



---

**“Pronóstico de servicios y maximización de las utilidades en empresa de  
mantenimiento técnico”**

**Abel Ernesto - Autalan Francisco Nahuel - Domínguez Gerónimo – Iruzubieta Odstrcil Matías  
Ignacio - López Bianca Dámaris - López Nassif Tamara Martina – Maza Sergio Nahuel**

**Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Tucumán  
Análisis Cuantitativo de Negocios I**

***eabel178@gmail.com - fautalan13@gmail.com - gerodominguez20@gmail.com -  
matiasiruzubieta13@gmail.com - biancadamlo@gmail.com - tamylopeznassif@gmail.com -  
mzasergionahuel62t@gmail.com***



## **Contenido**

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>Resumen .....</b>                    | <b>3</b>  |
| <b>Introducción .....</b>               | <b>4</b>  |
| <b>Planteamiento del Problema .....</b> | <b>4</b>  |
| <b>Objetivos.....</b>                   | <b>5</b>  |
| <b>Marco Metodológico.....</b>          | <b>5</b>  |
| <b>Recolección de datos.....</b>        | <b>6</b>  |
| <b>Marco Teórico.....</b>               | <b>6</b>  |
| <b>Pronósticos .....</b>                | <b>7</b>  |
| <b>Programación Lineal Entera .....</b> | <b>13</b> |
| <b>Recomendaciones .....</b>            | <b>17</b> |
| <b>Conclusiones.....</b>                | <b>17</b> |
| <b>Referencias y bibliografía.....</b>  | <b>19</b> |



### Resumen

El presente trabajo de investigación aplicada busca resolver los desafíos de planificación operativa y asignación de recursos en Grupo Preventivo S.A., una PyME tucumana de servicios de mantenimiento técnico. Debido a la alta variabilidad de la demanda, la empresa opera de manera reactiva, lo que dificulta la proyección de resultados y la estructuración de su capacidad. El objetivo de este estudio es pronosticar el volumen mensual de servicios y determinar la combinación óptima que maximice la contribución marginal. Metodológicamente, se adopta un diseño cuantitativo descriptivo-predictivo.

En una primera fase, se aplicaron modelos de series de tiempo (Promedios Móviles y Suavizamiento Exponencial) sobre datos históricos (enero 2025 - mayo 2026), proyectando una demanda total de 18 servicios para el período siguiente. Posteriormente, estos pronósticos alimentaron un modelo de Programación Lineal Entera, sujeto a restricciones de demanda, horas-hombre e insumos. Los resultados demostraron que la combinación óptima maximiza el margen en \$9.717.316, priorizando categorías de alto valor como Puertas Automáticas y Reparaciones Edilicias. Crucialmente, el análisis de sensibilidad reveló una utilización de apenas el 52,7% de la capacidad operativa instalada.

Se concluye que el verdadero cuello de botella del sistema es la demanda del mercado y no la disponibilidad técnica, indicando que la organización posee un amplio margen estructural para escalar financieramente sin requerir inversiones adicionales a corto plazo.

**Palabras clave:** Series de Tiempo, Programación Lineal Entera, Optimización de Recursos, Capacidad Ociosa, Mantenimiento Técnico.



## **Introducción**

En el contexto actual de las organizaciones de servicios, la capacidad de anticipar la demanda constituye una ventaja competitiva fundamental. Las empresas que operan bajo un modelo de orden de trabajo (donde la demanda es heterogénea, estacional e impredecible) enfrentan desafíos críticos en la planificación de recursos (humanos, materiales y financieros) y en la asignación óptima de la capacidad instalada. Esta incertidumbre operativa impacta directamente en decisiones cotidianas: desde la composición y dimensionamiento del equipo técnico hasta la política de precios, la negociación con proveedores y la proyección de resultados.

A diferencia de empresas con demanda estable o predecible, las PyMEs prestadoras de servicios técnicos carecen frecuentemente de modelos analíticos para sostener estas decisiones, operando de forma reactiva en lugar de planificada. Esta brecha entre la necesidad de información y los mecanismos disponibles para generarla constituye un problema de relevancia práctica inmediata.

El presente trabajo aborda esta problemática en el caso de Grupo Preventivo S.A., una PyME tucumana que presta servicios técnicos de mantenimiento a una cartera diversificada de clientes en la región NOA. Durante el período analizado, la empresa registró variabilidad sustancial en el volumen de trabajo (entre 9 y 25 órdenes de servicio mensuales), distribuido en seis categorías de servicio con contribuciones marginales heterogéneas. Esta variabilidad genera dos desafíos interconectados que el trabajo busca resolver: (1) pronosticar con precisión el volumen total y la composición de la demanda futura, y (2) determinar la combinación de servicios que maximiza el resultado operativo dada esa proyección de demanda.

Frente a esta problemática, el trabajo integra dos técnicas cuantitativas. Primero, mediante modelos de series de tiempo se proyecta la demanda futura (tanto total como por categoría), capturando patrones históricos y tendencias. Segundo, mediante programación lineal se resuelve el problema de asignación óptima de recursos, buscando maximizar la contribución marginal sujeta a restricciones operativas identificadas. Esta integración secuencial de pronósticos y programación lineal constituye un enfoque metodológico robusto para la toma de decisiones en contextos de incertidumbre.

De esta manera, el trabajo busca responder no solo a la pregunta de cuántos y qué tipo de servicios demandará el mercado en el próximo período, sino, fundamentalmente, proporcionar a la gerencia herramientas cuantitativas concretas para planificación operativa y financiera, reduciendo la brecha entre la demanda proyectada y la capacidad de respuesta. Adicionalmente, permite identificar cuellos de botella reales (de demanda, capacidad o recursos) versus restricciones percibidas, orientando las decisiones de inversión y expansión.

## **Planteamiento del Problema**

### **Situación Problemática**

El Grupo Preventivo S.A. presta servicios técnicos a una cartera amplia y variada de clientes en Tucumán y el NOA. La empresa registra entre 9 y 25 órdenes de trabajo por mes, con una composición variable en términos de categoría de servicio. Esta variabilidad impacta directamente en la capacidad de planificación: la gerencia no es capaz anticipar cuántos servicios se prestarán el

próximo mes, ni de qué tipo.

