

# PREVISIÓN DE LA DEMANDA EN EL PROCESO DE REPARACIÓN DE TOLVAS EN LA EMPRESA INDUSTRIAL FERROVIARIA “JOSÉ VALDÉS REYES.”

Ing. David Delgado Rodríguez<sup>1</sup>, Ing. Orlando Santos Pérez<sup>2</sup>, Dr.C Maylín Marqués León<sup>3</sup>, Dr.C Dianelys Nogueira Rivera<sup>4</sup>

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, Matanzas, Cuba. [david.delgado@umcc.cu](mailto:david.delgado@umcc.cu)

2. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, Matanzas, Cuba. [orlando.santos@umcc.cu](mailto:orlando.santos@umcc.cu)

3. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, Matanzas, Cuba. [maylin.marques@umcc.cu](mailto:maylin.marques@umcc.cu)

4. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, Matanzas, Cuba. [dianelys.nogueira@umcc.cu](mailto:dianelys.nogueira@umcc.cu)

## Resumen

La presente investigación se desarrolló en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”, la cual es una entidad estatal cubana perteneciente al Grupo Empresarial de la Industria Sidero-Mecánica y se encuentra ubicada en el municipio de Cárdenas. La investigación tiene como objetivo general: aplicar un procedimiento para el pronóstico de la demanda en el proceso de reparación de tolvas ferroviarias, que permita conocer la cantidad de tolvas a reparar en el período de un año. Para su cumplimiento se emplearon diferentes herramientas y técnicas como la revisión de documentos, entrevistas, análisis de series de tiempo para la obtención del pronóstico, y la utilización de softwares y paquetes informáticos como: Statgraphics Centurion XVII y EndNote. Como principales resultados obtenidos durante la investigación, se encuentran la elaboración del marco teórico referencial que permite comprender los principales aspectos de la temática, además de desarrollar un procedimiento metodológico con la finalidad de obtener el pronóstico de la cantidad de tolvas ferroviarias a reparar durante los próximos doce meses.

*Palabras claves: pronóstico de demanda, reparación de tolvas ferroviarias.*

---

## Desarrollo

El mundo ha sufrido en las últimas décadas disímiles transformaciones en el funcionamiento y desarrollo económico de las empresas, las cuales no podrán prosperar sencillamente realizando un buen trabajo. En la actualidad la gran competitividad tanto nacional como internacional y la alta cultura que poseen los clientes, exigen a las organizaciones empresariales ejecutar el trabajo de manera eficaz y eficiente, donde garanticen la satisfacción plena de sus compradores. Por lo anteriormente mencionado, el mundo empresarial hoy más que nunca requiere de la utilización de mecanismos, que le permita establecer una correcta planificación de la producción, para de esta manera dirigirse hacia la prosperidad de sus industrias.

La planificación de la producción es el arte de establecer los equilibrios básicos del desarrollo, los niveles de producción y de gastos en las distintas actividades económicas, asigna los recursos fundamentales, define, en fin, el desarrollo económico para un cierto período de tiempo cuando los planes son elaborados con objetividad. Planificar es un proceso racional que requiere de la inteligencia organizada del hombre para poder ser ejecutada, por lo tanto, el propio ser humano ha tenido la necesidad de buscar alternativas y perfeccionar mecanismos, que le permitan elaborar planes dirigidos a cumplir con los objetivos del futuro.

Como es lógico de presumir, los principios de la planificación socialista y capitalista no coinciden, como tampoco concuerdan los intereses de los mismos. En el socialismo se planifica para mejorar los resultados económicos en beneficio de la sociedad, mientras en el capitalismo se hace con objetivos similares de mejoramiento de los niveles de ganancia, pero a favor del dueño del negocio, porque la propiedad privada frena cualquier intento de beneficio social que pudiera surgir. No obstante, debido a la tendencia creciente de la crisis financiera y económica, cada país del orbe persigue un fin común, aplicar las herramientas necesarias que resulten como antesala para una eficaz y eficiente planificación de la producción.

En Cuba desde 1959 hasta la actualidad se han sufrido los cuantiosos cambios que afectan la economía mundial. Luego del derrumbe del campo socialista se manifestó una decadencia de la mayoría de los indicadores financieros de la isla, los cuales se reflejaron en importantes sectores industriales de marcada relevancia como el azucarero, el alimenticio y el transporte. La situación se convirtió en un escenario adverso para la isla, la cual no tuvo más alternativas que examinar soluciones para revitalizar el capital financiero, pero ninguna solución será posible si no se cuenta con el pleno compromiso del pueblo y el estado, que en conjunto serán los encargados de sostener empresas competitivas e innovadoras encaminadas en el perfeccionamiento empresarial, como se manifiesta en la actualización de la política económica y social del Partido y la Revolución [1] que entre sus lineamientos expresa:

1. La planificación socialista seguirá siendo la vía principal para la dirección de la economía y continuará su transformación, garantizará los equilibrios macroeconómicos fundamentales y los objetivos y medios para el desarrollo económico y social a largo plazo.
2. Avanzar en el perfeccionamiento del sistema empresarial, a partir de otorgarle nuevas facultades para su funcionamiento, a fin de lograr empresas con mayor autonomía y competitividad.

Al igual que a nivel mundial, toda organización cubana tiene la reinante necesidad de elaborar estrategias relacionadas con la planificación de la producción, examinando métodos y alternativas que viabilicen su correcto funcionamiento y que les permita de este modo impulsar decisiones relacionadas con los recursos humanos, presupuestos o capacidad, con el objetivo de reducir los costos asociados o las pérdidas de tiempo innecesarias.

La economía nacional precisa del sector industrial profesional y transformador que ejecute estudios precisos sobre temas productivos, como parte del proceso de perfeccionamiento empresarial, para de esta manera posibilitar el incremento del rendimiento en la producción, para el desarrollo económico y social del país; resulta de trascendente importancia buscar herramientas que posibiliten una correcta planificación en todas las industrias nacionales, y concretamente la industria ferroviaria, por ser un sector con gran potencial para la economía cubana.

En América Latina nuestro país fue la vanguardia en poseer ferrocarriles, y el séptimo a nivel del orbe. La tradición ferroviaria de Cuba se remonta al año 1834, cuando por aquel entonces el monarca de España Fernando VII certificó la construcción de la primera vía de ferrocarril. En noviembre de 1837 la Compañía de Caminos de Hierro de La Habana abrió la vía férrea desde la capital hasta Bejucal, cuya longitud era de aproximadamente 27 kilómetros. Cerca de 130 años después de la instauración del ferrocarril en la isla, este evidenció un auge en su crecimiento con la entrada de diversas locomotoras originarias de Francia, Inglaterra y la antigua Unión Soviética, por lo que se repararon considerablemente las vías de tránsito de los trenes e incluso fueron fundadas compañías para la restauración y construcción de coches de carga y transporte de viajeros.

A finales del siglo XIX se revolucionó el proceso de producción de azúcar de la caña, debido en gran medida al desarrollo industrial de la época, lo que favoreció el incremento y el aprovechamiento de los centrales azucareros, que requerían cuantiosas extensiones de sembrados de caña y por derivado un sistema de trasporte seguro y veloz. Estas circunstancias propiciaron que el ferrocarril se adjudicara ese rol, lo que desencadenó el nacimiento del ferrocarril cañero y que Cuba se convirtiera en el mejor productor de azúcar de la época.

Al día de hoy se cuenta con alrededor de 9300 km de vías férreas establecidos para los dos tipos de usos fundamentales: el transporte azucarero y el transporte público. Sin embargo, debido a las condiciones económicas que presenta la isla ocasionado por la implantación

del bloqueo económico y financiero por parte de los Estados Unidos y el apogeo creciente de la industria automotriz, el ferrocarril ha sufrido obstrucciones en su desarrollo alejándolo cuantiosamente de los patrones norteamericanos y europeos.

