



DE LOS DATOS A LA DECISIÓN:

PRONÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN EN UNA EMPRESA DE TECNOLOGÍA AGRÍCOLA

Alcorta, Santiago - Dayoub, María del Rosario - Frías Silva, Francisco - Gramajo,

Facundo José - Paz Mendilaharzu, Agustina - Paz Posse, Pilar - Torino, María - Zavalía

Paz, Belén

santiagoalcorta25@gmail.com - mariadelrosariodayoub@gmail.com -

friassilva@gmail.com - facundojgramajo@gmail.com -

agustinapazmendilaharzu@gmail.com - pilarm.pazposse@gmail.com -

merytorino2002@gmail.com - beluzavaliapaz@gmail.com

Resumen

SkyDrone Tech es una empresa tucumana dedicada a la agricultura de precisión mediante drones y tecnologías avanzadas. Ante la falta de herramientas formales de análisis, el trabajo propone aplicar modelos cuantitativos para mejorar la toma de decisiones operativas. Se recopilaban datos históricos de ingresos y costos entre 2022 y 2025, que fueron limpiados, organizados y analizados con herramientas como series de tiempo y programación lineal.

Se identificaron tres unidades clave por su aporte a la utilidad neta: Aplicaciones, Ensayos y DJI. Para cada una se elaboraron pronósticos de demanda utilizando distintos modelos, seleccionando el más preciso en cada caso según el desvío medio absoluto. Los resultados mostraron una clara estacionalidad en Aplicaciones y Ensayos, mientras que la demanda de DJI fue más irregular.

Con estos pronósticos, se formuló un modelo de programación lineal entera para maximizar la contribución marginal total durante mayo de 2025, considerando restricciones de capacidad operativa, políticas internas, presupuesto y demanda mínima. La solución óptima propuso una distribución de servicios que permite aprovechar al máximo los recursos disponibles.

El trabajo evidencia cómo el uso de herramientas cuantitativas permite tomar decisiones informadas, mejorar el uso de los recursos y aumentar la rentabilidad. Se propone esta metodología como base replicable para empresas tecnológicas del sector agroindustrial que buscan profesionalizar su gestión.

Palabras Clave: análisis cuantitativo, pronóstico, programación lineal, toma de decisiones.



Introducción

En un entorno empresarial cada vez más dinámico y competitivo, la toma de decisiones basada en datos se vuelve esencial para garantizar una gestión eficiente y estratégica. El análisis cuantitativo, como disciplina orientada a la recopilación, procesamiento e interpretación de datos numéricos, permite identificar patrones, proyectar escenarios y optimizar recursos. A través del uso de herramientas como modelos de pronóstico, programación lineal y análisis de estacionalidad, las organizaciones pueden transformar grandes volúmenes de información en decisiones informadas que potencien su rendimiento operativo y financiero.

Este trabajo se centra en la empresa SkyDrone Tech, una compañía dedicada a ofrecer soluciones inteligentes mediante el uso de drones y tecnologías avanzadas, con foco en la agricultura de precisión y la producción consciente. Entre sus principales servicios se destacan la ejecución de aplicaciones agrícolas con drones, ensayos agronómicos de campo y la comercialización de equipos DJI, los cuales representan el núcleo operativo y económico de la organización. Además, SkyDrone Tech brinda asesoramiento técnico especializado, posicionándose como un actor clave en la modernización del sector agroindustrial.

No obstante, la empresa enfrenta desafíos vinculados a la falta de herramientas formales de análisis y planificación, lo cual limita su capacidad para anticipar la demanda, evaluar el desempeño y asignar eficientemente sus recursos. A partir de esta necesidad, el presente informe aplica diversas herramientas de análisis cuantitativo para acompañar a SkyDrone Tech en su proceso de mejora operativa, con el fin de fortalecer su capacidad de decisión y aprovechar al máximo su potencial tecnológico.

Situación Problemática

La empresa cuenta con registros mensuales de ingresos generados por distintas líneas de negocio. Sin embargo, actualmente no dispone de un sistema formal de análisis de datos ni de herramientas cuantitativas que permitan anticipar la demanda, evaluar el desempeño operativo o asignar eficientemente los recursos disponibles.

Esta falta de modelos de pronóstico y optimización impide una planificación estratégica basada en información objetiva. Además, la variabilidad observada en los ingresos mensuales, tanto por la venta de productos como por la prestación de servicios, sugiere la posible existencia de comportamientos estacionales o tendencias, cuyo desconocimiento afecta directamente la toma de decisiones operativas, comerciales y financieras.

Por otro lado, al tratarse de una empresa que combina actividades comerciales y de servicios, la asignación de tiempo, personal y equipamiento requiere criterios de eficiencia que hoy no están sustentados en modelos cuantitativos. Esta situación motiva la necesidad de aplicar herramientas como modelos de pronóstico, programación lineal o simulación, con el objetivo de apoyar decisiones tácticas y estratégicas que respondan a condiciones reales del entorno operativo.

Preguntas de Investigación

- 1- ¿Qué herramientas de análisis cuantitativo pueden utilizarse para fortalecer los procesos de planificación operativa y asignación de recursos?
- 2- ¿Qué métodos de pronóstico permiten estimar con mayor precisión las ventas mensuales de servicios de la empresa?
- 3- ¿Qué comportamientos repetitivos o estacionales presenta la demanda a lo largo del año?
- 4- ¿De qué manera puede utilizarse la programación lineal para optimizar la asignación de recursos a los distintos servicios que ofrece la empresa?



Objetivo General

Integrar herramientas de análisis cuantitativo en los procesos de planificación y gestión operativa de la empresa.

Objetivos Específicos

- 1- Elaborar pronósticos de ventas mensuales para servicios.
- 2- Detectar patrones de estacionalidad en la demanda.
- 3- Optimizar la asignación de recursos a servicios mediante programación lineal.

Marco Metodológico

La metodología utilizada en este trabajo se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, con un diseño descriptivo, no experimental y longitudinal. Se trabajó a partir del análisis de datos históricos de ventas y compras proporcionados por la empresa desde mayo 2022 hasta abril 2025, organizados en archivos Excel. El muestreo fue no probabilístico, ya que se utilizaron los datos disponibles sin selección aleatoria.

Para abordar los objetivos planteados, se aplicaron herramientas de análisis cuantitativo como modelos de pronóstico (suavizamiento exponencial, regresión lineal y análisis de estacionalidad) que permitieron estimar la demanda mensual de productos y servicios. Asimismo, se utilizó programación lineal para optimizar la asignación de recursos entre los distintos servicios ofrecidos, con el fin de maximizar los ingresos de la empresa.

Marco Teórico

El análisis cuantitativo es un enfoque científico basado en datos para la toma de decisiones administrativas, excluyendo intuiciones o emociones. Consiste en procesar datos para transformarlos en información útil para quienes toman decisiones, y su uso ha crecido gracias al apoyo de las computadoras.

Aunque es una herramienta poderosa, el análisis cuantitativo debe complementarse con factores cualitativos, como cambios tecnológicos, legislaciones o contextos políticos, que no siempre se pueden medir con precisión.

Por eso, su papel varía: en algunos casos permite automatizar decisiones, como en sistemas de inventarios; en otros, funciona como apoyo para que el gerente combine los resultados cuantitativos con su juicio cualitativo antes de decidir.

El primer paso en el análisis cuantitativo es formular un enunciado claro y preciso del problema, ya que esto orienta todo el proceso siguiente. Definir el problema correctamente es crucial y a menudo difícil, porque implica ir más allá de los síntomas para identificar las causas reales.

Es importante considerar cómo la solución de un problema puede afectar otros problemas o la situación general. Dado que no siempre se pueden atender todos los problemas simultáneamente, se debe priorizar aquellos cuya solución aporte mayor beneficio económico o reducción de costos.

Una mala definición del problema es una causa común de fracaso en la aplicación del análisis cuantitativo. Cuando un problema es difícil de cuantificar, conviene establecer objetivos específicos y medibles, pero siempre alineados con el problema real para evitar soluciones ineficaces.

Después de definir el mismo, el siguiente paso es crear un modelo, que es una representación matemática de la situación real que se quiere analizar.



Los modelos pueden ser físicos, esquemáticos o, en el caso del análisis cuantitativo, matemáticos, basados en ecuaciones y relaciones matemáticas. Estos modelos contienen variables y parámetros:

- Variables: cantidades que pueden cambiar y pueden ser controlables (variables de decisión) o incontrolables.
- Parámetros: cantidades fijas conocidas que describen el problema.

Un buen modelo debe ser realista, fácil de entender, modificable y debe usar datos que se puedan obtener. Además, debe tener el nivel de detalle adecuado para que sea factible de resolver y útil para la toma de decisiones.

Después de desarrollar un modelo, es crucial obtener datos precisos para usar como entradas. Aunque el modelo sea perfecto, datos incorrectos generan resultados erróneos, lo que se conoce como “entra basura, sale basura”. Por eso, la recolección de datos suele ser uno de los pasos más difíciles en el análisis cuantitativo.

Las fuentes comunes para obtener datos incluyen:

- Informes y documentos internos de la empresa.
- Entrevistas con empleados o expertos que poseen conocimiento valioso.
- Muestreos y mediciones directas en el lugar de trabajo.
- Procedimientos estadísticos de muestreo cuando es necesario.

