INFORME DE ANÁLISIS · EXCELENCIA OPERACIONAL

¿El stock está donde más hace falta?

Optimización de la política de reposición de la bodega central: nivel de servicio, capital, rotación y costo total

Cliente	**Ferretería del Sur (empresa ficticia)**
Área	**Gerencia de Operaciones · Bodega central**
Alcance	**1.200 productos nacionales, reposición semanal, 52 semanas**
Fecha	**27 de octubre de 2026**
Versión	**1.0**

> **Caso simulado.** La empresa no existe y los datos se generaron con un modelo de simulación para mostrar el método completo. No representa a ningún cliente. Los costos de mantener inventario y de cada línea de pedido son supuestos declarados (sección 3.6); con un cliente real se reemplazan por los suyos.

Contenido

1. Resumen ejecutivo
2. Contexto, pregunta y criterio de éxito
3. Marco metodológico
4. Datos y calidad
5. Diagnóstico de la situación actual
6. Resultados
7. Sensibilidad
8. Recomendaciones y plan de implementación
9. Riesgos y límites del análisis
10. Referencias

Anexo A. Fórmulas y parámetros · Anexo B. Indicadores por clase · Anexo C. Reproducibilidad · Anexo D. Glosario

1. Resumen ejecutivo

> La bodega central puede atender la misma parte de la demanda con cerca de un 8,8% menos de capital si el stock de seguridad de cada producto se calcula según la variabilidad de su venta y su importancia, en vez de usar el mismo colchón para todos. Si además los productos se compran en lotes económicos, el costo económico total de operar el inventario baja en torno a un 29%, casi todo por horas de trabajo de compras y recepción que quedan libres; ese ahorro depende de un costo que la empresa aún no mide: el de cada línea de pedido.

Hallazgos

1. **La regla actual trata igual a todos los productos.** Cada semana se pide hasta cubrir el plazo del proveedor, una semana más y 4 semanas de venta. Las tres clases ABC quedan con una cobertura parecida (4,7 a 5,1 semanas) aunque la clase A, el 20% de los productos, suma el 80% de la venta. Se atiende el 96,3% de la demanda con $434 millones en bodega.
2. **Medida 1 (stock de seguridad según la variabilidad y la clase):** el mismo servicio con 8,8% menos capital (intervalo de 95%: entre 8,3 y 9,4%). La clase A queda igual o mejor atendida (+0,37 puntos en la mediana; en algunos años, hasta 0,16 puntos menos) y las clases B y C ceden servicio, por diseño. El efecto en capital y servicio no depende de los costos supuestos, pero sí de cuánto colchón tiene hoy la empresa y de estimar bien la variabilidad (sección 7).
3. **Medidas 1 y 2 (más el lote económico de compra):** las líneas de pedido bajan de 45.161 a 10.754 al año, unas 662 menos por semana. El costo total cae 29,4% (entre 26,3 y 32,2%) con el mismo servicio por clase que la medida 1 y un capital parecido al de hoy (0,7%). El 98% del ahorro es tiempo de trabajo, no caja. Con un costo por línea entre $1.000 y $5.000, el ahorro va de 16% a 44%; con el costo más alto, el capital sube 7%.

Recomendación

(1) Aplicar la medida 1 en toda la bodega, con una regla de detención si el servicio de la clase A baja o el de la B queda bajo lo esperado. (2) Medir durante un mes el costo real de una línea de pedido. (3) Probar la medida 2 durante 28 semanas en un grupo de proveedores, con un grupo de comparación, y extenderla solo si baja el costo total sin perder servicio (sección 8).

Tabla 1. Qué cambia frente a hoy (millones de $, año promedio de calibración)

Concepto	Naturaleza	Medida 1	Medidas 1 y 2
Capital en bodega (una vez)	Caja	−38,8	2,5
Costo de mantener (al año)	Caja en parte	−9,7	0,6
Costo de líneas de pedido (al año)	Horas de trabajo	−0,1	−86,0
Margen de la venta perdida (al año)	Costo de oportunidad	−1,5	−2,2
Costo económico total (al año)		**−11,2**	**−87,6**

Negativo = ahorro. Los capitales de las dos columnas no se suman (sección 8.3). El texto usa la mediana de los años de prueba (sección 3.5).

2. Contexto, pregunta y criterio de éxito

2.1 Situación

La bodega central abastece a las tiendas con 1.200 productos nacionales, cada uno con un proveedor y un plazo de entrega de una a seis semanas. Compras revisa cada semana el stock de cada producto y pide lo necesario para volver a un nivel fijo: la venta media del plazo del proveedor, una semana de revisión y 4 semanas de colchón («un mes de stock»). La gerencia observa dos síntomas que parecen contradictorios: mucho capital inmovilizado y reclamos de las tiendas por quiebres.

2.2 Pregunta

> ¿Se puede atender al menos la misma parte de la demanda con menos capital y menos trabajo de compras, y cuánto cuesta cada alternativa?

2.3 Criterio de éxito

Antes de analizar los datos se acordó con la gerencia que una alternativa es mejor si cumple las tres condiciones:

1. el nivel de servicio total no baja;
2. el nivel de servicio de la clase A no baja, porque son los productos que más pesan en la venta y en la relación con las tiendas;
3. el costo económico total anual (mantener inventario, emitir y recibir pedidos, y margen de la venta perdida) baja.

Fijar el criterio antes evita elegir después el indicador que mejor luce. Se informan también la rotación, los días de inventario, el GMROI y la frecuencia de quiebres, aunque no deciden por sí solos.