Actualmente los medios de transporte ferroviarios, dígame las locomotoras y los vagones que se encuentran circulando poseen un estado deficiente, pero como medida de recuperación para impulsar el capital cubano fueron cimentadas las bases para que surgiera la empresa industrial ferroviaria “José Valdés Reyes”. Esta entidad estatal cubana se encuentra ubicada en la provincia de Matanzas y pertenece al Grupo Empresarial de la Industria Sidero-Mecánica, teniendo entre sus principales actividades la fabricación y reparación de equipos ferroviarios, ya sea para carga o para pasajeros.

Con el objetivo de incorporar al proceso productivo equipamiento tecnológico para el ensamblaje de vagones ferroviarios, se inició en el año 2013 un gran proceso inversionista. Actualmente se reparan en la entidad “José Valdés Reyes” componentes ferroviarios como son las tolvas, las jaulas de caña y las planchas porta-contenedores; para su reparación la empresa cuenta con un taller especializado en dicha actividad. Posee igualmente una infraestructura con viales ferroviarios de acceso a la fábrica que comunican los talleres entre sí, además de tener un vial para equipos de izaje en las alturas de los talleres.

Esta empresa inició relaciones bilaterales con la firma rusa Muromteplovoz, para en conjunto ensamblar en Cuba coches y remolques ferroviarios rurales, con la finalidad de reducir los costos por importación. Este acuerdo se establece a inicios de 2014 y ocasionado por la alta demanda existente en la isla, se proporciona la necesidad de extender las actividades de montaje de equipos por un período que comprendiera los posteriores 4 años. Al ser la entidad “José Valdés Reyes” la única del país dedicada a la producción de coches ferroviarios, el acuerdo con la sociedad rusa adquiere mayor relevancia para Cuba en la gestión de proveerse de recursos para disminuir considerablemente la escasez en el sector, que ha afectado al país durante muchos años.

En el año en curso la empresa se ocupa de seis Proyectos Estratégicos, los mismos están enfocados a la fabricación del coche ferroviario de pasajeros, con progreso tecnológico propio, a partir del proyecto y prototipos competentes; implementación del Sistema de Dirección Estratégico basado en la gestión por pensamiento digital; recuperación de la infraestructura constructiva de la empresa; actualización de la tecnología de construcción y reparación que garantice el cumplimiento del plan de la economía, con calidad, eficiencia y productividad; aseguramiento de la capacidad energética sostenible de la empresa, aportando beneficios a la Red Eléctrica Nacional; y la creación en la empresa de la Filial Universitaria con salida de Ingenieros de Perfil Ferroviario de la Universidad de Matanzas.

La Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes” tiene el desafío actual de dar cumplimiento al cronograma de reparación de tolvas, para de esta manera poder minimizar las insuficiencias asentadas en el país en el sector ferroviario y al mismo tiempo satisfacer la demanda de sus clientes. Sin embargo, se presenta desconocimiento de la cantidad a

reparar, lo que condiciona la correcta planificación y organización de la producción en el taller.

## Desarrollo

Son múltiples las ventajas que ofrece pronosticar la demanda en todos los aspectos del negocio debido a que el pronóstico es la única estimación de la demanda hasta que se conoce la real, con estas razones se impulsan las decisiones en diferentes áreas o actividades como los recursos humanos, capacidad y administración de la cadena de suministros, además de que aportan datos cruciales para los planes y presupuestos de la empresa.

Existen autores que afrontan este tema, a continuación, se muestran consideraciones sobre esta temática:

Según Schroeder (1992)[2], la preparación de pronósticos es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros. Hasta la última década era, en gran medida, un arte, pero también se ha convertido en una ciencia. Aunque en el área de pronósticos todavía se requiere del criterio de la administración, en la actualidad los administradores se apoyan en herramientas y métodos matemáticos muy sofisticados. La preparación de pronósticos ha avanzado mucho respecto del arte oscuro de adivinar la suerte por medio de las estrellas, las hojas de té o las bolas de cristal.

Chase, Jacobs y Aquilano (2005)[3] afirman: Son el primer paso dentro de los procesos de planificación de operaciones y sirven como punto de partida, no solo para la elaboración de los planes estratégicos, sino, además, para el diseño de los planes a mediano y corto plazo. Esto les permite a las organizaciones: visualizar, de manera aproximada, los acontecimientos futuros; eliminar, en gran parte, la incertidumbre; y, reaccionar con rapidez a las condiciones cambiantes, con algún grado de precisión.

Krajewski, Ritzman y Malhorta (2008)[4] expresan: Pronosticar la demanda es el proceso de elaborar la visión más probable de lo que será la demanda futura, dado un conjunto de suposiciones sobre la tecnología, competidores, precios, marketing, gastos y campañas de ventas. Un pronóstico es una predicción de acontecimientos futuros que se utiliza con propósitos de planificación.

Según los criterios de Santiago, Partida y Fuentes (2015)[5] y Sierra (2016)[6] los pronósticos son una herramienta que proporcionan un estimado cuantitativo de la probabilidad de eventos futuros. La relevancia de incorporar pronósticos en la demanda deriva en una gran importancia económica y social.

Como refieren Gallo y Rengifo[7], pronosticar la demanda es el arte y ciencia de predecir lo que sucederá con las ventas de una empresa para un período de tiempo determinado, puede implicar el empleo de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún

tipo de modelación matemática. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva; o puede ser una combinación de estas, es decir, un modelo matemático ajustado mediante el buen juicio del administrador.

De manera general se ha podido constatar que el pronóstico de la demanda va a determinar para una empresa la siguiente interrogante: ¿qué puede venderse? (productos o servicios), mediante una proyección al futuro de los datos de las ventas históricas, basados en la realidad de la entidad en cuestión (específicamente la situación de la empresa en el mercado y su participación en el mismo). Para su determinación se utilizan ya sean aspectos subjetivos de los expertos en la materia o más científicamente se emplean técnicas basadas en modelos matemáticos, que conciben el comportamiento de datos del pasado en el futuro. No obstante, no será posible realizar un pronóstico preciso sin antes conocer sus objetivos y aplicaciones, los cuales van a posibilitar una correcta toma de decisiones.

### **Objetivos y aplicaciones de los pronósticos**

Los pronósticos para una empresa van a estar representados como una premisa de la planificación, ya que sin ellos las empresas se encontrarían a merced de los acontecimientos y no serían capaces de encontrar la combinación óptima entre el índice de producción, el inventario y el nivel de la fuerza de trabajo. Además, son la base para una correcta toma de decisiones conociendo las futuras amenazas y oportunidades del entorno.

Monk's (1994)[8] afirma que los pronósticos se usan con la finalidad de mejorar la información disponible para establecer una guía de las futuras actividades pendientes al cumplimiento de las metas de la organización, las principales utilidades son para predecir las demandas, el costo de la mano de obra, determinar los ingresos, precios de las materias primas, entre otras múltiples variables, las cuales benefician el uso de la capacidad y el servicio al cliente.

Como refiere Rodríguez Cortés (2013)[9] el objetivo del pronóstico consiste en reducir la inseguridad sobre lo que puede suceder en el futuro, brindando información cercana a la realidad que permita tomar decisiones en las empresas para lograr la optimización, eficiencia y efectividad de las mismas y reducir la acumulación excesiva de inventarios y los bajos niveles de servicio.

Por otra parte, Escobar Ojeda (2011)[10] afirma que el objetivo de un pronóstico es reducir la incertidumbre acerca de lo que puede acontecer en el futuro proporcionando información cercana a la realidad, que permita tomar decisiones.

En las organizaciones los pronósticos se utilizan para tres propósitos importantes:

- 1) Decidir si la demanda es suficiente para justificar la entrada al mercado.
- 2) Determinar las necesidades a largo plazo de la capacidad para el diseño de instalaciones.

3) Determinar las fluctuaciones a corto plazo en la demanda para la planeación de la producción, la programación de la fuerza de trabajo, la planeación de los materiales y otras necesidades.

Las cambiantes condiciones de los negocios como resultado de la competencia mundial, el rápido cambio tecnológico y las crecientes preocupaciones por el medio ambiente han ejercido presiones sobre la capacidad de una empresa para generar pronósticos precisos. Tales pronósticos son necesarios como un elemento auxiliar para determinar que recursos se necesitan, programar los recursos ya existentes y adquirir recursos adicionales. Los pronósticos precisos permiten que los programadores utilicen de forma eficiente la capacidad de las máquinas, reduzcan los tiempos de producción y recorten los inventarios.