Estos datos deben ser fiables para que el modelo funcione correctamente y entregue resultados útiles para la toma de decisiones.

El desarrollo de una solución consiste en manipular el modelo para encontrar la mejor solución (óptima) al problema planteado. Esto puede implicar:

- a- Usar ensayo y error para probar diferentes alternativas y elegir la mejor.
- b- Probar todos los valores posibles de las variables, llamado numeración completa.
- c- Para problemas complejos, se emplean algoritmos: procedimientos que repiten pasos sencillos hasta encontrar la solución óptima.
- d- La precisión de la solución depende de la calidad de los datos de entrada y del modelo.

Uno de los problemas cuantitativos que suele presentarse es el de mezcla de productos/servicios. Este se refiere al conjunto de servicios principales, secundarios y complementarios que una organización ofrece para satisfacer las necesidades de sus clientes. Esta combinación estratégica permite atraer distintos segmentos de mercado, aumentar el valor percibido y diferenciarse de la competencia (Lovelock & Wirtz, 2011).

Combinar diversos servicios dentro de una misma oferta plantea múltiples desafíos:

- Asignación eficiente de recursos humanos y materiales.
- Riesgo de canibalización entre servicios similares.
- Dificultades para mantener la calidad y estandarización.
- Coordinación operativa entre unidades o áreas de servicio.

Según Fitzsimmons y Fitzsimmons (2011), la complejidad operativa aumenta cuando se expanden los servicios sin un análisis previo de compatibilidad, capacidad y rentabilidad.

Una herramienta útil para resolver el problema de mezcla de servicios es la **programación lineal**, que permite hallar la combinación óptima de servicios dada una serie de restricciones (tiempo, capacidad, personal, demanda). Estos modelos ayudan a maximizar la utilidad o minimizar costos mediante métodos cuantitativos (Winston, 2004).

La estrategia de servicios implica decisiones sobre qué servicios ofrecer, cómo combinarlos y a quién dirigirse. Una adecuada planificación de la mezcla permite mejorar la



experiencia del cliente, optimizar recursos y aumentar la competitividad organizacional (Zeithaml, Bitner & Gremler, 2009).

La **programación lineal** es una técnica de modelado matemático muy utilizada en la administración para optimizar el uso de recursos como mano de obra, dinero, tiempo, maquinaria, espacio y materias primas. Se aplica tanto a la producción de bienes como a la prestación de servicios, y ayuda a los gerentes a planificar y tomar decisiones eficaces.

Aunque su nombre puede confundirse con la programación informática, en este contexto "programar" significa formular y resolver un problema de manera matemática. Sin embargo, el desarrollo de la programación por computadora ha sido clave para aplicar la PL en problemas reales, ya que suelen ser muy complejos para resolverlos manualmente.

El uso de software especializado permite encontrar soluciones eficientes a estos modelos y demuestra el valor práctico de la programación lineal en la toma de decisiones organizacionales.

A pesar de aplicarse en áreas muy diversas (industria, finanzas, agricultura, marketing, etc.), todos los problemas de PL comparten ciertas propiedades y supuestos básicos:

1. **Función objetivo:** Es la expresión matemática que representa el objetivo del problema, ya sea maximizar o minimizar una cierta cantidad, como utilidad o costo. Debe estar claramente definida.

2. **Una o más restricciones:** Son las condiciones o limitaciones que afectan la posibilidad de alcanzar el objetivo. Representan los recursos limitados con los que se cuenta. Según diversos autores, las restricciones pueden clasificarse en distintas categorías, dependiendo del tipo de recurso o condición que limitan la solución del problema.

Hamdy A. Taha explica que las restricciones reflejan los límites que impone el entorno al modelo, siendo las restricciones de capacidad una de las más comunes. Estas hacen referencia a los recursos disponibles, tales como horas de trabajo, maquinaria, materiales o espacio físico, que imponen un máximo a la cantidad de productos o servicios que pueden desarrollarse (Taha, 2017).

Por otro lado, Eliyahu M. Goldratt, a través de su Teoría de las Restricciones, identifica las restricciones de política como aquellas derivadas de normas internas, reglas organizacionales o decisiones estratégicas que limitan la operación, más allá de lo físico. Estas restricciones pueden incluir decisiones como mantener cierta proporción de producción entre diferentes servicios o no utilizar horas extras, incluso cuando la capacidad lo permita (Goldratt, 1990).

En relación a los aspectos financieros, Balakrishnan y Render señalan que las restricciones presupuestarias surgen de la necesidad de controlar el gasto. Estas limitaciones establecen un monto máximo de inversión o gasto posible dentro del modelo, garantizando que las decisiones propuestas no excedan los recursos económicos disponibles (Balakrishnan & Render, 2012).

Por último, Goldratt también incluye las restricciones de mercado o de demanda, que hacen referencia a los niveles mínimos o máximos de productos o servicios que deben producirse para satisfacer las necesidades del mercado. Este tipo de restricciones aseguran que la solución propuesta sea viable comercialmente y se ajuste a las condiciones de la demanda estimada (Goldratt, 1990).

3. **Cursos de acción alternativos:** El modelo debe permitir distintas combinaciones posibles de decisiones o acciones. Si no existen alternativas para elegir, no es necesaria la programación lineal.

4. **Proporcionalidad y aditividad:** Las relaciones entre las variables deben ser lineales, es decir, sin potencias ni productos entre variables. La proporcionalidad implica que los insumos se



utilizan en proporción directa a la cantidad producida. La aditividad establece que el total es la suma directa de los efectos individuales de cada variable.

5. Certeza: Se supone que todos los datos del modelo (coeficientes, recursos disponibles, etc.) son conocidos con exactitud y no cambian durante el período de análisis.

6. Divisibilidad: Las variables pueden tomar valores fraccionarios, es decir, no es necesario que sean enteras. Se considera que las decisiones pueden dividirse en partes.

7. Variables no negativas: Todas las variables del modelo deben ser iguales o mayores que cero, ya que no es posible asignar cantidades negativas a recursos o actividades.

Los pasos en la formulación de un programa lineal son los siguientes:

1. Entender cabalmente el problema administrativo que se enfrenta.

2. Identificar el objetivo y las restricciones.

3. Definir las variables de decisión.

4. Utilizar las variables de decisión para escribir expresiones matemáticas de la función objetivo y de las restricciones.

La herramienta Solver, integrada en Microsoft Excel, cumple una función clave en la resolución de problemas de programación lineal (PL). Esta técnica, ampliamente utilizada en el análisis cuantitativo, permite encontrar la solución óptima a problemas que involucran maximización o minimización de una función objetivo, sujeta a un conjunto de restricciones lineales (Render et al., 2018).

Solver actúa como un motor de optimización que automatiza el proceso de encontrar el mejor valor posible de una variable (o conjunto de variables), respetando las condiciones establecidas en el modelo matemático. Su uso se ha popularizado tanto en entornos empresariales como educativos debido a su accesibilidad, versatilidad y eficiencia para resolver modelos complejos (Medina Galván, 2025).

El proceso para aplicar Solver en problemas de programación lineal se estructura en los siguientes pasos:

- 1- Definición de la función objetivo: se identifica una celda en la hoja de cálculo que contiene la fórmula a maximizar o minimizar.
- 2- Identificación de las variables de decisión: se seleccionan las celdas cuyos valores serán modificados por Solver para optimizar la función objetivo.
- 3- Establecimiento de las restricciones: se ingresan las condiciones que limitan las posibles soluciones del modelo.
- 4- Selección del método de resolución: para modelos lineales, se utiliza el método Simplex LP, un algoritmo clásico de optimización lineal (Render et al., 2018).

Los gerentes deben tomar decisiones constantemente sin conocer con certeza el futuro. Para reducir esta incertidumbre y tomar decisiones más informadas, se elaboran **pronósticos**.

La elaboración de un sistema de pronósticos sigue ocho pasos fundamentales:

- 1- Definir el objetivo del pronóstico.
- 2- Seleccionar los elementos a pronosticar.
- 3- Establecer el horizonte de tiempo (corto, mediano o largo plazo).
- 4- Elegir el modelo o modelos de pronóstico.
- 5- Reunir los datos necesarios.
- 6- Validar el modelo seleccionado.
- 7- Realizar el pronóstico.
- 8- Implementar los resultados.

Estos pasos permiten estructurar y aplicar correctamente un sistema de pronósticos. No existe un único método ideal: cada organización debe elegir la técnica o combinación de técnicas que mejor se ajuste a sus necesidades.

Los modelos de pronósticos se clasifican en tres categorías principales:

1. Modelos de series de tiempo: Se basan en datos históricos para predecir el futuro. Asumen que los patrones del pasado continuarán. Utilizan herramientas como promedios móviles, suavizamiento exponencial, proyecciones de tendencias y descomposición.

2. Modelos causales: Relacionan la variable que se quiere pronosticar con otras variables que la afectan. Buscan establecer una relación estadística entre la variable dependiente y un conjunto de variables independientes. El modelo causal más común es el análisis de regresión.

3. Modelos cualitativos: Se basan en juicios, experiencias u opiniones cuando no hay suficientes datos cuantitativos disponibles. Son útiles cuando los factores subjetivos son relevantes o los datos duros son escasos.

Técnicas cualitativas comunes:

Método Delphi: proceso iterativo que recopila opiniones de expertos en varias rondas hasta alcanzar consenso.