2.4 Alcance

Incluye la política de reposición de la bodega central (cuándo y cuánto pedir) para productos nacionales. No incluye productos importados, la distribución a tiendas, la negociación con proveedores, el diseño físico de la bodega ni el pronóstico de demanda con variables externas.

3. Marco metodológico

El análisis sigue cuatro etapas: **diagnóstico** de la política actual, **diseño** de alternativas con fundamento en la teoría de inventarios, **simulación** de todas las políticas sobre la misma demanda y **evaluación** con el criterio de éxito, su incertidumbre y su sensibilidad. Se simula en vez de aplicar solo fórmulas porque las fórmulas clásicas suponen demanda normal y continua, y no capturan bien la venta intermitente, las unidades enteras ni la interacción entre lote, colchón y venta perdida.

3.1 Indicadores

Tabla 2. Definición de los indicadores

Indicador	Definición	Para qué sirve
Nivel de servicio	Demanda atendida con stock ÷ demanda total, ambas valorizadas a costo (tasa de llenado)	Criterio de éxito
Capital promedio	Promedio del stock físico a costo (media del inicio y el cierre de cada semana; sin mercadería en tránsito)	Capital de trabajo inmovilizado
Rotación	Costo de lo vendido en el año ÷ capital promedio	Velocidad del inventario
Días de inventario	365 × capital promedio ÷ costo de lo vendido	Cobertura en días
GMROI	Margen bruto del año ÷ capital promedio	Margen por peso invertido en stock
Líneas de pedido	Productos pedidos en cada semana, sumados en el año	Carga de compras y recepción
Semanas con quiebre	% de las semanas de cada producto con demanda no atendida	Frecuencia (no tamaño) del quiebre
Costo económico total	Mantener + líneas de pedido + margen de la venta perdida	Criterio de éxito

3.2 Políticas comparadas

Regla actual. Cada semana se pide hasta el nivel $S = \mu \cdot (L + 1 + 4)$, donde μ es la venta media semanal del producto y L el plazo del proveedor en semanas.

Medida 1: stock de seguridad según variabilidad y clase. Se mantiene el pedido semanal, pero el nivel pasa a $S = \mu \cdot (L + 1) + \alpha \cdot z_c \cdot \sigma \cdot \sqrt{(L + 1)}$, donde σ es la desviación estándar de la venta semanal y z_c el peso de la clase: 2,054 para A, 1,645 para B y 1,282 para C (los cuantiles 98%, 95% y 90% de la normal). Es la forma estándar del stock de seguridad con revisión periódica (Silver, Pyke y Thomas, 2017; Axsäter, 2015). Como el factor común α se calibra para que el servicio total sea igual al de hoy ($\alpha = 0{,}94$), los z solo fijan la prioridad relativa entre clases: los niveles de servicio logrados no son 98%, 95% y 90%.

Medida 2: lote económico. Se pide un múltiplo del lote Q cuando la posición de inventario (stock más pedidos en camino) cae bajo el punto de pedido $s = \mu \cdot (L + 1) + \alpha_c \cdot z_c \cdot \sigma \cdot \sqrt{(L + 1)}$. El lote es el de Harris (1913), $Q = \sqrt{(2 \cdot D \cdot K \div (h \cdot c))}$, con D la demanda anual, K el costo por línea de pedido, h la tasa anual de mantener y c el costo unitario; al menos una semana de venta y como máximo 13 semanas, para no

comprar años de stock de un producto. Los factores α_c se calibran por clase para dar el mismo servicio por clase que la medida 1 (A 0,79; B 0,53; C 0,20), de modo que la diferencia entre las medidas 1 y 2 es solo el efecto del lote.

3.3 Mundo simulado

La demanda semanal de cada producto es entera: una Poisson cuya media varía semana a semana según una gamma (media μ, coeficiente de variación entre 0,3 y 1,5). Los productos de baja venta tienen muchas semanas en cero, como en una bodega real. Se piden unidades enteras. El pedido emitido al cierre de la semana t se recibe al inicio de la semana t + L + 1: durante L semanas se vende sin él, y la protección necesaria cubre L + 1 semanas (el plazo más la semana de revisión), como suponen las fórmulas de la sección 3.2. La venta que no se atiende se pierde.

3.4 Diseño de la comparación

Las tres políticas se aplican sobre **la misma demanda** (números aleatorios comunes), de modo que las diferencias se deben a la política y no al azar de un año. Se simulan 12 semanas de arranque, que se descartan, y 52 semanas de medición.

3.5 Calibración y validación fuera de muestra

Los factores α se calibran con 10 años simulados juntos (años de calibración), para que no dependan del azar de un solo año. Luego las políticas, ya fijas, se prueban en 400 años de demanda distintos. Las cifras principales del informe son la **mediana** de esas pruebas y el intervalo de 95% va del percentil 2,5 al 97,5 (interpolados). Las tablas del año promedio de calibración muestran el detalle de cada indicador; sus valores pueden diferir algo de la mediana.

3.6 Supuestos

Tabla 3. Supuestos del caso

Supuesto	Valor	Cómo se obtiene con un cliente
Costo anual de mantener	25% del valor del stock	Costo de capital (caja), más arriendo y operación de bodega, seguros, mermas y obsolescencia (en buena parte fijos en el corto plazo)
Costo por línea de pedido	$ 2.500	Horas de compras, recepción, ubicación y revisión de facturas por línea (medición de un mes)
Margen bruto	30% del precio	Estado de resultados por familia de productos
Venta no atendida	Se pierde	Registro de quiebres y ventas no concretadas en tiendas

Son valores ilustrativos, no promedios de la industria. La sección 7 muestra cómo cambian los resultados con otros valores.