### **Principios básicos de los pronósticos**

Entender los principios de los pronósticos nos permitirá ser más efectivos, ya que es sumamente importante comprender aspectos contradictorios como la inexactitud del pronóstico y la necesidad de realizarlos. Autores como Companys (1990)[11]; Schroeder (1992)[2]; Narashiman (1996)[12]; Riggs (2005)[13] y Maynard (2006)[14], se refirieron al respecto y variadas son las frases que quedaron recogidas en la literatura como: “los pronósticos siempre están equivocados”; “Es raro que las ventas sean iguales a la cantidad exacta que se pronosticó”; “esperar respuestas de pronóstico veraces en economía es poco realista, sin embargo, algunos ejecutivos esperan esa clase de respuestas y algunas de las personas que hacen pronósticos son lo suficientemente valientes como para intentarlas”, “lo único exacto de una previsión es que no será exacta al 100%”; “lo delicado y poderoso del instrumento o herramienta científica que se utiliza no da por sí solo validez al resultado obtenido”; “de la previsión se espera que no sea exacta por lo que debe ser vigilada y revisada cuando sea necesario”.

Mayor preocupación existe cuando el fenómeno a estudiar es de un carácter económico y, por lo tanto, está vinculado a la complejidad y la variabilidad del ser humano, lo que provoca desconfianza en la capacidad de los estudios de la producción y la economía para predecir valores futuros sobre la base de datos históricos.

Sin embargo, experiencias positivas de la utilización de estas técnicas han sido conocidas en condiciones incluso adversas para el desarrollo económico, como las del pronóstico del desarrollo turístico cubano en las condiciones actuales de período especial y bloqueo.

Everett (1991)[15] plantea: “si bien todos los elementos de la administración de operaciones son importantes, considero que los pronósticos son unos de los elementos decisivos en la estructura de las operaciones” y a continuación se apoya en planteamientos de Richard M Negui, Vicepresidente de la Donaldson Company que enuncia: “las necesidades del mercado están cambiando y hoy más que nunca tenemos que cumplir en la entrega de productos”.

Expresa Chapman (2006)[16]: Sin importar el propósito con que se realizará un pronóstico es de gran importancia comprender sus principios básicos fundamentales:

1. Los pronósticos casi siempre son incorrectos: Es poca la importancia que tiene conocer si un pronóstico es correcto o no, lo realmente importante es concentrar la atención en definir qué tan equivocado esperamos que sea y cómo se pretende darle solución al potencial error.
2. Los pronósticos son más precisos para grupos o familias de artículos: Casi siempre es más fácil desarrollar un buen pronóstico para una línea de productos que para un producto individual, ya que los errores de proyección respecto de grupos individuales tienden a cancelarse entre sí a medida que se les agrupa.
3. Los pronósticos son más precisos cuando se hacen para períodos cortos: Por lo general son menores los disturbios potenciales respecto del futuro próximo que puede implicar la demanda de productos o servicios. La demanda para futuros más amplios casi siempre resulta menso confiable.
4. Todo pronóstico debe incluir un error de estimación: Es muy importante que el pronóstico vaya acompañado de una estimación numérica del error del pronóstico, para ser confiable un pronóstico debe contener una estimación de su error.
5. Los pronósticos no son sustitutos de la demanda calculada: Si se cuenta con la información de la demanda real para un cierto período, no se debe realizar un pronóstico para el mismo marco de tiempo, siempre se debe utilizar la información real si esta está disponible.

Por todo lo antes expuesto se ha logrado comprender que los pronósticos van a estar condicionados por dos aspectos fundamentales: ¿Cuán necesaria es su utilización? y ¿Cuán exactos son sus resultados? Partiendo desde la base de que los pronósticos son el paso previo para una correcta planificación de la producción y de que pronosticar es una necesidad para poder satisfacer a los clientes en un mundo tan competitivo, se puede comprender cómo se realiza la importancia de realizar una proyección estructurada del conocimiento pasado hacia el futuro, a pesar de lo estable o no que pueden llegar a ser sus resultados. De esta manera es primordial establecerse el objetivo de conocer las maneras de minimizar los errores del pronóstico y ser conscientes de lo equivocado que esperamos que sean, porque estos van a representar la única vía de eliminar la incertidumbre en una empresa posibilitando su adaptación en el mercado.

### **Enfoques para el pronóstico de la demanda**

Según Díaz (1993)[17]; Stoner (1996)[18]; Gaither y Frazier (2000)[19]; Medina León(2002)[20]; Syntetos (2009)[21] y Render y Heizer (2007)[22] existen dos métodos

frecuentes al pronosticar partiendo desde la base de la información con la que se dispone, de esta forma se elige el más propicio para el estudio.

Los métodos a los que se hace referencia son las técnicas cualitativas y las técnicas cuantitativas.

### **Técnicas cualitativas**

El enfoque cualitativo, como su nombre lo indica, se centra en las cualidades observables. Se basan en las opiniones personales de los expertos los cuales se centran principalmente en sus experiencias y en su intuición. En este caso, las técnicas utilizadas y los resultados obtenidos son mediante factores propiamente subjetivos.

Las ideas de Calero Viner (1986)[23]; Ríos (1991)[24]; Witt (1992)[25]; Anderson (1993)[26] y Uriel (1995)[27] llegan al consenso de que los métodos cualitativos se basan fundamentalmente en el conocimiento humano y efectúan las estimaciones futuras a partir de informaciones cualitativas, tales como, opiniones de uno o más expertos, analogías o comparaciones.

Según Schroeder (1992)[2] estas técnicas se apoyan en el criterio administrativo y no usan modelos específicos, por lo tanto, distintos individuos pueden utilizar el mismo método cualitativo y llegar a pronósticos sumamente diferentes. No obstante, los métodos cualitativos son de utilidad cuando existe una falta de datos o cuando los datos históricos no son instrumentos de predicción confiables del futuro, en este caso, se pueden emplear los mejores datos disponibles y un enfoque cualitativo para llegar a un pronóstico.

Expresa Chapman (2006)[16], los pronósticos cualitativos son aquellos que se generan a partir de información que no tiene una estructura analítica bien definida. Este tipo de pronósticos resulta especialmente útil cuando no se tiene disponibilidad de información histórica, como en el caso de un producto nuevo que no cuenta con una historia de ventas.

Gallo y Rengifo (2016)[7] afirman que los métodos cualitativos usan herramientas subjetivas y por su naturaleza hacen uso de cualidades como la intuición, la opinión de expertos y la experiencia. Estos pronósticos no requieren de datos y sus entradas requeridas dependen del método a utilizar.

Las ventajas de los métodos cualitativos radican en que la gran mayoría de las ocasiones permite obtener los resultados con gran rapidez y en ocasiones pueden constituir el único método disponible si nos enfocamos en empresas nacientes o no se cuenta con la base de datos histórica de la empresa o simplemente estos datos históricos no son confiables. Por lo general se basa en un juicio personal tanto de expertos, directivos, clientes internos o clientes externos por lo que va a estar potencialmente determinado por un juicio optimista o pesimista de los individuos, sin embargo, estos métodos pueden propiciar un ajuste de los

pronósticos cuantitativos cuando estos tienden a la imprecisión e inestabilidad siempre y cuando la persona que toma las decisiones posea un conocimiento contextual importante.

Ejemplificación de las técnicas cualitativas Bowerman (2007)[28]; Chase (2009)[29] y Schroeder (2011)[30]

1. Método Brainstorming (Tormenta de Ideas): Es una técnica de grupo para generar ideas originales. Posee cuatro normas fundamentales los cuales son: eliminar el juicio para suspender las críticas; libertad de pensamiento; mayor cantidad de ideas y el efecto multiplicador.
2. Método Delphi: La técnica busca obtener información relativamente precisa a través de un consenso entre los expertos. Su funcionamiento consiste en dar respuesta a un cuestionario de forma anónima en una ronda inicial, luego se analizan sus respuestas para comenzar a responder un siguiente cuestionario tras conocerse los resultados previos. Este proceso puede repetirse varias rondas hasta alcanzar cierto grado de consenso entre los participantes.
3. Analogías: Esta técnica consiste en comparar o relacionar dos o más objetos, permite contrastar nuevos productos con otros más establecidos en el mercado y de esta manera obtener similitudes.
4. Entrevistas: Se fundamenta en la obtención de criterios de trabajadores y directivos de la entidad sobre lo que ocurrirá en su área y se intenta explotar esta información.
5. Estudios de mercado: Se basa principalmente en conocer el comportamiento de los compradores para determinar sus necesidades de consumo. Se pueden emplear técnicas como cuestionarios, encuestas o mercados de prueba para la compilación de datos.