Jurado de opinión ejecutiva: pronóstico realizado por un grupo de gerentes de alto nivel.

Consulta a vendedores: pronóstico elaborado a partir de estimaciones realizadas por el equipo de ventas.

Encuesta al mercado de consumidores: obtiene información directamente de los consumidores sobre sus planes futuros.

Aplicación

Recolección de datos

Para iniciar el análisis fue necesario realizar una limpieza de datos a partir del archivo Excel proporcionado por la empresa. Se unificaron los datos provenientes de distintas planillas correspondientes a los últimos años, los cuales presentaban errores de tipeo e inconsistencias que dificultan el análisis posterior.

Se estructuró una base de datos consolidada en una única tabla, integrando toda la información relevante. A partir de ella, se elaboraron tablas dinámicas que permitieron construir series de tiempo y, posteriormente, realizar los pronósticos correspondientes.

A continuación, se presentan imágenes de los datos sin un procesamiento previo o sin haber pasado por un proceso de ETL: Extracción, Transformación y Carga (Load en inglés).

Tabla 1: Datos sin procesar.

Fecha	Tipo	Unidad de Negocio	Tipo Doc. Receptor	Nro. Doc. Receptor	Denominación Receptor	Tipo Cambio	Monto de	Imp. Neto Gravado	IVA	Imp. Total	Unidad de Negocio	Vta de Agosto 2024 USD
14/04/2020	Factura A	Recepción (2)	CUOT	3052 852 2961	PALAUERSON Y CIA S.A.C	940,50	USD	940,50	205,80	1.146,30	Aplicaciones (3)	0,00
14/04/2020	Factura A	Recepción (2)	CUOT	3071 892 4989	PUNA RIO S.A.	940,50	USD	1.520,00	319,00	1.839,00	Recepción (2)	13.548,50
14/04/2020	Factura A	Recepción (2)	CUOT	3071 618 1122	AVIATA SUD S.A.	940,50	USD	1.650,00	346,50	1.996,50	CUOT (3)	3.176,81
14/04/2020	Factura B	Recepción (2)	CUOT	3071 001 3932	AVIATA SUD S.A.	940,50	USD	1.650,00	346,50	1.996,50	Proyección (6)	0,00
14/04/2020	Factura A	Recepción (2)	CUOT	3053 352 2961	PALAUERSON Y CIA S.A.C	940,50	USD	1.860,00	411,50	2.271,50	Imágenes (5)	0,00
14/04/2020	Factura A	Recepción (2)	CUOT	3053 852 2961	PALAUERSON Y CIA S.A.C	940,50	USD	2.225,00	483,05	2.708,05	Control de Cuentas (8)	23.889,23
15/04/2024	Factura B	Recepción (2)	CUOT	305917 14057	RODRIGUEZ ARGENTINA S.A.	941,50	USD	770,00	154,33	924,33	Capacitaciones (7)	4.831,00
15/04/2024	Factura A	Recepción (2)	CUOT	3058272 4541	ADRIOTI S.A.	941,50	USD	2.120,00	455,20	2.575,20	Asesoramiento Fito (8)	0,00
30/9/24	Total Unidad de Negocio (2) USD		Recepción (2)	-	-	-	USD	12.850,00	2.888,59	15.738,59	Finanzas (9)	18.540,02
14/04/2024	Factura de Crédito electrónico (FCR) A	CR (3)	CUOT	3051 748 6678	SASF ARGENTINA S.A.	941,50	USD	1.779,04	377,89	2.156,93	General (10)	30.096,00
30/9/24	Total Unidad de Negocio (3) USD		CR (3)	-	-	-	USD	1.779,04	377,89	2.156,93	Servicios Satin (11)	0,00
14/04/2024	Factura de Crédito electrónico (FCR) B	Control de Cuentas (9)	CUOT	3051 840 8480	SATIA REPOSICION S.A.	933,00	USD	10.529,54	4.101,20	14.630,74	Multicursos (12)	54.341,67
14/04/2024	Factura A	Control de Cuentas (9)	CUOT	3070044 8448	CELAVALER RUIA VOST S.R.L.	940,50	USD	215,00	53,55	268,55		
30/9/24	Total Unidad de Negocio (6) USD		Control de Cuentas (9)	-	-	-	USD	10.744,54	4.154,75	14.899,29		
15/04/2024	Factura A	Capacitaciones (7)	CUOT	3071 788 1911	NOTRA REPOSICION S.A.S.	933,00	USD	500,00	105,00	605,00		
14/04/2024	Factura de Crédito electrónico (FCR) A	Capacitaciones (7)	CUOT	3051 748 6678	SASF ARGENTINA S.A.	1,00	5	2.998,41	679,67	3.678,07		
30/9/24	Total Unidad de Negocio (7) USD		Capacitaciones (7)	-	-	-	USD	3.498,41	784,67	4.283,07		

Fuente: Excel de SkyDrone Tech.

Ventas detalladas en: Dólar											
Id de Cliente	Nº de C/ta	Tip de Comprobante	Moneda	Contador	Observaciones	Código de C/ta	U.M.	Cantidad	Presión C/ta	Subtotal de C/ta	IMP-DTLC de C/ta
61	6/15/02	INUR/FA	Dólar	116.130000	Asignación en contra por pago de impuestos	3	Impagos	1,00	330,00	330,00	0,00
61	6/15/02	INUR/FA	Dólar	116.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta	1	Aplicaciones con débitos	1,00	350,00	422,50	542,50
61	6/15/02	INUR/FA	Dólar	116.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta	1	Aplicaciones con débitos	1,00	273,00	202,50	395,00
61	6/15/02	INUR/FA	Dólar	116.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta	1	Impagos	1,00	248,50	150,00	298,50
61	6/15/02	CMU/FA	Dólar	126.130000	Anticipo anterior	3	Tarjetas D/L	1,00	1.170,00	1.415,76	01.415,76
61	6/15/02	GA/FA	Dólar	131.130000	Anticipo anterior	3	Tarjetas D/L	1,00	1.170,00	1.415,76	01.415,76
61	6/15/02	GA/FA	Dólar	136.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta	1	Impagos	1,00	493,85	384,56	578,42
61	6/15/02	BAR/FA	Dólar	136.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta	1	Aplicaciones con débitos	1,00	630,00	766,35	376,83
61	18/05/02	LAST ND	Peso	174.800000		1	Aplicaciones con débitos	1,00	27,84	35,45	0,92
61	18/05/02	BAR/FA	Dólar	172.130000	REEMBOLSO Y APLICACION EN C/TA	1	Impagos	1,00	449,40	537,77	253,77
61	18/05/02	BAR/FA	Dólar	172.130000	REEMBOLSO Y APLICACION EN C/TA	1	Aplicaciones con débitos	1,00	2.811,90	2.493,92	02.493,92
61	18/05/02	BAR/FA	Dólar	174.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta 50%	5	Impagos	1,00	280,00	248,08	128,04
61	18/05/02	BAR/FA	Dólar	174.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta 50%	5	Aplicaciones con débitos	1,00	669,00	582,08	291,04
61	18/05/02	BAR/FA	Dólar	172.130000	30% de pago de consumo de manifiesto nacional en cultura de castaños	2	Empleos	1,00	1.845,00	1.204,45	01.204,45
61	18/05/02	BAND ND	Peso	174.800000	Diferencia de descomposición generalizada del Imp. No. 2	1	Aplicaciones con débitos	1,00	5,69	7,26	0,86
61	18/05/02	PROD ND	Dólar	174.800000	Diferencia de descomposición generalizada del Imp. No. 2	1	Aplicaciones con débitos	1,00	4,42	5,58	0,68
61	24/05/02	PA/FA	Dólar	118.130000	Empleos intersectoriales en	2	Empleos	1,00	739,00	889,35	589,35
61	24/05/02	PROD ND	Dólar	118.130000		5	Impagos	1,00	427,00	516,67	336,67
61	24/05/02	PROD ND	Dólar	118.130000	Asignación de asignaciones con débitos	1	Aplicaciones con débitos	1,00	1.645,96	1.345,96	01.345,96
61	24/05/02	BR/FA	Dólar	119.130000	Asignación de asignaciones con débitos	2	Empleos	1,00	1.209,00	1.452,00	01.452,00
61	24/05/02	PA/FA	Dólar	118.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta	5	Impagos	1,00	205,00	248,08	124,04
61	24/05/02	PA/FA	Dólar	118.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta	1	Aplicaciones con débitos	1,00	1.111,90	938,92	01.938,92
61	18/05/02	BR/FA	Dólar	118.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta para pago de	5	Impagos	1,00	1.447,95	1.165,97	01.165,97
61	18/05/02	BR/FA	Dólar	118.130000	Reembolso y aplicación en tarjeta para pago de	5	Impagos	1,00	2.000,15	1.650,12	01.650,12
61	18/05/02	SALT/FA	Peso	123.200000	Servicio control de calidad mayo 2022	6	Control de Calidad de C/ta	15,00	374,00	679,90	03.679,90
61	18/05/02	SALT/FA	Peso	123.200000	Servicio control de calidad mayo 2022	6	Control de Calidad de C/ta	15,00	374,00	679,90	03.679,90
61	18/05/02	SALT/FA	Peso	123.200000	Servicio control de calidad mayo 2022	6	Control de Calidad de C/ta	15,00	374,00	679,90	03.679,90
61	18/05/02	SALT/FA	Peso	123.200000	Servicio control de calidad mayo 2022	6	Control de Calidad de C/ta	15,00			

Tabla 3: Datos de costos unificados y procesados.