La ausencia de un modelo de pronóstico genera los siguientes problemas concretos:

- Dificultad para dimensionar el equipo técnico según la demanda esperada.
- Incapacidad de planificar con anticipación la provisión de repuestos y materiales.
- Imposibilidad de comprometer recursos financieros con certeza.
- Falta de información para negociar con clientes recurrentes o ajustar precios por categoría.

Adicionalmente, la empresa no dispone de ningún criterio cuantitativo para decidir cuál es la combinación de servicios más conveniente en términos de rentabilidad o utilización de la capacidad instalada, lo que hace que la asignación de recursos sea reactiva en lugar de planificada.

### **Preguntas de Investigación**

1. ¿Cuál será el volumen total de servicios que demandará la cartera de clientes en el próximo período?
2. ¿Cómo se distribuirá esa demanda entre las distintas categorías de servicio?
3. ¿Cuál es la mejor combinación de servicios a prestar dados los recursos disponibles y la demanda proyectada?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

El objetivo de este trabajo es pronosticar el volumen y composición de servicios técnicos de Grupo Preventivo S.A. para el próximo período, y determinar mediante programación lineal la combinación óptima de servicios a prestar, con el fin de apoyar la planificación operativa y financiera de la empresa.

### **Objetivos Específicos**

1. Determinar el volumen total de servicios para el próximo período.
2. Identificar como se distribuirán los servicios prestados entre las diferentes categorías.
3. Encontrar la mejor combinación de servicios prestados para obtener el mayor ingreso posible.

## **Marco Metodológico**

La investigación adopta un enfoque cuantitativo con diseño descriptivo-predictivo. Según Hernández Sampieri (2021), el enfoque cuantitativo busca medir fenómenos mediante procedimientos estadísticos y matemáticos, lo cual resulta adecuado cuando el objetivo es modelar el comportamiento de una variable en el tiempo y proyectarla hacia el futuro. El diseño no experimental longitudinal permite analizar cómo evolucionó la demanda de servicios a lo largo del período disponible y construir modelos que extiendan esa evolución.

El trabajo se organiza en tres etapas metodológicas secuenciales:

- **Etapla 1:** Análisis histórico.  
Estudio exploratorio de la serie de órdenes de trabajo mensuales (totales y por categoría) para identificar tendencia, estacionalidad y variabilidad residual.
- **Etapla 2:** Pronóstico  
Aplicación y comparación de modelos de series de tiempo (promedio móvil simple y



ponderado, suavizamiento exponencial, descomposición multiplicativa y línea de tendencia) para pronosticar el volumen total y por categoría de servicios del próximo período.

- **Etapas 3: Programación lineal**

Formulación de un modelo de programación lineal que, tomando el pronóstico como dato de entrada, determine la combinación óptima de servicios a prestar dado un conjunto de restricciones operativas.

### **Recolección de datos**

Los datos utilizados en este trabajo fueron provistos directamente por Grupo Preventivo S.A. a partir de su sistema interno de registro de órdenes de trabajo. La fuente es primaria, lo que garantiza la confiabilidad de la información y permite la trazabilidad de cada registro.

La base de datos comprende el período enero 2025 – mayo 2026 y fue organizada en planillas de cálculo por la propia empresa, estructuradas por remito mensual. Cada registro contiene las variables detalladas en el apartado de técnicas de recolección. Cada registro contiene:

- Número de OT (orden de trabajo)
- Cliente y sucursal / localidad
- Descripción del problema y servicio prestado
- Monto de la hoja de cotización (monto facturado)
- IVA discriminado
- Categoría del servicio
- Forma de pago (efectivo / transferencia)
- Emisión de factura (sí / no)

### **Marco Teórico**

#### **Pronósticos Cuantitativos de Series de Tiempo**

Los pronósticos cuantitativos se basan en el análisis de datos históricos para proyectar comportamientos futuros. Render, Stair y Hanna (2012) definen los pronósticos de series de tiempo como modelos que suponen que el futuro es función del pasado y que los patrones históricos continuarán. Dentro de este marco, existen distintos enfoques con diferente sensibilidad a los datos recientes y capacidad para capturar componentes estructurales.

El promedio móvil simple (PMS) calcula la media aritmética de las últimas N observaciones y resulta útil cuando la serie no presenta tendencia marcada. El promedio móvil ponderado (PMP) asigna mayor importancia a las observaciones más recientes, lo que lo hace más reactivo ante cambios. El suavizamiento exponencial introduce un parámetro  $\alpha$  que controla el peso relativo del pasado reciente y es ampliamente utilizado por su simplicidad y buena performance en series estables.

Para series con tendencia y estacionalidad, la descomposición multiplicativa permite aislar cada componente: la tendencia (T), la estacionalidad (E) y el componente irregular (I), expresando la demanda como  $Y = T \times E \times I$ . Este enfoque es especialmente pertinente para datos con patrones estacionales marcados, como los de la empresa bajo estudio.

La selección del modelo más adecuado se realiza mediante métricas de error: la Desviación Absoluta Media (MAD) y la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE), que permiten comparar la precisión de los distintos modelos sobre los datos históricos disponibles.

### **Programación Lineal**

La programación lineal es una técnica de optimización matemática que busca maximizar o minimizar una función objetivo lineal sujeta a un conjunto de restricciones también lineales (Render et al., 2012). Su aplicación en el ámbito de la asignación de recursos es una de las más frecuentes en el análisis cuantitativo de negocios.

En el contexto del presente trabajo, la PL se utilizará para determinar la combinación óptima de categorías de servicios a prestar dado el pronóstico de demanda, sujeto a restricciones de capacidad técnica, tiempo disponible o cualquier otro recurso limitante que la empresa identifique. La función objetivo puede orientarse a maximizar los ingresos esperados, maximizar la utilización de la capacidad instalada, o minimizar costos operativos.

