared	0.832565	Mean dependent var	6.270270
Adjusted R-squared	0.817344	S.D. dependent var	0.355984
S.E. of regression	0.152142	Akaike info criterion	-0.826203
Sum squared resid	0.763854	Schwarz criterion	-0.652050
Log likelihood	19.28476	Hannan-Quinn criter.	-0.764806
F-statistic	54.69720	Durbin-Watson stat	0.201457
Prob(F-statistic)	0.000000		

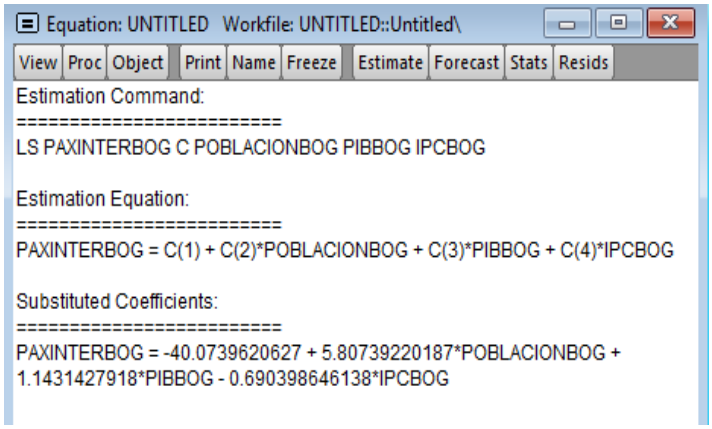
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37. Prueba de Normalidad



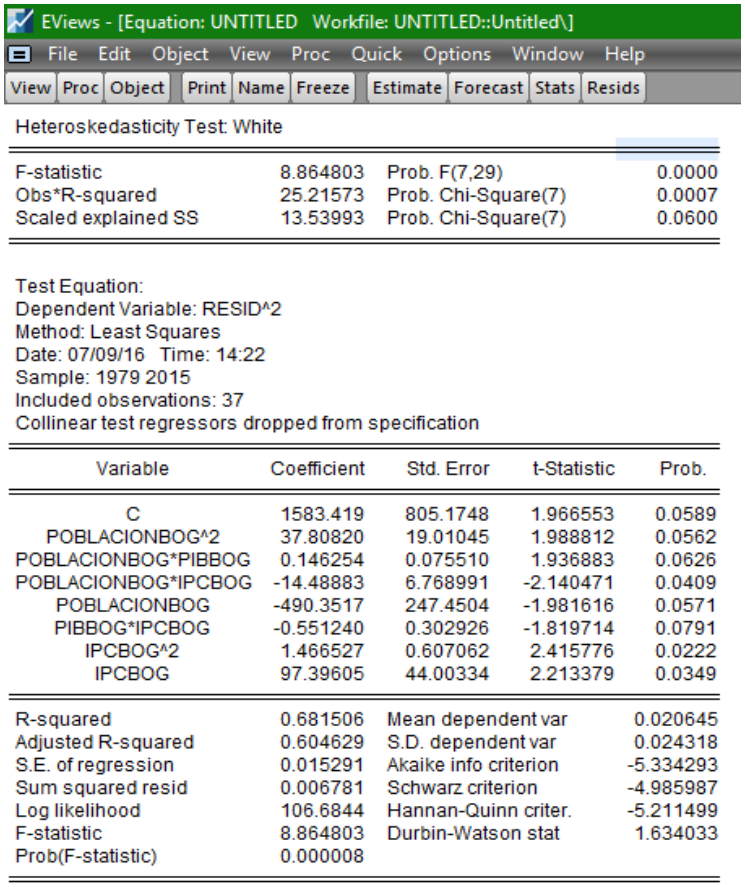
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 38. Ecuación del modelo