### **Técnicas cuantitativas**

Comienzan a partir de la información histórica recogida sobre las variables que influyen en el proceso, se utilizan gran variedad de modelos matemáticos, principalmente de tipo estadístico. Se emplean fundamentalmente dos tipos de métodos, el análisis de series de tiempo y los modelos causales.

Calero Viner (1986)[23]; Ríos (1991)[24]; Witt (1992)[25]; Anderson (1993)[26] y Uriel (1995)[27] expresaron que los métodos cuantitativos se apoyan en dos técnicas convencionales: las observaciones de series de tiempo y las que se basan en la causalidad de una o más variables sobre otra variable dependiente. Estas técnicas se apoyan en modelos matemáticos con la utilización de los datos históricos que se encuentran a disposición del estudio.

Schroeder (1992)[2] enuncia que estas técnicas emplean el análisis de series de tiempo y los pronósticos causales. En general, los métodos cuantitativos manejan un modelo económico fundamental para llegar a un pronóstico. El supuesto básico de todos los métodos cuantitativos de pronóstico es que los datos históricos y los patrones de los datos son instrumentos de predicción confiables del futuro. Entonces, los datos históricos se procesan a través de un modelo de series de tiempo o uno causal para llegar a un pronóstico.

Chapman (2006)[16] pronuncia que las técnicas cuantitativas emplean dos tipos de métodos fundamentales, uno de ellos son los modelos causales que se basan en el concepto de relación entre variables y parten de un supuesto de causalidad; y el otro son los modelos de serie de tiempo que tiene como esencia que la variable dependiente sigue cierto patrón a través del tiempo, y si ese patrón puede ser analizado podrá utilizarse para desarrollar proyecciones hacia el futuro.

Según Gallo y Rengifo (2016)[7] los métodos cuantitativos emplean dos categorías; los modelos de serie de tiempo que predicen bajo los supuestos de que el futuro es una función del pasado y los modelos causales o asociativos que incorporan las variables o factores que pueden influir en la cantidad por pronosticar.

Los métodos cuantitativos cuentan con la primacía de que con su utilización se va a realizar un estudio más profundo y aceptado que con el uso de los métodos cualitativos. Estas técnicas van a tener la capacidad de permitir un estudio más objetivo con la utilización de la observación controlada y estructurada permitiendo obtener resultados sólidos y repetibles.

- **Modelos causales**

Expresan Sipper y Bulfin (1998)[31] que los modelos causales son un tipo de método cuantitativo que emplean datos históricos de variables independientes los cuales van a influir en el pronóstico de la variable dependiente.

Argumentan Rodríguez (1974)[32]; Companys (1990)[11]; Kazmier (1991)[33] y Hillier y Lieberman (2012)[34] que en estos métodos el tiempo no es la variable independiente base para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas algunas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuáles son exactamente esas relaciones.

Su base se encuentra en el concepto de relación entre las variables, lo que significa que se supone que las variables independientes ocasionan que la variable dependiente cambie de una forma predecible. Su puesta en práctica frecuentemente necesita demasiado tiempo ocasionado fundamentalmente por la necesidad de desarrollar relaciones y obtener información causal.

Ejemplificación de las técnicas cuantitativas por modelos causales Bowerman (2007)[28]; Chase (2009)[29] y Schroeder (2011)[30]

1. Regresión lineal: En este método una variable conocida como variable dependiente (demanda) está relacionada con una o más variables independientes por medio de una ecuación lineal, se supone que las variables independientes influyen en la variable dependiente y por lo tanto son la causa de los resultados observados en el pasado. Es un método de gran utilidad cuando existen fuertes relaciones causales.

2. Modelos de entrada-salida: Suelen ser modelos muy grandes y complejos debido a que analizan el flujo de los bienes y servicios a través de la economía completa. Para su utilización se requieren una cantidad importante de información, lo que hace que su desarrollo sea largo y costoso. Por lo general se utilizan para proyectar necesidades para mercados enteros o para segmentos de la economía, y no para productos específicos.

3. Modelos econométricos: Se cimienta en el análisis estadístico de varios sectores de la economía. Su uso y procedimiento es muy similar a los modelos de entrada-salida.

4. Principales indicadores: Son estadísticas que se mueven en la misma dirección que la serie a pronosticar, pero antes que esta. Ejemplo, el incremento del precio de la electricidad va a propiciar una disminución futura en la demanda de los electrodomésticos más consumidores.

- **Métodos de series de tiempos**

Sipper y Bulfin (1998)[31] afirman que, para pronósticos a corto plazo, son más eficaces los métodos de series de tiempo. Una serie de tiempo es simplemente una lista cronológica de datos históricos, para la que la suposición esencial es que la historia predice el futuro de manera razonable.

Para Rodríguez (1974)[32]; Companys (1990)[11]; Kazmier (1991)[33] y Hillier y Lieberman (2012)[34] estos métodos se fundamentan en la recogida de unos conjuntos ordenados de observaciones para varios períodos iguales de tiempo, que indican, la evolución de los valores de las variables objeto de estudio en el tiempo y se trata de extrapolar ese comportamiento hacia el futuro.

Los pronósticos de series de tiempo se encuentran entre los métodos más utilizados para la proyección de la demanda de productos. Se basan principalmente en que la demanda pasada sigue ciertos patrones a través del tiempo los cuales pueden ser analizados para proyectar la demanda futura. Esto implica la suposición de que el tiempo precisamente es la única variable independiente a analizar. Estos pronósticos también son los más utilizados cuando nos encontramos con la necesidad de hacer proyecciones para realizar planes de producción razonables. El motivo es simple: las otras dos principales categorías de pronósticos (cualitativos y causales) requieren cierto conocimiento del mercado y/o ambiente externo, conocimiento que rara vez está a nuestro alcance.

## **Ejemplificación de las técnicas cuantitativas por series de tiempo Bowerman (2007)[28]; Chase (2009)[29] y Schroeder (2011)[30]**

1. Pronóstico empírico: Este método no estadístico se fundamenta en el principio de que el pronóstico de la demanda para el siguiente período es igual a la demanda observada en el período actual, este pronóstico se puede acoger para tomar en cuenta la tendencia de la demanda. Este método funciona con más precisión con patrones estables y variación aleatoria pequeña. Tiene un procedimiento muy sencillo y de bajo costo.

2. Promedio móvil simple y Promedio móvil ponderado: Se utilizan para estimar el promedio de una serie de tiempo de demanda y de esta manera eliminar los efectos de las fluctuaciones aleatorias. La base de estos métodos consiste en que la demanda para un período determinado de tiempo va a ser igual al promedio de las demandas de los períodos más recientes que le anteceden. Estos dos métodos se diferencian en que para el promedio móvil simple las ponderaciones de las demandas van a ser las mismas y para el promedio móvil ponderado las ponderaciones de las demandas suelen ser diferentes siempre que su suma sea igual a 1.

3. Suavizado exponencial simple: Es muy similar al promedio móvil simple ya que permite calcular el promedio de una serie de tiempo, asignando mayor ponderación a las demandas recientes que a las demandas anteriores.

4. Series de tiempo Shiskin o X-11: Es un método muy efectivo para dividir una serie temporal en temporadas, tendencias e irregular. Necesita un historial de al menos tres años y es muy eficiente para identificar los cambios en las ventas de una compañía.