4. Datos y calidad

4.1 Datos necesarios

El método usa solo datos que la empresa ya tiene en su sistema de gestión. No requiere datos de la competencia ni del mercado.

Tabla 4. Datos de entrada

Dato	Fuente habitual	Uso
Venta por producto y semana (2 años)	Sistema de ventas o ERP	Media, variabilidad y clase ABC
Stock por producto y semana	Sistema de bodega (WMS) o ERP	Capital actual y quiebres
Plazo de entrega por proveedor	Órdenes de compra y recepciones	Protección durante el plazo
Costo unitario	Maestro de productos	Valorización y lote económico
Horas de compras y recepción	Medición de un mes	Costo por línea de pedido

4.2 Controles de calidad con datos reales

- Distinguir venta cero de quiebre: si no había stock, la venta observada subestima la demanda y el stock de seguridad.
- Plazos: comparar el plazo declarado con la diferencia real entre orden y recepción, y usar su variabilidad si es grande.
- Productos nuevos, descontinuados o de venta muy esporádica: se tratan aparte, porque la fórmula del stock de seguridad supone una venta con suficiente historia.
- Cuadratura: la suma del stock valorizado debe coincidir con el inventario contable del cierre.

4.3 Datos de este caso

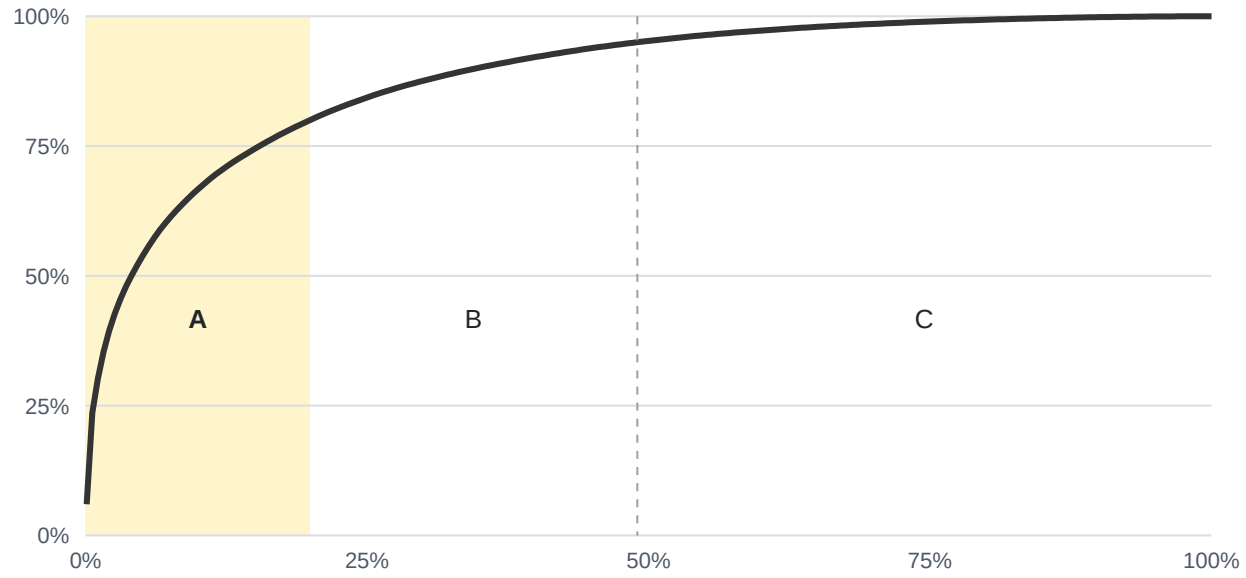
Este caso usa datos simulados con semilla fija: 1.200 productos con medias de venta muy desiguales (log-normales), costo unitario log-normal y plazo entero entre una y seis semanas. La venta semanal esperada, valorizada a costo, es de $92,1 millones (la del año simulado varía alrededor de ese valor). No hay estacionalidad, promociones ni tendencia; la sección 9 discute qué cambia con datos reales. Para medir el efecto de no conocer la demanda exacta, la sección 7 repite la medida 1 con la media y la desviación estimadas de dos años de historia simulada.

5. Diagnóstico de la situación actual

5.1 Concentración de la venta

El 20% de los productos (clase A) suma el 80% de la venta valorizada; el 29% siguiente (clase B), el 15%; y la mitad restante (clase C), solo el 5%.

Figura 1. Curva ABC: parte de los productos frente a parte de la venta



Productos ordenados de más a menos venta valorizada. Datos simulados.

Tabla 5. Clases ABC con la regla actual (año promedio de calibración)

Clase	Productos	Venta	Capital	Cobertura (semanas)	Servicio
A	239 (20%)	80%	79%	4,7	96,3%
B	349 (29%)	15%	15%	4,8	96,6%
C	612 (51%)	5%	5%	5,1	94,8%

5.2 Lo que muestra el diagnóstico

Con la regla actual, el capital de cada clase es casi proporcional a su venta y la cobertura es parecida en las tres. El problema no es que sobre stock de un tipo de producto, sino que **el colchón no depende de la variabilidad**: un producto de venta pareja y uno de venta a saltos llevan las mismas semanas de colchón. El primero tiene más del que necesita y el segundo, menos. Por eso conviven el capital alto y los quiebres. Además, la regla no distingue la importancia de cada producto: el servicio de la clase A (96,3%) es casi igual al de la clase B (96,6%).