La integración de pronósticos y programación lineal constituye un enfoque metodológico secuencial donde la salida del primer modelo (pronóstico de demanda) se convierte en la entrada del segundo (maximización del beneficio), brindando al gerente un sistema de apoyo a la decisión más completo que cualquiera de los dos modelos por separado.

### **Modelos de Construcción en Administración**

Según Render et al. (2012), la construcción de modelos en administración implica representar la realidad de forma simplificada para facilitar el análisis y la toma de decisiones. Un modelo descriptivo describe el comportamiento de un sistema tal como es (análisis histórico y pronóstico), mientras que un modelo de optimización prescribe la mejor decisión posible dadas las restricciones del sistema (programación lineal). El presente trabajo combina ambos tipos de modelo en una secuencia analítica integrada.

## **Pronósticos**

### **Unificación y preparación de los datos**

Un primer paso metodológico necesario fue la unificación de la base de datos. La empresa registra sus órdenes de trabajo en planillas mensuales separadas, organizadas por remito. Para poder realizar el análisis de series de tiempo, fue necesario integrar todos los registros en una única base de datos consolidada, asignando a cada OT su período correspondiente (mes y año).

A continuación, se procedió a clasificar cada orden de trabajo según su categoría de servicio. Las categorías identificadas en la base son: Reparación de Equipos Gastronómicos, Limpieza de Extracciones, Reparaciones Edilicias, Aires Acondicionados, Puertas Automáticas, y un grupo residual denominado "Otros" que agrupa categorías con menor frecuencia (Maquinaria Pesada, Revisiones, Trabajos de Plomería, Electricidad, Carpintería, Refrigeración, Calefacción, entre otros).

### **Órdenes de trabajo por período y categoría**

La siguiente tabla resume la cantidad de servicios prestados en cada mes, desagregada por categoría:

| Etiquetas de fila | AIRES ACONDICIONADOS | LIMPIEZA DE EXTRACCIONES | PUERTAS AUTOMATICAS | REPARACION DE EQUIPOS GASTRONOMICOS | REPARACIONES EDILICIAS | OTROS | TOTAL |
|-------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------|-------|-------|
| ene-25            | 3                    | 4                        | 1                   | 2                                   | 1                      | 5     | 16    |
| feb-25            | 4                    | 2                        | 1                   | 4                                   | 1                      | 3     | 15    |
| mar-25            |                      | 1                        |                     | 3                                   | 6                      | 0     | 10    |
| abr-25            |                      | 4                        | 2                   | 1                                   |                        | 2     | 9     |
| may-25            | 2                    | 1                        | 6                   | 5                                   | 2                      | 2     | 18    |

|              |           |           |           |            |           |           |            |
|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| jun-25       |           | 5         | 1         | 1          | 3         | 1         | 11         |
| jul-25       |           | 7         |           | 4          | 8         | 1         | 20         |
| ago-25       |           | 9         |           | 5          | 1         | 2         | 17         |
| sep-25       | 2         | 10        | 1         | 5          | 1         | 1         | 20         |
| oct-25       | 1         | 6         |           | 14         | 2         | 2         | 25         |
| nov-25       | 3         | 5         | 1         | 10         | 1         | 1         | 21         |
| dic-25       | 3         | 5         | 2         | 9          | 1         | 3         | 23         |
| ene-26       | 5         | 1         | 4         | 8          | 1         | 2         | 21         |
| feb-26       | 3         | 5         | 1         | 10         | 2         | 0         | 21         |
| mar-26       | 1         | 4         | 1         | 7          | 2         | 2         | 17         |
| abr-26       | 2         | 6         | 1         | 10         | 2         | 1         | 22         |
| may-26       |           | 2         | 2         | 6          | 3         | 1         | 14         |
| <b>TOTAL</b> | <b>29</b> | <b>77</b> | <b>24</b> | <b>104</b> | <b>37</b> | <b>29</b> | <b>300</b> |

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el volumen total mensual oscila entre 9 (abril 2025) y 25 (octubre 2025) órdenes de trabajo, con una media de aproximadamente 17,6 servicios por mes. La variabilidad es evidente tanto en el total como en cada categoría.

El análisis de la composición de la cartera de servicios a lo largo de todo el período muestra una marcada concentración en dos categorías principales:

| Categoría de Servicio               | OT totales | % del total |
|-------------------------------------|------------|-------------|
| Reparación de Equipos Gastronómicos | 104        | 34,70%      |
| Limpieza de Extracciones            | 77         | 25,70%      |
| Reparaciones Edilicias              | 37         | 12,30%      |
| Aires Acondicionados                | 29         | 9,70%       |
| Otros (agrupados)                   | 29         | 9,70%       |
| Puertas Automáticas                 | 24         | 8,00%       |

Fuente: Elaboración propia.

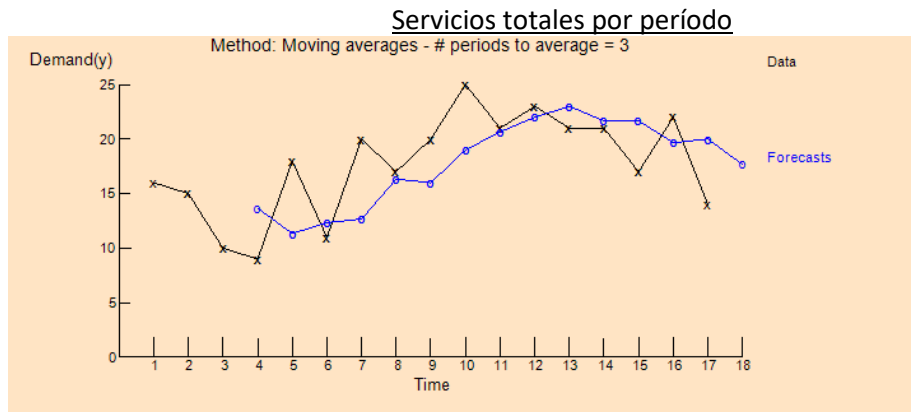
La Reparación de Equipos Gastronómicos y la Limpieza de Extracciones concentran el 60,3% de todos los servicios prestados. Junto con Reparaciones Edilicias y Aires Acondicionados, las cuatro primeras categorías explican el 82,3% del total. Estos datos orientan la selección de categorías prioritarias para el análisis de pronóstico.