Fecha	Tipo	Número	Moneda	Tipo	Detalle	Forma de Pago	U.N.	Ban.	F. Emisión	F. Pag.	Importe A	Chefes	Hora	Importe
7/15/22	OP	17	PAF	Peso	116.30 Pago Factura No Efectivo		1		07/05/2022	07/05/22	114.400.00	09/06/2022	12:57:48	\$ 936.06
10/05/22	OP	2	YFF	Peso	116.75 Pago Factura No Otros		1		10/05/2022	10/05/2022	951.90	17/05/2022	12:53:16	\$ 8.15
10/05/22	OP	3	YFF	Peso	116.75 Pago Factura No Otros		1		10/05/2022	10/05/2022	110.516.41	07/06/2022	16:44:27	\$ 946.61
13/05/22	OP	5	LOB	Peso	117.25 Pago Factura No Cheque de Terceros		10	Banco	01/05/2022	13/05/2022	29.910.00	30/05/2022	11:36:53	\$ 630.36
14/05/22	PM	365	Peso		117.43 pago honorarios Efectivo		1		14/05/2022	14/05/2022	615.965.22	22/09/2022	16:10:49	\$ 5,245.38
17/05/22	OP	1	SAL	Peso	117.86 Pago Factura No Efectivo		10		17/05/2022	17/05/2022	751.23	17/05/2022	08:56:11	\$ 14.86
17/05/22	OP	10	AIC	Peso	118.86 Pago Factura No Otros		1		17/05/2022	17/05/2022	57.837.88	07/06/2022	15:55:07	\$ 473.81
20/05/22	OP	6	LOB	Peso	118.34 Pago Factura No Cheque de Terceros		1	Banco	16/05/2022	16/05/2022	128.591.72	30/05/2022	11:39:42	\$ 1,006.63
23/05/22	OP	3	OPE	Peso	118.48 Pago Factura No Efectivo		1		23/05/2022	23/05/2022	783.00	23/05/2022	11:35:09	\$ 6.45
27/05/22	OP	4	ECH	Peso	119.41 Pago Factura No Otros		6		27/05/2022	27/05/2022	40.000.00	27/05/2022	11:24:33	\$ 334.96
27/05/22	OP	12	YFF	Peso	119.41 Pago Factura No Otros		1		27/05/2022	27/05/2022	120.793.59	07/06/2022	16:17:01	\$ 1,011.59
27/05/22	OP	15	MUI	Peso	119.41 Pago Factura No Otros		6		27/05/2022	27/05/2022	352.118.00	07/06/2022	17:14:53	\$ 2,948.75
31/05/22	OP	16	LOB	Peso	120.01 Pago Factura No Otros		1		31/05/2022	31/05/2022	13.500.00	07/06/2022	17:23:51	\$ 112.49
31/05/22	OP	16	LOB	Peso	120.01 Pago Factura No Otros		1		31/05/2022	31/05/2022	95.700.00	07/06/2022	17:23:51	\$ 797.43
31/05/22	OP	19	BAP	Peso	120.01 Pago Factura No Otros		1		31/05/2022	31/05/2022	18.418.00	10/06/2022	11:06:24	\$ 158.17
1/06/22	OP	165	Ban	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	42.35	14/07/2022	12:38:35	\$ 0.35
1/06/22	OP	199	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	387.20	15/07/2022	16:18:07	\$ 3.22
1/06/22	OP	203	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	18.423.26	18/07/2022	12:34:45	\$ 153.27
1/06/22	OP	205	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	17.682.73	19/07/2022	10:25:30	\$ 147.11
1/06/22	OP	206	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	15.852.44	19/07/2022	10:52:46	\$ 131.88
1/06/22	OP	207	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	14.531.93	19/07/2022	10:52:46	\$ 120.90
1/06/22	OP	208	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	14.553.52	19/07/2022	10:55:05	\$ 121.95
1/06/22	OP	209	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	14.877.56	19/07/2022	10:56:58	\$ 123.77
1/06/22	OP	210	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	13.477.93	19/07/2022	11:01:24	\$ 112.13
1/06/22	OP	211	BAP	Peso	120.20 Pago Factura No Otros		1		01/06/2022	01/06/2022	13.858.22	19/07/2022	11:05:06	\$ 115.29
1/06/22														

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las tablas dinámicas generadas, se realizó un análisis cuantitativo del total de ingresos y costos por servicio, calculando de esta manera su utilidad neta. Esto permitió obtener una visión integral del desempeño de cada tipo de servicio.

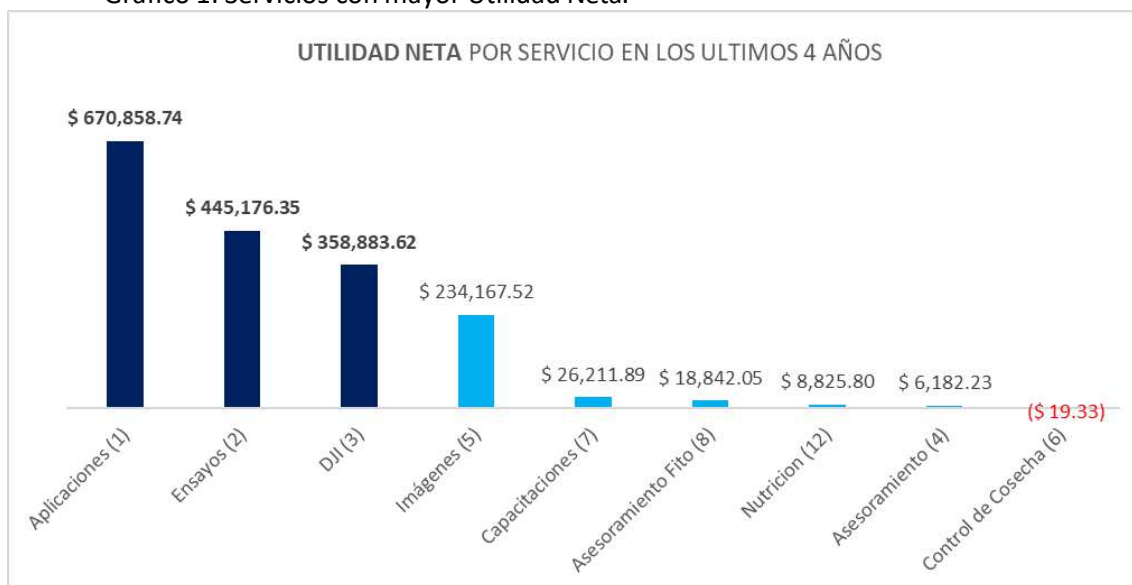
Mediante la aplicación del análisis de Pareto, se identificó que los tres servicios más significativos -según su aporte a la utilidad neta total- son: **Aplicaciones, Ensayos y DJI**, los cuales representan conjuntamente un 83% del total, evidenciando su importancia estratégica dentro de la actividad de la empresa.

Tabla 4: Análisis Pareto de los servicios según su Utilidad Neta.

	INGRESOS	COSTOS	UTILIDAD NETA	% DEL TOTAL	
1	\$ 1,437,563.21	\$ 766,704.47	\$ 670,858.74	37.92%	83%
2	\$ 477,935.57	\$ 32,759.22	\$ 445,176.35	25.16%	
3	\$ 379,571.93	\$ 20,688.32	\$ 358,883.62	20.29%	
4	\$ 6,349.52	\$ 167.29	\$ 6,182.23	0.35%	
5	\$ 243,134.37	\$ 8,966.85	\$ 234,167.52	13.24%	
6	\$ 4,505.06	\$ 4,524.39	(\$ 19.33)	0.00%	
7	\$ 33,400.39	\$ 7,188.50	\$ 26,211.89	1.48%	
8	\$ 20,656.06	\$ 1,814.02	\$ 18,842.05	1.07%	
12	\$ 10,571.77	\$ 1,745.97	\$ 8,825.80	0.50%	
			\$ 1,769,128.87		

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1: Servicios con mayor Utilidad Neta.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan los tres servicios que, según el análisis realizado, concentran la mayor relevancia. Estos servicios representan el núcleo operativo de la empresa y son clave para entender su funcionamiento y propuesta de valor.

1. **Aplicaciones:** consisten en aplicaciones agrícolas dirigidas con drones, una tecnología de agricultura de precisión que permite optimizar el uso de productos como herbicidas, fertilizantes y fungicidas.



2. **Ensayos:** ofrece un completo servicio de investigación y desarrollo agrícola, realizando ensayos en todas las etapas del cultivo para evaluar la eficacia de productos, prácticas y tecnologías. Trabajan con protocolos rigurosos, análisis estadísticos y soporte de especialistas, abarcando áreas como insecticidas, herbicidas, fungicidas, bioestimulantes, control biológico, semillas y coadyuvantes. Usan tecnología de punta (drones, imágenes satelitales, sembradoras y equipos aplicadores) y realizan tanto ensayos en laboratorio como a campo en distintas regiones del NOA y NEA, garantizando datos representativos y soluciones personalizadas para productores, empresas e investigadores.