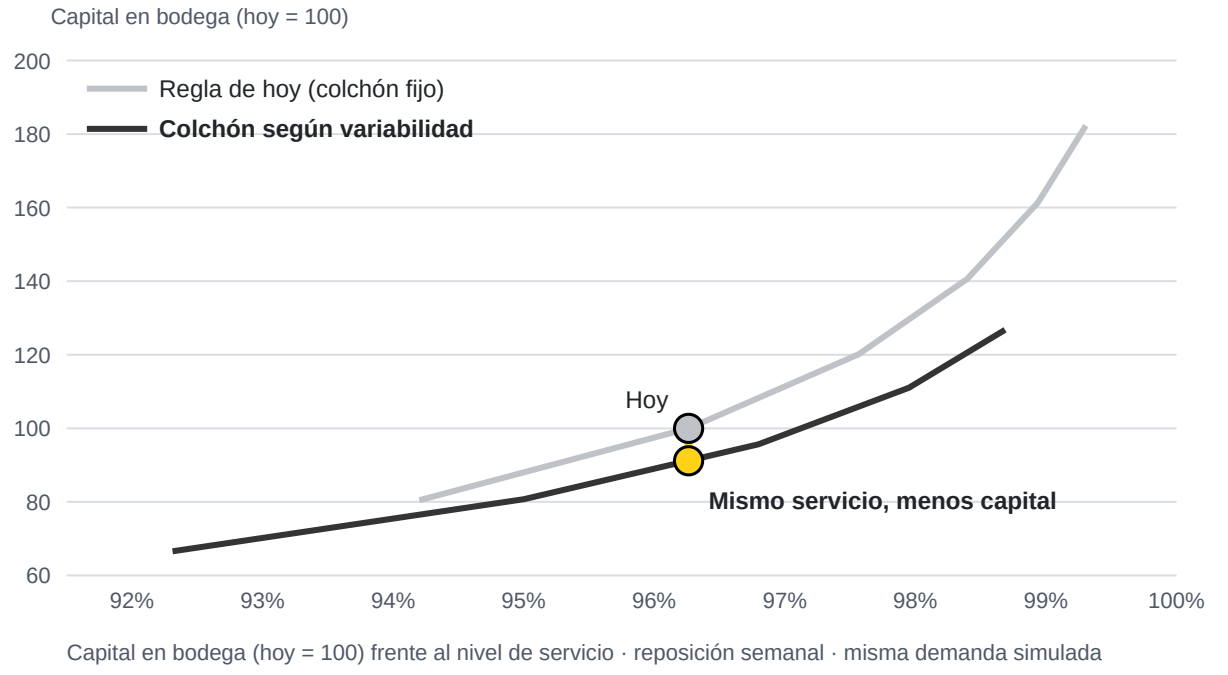
El segundo hallazgo está en el costo. Al pedir cada semana lo vendido se emiten 45.161 líneas al año. Con el supuesto de $2.500 por línea, ese trabajo cuesta $113 millones, frente a $108 millones de mantener el inventario: hoy pesan más las líneas de pedido.

6. Resultados

6.1 Medida 1: el mismo servicio con menos capital

Desde el servicio de hoy hacia arriba, el stock de seguridad según la variabilidad necesita menos capital que la regla actual, y la ventaja crece cuanto más servicio se busca (figura 2); con colchones y servicios bajos las dos curvas se juntan (sección 7.2). Al servicio de hoy, el capital baja de $434 a $395 millones en el año de calibración (promedio); en los años de prueba la baja mediana es de 8,8% (entre 8,3 y 9,4%) y la diferencia de servicio total es de −0,02 puntos (entre −0,45 y 0,46): el servicio se mantiene.

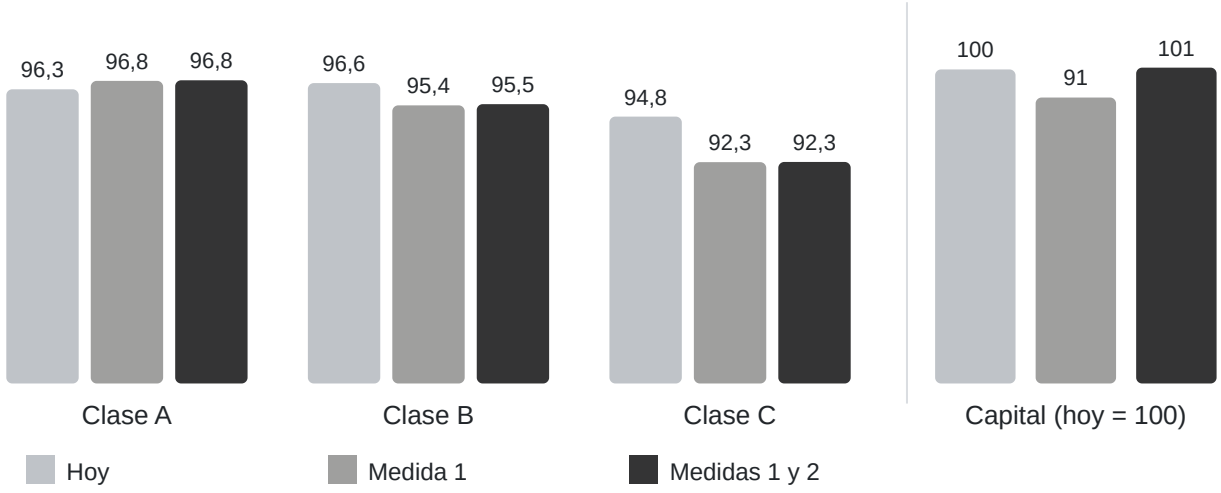
Figura 2. Capital necesario para cada nivel de servicio, con reposición semanal



Capital con índice hoy = 100. Cada punto de una curva es un tamaño de colchón distinto. Promedio de los años de calibración. Datos simulados.