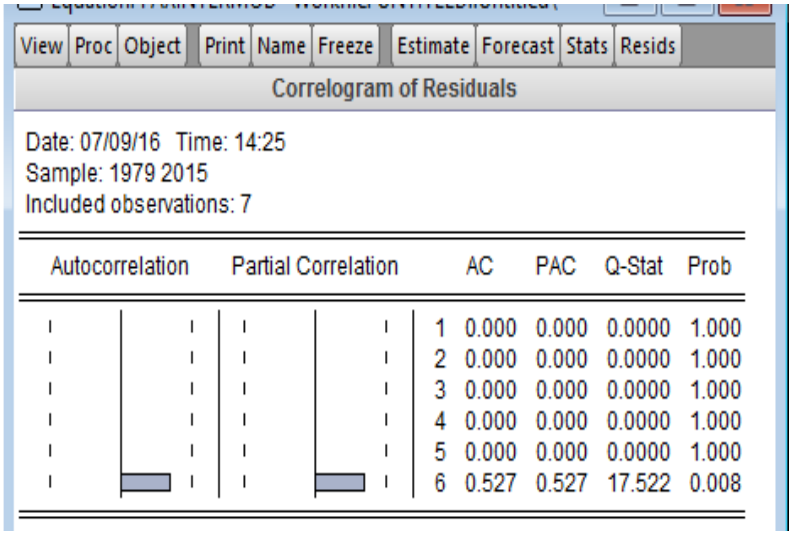
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 39. Prueba de Homocedasticidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 40. Prueba de Autocorrelación



View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Correlogram of Residuals

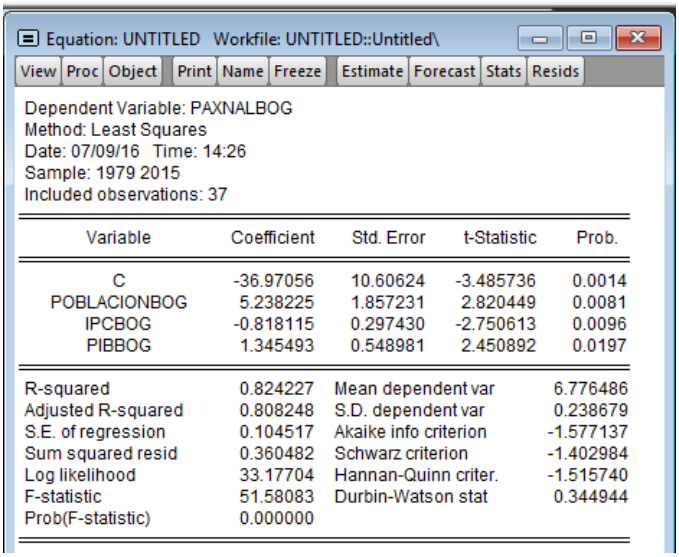
Date: 07/09/16 Time: 14:25
Sample: 1979 2015
Included observations: 7

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.000	0.000	0.0000	1.000
		2	0.000	0.000	0.0000	1.000
		3	0.000	0.000	0.0000	1.000
		4	0.000	0.000	0.0000	1.000
		5	0.000	0.000	0.0000	1.000
		6	0.527	0.527	17.522	0.008

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7: INDICADORES BOGOTÁ-PASAJEROS NACIONALES

Ilustración 41. Prueba de Multicolinealidad



Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

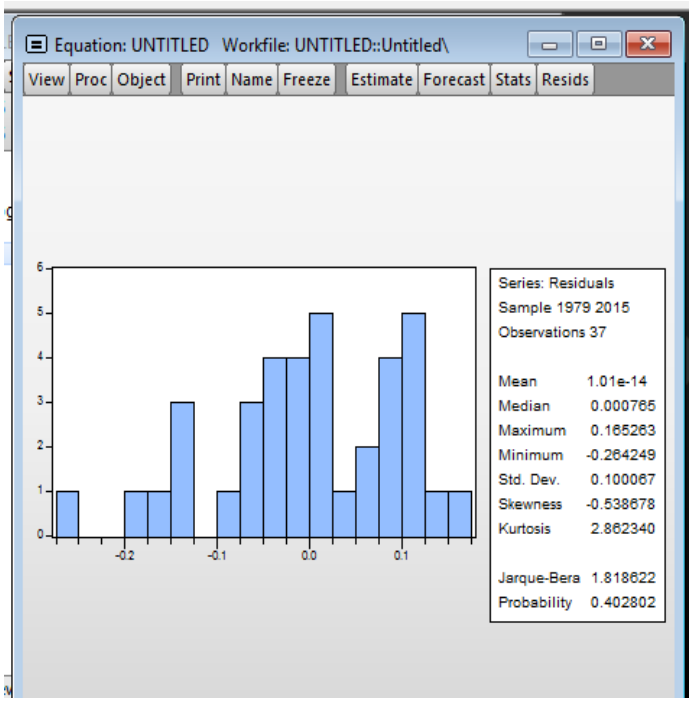
Dependent Variable: PAXNALBOG
Method: Least Squares
Date: 07/09/16 Time: 14:26
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-36.97056	10.60624	-3.485736	0.0014
POBLACIONBOG	5.238225	1.857231	2.820449	0.0081
IPCBOG	-0.818115	0.297430	-2.750613	0.0096
PIBBOG	1.345493	0.548981	2.450892	0.0197