5. ARIMA (Modelo autorregresivo integrado de media móvil): Es un modelo estadístico que utiliza variaciones de datos estadísticos con el fin de encontrar patrones para una predicción hacia el futuro. Se suele expresar como  $ARIMA(p,d,q)$  donde los parámetros  $p$ ,  $d$  y  $q$  son números enteros no negativos que indican el orden de las distintas componentes del modelo respectivamente, las componentes autorregresiva, integrada y de media móvil. Cuando alguno de los tres parámetros es cero, es común omitir las letras correspondientes del acrónimo: AR para la componente autorregresiva, I para la integrada y MA para la media móvil. Por ejemplo,  $ARIMA(0,1,0)$  se puede expresar como I (1) y  $ARIMA(0,0,1)$  como MA (1).

### **Utilización de múltiples técnicas para pronosticar la demanda**

No es factible al realizar un pronóstico depender única y exclusivamente del uso de una técnica independiente porque esto expone la investigación y disminuye el grado de precisión de la misma. Dos de los métodos que utilizan varias técnicas de pronóstico a la vez son los pronósticos combinados y los pronósticos enfocados.

Según Krajewski (2008)[4]

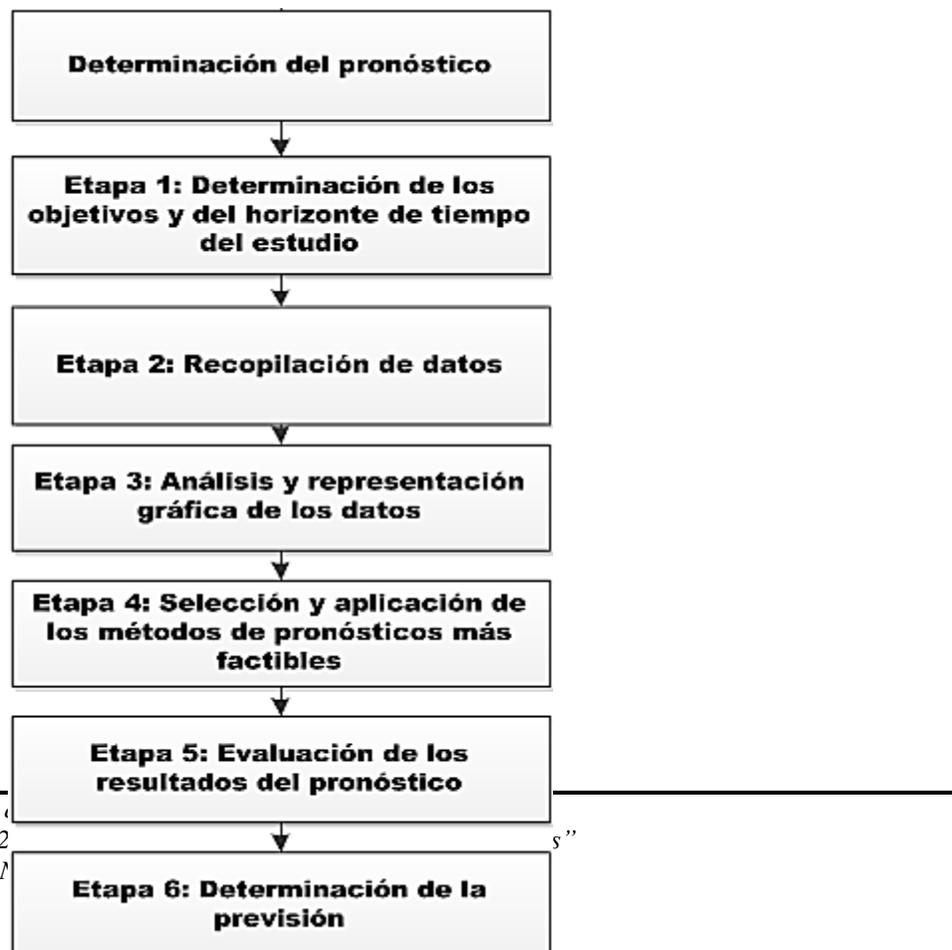
1. Pronósticos combinados: Son aquellos que se producen promediando pronósticos independientes basados en diferentes métodos, en diferentes datos o en ambas cosas. Es sumamente interesante conocer que este tipo de pronóstico arroja resultados más aceptados en un horizonte largo de tiempo que los alcanzados con el más eficaz de los pronósticos individuales.
2. Pronósticos enfocados: Se selecciona el mejor pronóstico (error más bajo) entre un grupo de pronósticos generados por medio de técnicas individuales.

### **Diseño metodológico de la investigación**

A continuación se especifica el diseño de la metodología para el cálculo del pronóstico de la demanda en el proceso de reparación de tolvas ferroviarias, apoyado en el uso de las técnicas cuantitativas por series de tiempo mediante de la utilización del software Statgraphics Centurion XV.

### **Confección del procedimiento propuesto para la investigación**

A continuación se muestra el procedimiento confeccionado, en el cual se integran metodologías para la determinación del pronóstico de la demanda y la evaluación de los principales problemas que afectan el proceso de reparación de tolvas.



**Figura 1:** Confección del procedimiento propuesto para la investigación

**Fuente:** Elaboración propia

### **Procedimiento metodológico para determinar el pronóstico de la demanda mediante métodos de series de tiempos con el apoyo del software Statgraphics Centurion XV.**

El procedimiento presentado en la siguiente investigación se apoya referencialmente en el procedimiento efectuado por Diéguez Matellán (2008)[39] y Abreu Torriente (2016)[40] para determinar el pronóstico de la demanda mediante el software Statgraphics Centurion XV.

#### **Determinación del pronóstico**

El procedimiento para la determinación del pronóstico de la demanda cuenta con 6 etapas fundamentales, a continuación, se describe cada una de las etapas y se exponen las herramientas a utilizar.

#### **Etapa 1: Determinación de los objetivos y del horizonte de tiempo del estudio**

En la determinación de los objetivos del estudio se deberá tener en cuenta entre otros aspectos: ¿Para qué se desea el estudio? (aquí se define la organización en que se realiza); se precisa además el horizonte temporal del estudio (tabla 2.1), que se define como la cantidad de períodos entre hoy y la fecha del pronóstico que se elabora, si el pronóstico es a corto, medio o largo plazo; así como la duración de los componentes de la serie histórica. La definición del horizonte de tiempo queda a discreción del usuario. Estos elementos pueden incidir en la selección de métodos y en la valoración de los costos-beneficios asociados al estudio. Como aspecto además de importancia se encuentra el nivel de seguimiento que se le va a dar al estudio (alto o bajo).

En el mundo empresarial se toman decisiones para realizar pronósticos de la demanda en diferentes horizontes temporales, así se hacen planes para el presente y el futuro más inmediato, se hacen predicciones a medio plazo que funcionan como apoyo para determinar las necesidades de personal, materiales y equipos para los próximos meses y, por último, se realizan a largo plazo en los que se plantean cuestiones relativas a la capacidad, la localización, cambios en los productos y/o servicios actuales y desarrollo de nuevos productos y servicios.