El servicio se redistribuye. La clase A queda igual o mejor (0,37 puntos en la mediana, entre −0,16 y 0,95). La clase B baja de 96,6% a 95,4% y la C de 94,8% a 92,3%; sus semanas con quiebre pasan de 2,5% a 4,1% (B) y de 2,8% a 4,6% (C). Es la consecuencia buscada de proteger más lo que más vende, pero la gerencia debe validar que esos niveles son aceptables para B y C.

Figura 3. Nivel de servicio por clase y capital, las tres políticas



Nivel de servicio (% de la demanda atendida, eje desde 80%) y capital en bodega · promedio de los años de calibración

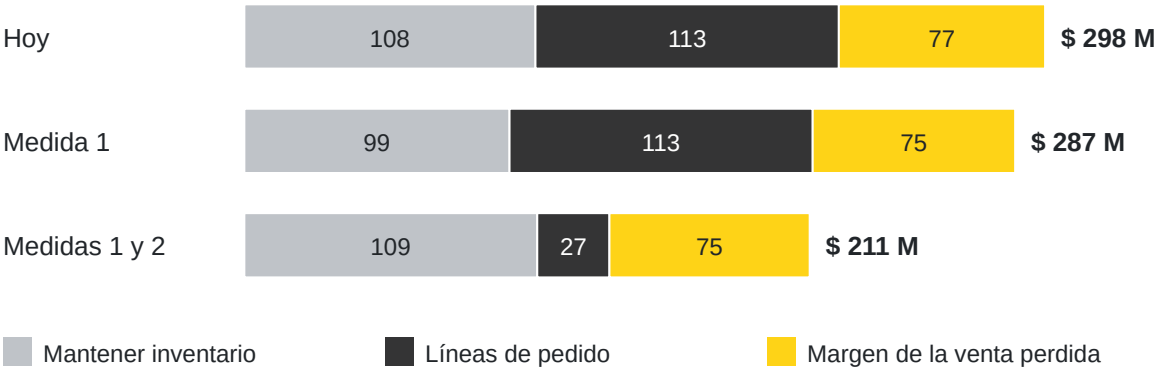
Patagonia Analytics · patagoniaanalytics.com · caso simulado

Promedio de los años de calibración. Eje de servicio desde 80%. Datos simulados.

6.2 Medida 2: menos líneas de pedido y menor costo total

Con el lote económico, la mediana de semanas entre pedidos es de 2,6 en la clase A, 5,4 en la B y 11,7 en la C (el tope es de 13 semanas; un producto muy lento lo supera porque pide al menos una unidad). Las líneas de pedido bajan 76% y su costo, de $113 a $27 millones. A cambio, sube el stock de ciclo: la cobertura de la clase C pasa de 4,2 semanas con la medida 1 a 6,4 semanas, y el capital total vuelve a un nivel parecido al de hoy (0,7%, entre 0,3 y 1,1%). El costo total baja 29,4% en la mediana de los años de prueba (entre 26,3 y 32,2%).

Figura 4. Costo anual en tres componentes

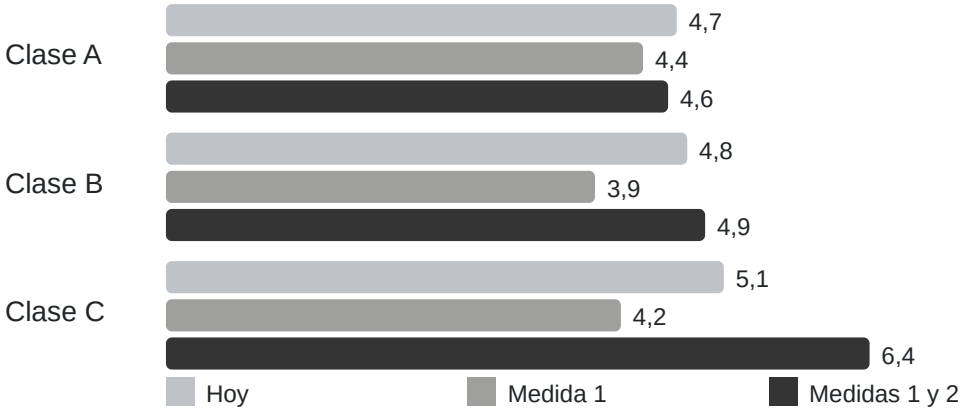


Costo anual en millones de pesos con los supuestos del caso (25% anual, $ 2.500 por línea, margen 30%) · datos simulados

Patagonia Analytics · patagoniaanalytics.com · caso simulado

Millones de pesos, promedio de los años de calibración, con los supuestos de la sección 3.6. Los tramos pueden no sumar el total por redondeo. Datos simulados.

Figura 5. Cobertura por clase y política



Stock promedio expresado en semanas de venta, por clase y política · datos simulados

Patagonia Analytics · patagoniaanalytics.com · caso simulado

Stock promedio en semanas de venta. Promedio de los años de calibración. Datos simulados.

Tabla 6. Indicadores completos del año promedio de calibración

Indicador	Hoy	Medida 1	Medidas 1 y 2
Servicio (%)	96,3	96,3	96,4
Capital promedio (millones de $)	434	395	436
Rotación (veces al año)	10,6	11,7	10,6
Días de inventario	34	31	34
GMROI	4,6	5,0	4,5
Líneas de pedido al año	45.161	45.137	10.754
Semanas con quiebre (%)	2,7	4,1	3,6
Costo de mantener (millones de $)	108,4	98,7	109,0
Costo de líneas de pedido (millones de $)	112,9	112,8	26,9
Margen de la venta perdida (millones de $)	76,8	75,3	74,6
Costo económico total (millones de $)	298,1	286,9	210,5

Tabla 7. Diferencias frente a hoy en los años de prueba

Diferencia	Medida 1	Medidas 1 y 2
Capital (%)	−8,8 [−9,4; −8,3]	0,7 [0,3; 1,1]
Servicio total (puntos)	−0,02 [−0,45; 0,46]	0,03 [−0,34; 0,47]
Servicio clase A (puntos)	0,37 [−0,16; 0,95]	0,41 [−0,04; 0,96]
Costo económico total (%)	−3,1 [−6,6; 0,0]	−29,4 [−32,2; −26,3]

Mediana e intervalo de 95% [percentil 2,5; percentil 97,5] de 400 años de demanda que no se usaron para calibrar.