3. **DJI:** este servicio abarca la reparación, mantenimiento y provisión de repuestos para los drones de la marca DJI que comercializa. Se orienta a brindar soporte técnico especializado, garantizando el correcto funcionamiento y la prolongación de la vida útil de los equipos. Además, incluye la comercialización de partes y accesorios originales, lo que convierte a este servicio en un punto clave para los usuarios que operan estos drones.

Pronósticos

Esta primera etapa del trabajo se centró en el desarrollo de modelos de pronóstico que permiten anticipar el comportamiento de las ventas mensuales de SkyDrone Tech. Para ello, se utilizaron los datos históricos de ingresos desde mayo de 2022 hasta abril de 2025.

El objetivo principal del análisis fue estimar las cantidades vendidas correspondientes al mes de mayo de 2025, aplicando diferentes enfoques de series de tiempo. Las técnicas empleadas incluyeron:

- Promedio móvil simple (PMS): utilizado para suavizar fluctuaciones y detectar tendencias generales.
- Promedio móvil ponderado (PMP): se asignaron diferentes pesos a los valores más recientes de la serie, priorizando los datos más actuales para generar pronósticos más sensibles a cambios recientes en las ventas.
- Suavizamiento exponencial simple (SES): se otorgó mayor peso a los datos recientes, siendo ideal para detectar cambios recientes en el comportamiento de la serie.
- Regresión lineal: se modeló la relación temporal entre las ventas y el paso del tiempo, permitiendo proyectar tendencias.
- Modelo de descomposición multiplicativa: se identificaron patrones recurrentes a lo largo de los años para incorporar la estacionalidad en el pronóstico.

Cada uno de estos métodos fue aplicado y evaluado mediante el cálculo del desvío medio absoluto (MAD), con el objetivo de seleccionar el modelo más preciso para cada línea de ingresos. El análisis se realizó íntegramente con el programa POM-QM, aprovechando sus funciones estadísticas y herramientas gráficas para visualizar los resultados.

A continuación, se presenta un resumen de lo trabajado y obtenido para cada uno de los servicios:

APLICACIONES (1).

A partir de la planilla que detalla los ingresos de esta unidad de negocio desde mayo de 2022 hasta abril 2025, se obtuvo, por medio de una tabla dinámica, el recuento de las cantidades vendidas de cada mes.

Tabla 5: Cantidad de Aplicaciones realizadas desde mayo de 2022 a abril de 2025.

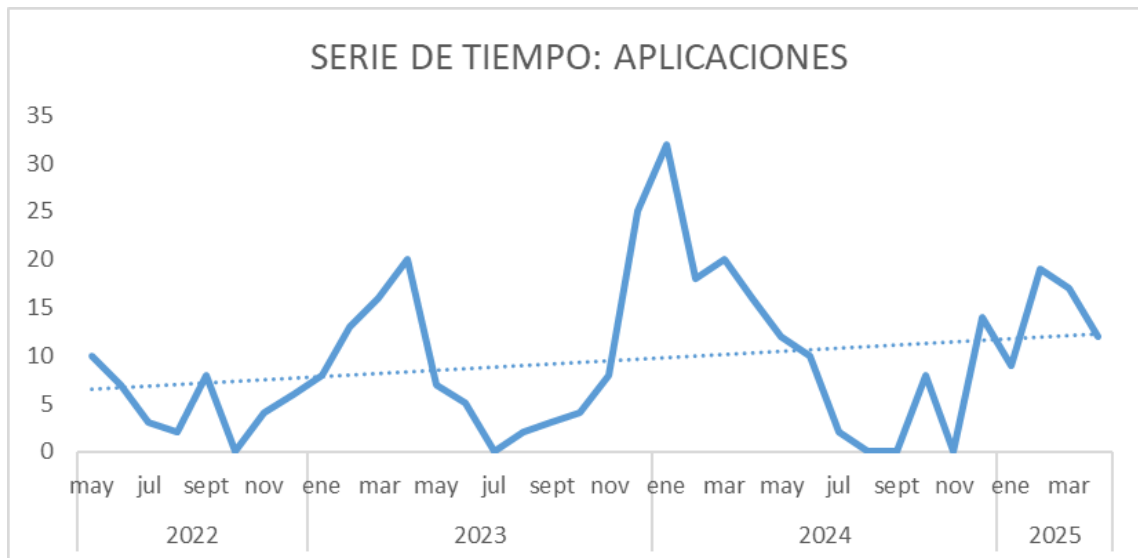
Año	Mes	Cantidad de aplicaciones
2022	may	10
	jun	7
	jul	3
	ago	2
	sept	8
	oct	0
	nov	4
	dic	6
2023	ene	8
	feb	13
	mar	16
	abr	20
	may	7
	jun	5
	jul	0
	ago	2
	sept	3
	oct	4
	nov	8
	dic	25
2024	ene	32
	feb	18
	mar	20
	abr	16
	may	12
	jun	10
	jul	2
	ago	0
	sept	0
	oct	8
	nov	0
	dic	14
2025	ene	9
	feb	19
	mar	17
	abr	12

Fuente: Elaboración propia.

A su vez, los colores indican el comportamiento positivo o negativo de los datos en cada subperíodo en comparación de los demás meses del mismo año. El color de la celda se irá degradando de acuerdo al valor que se obtiene, siendo el color verde la cantidad máxima vendida del año y el color rojo, la mínima.

El siguiente gráfico representa dichos datos.

Gráfico 2: Serie de tiempo de Aplicaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar un análisis del comportamiento de la serie se pueden detectar:

- Estacionalidad clara y recurrente. Hay patrones que se repiten cada año con bastante consistencia:
 - Julio, agosto y septiembre presentan muy baja demanda o directamente nula en los tres años:
 - Julio: 3 (2022), 0 (2023), 2 (2024)
 - Agosto: 2, 2, 0
 - Septiembre: 8, 3, 0
 - Diciembre, enero y febrero muestran valores altos y crecientes.
 - Diciembre: 6 (2022), 25 (2023), 14 (2024)
 - Enero: 8, 32, 9
 - Febrero: 13, 18, 19
 - Marzo y abril también tienden a tener demanda elevada:
 - Marzo: 16, 20, 17
 - Abril: 20, 16, 12
- Tendencia general: El comportamiento general muestra una tendencia creciente. Sin embargo, la estacionalidad es tan marcada que supera a la tendencia como principal patrón de la serie.

De acuerdo con los pronósticos obtenidos de cada modelo, se puede evaluar cuál es el más aproximado en este caso:

Tabla 6: Cuadro Comparativo de los distintos modelos de series de tiempo para Aplicaciones.

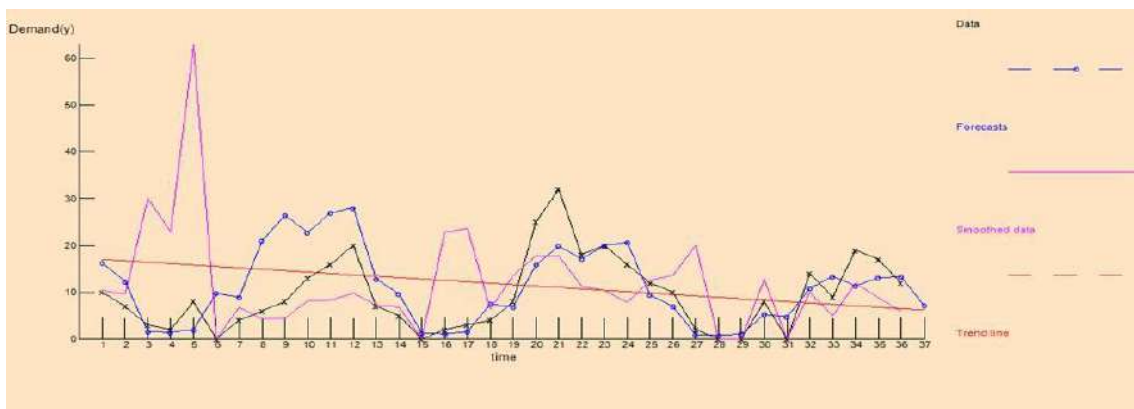
	MAD	PRONÓSTICO
PMS	5.779	14.5
SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL CON ALPHA=0,95	5.194	12.254
DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA	4.958	5.954
REGRESIÓN LINEAL	5.863	12.478

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que el modelo más preciso, según su desviación media absoluta, es el Modelo de Descomposición Multiplicativa. El mismo prevé una **demanda de 6 Aplicaciones para el mes de mayo de 2025**.

Este modelo permite capturar simultáneamente la estacionalidad fuerte y claramente repetitiva de los meses, la posible tendencia subyacente y la interacción proporcional entre ambos factores (por ejemplo, cuando sube la tendencia, también lo hacen los picos estacionales). Al descomponer la serie en componentes estacionales, de tendencia y aleatorios, el modelo logra ajustarse con mayor precisión a los patrones reales observados. Modelos más simples como el promedio móvil o suavizamiento exponencial no pueden separar estos efectos ni ajustarse a estacionalidades tan claras, por lo que terminan generando errores mayores (mayor MAD).

Gráfico 3: Gráfico del pronóstico según el Modelo de Descomposición Multiplicativa.



Fuente: programa POM-QM.