**Tabla 1:** Horizonte temporal según la duración del pronóstico

<b>Horizonte de tiempo</b>	<b>Duración</b>
Corto plazo	1 día a 3 meses
Mediano plazo	3 meses a 2 años

Largo plazo	Más de 2 años
-------------	---------------

**Fuente:** Krajewski (2008)[4]

## **Etapa 2: Recopilación de datos**

En esta etapa se realiza la búsqueda de los datos necesarios para la elaboración de la serie de tiempo, para lo cual se debe determinar la cantidad y calidad de los datos disponibles. Esta etapa depende en gran medida de los componentes de la serie seleccionados en la fase previa. En la búsqueda de datos históricos son frecuentes algunas situaciones:

1. Ausencia de todos los valores o registros históricos parciales de la data en un período. Ante esta situación es recomendable obviar la brecha que ocasiona ese período y trabajar con la data resultante.
2. Ausencia de valores o registros históricos para un período. En caso de trabajar ante la ausencia de un valor para un período específico de un producto puede analizarse primeramente si fue porque no hubo prestación de servicio en el período o si se perdió el registro histórico de lo que se realizó. En el primer caso se trabaja con cero “0”, en el segundo caso una solución podría ser utilizar la media entre el valor anterior y el posterior a ese período.
3. Posibles valores atípicos o afectados por el componente aleatorio de la serie. Si se tiene conocimiento de fenómenos que incidieron en la demanda de un período y se conoce o puede estimarse la magnitud de la incidencia debe descontarse del valor total del período analizado. Si se desconoce, una posible solución sería eliminar de la data el valor de ese período. Un elemento que ayuda a determinar la desviación que provoca un fenómeno aleatorio sería un registro de incidencias. Este registro es el lugar donde se debe reflejar la explicación de los fenómenos aleatorios que han ocurrido y las cantidades en que afecta la demanda regular de forma tal que la persona que realice el estudio posea la posibilidad de su corrección.
4. Registros históricos que no están en unidades físicas (número de unidades vendidas o servicios prestados a clientes). Esta situación puede ocurrir en algunas ocasiones por la complejidad del servicio que se brinda, en otras por descuido de la organización. Habitualmente los datos que se conservan son los ingresos y los precios, a partir de ellos pueden determinarse unidades, y en caso de que sea imposible, si no se han afectado los precios en el período, utilizar los ingresos para la predicción. Se recomienda entonces realizar el pronóstico en ambos casos a partir de la información disponible.

Marqués León (2009)[41] plantea que el análisis de documentos estadísticos y registro de incidencias, así como el juicio de expertos en el tema pueden ser herramientas válidas a aplicar en esta etapa.

### **Etapa 3: Análisis y representación gráfica de los datos**

La representación gráfica de los datos permite obtener una idea, preliminar e informal, acerca de la naturaleza de los componentes fundamentales de una serie de tiempo: tendencia, estacionalidad y ciclos, como base para la selección del método de pronóstico, además de posibilitar el origen y ubicación de las desviaciones aleatorias.

Se propone graficar los datos como total de tolvas reparadas por meses, esta representación se puede realizar de forma manual o con la utilización de diferentes softwares.

### **Etapa 4: Selección y aplicación de los métodos de pronósticos más factibles**

Para la selección de los métodos o modelos de pronósticos se depende en gran medida de los objetivos del estudio y el comportamiento de la serie. Las particularidades de la serie observada en la gráfica, además de la sofisticación del usuario y sistema, tiempo y recursos disponibles, uso y características de la decisión, la disponibilidad de datos y el patrón de los datos indicarán la conveniencia de la utilización de determinados métodos. En el aspecto del patrón de datos, la tendencia y el componente estacional son los componentes del patrón que más influirán en la decisión, así, para series planas se utilizarán métodos de primer orden y para series con tendencias o patrones de estacionalidad, métodos más avanzados Schroeder (1992)[2]; Makridakis, Wheelwright y Hyndman (1998)[42]; y Medina León y Nogueira Rivera (2004)[43].

Los promedios móviles se aplican cuando existen variaciones cíclicas e irregulares impulsadas por diversos choques, los suavizamientos o aislamientos exponenciales no se basan en el cumplimiento de supuesto alguno, con estos métodos se suavizan las fluctuaciones locales y se puede apreciar la tendencia y/o estacionalidad de la serie.

El mejor método de pronóstico será el que represente de manera más eficiente los datos históricos y por lo tanto donde menores sean los errores de pronóstico. Para la selección del mejor método de pronóstico, el software Statgraphics Centurion XV elegirá el que menor criterio de información de Akaike (AIC) presente, el cual es una medida de la calidad relativa de un modelo estadístico. Además, para que el método elegido sea válido deberá pasar cinco pruebas, de esta manera se determina si es adecuado para los datos.

### **Etapa 5: Evaluación de los resultados del pronóstico**

En esta etapa se recomienda analizar los patrones y valores de la tendencia y estacionalidad de las series de datos estudiadas, es un elemento importante para la planificación ya que con la tendencia se definen patrones futuros de la variable analizada y la estacionalidad es un elemento importante que influye decisivamente, entre otros factores en la utilización de la capacidad.

### **Etapa 6: Determinación de la previsión**

- Una vez obtenido un pronóstico determinado es necesario incorporar los criterios subjetivos de los especialistas que realizan el estudio y aquellos expertos en quienes se apoyan, así como también los registros de incidencia y la gestión de la demanda que realiza la organización. En la determinación de la previsión se debe considerar:
- El pronóstico realizado; que será el valor obtenido de la aplicación del modelo matemático con menores errores y desviación dentro de los límites fijados (mejor modelo bajo las condiciones del estudio).
- Se recomienda la suma algebraica del BIAS al pronóstico (Pronóstico + BIAS).
- Criterio de expertos: Son criterios que se tienen en cuenta por el carácter optimista o pesimista de quien realiza el estudio. En estos criterios pueden influir condiciones existentes en el momento del estudio distintas a las del pasado.
- El registro de incidencias además de reflejar los fenómenos aleatorios deberá tener en consideración las cantidades estimadas de tolvas dejadas de reparar por diferentes circunstancias.
- Gestión de la demanda: gestionar o administrar implica un pensamiento de que actuaremos sobre algo que está bajo nuestro control.

## **Aplicación de los métodos de series de tiempo a través del software Statgraphics Centurion XV para determinar el pronóstico de la demanda**

### **Etapa 1: Determinación de los objetivos y del horizonte de tiempo del estudio**

El estudio tiene como propósito fundamental realizar un pronóstico de la demanda para determinar la cantidad de tolvas que van a ser reparadas en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”; dicha entidad deberá responder a las solicitudes enviadas por su principal cliente, La Unión de Ferrocarriles de Cuba. El pronóstico va a ser realizado para un horizonte de tiempo de mediano plazo, se espera la predicción de la demanda de la reparación de tolvas para el año comprendido entre abril de 2017 hasta marzo del 2018.

### **Etapa 2: Recopilación de datos**

Para la investigación se cuenta con una base de datos correspondientes a los últimos dos años y tres meses de trabajo de la empresa, dichos datos se encuentran desglosados por meses y corresponden a los años 2015, 2016 y 2017. Los datos recolectados para este estudio fueron obtenidos mediante la realización de entrevistas con los dirigentes de la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”, además de realizar un profundo análisis de los documentos concernientes al proceso objeto de estudio.

**Tabla 2:** Reparaciones de tolvas.

<b>Meses</b>	<b>Año 2015</b>	<b>Año 2016</b>	<b>Año 2017</b>
Enero	4	8	7
Febrero	8	6	8
Marzo	7	5	7

Abril	0	6	
Mayo	0	7	
Junio	0	8	
Julio	8	7	
Agosto	9	9	
Septiembre	6	9	
Octubre	8	11	
Noviembre	8	12	
Diciembre	11	12	
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>100</b>	<b>22</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Etapa 3: Análisis y representación gráfica de los datos

La representación gráfica de los datos de las tolvas reparadas mensualmente por la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”; en los años 2015, 2016 y los tres primeros meses del año 2017, se realizó empleando el software Microsoft Excel.

Como se muestra en la figura 2, los resultados del análisis fueron:

- En los meses de abril, mayo y junio de 2015 no se realizaron reparaciones de tolvas debido a que son valores atípicos
- Los meses que más aportaron a los ingresos de la empresa por concepto del servicio de reparación de tolvas son octubre, noviembre y diciembre de los años 2015 y 2016.
- Se puede comprobar que la empresa presenta una paulatina tendencia al crecimiento, si comparamos cada mes de un año con igual período del año posterior.



**Figura 2:** Tolvas reparadas por meses.  
**Fuente:** Salida del software Microsoft Excel.

#### **Etapa 4: Selección y aplicación de los métodos de pronósticos más factibles**

Se seleccionó el software Statgraphics Centurion XV y la aplicación de los métodos cuantitativos por series de tiempo para la determinación del pronóstico de la demanda de reparaciones de tolvas para un año, el cual incluye los meses desde abril del 2017 hasta marzo del 2018.

#### **Etapa 5: Evaluación de los resultados del pronóstico**

A continuación, se muestran modelos utilizados para el pronóstico de la demanda los cuales fueron seleccionados de forma automática por el software Statgraphics Centurion XV.