R-squared	0.824227	Mean dependent var	6.776486
Adjusted R-squared	0.808248	S.D. dependent var	0.238679
S.E. of regression	0.104517	Akaike info criterion	-1.577137
Sum squared resid	0.360482	Schwarz criterion	-1.402984
Log likelihood	33.17704	Hannan-Quinn criter.	-1.515740
F-statistic	51.58083	Durbin-Watson stat	0.344944
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 42. Prueba de Normalidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 43. Ecuación del modelo

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

```
Estimation Command:
==========================
LS PAXNALBOG C POBLACIONBOG IPCBOG PIBBOG

Estimation Equation:
==========================
PAXNALBOG = C(1) + C(2)*POBLACIONBOG + C(3)*IPCBOG + C(4)*PIBBOG

Substituted Coefficients:
==========================
PAXNALBOG = -36.9705569413 + 5.23822519692*POBLACIONBOG -
0.818114824184*IPCBOG + 1.34549271078*PIBBOG
```

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44. Prueba de Homocedasticidad

EViews - [Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\]

File Edit Object View Proc Quick Options Window Help

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	8.118158	Prob. F(7,29)	0.0000
Obs*R-squared	24.49812	Prob. Chi-Square(7)	0.0009
Scaled explained SS	18.14622	Prob. Chi-Square(7)	0.0113

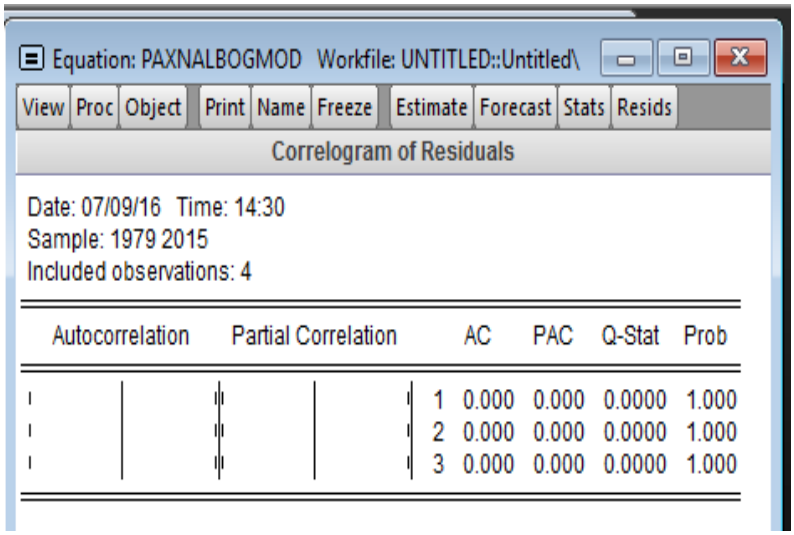
Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 07/09/16 Time: 14:27
Sample: 1979 2015
Included observations: 37
Collinear test regressors dropped from specification

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	781.1691	459.6781	1.699383	0.1000
POBLACIONBOG^2	18.72274	10.85315	1.725097	0.0952
POBLACIONBOG*IPCBOG	-7.228839	3.864449	-1.870600	0.0715
POBLACIONBOG*PIBBOG	0.038613	0.043109	0.895718	0.3778
POBLACIONBOG	-242.1428	141.2706	-1.714035	0.0972
IPCBOG^2	0.703912	0.346575	2.031053	0.0515
IPCBOG*PIBBOG	-0.148514	0.172942	-0.858746	0.3975
IPCBOG	47.72118	25.12171	1.899599	0.0675