### **Pronóstico global de servicios**

En una primera instancia, se analizó la serie de servicios totales mensuales. Se aplicaron tres modelos de pronóstico cuantitativo mediante la herramienta QM: Promedio Móvil Simple ( $n=3$ ), Promedio Móvil Ponderado (pesos 7-2-1), Suavizamiento Exponencial ( $\alpha=0,8$ ). Los resultados de error y pronóstico para el próximo período se presentan a continuación:

| Modelo                | Parámetros      | MAD  | MSE   | MAPE   | Pronóstico   |
|-----------------------|-----------------|------|-------|--------|--------------|
| Prom. Móvil Simple    | $n = 3$         | 3,4  | 17,36 | 20,37% | $\approx 18$ |
| Prom. Móvil Ponderado | $a=7, b=2, c=1$ | 3,8  | 20,37 | 22,47% | $\approx 16$ |
| Suav. Exponencial     | $\alpha = 0,8$  | 3,85 | 21    | 24,05% | $\approx 15$ |

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración por QM.

El promedio móvil simple presenta el menor MAD (3,4) entre los modelos evaluados para la serie global, resultando el más preciso. Su pronóstico para el próximo período es de aproximadamente 18 servicios.

#### **Pronóstico por categorías**

Dado que las categorías de servicio presentan comportamientos independientes, se aplicó el mismo procedimiento de pronóstico de forma individual para todas las categorías. A continuación, se presentan los resultados por categoría:

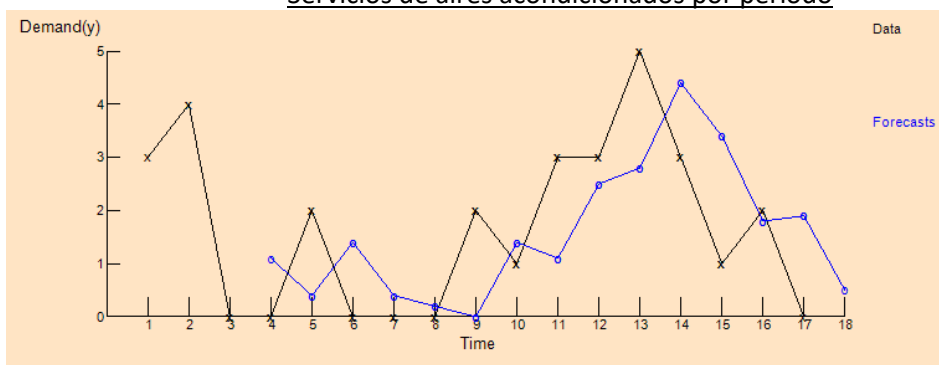
- Aires acondicionados:

| Modelo                | Parámetros      | MAD   | MSE   | MAPE   | Pronóstico  |
|-----------------------|-----------------|-------|-------|--------|-------------|
| Prom. Móvil Simple    | $n = 3$         | 1,381 | 2,571 | 47,06% | $\approx 1$ |
| Prom. Móvil Ponderado | $a=7, b=2, c=1$ | 1,257 | 2,154 | 45,76% | $\approx 1$ |
| Suav. Exponencial     | $\alpha = 0,8$  | 1,418 | 2,89  | 44,07% | $\approx 1$ |

Fuente: Elaboración propia.

Para Limpieza de Extracciones, el promedio móvil ponderado registra el menor MAD (1,257) siendo el modelo de menor error. Su pronóstico para el próximo período es de aproximadamente 1 servicios.

### Servicios de aires acondicionados por período



Fuente: Elaboración por QM.

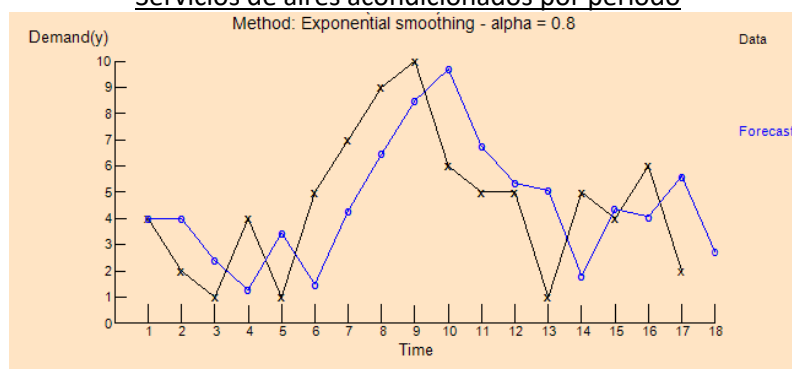
- Limpieza de Extracciones:

| Modelo                | Parámetros      | MAD  | MSE  | MAPE   | Pronóstico  |
|-----------------------|-----------------|------|------|--------|-------------|
| Prom. Móvil Simple    | $n = 3$         | 2,64 | 8,34 | 84,51% | $\approx 4$ |
| Prom. Móvil Ponderado | $a=7, b=2, c=1$ | 2,49 | 7,27 | 88,47% | $\approx 3$ |
| Suav. Exponencial     | $\alpha = 0,8$  | 2,36 | 6,76 | 93,85% | $\approx 3$ |

Fuente: Elaboración propia.

Para Limpieza de Extracciones, todos los modelos presentan un MAPE muy elevado. Por lo tanto, ninguno de los modelos explica la variabilidad de la demanda. La gestión tendrá que basarse en un enfoque cualitativo para obtener un estimado.