Modelos utilizados por el software para el pronóstico de la demanda

- (A) Caminata aleatoria
- (B) Media constante = 7,95833
- (C) Tendencia lineal =  $6,63768 + 0,105652 t$
- (H) Suavización exponencial simple con  $\alpha = 0,6908$
- (I) Suavización exponencial De Brown con  $\alpha = 0,0236$
- (J) Suavización exponencial De Holt con  $\alpha = 0,1796$  y  $\beta = 0,1098$
- (M) ARIMA (Modelo autorregresivo integrado de promedio móvil) (0,0,2) con constante
- (N) ARIMA (1,0,0) con constante
- (O) ARIMA (1,0,2) con constante
- (P) ARIMA (0,1,0)
- (Q) ARIMA (0,1,2)

En la tabla 3 muestran las medidas de error de pronóstico de cada método utilizado, y el de mejor ajuste será el de menor Criterio de información de Akaike (AIC).

**Tabla 3.** Selección del método de mejor ajuste.

<i>Modelo</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>ME</i>	<i>MPE</i>	<i>AIC</i>
---------------	-------------	------------	-------------	-----------	------------	------------

(A)	2,02816	1,60302	21,1893	3,08932E-16	-2,75213	1,29249
(B)	1,98912	1,46528	20,2303	5,18104E-16	-6,81091	1,37538
(C)	1,88958	1,55016	20,9946	7,77156E-16	-5,79994	1,35604
(H)	1,93498	1,57479	21,0828	0,131692	-2,10289	1,3202
(I)	2,01217	1,56456	20,6743	0,332076	-2,32107	1,39842
(J)	2,11105	1,73907	24,0289	-0,107255	-7,96233	1,57771
(M)	1,62739	1,31328	17,7146	0,0744158	-2,31981	1,22396
(N)	1,81291	1,47508	19,9	0,106453	-3,65268	1,35653
(O)	1,66834	1,27822	17,2391	0,0358472	-2,90993	1,35699
(P)	2,03235	1,6087	21,1171	0,130435	-1,06719	1,41838
(Q)	1,87544	1,50608	18,1104	0,525785	2,47354	1,42435

**Fuente:** Salida del software Statgraphics Centurion XV

Esta tabla compara los resultados de ajustar diferentes modelos a los datos. El modelo con el menor valor del Criterio de información de Akaike (AIC) es el modelo M, el cual se ha utilizado para generar los pronósticos.

La tabla 3.3 resume los resultados de cinco pruebas para determinar si cada modelo es adecuado para los datos. Un OK significa que el modelo pasa la prueba, por tanto, el modelo actualmente seleccionado (el modelo M) es adecuado, ya que pasa las 5 pruebas.

**Tabla 4:** Validación de los modelos seleccionados.

<i>Modelo</i>	<i>RUNS</i>	<i>RUNM</i>	<i>AUTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>VAR</i>
(A)	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	OK	OK	OK	OK	OK
(H)	OK	OK	OK	OK	OK
(I)	OK	OK	OK	OK	OK
(J)	OK	OK	OK	OK	OK
(M)	OK	OK	OK	OK	OK
(N)	OK	OK	OK	OK	OK
(O)	OK	OK	OK	OK	OK
(P)	OK	OK	OK	OK	OK
(Q)	OK	OK	OK	OK	OK

**Fuente:** Salida del software Statgraphics Centurion XV.

Clave:

RMSE = Root Mean Squared Error (Raíz del Cuadrado Medio del Error)

RUNS = Prueba corridas excesivas arriba y abajo

RUNM = Prueba corridas excesivas arriba y abajo de la mediana

AUTO = Prueba de Box-Pierce para autocorrelación excesiva

MEDIA = Prueba para diferencia en medias entre la 1ª mitad y la 2ª mitad

VAR = Prueba para diferencia en varianza entre la 1ª mitad y la 2ª mitad

OK = no significativo ( $p \geq 0,05$ )

\* = marginalmente significativo ( $0,01 < p \leq 0,05$ )

\*\* = significativo ( $0,001 < p \leq 0,01$ )

\*\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,001$ )

Debido a que el modelo M es el de menor Criterio de información de Akaike (AIC) y pasa las 5 pruebas de validación, ha sido seleccionado para obtener el pronóstico de la demanda de reparación de tolvas desde el mes de abril del 2017 hasta marzo del 2018. En la tabla 5 se visualizan los resultados de los pronósticos de la demanda arrojados por el Modelo: ARIMA (0,0,2) con constante.

**Tabla 5.** Pronósticos para las reparaciones de tolvas.

		<i>Límite en 95,0%</i>	<i>Límite en 95,0%</i>
<i>Periodo</i>	<i>Pronóstico</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
Abril/17	10	6	14
Mayo/17	10	5	14
Junio/17	8	3	14
Julio/17	8	3	14
Agosto/17	8	3	14
Sept./17	8	3	14
Octub./17	8	3	14
Nov./17	8	3	14
Dic./17	8	3	14
Enero/18	8	3	14
Febrero/18	8	3	14
Marzo/18	8	3	14

**Fuente:** Salida del software Statgraphics Centurion XV.

Esta tabla muestra los valores pronosticados para reparaciones de tolvas durante el período anteriormente seleccionado. Los límites superiores e inferiores muestran en donde podría estar el valor verdadero del dato, al tiempo futuro seleccionado, con 95,0% de confianza, donde se asume que el modelo ajustado es apropiado para los datos.

Además, el pronóstico de la demanda más inmediato en un horizonte de tiempo de corto plazo para los meses de mayo-junio, se muestra en la tabla 3.5:

**Tabla 6.** Pronóstico bimensual mayo-junio de 2017 en el proceso de reparación de tolvas.

		<i>Límite en 95,0%</i>	<i>Límite en 95,0%</i>
<i>Período</i>	<i>Pronóstico</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
Mayo-Junio/17	16	8	23

**Fuente:** Salida del software Statgraphics Centurion XV.

### **Etapa 6: Determinación de la previsión**

Una vez realizado el pronóstico de la demanda en el proceso de reparación de tolvas, se presentaron los resultados obtenidos a la dirección de producción con el objetivo de aplicar una tormenta de ideas para ser evaluada por los especialistas. Con la utilización de la herramienta antes mencionada los directivos de la empresa llegaron al consenso de que el pronóstico realizado se asemeja a la producción de este producto en períodos anteriores, por lo que se pudiera cumplir el nivel determinado a excepción del mes de diciembre ya que por causas técnicas organizativas solo se trabajará este año hasta el día 17. A petición del grupo, se propone reajustar la producción para este mes y reubicarla en los meses más próximos.

En el mes de diciembre donde se había pronosticado un total de 8 tolvas ferroviarias a reparar, el grupo de directivos coincidió en que para ese mes solo se debían reparar 5 tolvas y las 3 restantes que había arrojado el pronóstico se podían adicionar 1 respectivamente para los meses de octubre, noviembre y enero. Después de realizada la previsión de la demanda con la utilización de la herramienta tormenta de ideas al grupo de directivos de la producción, las tolvas a reparar para el período comprendido desde abril de 2017 hasta marzo de 2018 quedan distribuidas de la siguiente manera:

**Tabla 7.** Previsión para las reparaciones de tolvas.

<i>Periodo</i>	<i>Previsión</i>
Abril/17	10
Mayo/17	10
Junio/17	8
Julio/17	8
Agosto/17	8

Sept./17	8
Octub./17	9
Nov./17	9
Dic./17	5
Enero/18	9
Febrero/18	8
Marzo/18	8

**Fuente:** Elaboración propia.

## Conclusiones

- La aplicación del procedimiento permite determinar el pronóstico de la demanda en el proceso de reparación de tolvas, donde se obtiene la cantidad de tolvas a reparar en el período de un año, dando cumplimiento al objetivo general de la investigación.
- A través del estudio de la bibliografía consultada, tanto nacional como internacional, se confeccionó el marco teórico referencial de la presente investigación.
- Se comprobó la utilidad del procedimiento propuesto en el proceso de reparación de tolvas.
- Se realizó un pronóstico de la demanda desde el mes de abril 2017 hasta marzo de 2018, donde los resultados arrojados fueron que la demanda de la cantidad de tolvas a reparar en ese período estará comprendida en los valores entre 8 y 10 tolvas.
- Se realizó la previsión de la demanda mediante la utilización de la herramienta tormenta de ideas a los directivos de producción de la empresa, los cuales definieron que la cantidad de tolvas ferroviarias a reparar por meses estaría oscilando los valores entre 5 y 10 tolvas.