R-squared	0.662111	Mean dependent var	0.009743
Adjusted R-squared	0.580552	S.D. dependent var	0.013479
S.E. of regression	0.008730	Akaike info criterion	-6.455357
Sum squared resid	0.002210	Schwarz criterion	-6.107051
Log likelihood	127.4241	Hannan-Quinn criter.	-6.332563
F-statistic	8.118158	Durbin-Watson stat	1.631288
Prob(F-statistic)	0.000018		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 45. Prueba de Autocorrelación

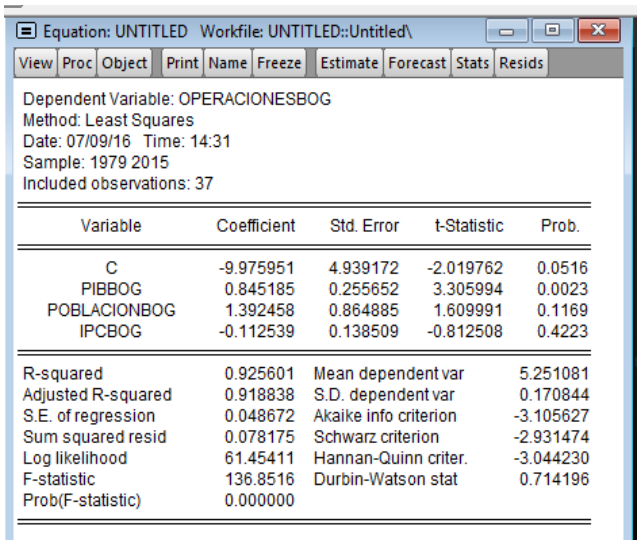


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.000	0.000	0.0000	1.000
		2	0.000	0.000	0.0000	1.000
		3	0.000	0.000	0.0000	1.000

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: INDICADORES BOGOTÁ-OPERACIONES

Ilustración 46. Prueba de Multicolinealidad



Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

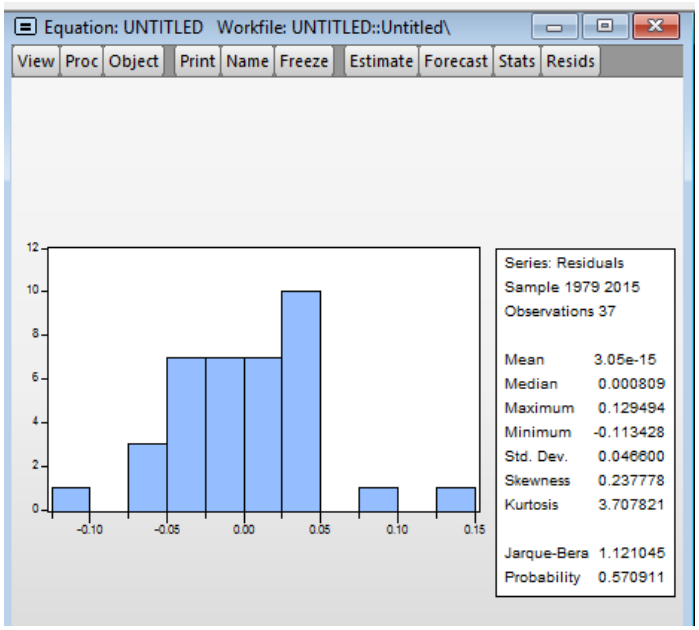
Dependent Variable: OPERACIONESBOG
Method: Least Squares
Date: 07/09/16 Time: 14:31
Sample: 1979 2015
Included observations: 37

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-9.975951	4.939172	-2.019762	0.0516
PIBBOG	0.845185	0.255652	3.305994	0.0023
POBLACIONBOG	1.392458	0.864885	1.609991	0.1169
IPCBOG	-0.112539	0.138509	-0.812508	0.4223