### Servicios de aires acondicionados por período



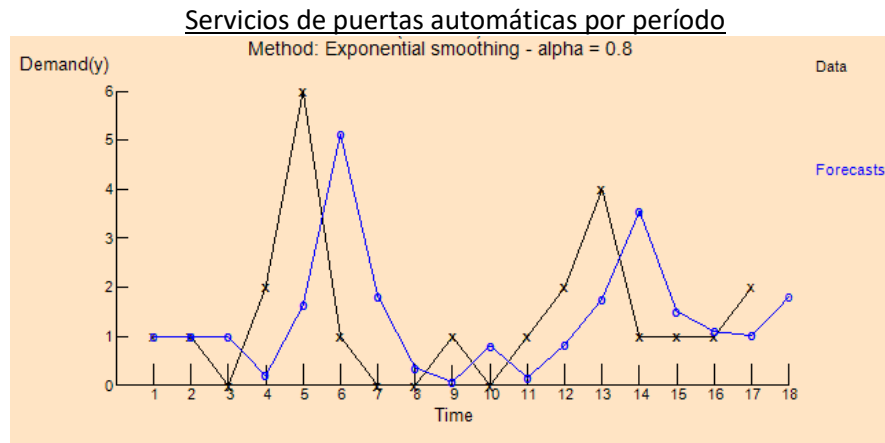
Fuente: Elaboración por QM.

- Puertas Automáticas:

| Modelo                | Parámetros      | MAD  | MSE  | MAPE   | Pronóstico  |
|-----------------------|-----------------|------|------|--------|-------------|
| Prom. Móvil Simple    | $n = 3$         | 1,71 | 4,38 | 72,02% | $\approx 1$ |
| Prom. Móvil Ponderado | $a=7, b=2, c=1$ | 1,64 | 4,08 | 85,00% | $\approx 2$ |
| Suav. Exponencial     | $\alpha = 0,8$  | 1,48 | 3,75 | 76,98% | $\approx 2$ |

Fuente: Elaboración propia.

Para Puertas Automáticas, el suavizamiento exponencial presenta los mejores indicadores en MAD (1,48), MSE (3,75) y especialmente en MAPE (76,98%), siendo el modelo más preciso en términos relativos. Su pronóstico para el próximo período es de aproximadamente 2 servicios.



Fuente: Elaboración por QM.

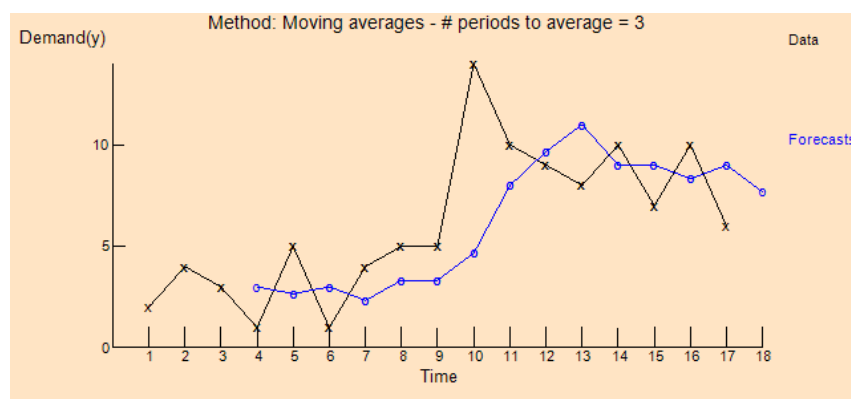
- Reparación de Equipos Gastronómicos:

| Modelo                | Parámetros      | MAD  | MSE   | MAPE   | Pronóstico  |
|-----------------------|-----------------|------|-------|--------|-------------|
| Prom. Móvil Simple    | $n = 3$         | 2,43 | 9,94  | 56,56% | $\approx 8$ |
| Prom. Móvil Ponderado | $a=7, b=2, c=1$ | 2,56 | 10,46 | 65,58% | $\approx 7$ |
| Suav. Exponencial     | $\alpha = 0,8$  | 2,5  | 9,95  | 64,56% | $\approx 7$ |

Fuente: Elaboración propia.

Para Equipos Gastronómicos, el promedio móvil simple presenta el menor MAD (2,43) y el menor MSE (9,94) entre todos los modelos. Su pronóstico para el próximo período es de aproximadamente 8 servicios.

**Servicios de reparaciones de equipo gastronómico por período**



Fuente: Elaboración por QM.

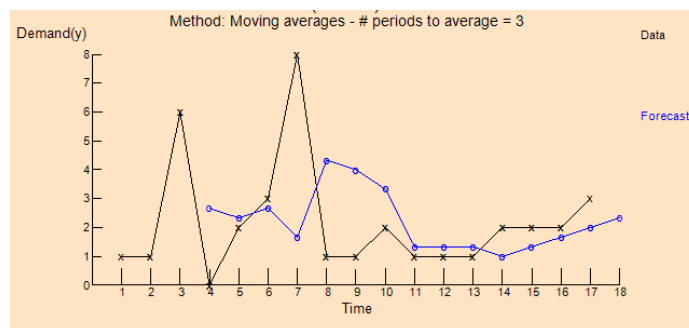
- Reparaciones edilicias:

| Modelo                | Parámetros      | MAD   | MSE   | MAPE   | Pronóstico  |
|-----------------------|-----------------|-------|-------|--------|-------------|
| Prom. Móvil Simple    | $n = 3$         | 1,524 | 5,159 | 74,31% | $\approx 3$ |
| Prom. Móvil Ponderado | $a=7, b=2, c=1$ | 1,6   | 6,174 | 75,39% | $\approx 3$ |
| Suav. Exponencial     | $\alpha = 0,8$  | 1,79  | 7,507 | 74,47% | $\approx 3$ |

Fuente: Elaboración propia.

Para las reparaciones edilicias, el promedio móvil simple presenta el menor MAD (1,524) y el menor MSE (5,159) entre todos los modelos. Su pronóstico para el próximo período es de aproximadamente 3 servicios.

#### Servicios de reparaciones edilicias por período



Fuente: Elaboración por QM.