Este modelo permite descomponer la serie en sus componentes de tendencia, estacionalidad y variación aleatoria, lo que le otorga una mayor capacidad para capturar patrones complejos que los métodos más simples no logran reflejar con precisión. Es por esto, que resulta ser el más adecuado.

ENSAYOS (2)

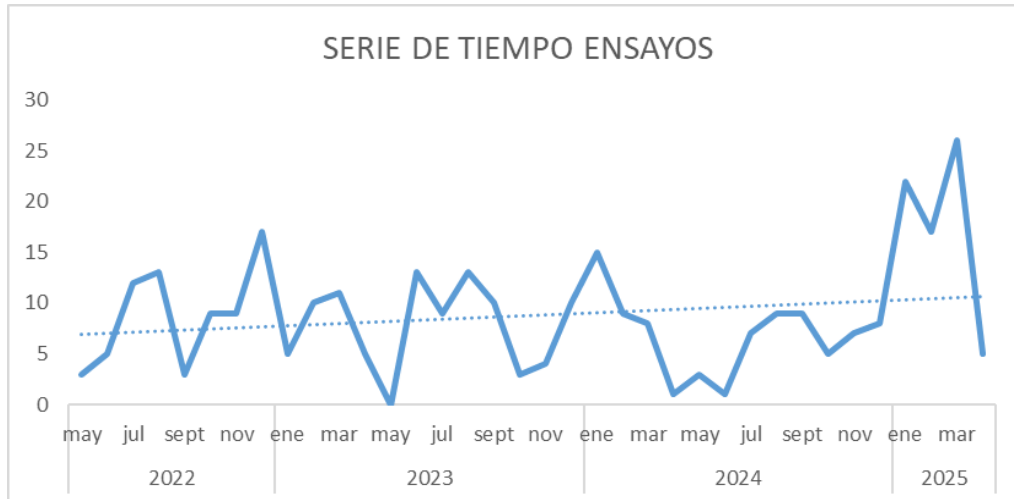
El recuento de las cantidades vendidas de cada mes para esta unidad de negocio, desde mayo de 2022 a abril de 2025, se muestran a continuación:

Tabla 7: Cantidad de Ensayos realizados desde mayo de 2022 a abril de 2025.

Año	Mes	Cantidad de ensayos
2022	may	3
	jun	5
	jul	12
	ago	13
	sept	3
	oct	9
	nov	9
	dic	17
2023	ene	5
	feb	10
	mar	11
	abr	5
	may	0
	jun	13
	jul	9
	ago	13
	sept	10
	oct	3
	nov	4
	dic	10
2024	ene	15
	feb	9
	mar	8
	abr	1
	may	3
	jun	1
	jul	7
	ago	9
	sept	9
	oct	5
	nov	7
	dic	8
2025	ene	22
	feb	17
	mar	26
	abr	5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4: Serie de tiempo de Ensayos.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver, esta serie presenta patrones estacionales marcados y bastante consistentes:

- Estacionalidad repetida
- Julio y agosto suelen mostrar niveles relativamente altos de demanda (12-13 en 2022; 9-13 en 2023; 7-9 en 2024).
- Diciembre tiene valores altos de manera consistente: 17 (2022), 10 (2023), 10 (2024).
- Enero y febrero muestran un crecimiento sostenido: de 5 y 10 en 2023, a 15 y 9 en 2024, y a 22 y 17 en 2025.
- Mayo, en cambio, tiende a ser bajo: 3 (2022), 0 (2023), 3 (2024).
- Tendencia general: Aunque con fluctuaciones y no muy marcada, hay una tendencia creciente.

El modelo más aproximado en este caso se analiza a partir del siguiente cuadro:

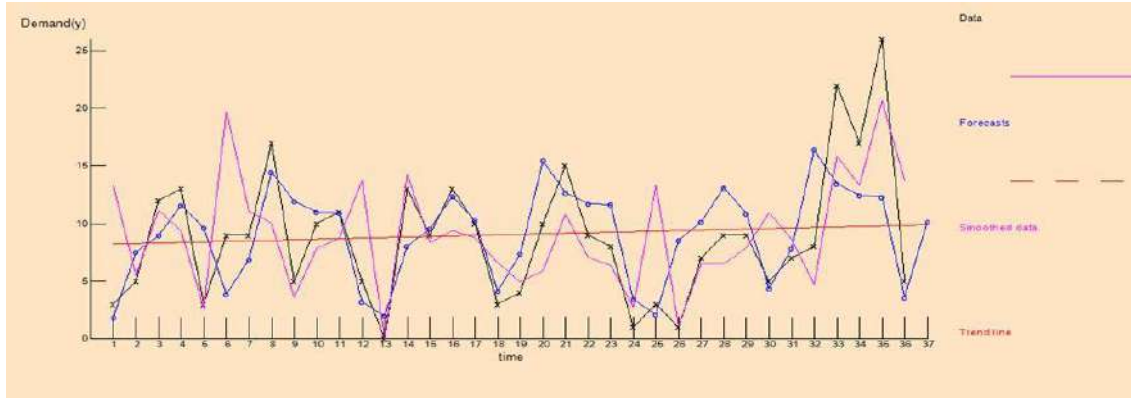
Tabla 8: Cuadro Comparativo de los distintos modelos de series de tiempo para Ensayos.

	MAD	PRONÓSTICO
PMS	5.162	15.5
SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL CON ALPHA=0,16	4.802	11.731
DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA	3.312	2.228
REGRESIÓN LINEAL	4.447	10.754

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en Aplicaciones, el modelo más preciso es el Modelo de Descomposición Multiplicativa con una **demanda de 3 Ensayos para el mes de mayo de 2025.**

Gráfico 5: Gráfico del pronóstico según el Modelo de Descomposición Multiplicativa.



Fuente: programa POM-QM.

En este caso, el modelo de descomposición multiplicativa resultó ser el más adecuado para pronosticar la demanda, ya que presentó el menor desvío medio absoluto (MAD) frente al resto de los modelos evaluados. Esta superioridad se explica por la presencia de una estacionalidad claramente definida y una tendencia creciente, dos características que este modelo es especialmente apto para capturar. Al descomponer la serie en sus componentes fundamentales y luego recomponerla considerando la interacción entre ellos, la descomposición multiplicativa permite reflejar fielmente el comportamiento histórico observado, ofreciendo así pronósticos más ajustados a la realidad.

DJI (3)

El recuento de las cantidades vendidas de cada mes para esta unidad de negocio, desde mayo de 2022 a abril de 2025, se muestran a continuación:

Tabla 9: Cantidad de servicios DJI realizados desde mayo de 2022 a abril de 2025.

Año	Mes	Cantidad de DJI
2022	may	2
	jun	0
	jul	3
	ago	1
	sept	8
	oct	0
	nov	0
	dic	1
2023	ene	3
	feb	0
	mar	3
	abr	0
	may	0
	jun	0
	jul	1
	ago	1
	sept	1
	oct	0
	nov	0
	dic	0
2024	ene	3
	feb	2
	mar	1
	abr	15
	may	10
	jun	2
	jul	0
	ago	1
	sept	10
	oct	16
	nov	4
	dic	9
2025	ene	18
	feb	11
	mar	37
	abr	17

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6: Serie de tiempo de DJI.



Fuente: Elaboración propia.

Aunque se puede observar que hay algunos meses con valores altos que podrían sugerir estacionalidad (por ejemplo, picos en abril de 2024 o en marzo de 2025), el comportamiento general de la serie no muestra un patrón estacional claro ni repetitivo. De hecho:

- La variabilidad interanual en cada mes es alta. Por ejemplo:
 - Mayo: 2 (2022), 0 (2023), 10 (2024) → sin patrón estable.
- Hay saltos abruptos y valores atípicos (como 37 en marzo de 2025) que no se repiten en años anteriores.

Por esta razón, a simple vista, la serie parece más bien irregular y volátil, sin una tendencia lineal clara ni una estacionalidad.

El siguiente cuadro resume lo obtenido al utilizar los distintos modelos de series de tiempo para pronosticar la cantidad demandada de mayo.

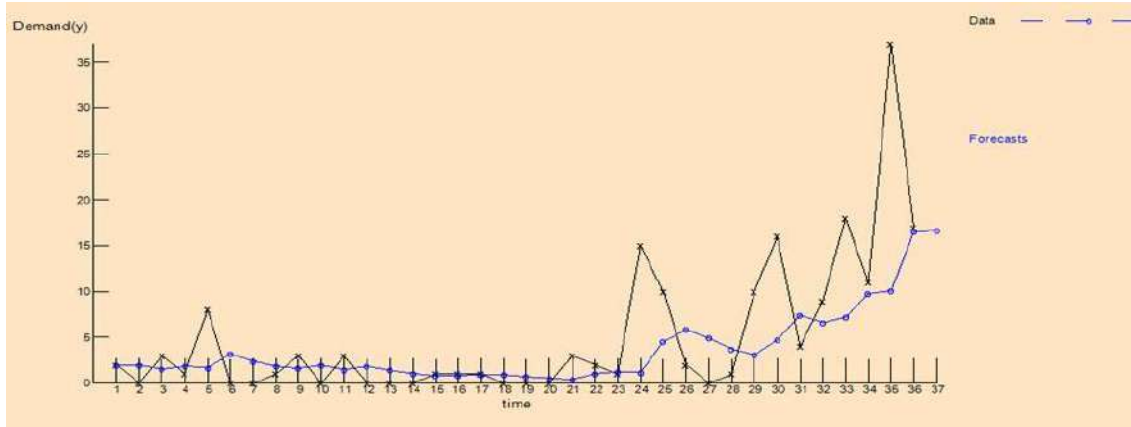
Tabla 10: Cuadro Comparativo de los distintos modelos de series de tiempo para DJI.