## Bibliografía

«Actualización de la política económica y social del Partido y la Revolución», 2016, 5-7.

ABREU TORRIENTE, YAIMIRA, «Pronóstico de la demanda y análisis de la capacidad en la empresa industrial ferroviaria José Valdés Reyes», Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Departamento de Ingeniería Industrial 2016.

ANDERSON, DAVID[et al.], Introducción a los modelos cuantitativos para la administración, Barcelona, España, Grupo Editorial Iberoamericana, 1993, ISBN: 978-970-62-5005-6.

ARNOLETTO, EDUARDO J., Administración de la producción como ventaja competitiva [en línea], Edición electrónica gratuita, 2017 [consulta: fecha de consulta: 20 de marzo 2017]. Disponible en: <www.eumed.net/libros>

BAUSELA HERRERAS, ESPERANZA, «SPSS: Un instrumento de análisis de datos cuantitativos.» Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales, 2015, Vol. 2, 62-69, ISSN: 1667-8338.

BOWERMAN, BRUCE L.[et al.], Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión, Cengage Learning, 2007, ISBN: 978-970-68-6606-6.

CALERO VINER, A., Estadística, Ciudad de La Habana, Cuba, Pueblo y Educación, 1986.

CHAPMAN, STEPHEN N., Planificación y control de la Producción, México, DF, Pearson Educación, 2006, ISBN: 970-26-0771-X.

CHASE, RICHARD B.[et al.], Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva, 10ma Ed., México, DF, Mc Graw-Hill/Interamerica de México, 2005, ISBN: 978-970-10-4468-1.

CHASE, RICHARD B.[et al.], Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros, México, DF, Mc Graw-Hill/Interamericana de México 2009, ISBN: 978-970-10-7027-7.

COMPANYS PASCUAL, RAMÓN, Previsión tecnológica y de la demanda, Barcelona, España, Boixerau Marcombo, 1990, ISBN: 978-842-67-0795-6.

DÍAZ, ADENSO, Producción: Gestión y control, Barcelona, España, Editorial Ariel, 1993.

DIÉGUEZ MATELLÁN, EVIS, «Contribución a la planificación de servicios complementarios extrahoteleros en destinos turísticos. Aplicación Varadero», Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Departamento de Ingeniería Industrial,

2008.

ESCOBAR OJEDA, I., «Apuntes de la asignatura de: Administración de Operaciones 1. La Paz, México, Universidad Tecnológica de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, Departamento de Ingeniería Industrial, 2011.

EVERETT, E., Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento, México, DF, Prentice-Hall Hispanoamericana, 1991.

GAITHER, NORMAN AND FRAZIER, GREG, Administración de producción y operaciones, México, DF, Editores International Thomson, 2000.

GALLO, MONJA AND RENGIFO, SEDAN, Aplicación de programación lineal en la planeación de la producción de azúcar, para mejorar la productividad de la empresa agroindustrial Pomalca S.A.A, Pimente, Perú, Universidad Señor de Sipán, Departamento de Ingeniería Industrial, 2016.

HILLIER, FREDERICK S. AND LIEBERMAN, GERALD J., Introducción a la investigación de operaciones, México, DF, Mc Graw-Hill/Interamericana de México, 2012, ISBN: 978-968-42-2993-8.

KAZMIER, L., Análisis estadístico para la empresa y la economía nacional, Ciudad de La Habana, Cuba, Pueblo y Educación, 1991.

KRAJEWSKI, LEE[et al.], Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor, México, DF, Pearson Educación, 2008, ISBN: 978-970-26-1217-9.

MAKRIDAKIS, S.[et al.], Forecasting: Methods and applications., 3ra Ed., Estados Unidos, John Wiley and Sons, 1998.

MARQUÉS LEÓN, M., «Aplicación del procedimiento para la mejora total de de los procesos de servicios en el Hospital Militar Mario Muñoz Monroy», Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Departamento de Ingeniería Industrial, 2009.

MARSÁN CASTELLANOS, J.R [et al.], Organización del trabajo. Ingeniería de métodos, Tomo 1, La Habana, Cuba, 2011, ISBN: 978-959-07-1420-7, 221 páginas.

MAYNARD, H., Manual del Ingeniero Industrial, 5ta Ed., Vol.1, México, DF, Mc Graw-Hill/Interamerica de México, 2006, ISBN: 978-970-10-4796-5.

Medición del error en pronósticos de demanda. Ingenio Empresa, 2016, [fecha de consulta: 3/3/2017]. Disponible en: <https://ingenioempresa.com/medición-error-pronostico>

MEDINA LEÓN, A. AND NOGUEIRA RIVERA, D., Monografía: Previsión de la demanda, Ciudad de La Habana, Cuba, 2004.

MEDINA LEÓN, A., Técnicas de análisis empresarial en la certeza e incertidumbre, México, DF, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2002.

MONK'S, JOSEPH G., Administración de operación, México, DF, Mc Graw-Hill Interamericana, 1994.

NARASHIMAN, S. L., Planeación de la producción y control de inventarios, México, DF, Prentice-Hall Hispanoamericana 1996.

OÑATE, R. Citado por: el Dr. C. Roberto Argelio Frías Jiménez, «Diseño y validación de un modelo de Gestión del Cliente Interno en procesos hoteleros», [Tesis en opción al Título de Máster en Gestión de Empresas Turísticas], Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Centro de Estudios del Turismo, 1988.

RENDER, BARRY AND HEIZER, JAY, Administración de procesos, México, DF, Pearson Educación, 2007, ISBN: 978-970-26-0957-5.

RIGGS, JAMES L., Sistemas de producción. Planeación, análisis y control, México, DF, Limusa, 2005, ISBN: 978-968-18-4878-1.

RÍOS, S., Análisis estadístico aplicado, Madrid, España, Paraninfo, 1991.

RODRÍGUEZ CORTÉS, A., Planning of labor and materials to pharmaceuticals and cosmetics plastic packaging random demand model. Bogotá, Colombia, Universidad Militar Nueva Granada, Departamento de Gerencia Logística, 2013.

RODRÍGUEZ, A., Tablas y Resúmenes Estadísticos, Ciudad de La Habana, Cuba, Pueblo y Educación, 1974.

SANTIAGO, JOSÉ ANTONIO [et.al.]. Implementation of a process of sales forecast by quantitative methods in a confectionery company. En: Global Conference on business and finance proceedings Institute of Business and Finance Research, (2015)

SCHOROEDER, R., Administración de operaciones: conceptos y casos contemporáneos, 5ta Ed., México, DF, Mc Graw-Hill/Interamericana de México, 2011, ISBN: 978-607-15-0600-9.

SCHOROEDER, ROGER, Administración de operaciones, 3ra ed., México, DF, Mc Graw-Hill/Interamericana de México, 1992, ISBN: 978-970-10-0088-5.

SIERRA, ADELA M. Pronóstico de la demanda. En: Conferencia de Gestión y Mercadotecnia 2016.

SIPPER, DANIEL AND BULFIN, ROBERT L., Planeación y control de la producción, México, DF, Mc Graw-Hill/Interamericana de México, 1998, ISBN: 970-10-1944-X.

STONER, JAMES, Administración, 5ta Ed., México, DF, Mc Graw-Hill/Interamericana de México, 1996.

SYNTETOS, A., «Forecasting for inventory planning: a 50-year review» Journal of the Operational Research Society, 2009, Vol. 60, 149-160, ISSN: 0160-5682/09.

URIEL, EZEQUIEL, Análisis de series temporales. Modelos ARIMA, Madrid, España, Colección Ábaco Paraninfo, 1995, ISBN: 978-842-83-1398-8.

WITT, STEPHEN F., «Modeling and forecasting demand in tourism» 1992,