6.3 Lectura conjunta de los indicadores

Las dos alternativas cumplen el criterio de éxito: el servicio total queda igual por diseño (la diferencia está entre −0,45 y 0,46 puntos en los años de prueba), el de la clase A no baja en la mediana y el costo total baja en la mediana (−3,1% con la medida 1 y −29,4% con las dos); con la medida 1, en los años menos favorables casi no cambia. Pero los indicadores parciales no coinciden. La medida 1 mejora la rotación (10,6 → 11,7) y el GMROI (4,6 → 5,0). Con las dos medidas la rotación queda en 10,6 y el GMROI en 4,5, porque se compran más unidades de cada vez, aunque es la alternativa de menor costo total. Si la gerencia evalúa la bodega solo por rotación o por capital, las dos medidas parecerían un retroceso frente a la medida 1 aunque cuestan menos. Se recomienda evaluarla por costo total y servicio, con la rotación como indicador de seguimiento.

La frecuencia de quiebres también requiere cuidado: con la medida 1 suben las semanas con algún quiebre (2,7% → 4,1%) aunque el servicio valorizado se mantiene, porque los quiebres nuevos son pequeños y están casi todos en productos de las clases B y C.

Casi todo el ahorro de las dos medidas juntas viene de las líneas de pedido (−86,0 de −87,6 millones al año). Son horas de compras y recepción: unas 662 líneas menos por semana. Ese ahorro llega a la caja solo si esas horas se reasignan a otras tareas o evitan contrataciones: es capacidad del equipo, no necesariamente una reducción de dotación. Además, si un proveedor sigue entregando cada semana varios productos, el ahorro en recepción (que es por entrega) será menor que el de compras; coordinar los pedidos por proveedor es una mejora posible que este caso no modela.

7. Sensibilidad

7.1 Supuestos de costo

Para cada valor alternativo se recalcula el lote económico, se recalibra la medida 2 y se repite la comparación en los años de calibración.

Tabla 8. Variación frente a hoy con otros supuestos de costo

Supuesto	Valor	Medida 1: costo	Medida 1: capital	Medidas 1 y 2: costo	Medidas 1 y 2: capital	Líneas de pedido
Costo por línea de pedido	$ 1.000	−4,8%	−8,9%	−15,8%	−4,0%	−66%
Costo por línea de pedido	$ 2.500	−3,8%	−8,9%	−29,4%	0,6%	−76%
Costo por línea de pedido	$ 5.000	−2,7%	−8,9%	−43,8%	6,5%	−82%
Costo anual de mantener	15%	−2,9%	−8,9%	−35,5%	4,7%	−80%
Costo anual de mantener	25%	−3,8%	−8,9%	−29,4%	0,6%	−76%
Costo anual de mantener	35%	−4,4%	−8,9%	−25,3%	−1,5%	−73%

Promedio de los años de calibración. El valor central de cada supuesto es el de la sección 3.6.

- **El efecto de la medida 1 en capital y servicio no depende de los supuestos de costo** (el capital baja 8,9% en todos los casos), porque no los usa; su ahorro de costo sí cambia. La tabla 9 da una cifra algo distinta porque interpola sobre la frontera al servicio exacto de hoy. Lo que sí mueve a la medida 1 se ve en 7.2.
- **Las dos medidas juntas dependen del costo por línea.** Con $1.000 por línea el ahorro total es de 16% y el capital cambia −4,0%; con $5.000, el ahorro es de 44% pero el capital sube 6,5%. Si la caja es la restricción de la empresa, este aumento importa.
- **La tasa de mantener** mueve menos el resultado: con 15% el ahorro de las dos medidas es de 36% y con 35%, de 25%.
- El margen bruto solo valoriza la venta perdida, que es casi igual en las tres políticas; por eso no altera el ahorro en pesos, aunque sí su porcentaje, porque cambia el costo total de hoy.

7.2 Lo que sí mueve a la medida 1

Tabla 9. Ahorro de capital de la medida 1 al mismo servicio, según el colchón con que opera hoy la empresa

Colchón de hoy (semanas)	Servicio de hoy	Capital con la medida 1
2	90,8%	−0,6%
3	94,2%	−4,9%
4 (caso)	96,3%	−8,8%
5	97,6%	−11,9%
6	98,4%	−14,2%

Promedio de los años de calibración, interpolado sobre las fronteras de la figura 2.

- **Dónde está hoy la empresa.** Con poco colchón y servicio bajo, la medida 1 casi no libera capital; con mucho colchón y servicio alto, libera más. Antes de prometer un ahorro hay que ubicar a la empresa en su propia frontera.
- **Estimar la demanda.** En la simulación se conocen la media y la variabilidad exactas de cada producto. Si se estiman con dos años de historia, como haría la empresa, el ahorro de capital al mismo servicio baja de 8,8% a 8,2% (años de calibración; la clasificación ABC se mantiene con la demanda verdadera). Con datos reales, además, la demanda cambia con el tiempo; por eso los parámetros se recalculan cada trimestre.