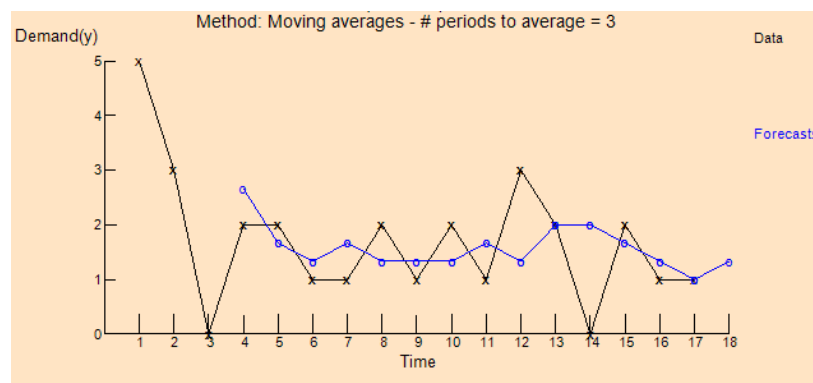
- Otros:

| Modelo                | Parámetros      | MAD   | MSE   | MAPE   | Pronóstico  |
|-----------------------|-----------------|-------|-------|--------|-------------|
| Prom. Móvil Simple    | $n = 3$         | 0,619 | 0,683 | 30,16% | $\approx 2$ |
| Prom. Móvil Ponderado | $a=7, b=2, c=1$ | 0,85  | 1,012 | 44,64% | $\approx 2$ |
| Suav. Exponencial     | $\alpha = 0,8$  | 1,159 | 2,033 | 47,96% | $\approx 2$ |

Fuente: Elaboración propia.

Para las reparaciones edilicias, el promedio móvil simple presenta el menor MAD (0,619) y el menor MSE (0,683) entre todos los modelos. Su pronóstico para el próximo período es de aproximadamente 2 servicios.

#### Otros servicios por período



Fuente: Elaboración por QM.

### **Conclusiones del análisis de pronóstico**

Luego de evaluar tres modelos de pronóstico para la serie global y para cada categoría representativa, se seleccionó en cada caso el modelo con menor error según las métricas MAD y MSE. La siguiente tabla resume los modelos seleccionados y los pronósticos para el próximo período:

| Serie analizada            | Modelo seleccionado                | MAD   | MSE   | MAPE   | Pronóstico |
|----------------------------|------------------------------------|-------|-------|--------|------------|
| Servicios Totales          | Prom. Móvil Simple (n=3)           | 3,4   | 17,36 | 20,37% | ≈ 18       |
| Limpieza de Extracciones   | Suav. Exponencial ( $\alpha=0,8$ ) | 2,36  | 6,76  | 93,85% | ≈ 3        |
| Puertas Automáticas        | Suav. Exponencial ( $\alpha=0,8$ ) | 1,48  | 3,75  | 76,98% | ≈ 2        |
| Rep. Equipos Gastronómicos | Prom. Móvil Simple (n=3)           | 2,43  | 9,94  | 56,56% | ≈ 8        |
| Aires acondicionados       | Prom. Móvil Ponderado              | 1,257 | 2,154 | 45,76% | ≈ 1        |
| Reparaciones edilicias     | Prom. Móvil Simple (n=3)           | 1,524 | 5,159 | 74,31% | ≈ 3        |
| Otros                      | Prom. Móvil Simple (n=3)           | 0,619 | 0,683 | 30,16% | ≈ 2        |

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis se desprenden las siguientes conclusiones:

- La serie de servicios totales muestra una variabilidad moderada sin una estacionalidad marcada, lo que favorece al Promedio Móvil Simple como modelo de referencia. Se pronostica un volumen de aproximadamente 18 servicios para el próximo período.
- La Limpieza de Extracciones presenta mayor irregularidad relativa (MAPE elevado en todos los modelos), reflejando que esta demanda es más difícil de anticipar con precisión. El Suavizamiento Exponencial es el modelo que mejor captura los cambios recientes en esta serie.
- Puertas Automáticas y Reparación de Equipos Gastronómicos exhiben una tendencia levemente creciente. Para la primera, el suavizamiento exponencial es el que mejor desempeño tiene, no así para el segundo que posee un mejor desempeño el promedio móvil simple. En particular, la categoría gastronómica muestra el crecimiento más sostenido (pendiente de 0,49 OT/mes).
- Los pronósticos obtenidos constituyen la base de entrada para la etapa de la programación lineal, donde se determinará la combinación de servicios que maximice el resultado operativo de la empresa.
- Es importante aclarar que, dado que el MAPE es demasiado alto, como por ejemplo en extracciones es del 93,85%, esto nos indica que el modelo cuantitativo no explica la variabilidad de la demanda, por lo que la gestión debe basarse en un enfoque cualitativo/juicio de expertos, y además se aconseja que se lleve un monitoreo más profundo para repetir el análisis de nuevo.

### **Programación Lineal Entera**

El presente modelo de programación lineal tiene como objetivo determinar la combinación óptima de servicios a prestar durante el mes, de modo de maximizar la contribución marginal total, respetando las restricciones operativas, de demanda y de recursos de la empresa.

### **Variables de Decisión**

Se definen seis variables de decisión, cada una representando la cantidad de servicios a realizar en cada categoría durante el período:

| Variable | Categoría de Servicio               | Descripción                                                  |
|----------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| AI       | Aires acondicionados                | Cantidad de servicios de aires acondicionados a realizar     |
| LE       | Limpieza de extracciones            | Cantidad de limpiezas de extracciones a realizar             |
| PA       | Puertas automáticas                 | Cantidad de servicios de puertas automáticas a realizar      |
| REG      | Reparación de equipos gastronómicos | Cantidad de reparaciones de equipos gastronómicos a realizar |
| RE       | Reparaciones edilicias              | Cantidad de reparaciones edilicias a realizar                |
| O        | Otros                               | Cantidad de otros servicios a realizar                       |

Fuente: Elaboración propia

Todas las variables son enteras no negativas ( $x_i \in \mathbb{Z}$ ,  $x_i \geq 0$ ), dado que no tiene sentido fraccionar la prestación de un servicio. La variable de decisión O (Otros) reúne categorías que por sí solas tiene muy poca frecuencia.