	MAD	PRONÓSTICO
PMS	4.13	27
SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL CON ALPHA=0,24	3.63	16.648
REGRESION LINEAL	4.42	13.181

Fuente: Elaboración propia.

El Modelo de Suavizamiento Exponencial con el Alpha que minimiza el error, Alpha=0.24 resulta ser el más adecuado, y su **demanda pronosticada es de 17 servicios DJI para el mes de mayo de 2025.**

Gráfico 7: Gráfico del pronóstico según el Modelo de Suavizamiento Exponencial.



Fuente: programa POM-QM.

En este caso, se puede afirmar que modelos como el de descomposición o regresión lineal tienden a ajustarse en exceso a patrones que no se repiten, generando errores de predicción más altos.

El suavizamiento exponencial simple, al priorizar los datos más recientes sin forzar una estructura de tendencia o estacionalidad, se adapta mejor a series inestables o impredecibles como esta. Así, logra minimizar el error medio absoluto.

Programación Lineal

Identificación y determinación de costos y precios unitarios:

El análisis de los registros de pagos permitió clasificar los costos en fijos y variables para las unidades de negocio 1, 2 y 3. Para esta clasificación se aplicó el método de juicio analítico, que consistió en evaluar, mediante criterio técnico y conocimiento del funcionamiento operativo, el comportamiento de cada gasto frente a variaciones en el nivel de actividad. Así, los costos variables fueron definidos como aquellos directamente vinculados al nivel de actividad, tales como insumos, servicios técnicos e implementos operativos. Por su parte, los costos fijos incluyen erogaciones periódicas asociadas a infraestructura, conectividad, servicios de salud y remuneraciones.

A partir de esta clasificación, se calcularon los costos variables unitarios mediante la división del total de costos variables por la cantidad de servicios prestados durante abril. En forma análoga, el precio unitario de cada servicio se obtuvo dividiendo el ingreso mensual correspondiente por la cantidad de servicios efectivamente realizados en cada unidad de negocio.

Tabla 11: Costos Variables y Precios Unitarios de cada unidad de negocio.

	1	2	3
Ingresos Totales Abril 2025	\$ 62,243.84	\$ 13,682.82	\$ 18,918.27
Cantidad Demandada	12	5	17
Precio Unitario Abril 2025	\$ 5,186.99	\$ 2,736.56	\$ 1,112.84
Total Costos Variables Abril 2025	\$ 1,764.62	\$ 232.58	\$ 1,947.72
Cantidad Demandada	12	5	17
CV Unitario Abril 2025	\$ 147.05	\$ 46.52	\$ 114.57
CMg Unitaria Abril 2025	\$ 5,039.94	\$ 2,690.05	\$ 998.27

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los valores obtenidos correspondientes a cada unidad de negocio, se calculó la contribución marginal unitaria mediante la diferencia entre ambos conceptos. Los resultados fueron:

- CMg Unitaria Aplicaciones (1) = \$5039,94
- CMg Unitaria Ensayos (2) = \$2690,05
- CMg Unitaria DJI (3) = \$998,27

Este procedimiento permitió establecer una base cuantitativa actualizada para la construcción de la función objetivo en el modelo de programación lineal.

Formulación del problema de programación lineal

Con el objetivo de optimizar la asignación de recursos durante el mes de mayo de 2025, se plantea un modelo de programación lineal orientado a determinar la combinación óptima de servicios a brindar por parte de las unidades de negocio 1, 2 y 3. La finalidad del modelo es maximizar la contribución marginal total, en función de los ingresos generados y los costos variables asociados a cada servicio.

En este contexto, se definen las siguientes variables de decisión:

- X1: cantidad de servicios a realizar en mayo por la unidad de negocio 1 (Aplicaciones).
- X2: cantidad de servicios a realizar en mayo por la unidad de negocio 2 (Ensayos).
- X3: cantidad de servicios a realizar en mayo por la unidad de negocio 3 (Servicios DJI).

Estas variables representan unidades de servicio, por lo tanto, se trata de una programación de mezcla de servicios, en la cual cada combinación posible implica una determinada utilización de recursos y generación de ingresos.

La función objetivo del modelo consiste en maximizar la contribución marginal total esperada en mayo 2025. Dicha función se expresa como:

$$\text{F.O.: Max CMg} = \$5.039,94X_1 + \$2.690,04X_2 + \$998,27X_3$$

El modelo será completado posteriormente con un conjunto de restricciones que representarán las limitaciones operativas, de recursos y de demanda relevante para la planificación del mes de referencia:

R1: $X_1 + X_2 + X_3 \leq 80$ (**restricción de capacidad** máxima de servicios por mes obtenida de acuerdo a la cantidad máxima de servicios brindados en los períodos contemplados)

R2: $0,45X_2 + 0,45X_3 - 0,55X_1 \leq 0$ (**restricción de política**: las aplicaciones deberán ser al menos un 45% del total de los servicios que se presten)

R3: $X_1 \geq 6$ (**restricción de demanda** de aplicaciones: deberán ser al menos 6, que es la cantidad pronosticada para mayo)

R4: $X_2 \geq 3$ (**restricción de demanda** de ensayos: deberán ser al menos 3, que es la cantidad pronosticada para mayo)

R5: $X_3 \geq 17$ (**restricción de demanda** de servicios DJI: deberán ser al menos 17, que es la cantidad pronosticada para mayo)

R6: $147,05X_1 + 46,52X_2 + 114,57X_3 \leq 8210,91$ (**restricción presupuestaria**, donde \$8210,91 surge de hacer un promedio de los costos variables unitarios y multiplicarlo por la capacidad máxima de servicios de 80).

R7: X_1, X_2 Y X_3 son variables enteras.

R8: X_1, X_2 Y X_3 son variables no negativas.

Resolución del problema de programación

Una vez formulado el modelo de programación lineal con sus respectivas variables, función objetivo y restricciones, se procedió a su resolución utilizando la herramienta Solver de Microsoft Excel. Esta herramienta permitió encontrar la combinación óptima de servicios que maximiza la contribución marginal, respetando las limitaciones operativas y de recursos previamente definidas. A continuación, se detalla la solución obtenida y se analizan sus implicancias para la planificación operativa del mes de mayo de 2025.

Tabla 12: Resolución del problema de Programación Lineal Entera con SOLVER método Simplex LP en Excel.

	X1	X2	X3			
VD	35	24	17			
CO	\$ 5.039,94	\$ 2.690,05	\$ 998,27	\$ 257.929,40		
R1	1	1	1	76	$\leq$	80
R2	-0,55	0,45	0,45	-0,80	$\leq$	0
R3	1			35	$\geq$	6
R4		1		24	$\geq$	3
R5			1	17	$\geq$	17
R6	\$ 147,05	\$ 46,52	\$ 114,57	\$ 8.210,91	$\leq$	\$ 8.217,05
R7	no negatividad en todas sus variables.					
R8	variables de decisión son enteras.					

Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido fue el siguiente:

- **X1 (Aplicaciones):** 35 servicios
- **X2 (Ensayos):** 24 servicios
- **X3 (DJI):** 17 servicios
- **Contribución Marginal Total:** \$257.929,4

El mismo cumple con todas las restricciones planteadas:

- La suma total de servicios ($35 + 24 + 17 = 76$) respeta la **capacidad máxima operativa** mensual.



- Se asegura que las Aplicaciones representen al menos el 45% de los servicios prestados, alineándose con las políticas estratégicas de la empresa.
- Se satisfacen los pronósticos mínimos de demanda para cada unidad de negocio (6, 3 y 17 respectivamente), respetando las necesidades del mercado estimadas.
- El uso de recursos está dentro del límite presupuestario establecido, garantizando la **viabilidad económica** del plan.

Desde el punto de vista estratégico, el modelo revela que **concentrar la operación en Aplicaciones**, que tiene la mayor contribución marginal unitaria (\$5.039,94), permite optimizar los ingresos sin descuidar las otras unidades de negocio. Ensayos y DJI también se incluyen en la combinación óptima, pero en menor medida, reflejando su menor rentabilidad relativa.

En resumen, el análisis con Solver permitió tomar una decisión objetiva y cuantificada sobre cómo distribuir la capacidad operativa de SkyDrone Tech en mayo. Este enfoque no solo maximiza la contribución marginal, sino que también garantiza un uso eficiente de los recursos, manteniendo el equilibrio entre rentabilidad, cumplimiento de la demanda y capacidad operativa.

Recomendaciones y conclusiones

El presente informe evidenció la utilidad de integrar herramientas de análisis cuantitativo en los procesos de planificación y toma de decisiones en SkyDrone Tech. A partir del tratamiento sistemático de datos históricos, fue posible construir modelos que permitieron anticipar el comportamiento de la demanda, identificar patrones relevantes y optimizar la asignación de recursos disponibles.