Conclusión: la decisión sobre la medida 1 se puede tomar ya, ajustando la meta de ahorro a la frontera de la empresa; la de la medida 2 necesita medir el costo por línea y probarla.

8. Recomendaciones y plan de implementación

Tabla 10. Plan por etapas

Etapa	Semanas	Qué se hace	Entregable
1. Preparación	1–3	Cargar 2 años de venta, stock y plazos; controles de calidad (sección 4.2); verificar que el ERP admite punto de pedido y lote por producto; validar con la gerencia el servicio aceptable para B y C	Parámetros por producto
2. Medida 1	4–10	Cargar los nuevos niveles por familias, empezando por las de clase C; seguir la curva esperada de capital (baja de a poco, a medida que se vende el exceso; los productos de venta muy variable piden más al comienzo)	Niveles en producción
3. Medición del costo por línea	4–8	Registrar horas de compras, recepción, ubicación y revisión de facturas por línea durante un mes, separando lo fijo por orden de compra de lo variable por línea	Costo por línea medido
4. Piloto de la medida 2	11–38	Lote económico en un grupo de proveedores; otro grupo comparable sigue con la medida 1. Las primeras 8 semanas son de transición y no se miden	Informe del piloto
5. Decisión y extensión	39–42	Extender la medida 2 si cumple el criterio; recalcular parámetros cada trimestre	Política vigente

Tabla 11. Responsabilidades (R: ejecuta, A: aprueba, C: se consulta, I: se informa)

Tarea	Operaciones	Compras	Analítica	Finanzas	Comercial
Validar el servicio aceptable de B y C y marcar productos críticos	A	C	R	I	C
Calcular y recalcular los parámetros	A	C	R	I	—
Cargar los parámetros en el ERP	I	R	C	—	—
Excepciones manuales (con motivo registrado)	A	R	I	—	I
Activar la regla de detención	A	I	R	—	I
Medir el costo por línea	R	C	C	A	—
Decidir la extensión de la medida 2	A	C	R	C	C

8.1 Diseño del piloto de la medida 2

- **Unidades:** proveedores, no productos, porque los pedidos se emiten por proveedor. Se forman pares de proveedores parecidos (clase dominante, plazo y venta) y se sortea cuál de cada par recibe el lote económico. Antes de empezar se cuenta cuántos proveedores hay: si son pocas decenas, la prueba solo distinguirá efectos grandes y conviene alargarla.
- **Duración:** 28 semanas. Las 8 primeras son de transición (con plazos de hasta 6 semanas, el stock tarda en llegar al nuevo régimen) y no se miden; las 20 siguientes cubren al menos un ciclo de los lotes más largos (13 semanas más el plazo).

- **Indicador primario:** costo económico total por peso vendido de cada proveedor, con el costo por línea medido en la etapa 3.
- **Resguardo:** si el servicio de la clase A del grupo piloto, en promedio móvil de 4 semanas, queda más de 0,5 puntos bajo el del grupo de comparación, el piloto se detiene y se revisa. Para la medida 1 la regla compara la clase A con su servicio previo y la clase B con el servicio esperado con la medida 1 menos una tolerancia, porque B baja por diseño. Los umbrales se fijan en la etapa 1 con la variabilidad observada, para limitar las falsas alarmas.
- **Lo que el piloto no mide:** las horas liberadas. Las estima la medición de la etapa 3 por el número de líneas; si se quiere comprobar, se registra el tiempo del equipo en el grupo piloto.
- **Regla de decisión fijada antes de empezar:** se extiende si el costo total baja y el servicio se mantiene, con el efecto mínimo y el número de pares calculados antes del inicio a partir de la variabilidad observada en la etapa 1.

8.2 Tablero de seguimiento

Semanal y por clase: servicio, capital, rotación, días de inventario, semanas con quiebre, líneas de pedido y excepciones manuales. Mensual: costo económico total y GMROI. Cada indicador con su meta y con la diferencia frente al mismo período del año anterior.

8.3 Beneficio esperado

Con la medida 1 se liberan cerca de $39 millones de capital una vez (año promedio de calibración); con la tasa supuesta eso equivale a unos $9,7 millones al año de costo de mantener, del que solo el costo de capital es caja segura en el corto plazo. Si después se extiende la medida 2, ese capital vuelve a la bodega como stock de ciclo (el capital queda 2,5 millones sobre el de hoy, 0,6%) y el beneficio pasa a ser, sobre todo, tiempo de trabajo: unas 662 líneas de pedido menos por semana. La decisión entre quedarse con la medida 1 o sumar la 2 depende de qué escasea más en la empresa: caja o capacidad del equipo de compras y recepción. El costo de implementar (configuración del ERP y horas de Analítica y Compras) y el plazo de recuperación se estiman con el cliente en la etapa 1.

9. Riesgos y límites del análisis

9.1 Límites del modelo

- **Demanda estable.** La demanda simulada no tiene estacionalidad, promociones ni tendencia. Con datos reales, la media y la variabilidad se estiman por temporada y se recalculan cada trimestre; el piloto no debería cruzar un cambio de temporada sin grupo de comparación.
- **Venta perdida.** El modelo supone que la venta no atendida se pierde. Si parte de los clientes espera, el costo del quiebre es menor y el servicio óptimo, algo más bajo.
- **Plazos fijos y nacionales.** Un plazo variable exige más stock de seguridad. Los productos importados, con plazos mucho más largos, quedan fuera del alcance.
- **Restricciones de compra.** No se modelan cantidades mínimas, múltiplos de embalaje, descuentos por volumen ni la capacidad de la bodega. El lote tiene un tope de 13 semanas de venta, pero no se modela la obsolescencia.
- **Costo por línea lineal.** Se supone que cada línea cuesta lo mismo. En la práctica parte del costo es fijo por orden de compra y parte es por línea; la medición de la etapa 3 los separa.
- **Indicadores del caso.** La rotación (10,6 veces) y la estructura de costos salen de los parámetros elegidos y no son una referencia del rubro: el modelo omite stock de exhibición, mínimos e importaciones, que la bajarían. El resultado de la medida 2 depende de que hoy el costo de pedir sea comparable al de mantener.