#### Función Objetivo

Se busca maximizar la contribución marginal total. Los coeficientes representan la contribución marginal unitaria (en pesos) de cada categoría de servicio:

$$\text{Max FO} = 441.265 \text{ AI} + 502.929 \text{ LE} + 1.470.379 \text{ PA} + 366.337 \text{ REG} + 526.960 \text{ RE} + 314.930 \text{ O}$$

#### Restricciones

- Restricciones de Demanda (R1 a R7)

Estas restricciones surgen de los pronósticos de demanda elaborados para el período. Se establecen tope máximos tanto para la demanda total como para cada categoría individual:

| N° | Expresión Matemática                                                            | Límite | Descripción                                     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|
| R1 | $\text{AI} + \text{LE} + \text{PA} + \text{REG} + \text{RE} + \text{O} \leq 18$ | 18     | Cantidad máxima total de servicios pronosticada |
| R2 | $\text{AI} \leq 2$                                                              | 2      | Máximo de aires acondicionados                  |
| R3 | $\text{LE} \leq 4$                                                              | 4      | Máximo de limpiezas de extracciones             |
| R4 | $\text{PA} \leq 2$                                                              | 2      | Máximo de puertas automáticas                   |
| R5 | $\text{REG} \leq 8$                                                             | 8      | Máximo de reparaciones gastronómicas            |
| R6 | $\text{RE} \leq 2$                                                              | 2      | Máximo de reparaciones edilicias                |
| R7 | $\text{O} \leq 2$                                                               | 2      | Máximo de otros servicios                       |

Fuente: Elaboración propia.

- Restricción de Capacidad (R8)

Esta restricción refleja las horas hombre disponibles mensualmente y los requerimientos de mano de obra por tipo de servicio, datos provistos directamente por la empresa:

$$\text{R8 : } 12 \text{ AI} + 40 \text{ LE} + 18 \text{ PA} + 6 \text{ REG} + 18 \text{ RE} + 12 \text{ O} \leq 588 \text{ horas}$$

Los coeficientes indican las horas hombre requeridas por cada servicio en cada categoría. La solución óptima consume 310 de las 588 horas disponibles, representando una utilización del 52,7% de la capacidad, lo que indica que la restricción de capacidad no resulta activa en este período.

- Restricciones de Clientes Frecuentes (R9, R10, R11)

Estas restricciones establecen pisos mínimos garantizados por compromisos con clientes recurrentes cuya demanda es conocida con certeza:

| N°  | Expresión Matemática | Descripción                                     |
|-----|----------------------|-------------------------------------------------|
| R9  | $REG \geq 2$         | Cliente frecuente en reparaciones gastronómicas |
| R10 | $RE \geq 2$          | Cliente frecuente en reparaciones edilicias     |
| R11 | $O \geq 1$           | Cliente frecuente en la categoría Otros         |

Fuente: Elaboración propia.

- Restricción de Desengrasante (R12)

Esta restricción refleja la disponibilidad mensual del insumo desengrasante, utilizado exclusivamente en la limpieza de extracciones. La empresa adquiere 20 litros mensuales y cada servicio de limpieza requiere 2,5 litros:

$$R12 : 2,5 x_2 \leq 20 \text{ litros}$$

En la solución óptima se realizan 4 limpiezas, consumiendo 10 litros (50% del stock disponible). El insumo no constituye una restricción activa.

### **Solución Óptima**

Resuelto el modelo, la combinación óptima de servicios que maximiza la contribución marginal mensual es la siguiente:

| Variable | Categoría de Servicio               | CM Unitaria (\$) | Cantidad Óptima |
|----------|-------------------------------------|------------------|-----------------|
| AI       | Aires acondicionados                | 441.265          | 1               |
| LE       | Limpieza de extracciones            | 502.929          | 3               |
| PA       | Puertas automáticas                 | 1.470.379        | 2               |
| REG      | Reparación de equipos gastronómicos | 366.337          | 8               |
| RE       | Reparaciones edilicias              | 526.960          | 3               |
| O        | Otros                               | 314.930          | 1               |

Fuente: Elaboración propia.

### **Contribución marginal máxima: \$ 9.717.316**

Del análisis se desprenden las siguientes conclusiones:

- El modelo de programación lineal permitió identificar la combinación de servicios que maximiza la contribución marginal mensual, alcanzando un valor óptimo de \$9.717.316.
- La solución indica prestar los 18 servicios totales pronosticados, distribuidos de forma que se prioricen las categorías de mayor contribución unitaria: las puertas automáticas (\$1.470.379 por servicio) y las reparaciones edilicias (\$526.960) se cubren en su totalidad.
- Un resultado destacable es que la restricción de capacidad de horas hombre no resulta activa: la empresa consumiría solo 310 de las 588 horas disponibles (52,7%), lo que evidencia una capacidad ociosa significativa. La limitación real del modelo la imponen las restricciones de demanda por categoría, derivadas de los pronósticos. Esto implica que, si en meses futuros los pronósticos proyectan mayor demanda, la empresa tiene margen

operativo para absorber ese crecimiento sin necesidad de ampliar su dotación de personal.

- El desengrasante tampoco es una restricción activa: se utilizarían 10 de los 20 litros disponibles, por lo que el stock mensual es más que suficiente para la operación óptima.
- En síntesis, el cuello de botella del negocio en este período no es la capacidad ni los insumos, sino la demanda. Toda acción orientada a incrementar la cartera de clientes o captar mayor volumen de servicios, especialmente en las categorías de mayor margen, tendría impacto directo y positivo en la contribución marginal, sin requerir inversión adicional en recursos humanos ni insumos en el corto plazo.

### **Informe de respuesta**

A continuación, se muestra el informe de respuesta extraído del Excel tras realizar la programación lineal.

Celda objetivo (Máx)

| Celda  | Nombre | Valor original | Valor final  |
|--------|--------|----------------|--------------|
| \$H\$3 | FO     | \$ 9.768.213   | \$ 9.717.316 |

Celdas de variables

| Celda  | Nombre | Valor original | Valor final | Entero |
|--------|--------|----------------|-------------|--------|
| \$B\$2 | VD AI  | 2              | 1           | Entero |
| \$C\$2 | VD LE  | 4              | 3           | Entero |
| \$D\$2 | VD PA  | 2              | 2           | Entero |
| \$E\$2 | VD REG | 7              | 8           | Entero |
| \$F\$2 | VD RE  | 2              | 3           | Entero |
| \$G\$2 | VD O   | 1              | 1           | Entero |

Fuente: Elaborado por Excel.