La aplicación de técnicas de pronóstico sobre las principales unidades de negocio permitió detectar estacionalidades marcadas en algunos servicios y comportamientos más irregulares en otros, lo cual constituye un insumo clave para la gestión operativa. Esta información, al ser incorporada en un modelo de programación lineal, posibilitó proponer una combinación óptima de servicios para el corto plazo, maximizando la rentabilidad sin comprometer las restricciones reales de capacidad, presupuesto ni demanda mínima.

Los resultados obtenidos reflejan un uso eficiente de los recursos disponibles y permiten orientar las decisiones futuras sobre bases objetivas. A su vez, se pone en evidencia la importancia estratégica de ciertas unidades de negocio, cuyo aporte a la contribución marginal resulta determinante para el desempeño general de la empresa.

El análisis desarrollado ofrece no solo una solución puntual, sino también una metodología replicable que puede ser adaptada a distintos contextos y períodos. En este sentido, se sugiere implementar un sistema continuo de recolección y análisis de datos que garantice la calidad y consistencia de la información. Es clave actualizar periódicamente los modelos de pronóstico, especialmente para servicios con fuerte estacionalidad, y avanzar hacia un sistema de planificación basado en escenarios reales.

Desde una perspectiva interna, resulta fundamental capacitar al personal en el uso de herramientas como Solver y visualización de datos, y estandarizar los procedimientos analíticos para asegurar su aplicación sostenida en el tiempo. Finalmente, monitorear la rentabilidad por unidad de negocio y ajustar estrategias de precios o costos con base en la contribución marginal puede contribuir a una mejora continua en la eficiencia y competitividad de la empresa.

No obstante, el modelo presenta algunas limitaciones que deben considerarse. La clasificación de costos se realizó mediante juicio analítico, lo que introduce cierto grado de subjetividad. Además, se centró únicamente en tres servicios principales, dejando fuera otros que también forman parte de la operación. El enfoque es determinístico, asumiendo certeza en precios, costos y demanda, y la restricción presupuestaria se construyó a partir de promedios, lo cual puede simplificar en exceso la realidad. Estas cuestiones abren la posibilidad de futuras mejoras mediante modelos más integrales y sensibles a la incertidumbre.

En conclusión, el trabajo permitió dar respuesta a las problemáticas planteadas inicialmente, demostrando que la incorporación de modelos cuantitativos mejora



significativamente la capacidad de análisis, reduce la incertidumbre y fortalece la toma de decisiones en entornos empresariales dinámicos y competitivos.



Referencias

- Fitzsimmons, J. A., & Fitzsimmons, M. J. (2011). *Administración de servicios: Operaciones, estrategia e información* (7.ª ed.). McGraw-Hill.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2012). *Dirección de marketing* (14.ª ed.). Pearson Educación.
- Lovelock, C., & Wirtz, J. (2011). *Servicios: Marketing, operaciones y gestión* (7.ª ed.). Pearson Educación.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (Año). *Quantitative Analysis for Management* (Edición adaptada por M. E. Medina Galván). Universidad Nacional de Tucumán.
- Winston, W. L. (2004). *Investigación de operaciones: Aplicaciones y algoritmos* (4.ª ed.). Thomson.
- Zeithaml, V. A., Bitner, M. J., & Gremler, D. D. (2009). *Marketing de servicios* (5.ª ed.). McGraw-Hill.
- Goldratt, E. M. (1990). *La meta: Un proceso de mejora continua*. Editorial Díaz de Santos. Capítulo 18.
- Taha, H. A. (2017). *Investigación de operaciones* (10.ª ed.). Pearson Educación. Capítulo 2: Programación lineal.

Apéndice:

Tabla 1: Promedio Móvil Simple (Aplicaciones)

PMS N=2	
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0.25
MAD (Mean Absolute Deviation)	5.779
MSE (Mean Squared Error)	49.199
Standard Error (denom=n-2=32)	7.23
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	64.53%
Forecast	
next period	14.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Suavizamiento Exponencial Simple (Aplicaciones)

SUAVIZAMIENTO EXP ALPHA = 0,95	
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0.068
MAD (Mean Absolute Deviation)	5.194
MSE (Mean Squared Error)	43.457
Standard Error (denom=n-2=33)	6.789
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	57.03%
Forecast	
next period	12.254

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Regresión Lineal (Aplicaciones)

Regression line			
Error Measures		37	12.478
Bias (Mean Error)	0	38	12.642
MAD (Mean Absolute Deviation)	5.863	39	12.806
MSE (Mean Squared Error)	56.401	40	12.97
Standard Error (denom=n-2=34)	7.728	41	13.134
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	66.13%	42	13.298
Regression line		43	13.462
Demand(y) = 6,411		44	13.626
+ ,164 * time		45	13.789
Statistics		46	13.953
Correlation coefficient	0.221	47	14.117
Coefficient of determination (r^2)	0.049	48	14.281
		49	14.445
		50	14.609

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Modelo de Descomposición Multiplicativa (Aplicaciones)

DESC MULTIPLICATIVA					
Error Measures		37	6.21	0.959	5.954
Bias (Mean Error)	-1.752	38	5.91	0.734	4.336
MAD (Mean Absolute Deviation)	4.958	39	5.61	0.1	0.56
MSE (Mean Squared Error)	43.042	40	5.31	0.087	0.464
Standard Error (denom=n-2-12=22)	8.392	41	5.009	0.127	0.636
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	51.18%	42	4.709	0.628	2.956
Regression line (unadjusted forecast)		43	4.409	0.59	2.599
Demand(y) = 17,322		44	4.108	1.407	5.782
-,3 * time		45	3.808	1.806	6.878
Statistics		46	3.508	1.595	5.596
Correlation coefficient	0.681	47	3.207	1.922	6.166
Coefficient of determination (r^2)	0.463	48	2.907	2.045	5.944
		49	2.607	0.959	2.499
		50	2.306	0.734	1.692

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Promedio Móvil Simple (Ensayos)

PMS	
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0.338
MAD (Mean Absolute Deviation)	5.162
MSE (Mean Squared Error)	41.581
Standard Error (denom=n-2=32)	6.647
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	90.71%
Forecast	
next period	15.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Suavizamiento Exponencial Simple (Ensayos)

SUAV EXP ALPHA = 0,16	
Error Measures	
Bias (Mean Error)	1.559
MAD (Mean Absolute Deviation)	4.802
MSE (Mean Squared Error)	36.98
Standard Error (denom=n-2=33)	6.263
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	87.87%
Forecast	
next period	11.731

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Regresión Lineal (Ensayos)

LINEAR TREND			
Error Measures		37	10.754
Bias (Mean Error)	0	38	10.861
MAD (Mean Absolute Deviation)	4.447	39	10.968
MSE (Mean Squared Error)	30.775	40	11.074
Standard Error (denom=n-2=34)	5.708	41	11.181
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	98.01%	42	11.288
Regression line		43	11.395
Demand(y) = 6,802		44	11.502
+ ,107 * time		45	11.609
Statistics		46	11.715
Correlation coefficient	0.196	47	11.822
Coefficient of determination (r^2)	0.038	48	11.929
		49	12.036
		50	12.143

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Modelo de Descomposición Multiplicativa (Ensayos)

DESC MULTIPLICATIVA					
Error Measures		37	9.877	0.226	2.228
Bias (Mean Error)	-0.258	38	9.923	0.91	9.033
MAD (Mean Absolute Deviation)	3.312	39	9.97	1.077	10.741
MSE (Mean Squared Error)	19.361	40	10.016	1.387	13.891
Standard Error (denom=n-2-12=22)	5.629	41	10.062	1.144	11.509
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	65.32%	42	10.109	0.457	4.618
Regression line (unadjusted forecast)		43	10.155	0.813	8.251
Demand(y) = 8,163		44	10.201	1.698	17.32
+ ,046 * time		45	10.248	1.388	14.228
Statistics		46	10.294	1.277	13.146
Correlation coefficient	0.635	47	10.34	1.259	13.016
Coefficient of determination (r^2)	0.403	48	10.386	0.365	3.788
		49	10.433	0.226	2.353
		50	10.479	0.91	9.539

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Promedio Móvil Simple (DJI)

PMS N=2	
Error Measures	
Bias (Mean Error)	1.015
MAD (Mean Absolute Deviation)	4.132
MSE (Mean Squared Error)	41.684
Standard Error (denom=n-2=32)	6.655
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	60.89%
Forecast	
next period	27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Suavizamiento Exponencial Simple (DJI)

SUAV EXP ALPHA=0,24	
Error Measures	
Bias (Mean Error)	1.744
MAD (Mean Absolute Deviation)	3.626
MSE (Mean Squared Error)	39.731
Standard Error (denom=n-2=33)	6.491
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	46.01%
Forecast	
next period	16.648

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Regresión Lineal (DJI)

LINEAR TREND			
Error Measures		37	13.18
Bias (Mean Error)		0.38	13.62
MAD (Mean Absolute Deviation)	4.42	39	14.07
MSE (Mean Squared Error)	37.23	40	14.51
Standard Error (denom=n-2=34)	6.279	41	14.95
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	119.48%	42	15.39
Regression line		43	15.83
Demand(y) = -3,181		44	16.28
+ ,442 * time		45	16.72
Statistics		46	17.16
Correlation coefficient	0.601	47	17.6
Coefficient of determination (r^2)	0.362	48	18.05
		49	18.49
		50	18.93

Fuente: Elaboración propia.