R-squared	0.925601	Mean dependent var	5.251081
Adjusted R-squared	0.918838	S.D. dependent var	0.170844
S.E. of regression	0.048672	Akaike info criterion	-3.105627
Sum squared resid	0.078175	Schwarz criterion	-2.931474
Log likelihood	61.45411	Hannan-Quinn criter.	-3.044230
F-statistic	136.8516	Durbin-Watson stat	0.714196
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 47. Prueba de Normalidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 48. Ecuación del modelo

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Estimation Command:
==========
LS OPERACIONESBOG C PIBBOG POBLACIONBOG IPCBOG

Estimation Equation:
==========
OPERACIONESBOG = C(1) + C(2)*PIBBOG + C(3)*POBLACIONBOG + C(4)*IPCBOG

Substituted Coefficients:
==========
OPERACIONESBOG = -9.97595119633 + 0.845185282925*PIBBOG + 1.39245755776*POBLACIONBOG - 0.112539447682*IPCBOG

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 49. Prueba de Homocedasticidad

EViews - [Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\]

File Edit Object View Proc Quick Options Window Help

View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.681324	Prob. F(7,29)	0.1529
Obs*R-squared	10.68116	Prob. Chi-Square(7)	0.1531
Scaled explained SS	11.50357	Prob. Chi-Square(7)	0.1181

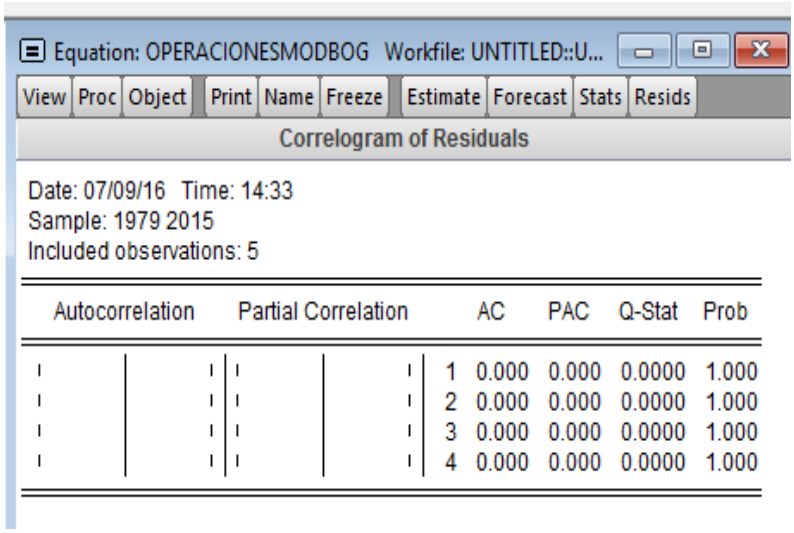
Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 07/09/16 Time: 14:32
Sample: 1979 2015
Included observations: 37
Collinear test regressors dropped from specification

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-16.93378	21.82584	-0.775859	0.4441
PIBBOG^2	-0.349750	0.460361	-0.759730	0.4535
PIBBOG*POBLACIONBOG	-0.055476	0.039593	-1.401166	0.1718
PIBBOG*IPCBOG	0.059958	0.133574	0.448870	0.6569
PIBBOG	5.229914	6.390219	0.818425	0.4198
POBLACIONBOG*IPCBOG	0.272584	0.173724	1.569062	0.1275
IPCBOG^2	-0.046262	0.028458	-1.625660	0.1148
IPCBOG	-2.134715	1.399423	-1.525425	0.1380

R-squared	0.288680	Mean dependent var	0.002113
Adjusted R-squared	0.116982	S.D. dependent var	0.003525
S.E. of regression	0.003312	Akaike info criterion	-8.393620
Sum squared resid	0.000318	Schwarz criterion	-8.045314
Log likelihood	163.2820	Hannan-Quinn criter.	-8.270826
F-statistic	1.681324	Durbin-Watson stat	2.157367
Prob(F-statistic)	0.152938		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 50. Prueba de Autocorrelación



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.000	0.000	0.0000	1.000
		2	0.000	0.000	0.0000	1.000
		3	0.000	0.000	0.0000	1.000
		4	0.000	0.000	0.0000	1.000

Fuente: Elaboración propia