9.2 Incertidumbre

Los intervalos de 95% reflejan la variación de la demanda entre años con los mismos parámetros, con las políticas calibradas sobre 10 años; calibrar con un solo año daría cifras distintas, y por eso se usan varios. No incluyen la incertidumbre de los supuestos de costo (sección 7.1) ni todo el error de estimar la demanda (sección 7.2 muestra su efecto principal). Con datos reales se agrega un remuestreo de las semanas observadas para estimar la incertidumbre de los parámetros.

9.3 Riesgos de implementación

- **Servicio de las clases B y C.** Baja por diseño. Si hay productos B o C críticos para las tiendas (por ejemplo, porque completan una venta mayor), se marcan y se tratan como clase A.
- **Indicadores contradictorios.** Si las metas de la bodega se fijan solo por rotación o capital, la medida 2 parecerá un retroceso. Conviene alinear las metas con el costo total antes del piloto.
- **Excepciones.** Las correcciones manuales de los compradores son necesarias, pero sin registro de motivo deshacen la política sin que nadie lo note; el tablero las cuenta.
- **Calidad de datos.** Un quiebre registrado como venta cero subestima la demanda y el stock de seguridad. Es el primer control de la etapa 1.

10. Referencias

- Axsäter, S. (2015). *Inventory control* (3.ª ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15729-0
- Erlenkotter, D. (1990). Ford Whitman Harris and the economic order quantity model. *Operations Research, 38*(6), 937–946. https://doi.org/10.1287/opre.38.6.937
- Harris, F. W. (1913). How many parts to make at once. *Factory, The Magazine of Management, 10*(2), 135–136, 152. Reimpreso en *Operations Research, 38*(6), 947–950 (1990). https://doi.org/10.1287/opre.38.6.947
- Silver, E. A., Pyke, D. F. y Thomas, D. J. (2017). *Inventory and production management in supply chains* (4.ª ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315374406

Las referencias sustentan las fórmulas del stock de seguridad con revisión periódica y del lote económico. Las cifras del informe provienen solo de la simulación descrita en la sección 3.

Anexo A. Fórmulas y parámetros

Tabla 12. Parámetros del modelo

Parámetro	Valor
Productos	1.200
Semanas medidas (más 12 de arranque)	52
Años de prueba	400
Colchón de la regla actual	4 semanas de venta
Peso z por clase (A, B, C)	2,054; 1,645; 1,282
Factor común α de la medida 1	0,94
Factores α por clase de la medida 2 (A, B, C)	0,79; 0,53; 0,20
Tope del lote	13 semanas de venta
Lote en semanas de venta, mediana (A, B, C)	2,6; 5,4; 11,7

Demanda semanal de cada producto: Poisson con media λ, donde λ sigue una gamma de media μ y coeficiente de variación v (forma $1/v^2$, escala $\mu \cdot v^2$). La desviación usada en las fórmulas es $\sigma = \sqrt{((\mu \cdot v)^2 + \mu)}$. Pedido de la medida 2: si la posición de inventario P cae bajo s, se piden n·Q unidades con n el menor entero tal que $P + n \cdot Q \geq s$.

Anexo B. Indicadores por clase

Tabla 13. Servicio, rotación y semanas con quiebre por clase (año promedio de calibración)

Clase	Política	Servicio (%)	Rotación	Semanas con quiebre (%)
A	Hoy	96,3	10,7	2,6
A	Medida 1	96,8	11,5	2,9
A	Medidas 1 y 2	96,8	11,0	2,3
B	Hoy	96,6	10,5	2,5
B	Medida 1	95,4	12,6	4,1
B	Medidas 1 y 2	95,5	10,1	3,6
C	Hoy	94,8	9,7	2,8
C	Medida 1	92,3	11,5	4,6
C	Medidas 1 y 2	92,3	7,5	4,1

Anexo C. Reproducibilidad

El modelo es un programa en Python sin dependencias externas (tools/caso_inventario.py) con semillas fijas; el mismo programa produce las cifras de la página web y de este informe, que se genera con tools/informe_inventario.py. Con un cliente, el programa lee sus datos en vez de simularlos y se entrega junto con los parámetros por producto.

Anexo D. Glosario

- **Clasificación ABC:** orden de los productos por venta valorizada; A suma el 80% de la venta, B el 15% siguiente y C el 5% restante.
- **Stock de seguridad:** stock adicional al que se espera vender durante el plazo y la semana de revisión, para cubrir la variabilidad.
- **Lote económico:** cantidad por pedido que minimiza la suma del costo de pedir y el de mantener (Harris, 1913).
- **Punto de pedido:** nivel de la posición de inventario bajo el cual se emite un pedido.
- **Posición de inventario:** stock disponible más pedidos en camino.
- **Stock de ciclo:** la parte del stock que se debe al tamaño del lote; en promedio, la mitad del lote.
- **GMROI:** margen bruto anual por peso invertido en inventario.
- **Mediana:** el valor que queda al medio cuando se ordenan los resultados de todos los años de prueba.
- **Intervalo de 95%:** rango que contiene el 95% de los resultados de los años de prueba.