Restricciones

| Celda                | Nombre | Valor de la celda | Fórmula          | Estado        | Demora |
|----------------------|--------|-------------------|------------------|---------------|--------|
| \$H\$12              | R9     | 8                 | \$H\$12>=\$J\$12 | No vinculante | 6      |
| \$H\$13              |        | 3                 | \$H\$13>=\$J\$13 | No vinculante | 1      |
| \$H\$14              | R11    | 1                 | \$H\$14>=\$J\$14 | Vinculante    | 0      |
| \$H\$15              | R12    | 7,5               | \$H\$15<=\$J\$15 | No vinculante | 12,5   |
| \$H\$4               | R1     | 18                | \$H\$4<=\$J\$4   | Vinculante    | 0      |
| \$H\$5               | R2     | 1                 | \$H\$5<=\$J\$5   | Vinculante    | 0      |
| \$H\$6               | R3     | 3                 | \$H\$6<=\$J\$6   | Vinculante    | 0      |
| \$H\$7               | R4     | 2                 | \$H\$7<=\$J\$7   | Vinculante    | 0      |
| \$H\$8               | R5     | 8                 | \$H\$8<=\$J\$8   | Vinculante    | 0      |
| \$H\$9               | R6     | 3                 | \$H\$9<=\$J\$9   | Vinculante    | 0      |
| \$H\$10              | R7     | 1                 | \$H\$10<=\$J\$10 | No vinculante | 1      |
| \$H\$11              | R8     | 282               | \$H\$11<=\$J\$11 | No vinculante | 306    |
| \$B\$2:\$G\$2=Entero |        |                   |                  |               |        |

Fuente: Elaborado por Excel.



### **Recomendaciones**

Basados en los hallazgos arrojados por el modelo de optimización y los pronósticos de demanda, se proponen las siguientes acciones estratégicas y operativas para la gerencia de Grupo Preventivo S.A.:

1. **Reorientación del Enfoque Comercial:** Dado que existe una capacidad ociosa de horas-hombre del 47,3%, la empresa debe enfocar sus recursos inmediatos en estrategias de ventas y marketing. Se sugiere diseñar acciones comerciales direccionadas específicamente a captar clientes en los rubros de "Puertas Automáticas" y "Reparaciones Edilicias". Al ser las áreas de mayor contribución marginal y al no existir restricciones de capacidad, cada nuevo servicio captado en estas categorías impactará directamente en la rentabilidad neta.
2. **Mitigación de la Incertidumbre (Contratos Retentivos):** Para contrarrestar la alta volatilidad de la demanda (reflejada en los altos valores de MAPE) se recomienda implementar estrategias de retención. La empresa debería buscar convertir servicios correctivos esporádicos en abonos de mantenimiento preventivo mensual o bimestral, estabilizando así los ingresos y facilitando una planificación más precisa.
3. **Gestión Interna de la Capacidad Ociosa:** Mientras las estrategias comerciales surten efecto y se nivela la demanda con la capacidad instalada, se aconseja utilizar el tiempo ocioso del equipo técnico en capacitación cruzada (formando técnicos para que puedan cubrir las categorías de mayor rentabilidad) y en la optimización de los procesos internos de taller.
4. **Actualización Periódica del Modelo:** El análisis cuantitativo no debe considerarse un estudio estático. Se recomienda a la gerencia incorporar este modelo como una herramienta de uso mensual. Al ingresar la demanda real obtenida cada mes, los errores de pronóstico tenderán a suavizarse y la programación lineal ajustará continuamente la cartera ideal de servicios, permitiendo una toma de decisiones sostenida en el tiempo.

### **Conclusiones**

A partir del análisis cuantitativo desarrollado para Grupo Preventivo S.A., se ha logrado responder a las preguntas de investigación y cumplir con los objetivos planteados, integrando exitosamente herramientas de pronóstico y optimización lineal.

En primer lugar, los modelos de series de tiempo permitieron proyectar un volumen total de 18 servicios para el próximo período, con una composición liderada por la Reparación de Equipos Gastronómicos. Sin embargo, los elevados márgenes de error relativo (MAPE) en categorías como la Limpieza de Extracciones evidencian una fuerte irregularidad histórica. Esto confirma que los datos del pasado no explican en su totalidad las fluctuaciones de este mercado, haciendo indispensable complementar el análisis matemático con un enfoque cualitativo y el juicio experto de la gerencia.

En segundo lugar, el modelo de programación lineal demostró ser una herramienta fundamental para la estructuración táctica. Se determinó que la combinación óptima para alcanzar el mayor ingreso posible (una contribución marginal máxima de \$9.717.316) exige satisfacer íntegramente la demanda proyectada en las categorías de mayor rentabilidad unitaria: Puertas Automáticas y Reparaciones Edilicias.

La conclusión más crítica y reveladora del análisis radica en la identificación de la verdadera restricción del negocio. Contrario a las percepciones habituales sobre limitaciones de tiempo o personal en el rubro de servicios, el modelo evidenció una utilización de apenas el 52,7% de las horas-hombre disponibles. La restricción limitante es netamente comercial y de mercado, no operativa ni técnica. En consecuencia, la empresa cuenta con una sólida holgura estructural para expandir su



cartera de trabajos sin necesidad de incrementar sus costos fijos operativos, de personal o de insumos en el corto plazo.



### **Referencias y bibliografía**

- Anderson D., Sweeney D., Williams T., Camm J., Martin K. (2011). Métodos cuantitativos para los negocios. México D.F., México: Cengage Learning.
- Eppen, G. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. México DF, México: Prentice-Hall.
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.
- Medina Galván, M. E., & García, J. A. (2026). Análisis Cuantitativo de Negocios I. Libro Digital. Instituto de Administración, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Tucumán.
- Render, B., Stair, R. M., Hanna, M. E., & Hale, T. S. (2012). Métodos cuantitativos para los negocios (12a ed.). Pearson Educación.
- Taha H. (2012). Investigación de Operaciones. México D.F., México: Pearson.