



Universidad de Valladolid

**Facultad de Ciencias Económicas y
Empresariales**

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Administración y Dirección de Empresas

**Dinámica de sistemas aplicada a la
gestión de inventario: el caso de Zara**

Presentado por:

Zaira Velayos de la Calle

Valladolid, 1 de julio de 2025

RESUMEN

En el presente TFG se analiza una de las principales marcas de la empresa Inditex: Zara, una de las empresas más importantes a nivel de facturación de forma internacional. Se comienza explicando la evolución histórica de la marca. El objetivo consiste en aplicar la metodología de la Dinámica de Sistemas a la gestión del inventario de Zara. El periodo de estudio comprende desde el año 2005 hasta el 2024.

Partiendo de una demanda base proporcionada por los datos históricos, se construye un modelo que simula la evolución del almacén central, de las tiendas físicas y online, de las ventas y de la gestión de devoluciones.

Para completar el estudio, se realizará un análisis de sensibilidad para ver cómo se comportan las variables ante un cambio en uno de los principales parámetros del modelo: la tasa de crecimiento de la demanda tendencial.

PALABRAS CLAVE: Zara, dinámica de sistemas, gestión del stock.

ABSTRACT

This Final Degree Project analyzes one of the main brands of the Inditex group: Zara, a company that stands out as one of the most important globally in terms of revenue.

The project begins with an overview of the brand's historical evolution. The main goal is to apply System Dynamics methodology to Zara's inventory management. The study covers the period from 2005 to 2024.

Using a base demand derived from historical data, a model is developed to simulate the behavior of the central warehouse, physical stores, online stores, sales, and returns management.

To round off the study, a sensitivity analysis is carried out to explore how the main variables respond to changes in one of the key model parameters: the trend growth rate of demand.

KEY WORDS: Zara, system dynamics, stock management.

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

1.INTRODUCCIÓN	1
2.HISTORIA DE ZARA	2
2.1.Fundación y crecimiento.....	2
2.2.Estrategia de negocio	3
2.3.Datos relevantes.....	4
3.LA DINÁMICA DE SISTEMAS	6
3.1.Concepto de dinámica de sistemas.....	6
3.2.Elementos básicos de dinámica de sistemas	7
3.3.Ecuaciones del sistema	9
4.EL MODELO	10
4.1.Hipótesis.....	10
4.2.VARIABLES.....	12
4.3.Diagrama de Forrester.....	17
4.4.Evolución del modelo	20
5.ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO	26
6.CONCLUSIONES.....	29
7.BIBLIOGRAFÍA.....	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1: Evolución anual del volumen de establecimientos de la marca Zara en España de 2004 a 2024.....	5
GRÁFICO 4.1: Evolución del almacén central sin “SWICHT” de variable aleatoria.....	20
GRÁFICO 4.2: Evolución del almacén central con variable aleatoria.....	21
GRÁFICO 4.3: Evolución de las demandas con variable aleatoria.....	22
GRÁFICO 4.4.: Comparación de las tiendas físicas y tienda online con variable aleatoria.....	23
GRÁFICO 4.5: Comparación de ventas, productos devueltos y desechos con variable aleatoria.....	24
GRÁFICO 4.6: Comparación de inventario e inventario objetivo con variable aleatoria.....	25
GRÁFICO 5.1: Comparación de ventas, productos devueltos y desechos en presencia de la nueva campaña publicitaria.....	26
GRÁFICO 5.2: Evolución de las demandas en presencia de la nueva campaña publicitaria.....	27
GRÁFICO 5.3: Comparación de inventario e inventario objetivo en presencia de la nueva campaña publicitaria.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 4.1: Diagrama de Forrester.....	19
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: Evolución de las ventas netas totales de Inditex en los años 2023 y 2024.....	4
TABLA 2.2: Evolución de las tiendas por formado el 31 de enero de 2024 y el 31 de enero de 2025 de Inditex.....	5
TABLA 2.3: Evolución del área total de venta en metros cuadrados en 2023 y 2024 de Inditex.....	6

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector de la moda es uno de los más dinámicos y competitivos a nivel global, destacando por su capacidad para adaptarse rápidamente a los cambios en las tendencias y en los hábitos de consumo. Por lo tanto, las empresas deben ser capaces de adaptarse rápidamente a cambios en las demandas de los consumidores, optimizar sus operaciones y responder de manera eficiente a desafíos logísticos y de sostenibilidad.

Dentro de este sector, Zara se ha consolidado como una de las empresas más innovadoras y exitosas tanto a nivel mundial como en España, posicionándose como referente en la industria de la moda y siendo la más destacada y relevante, representando la mayor parte de los ingresos y la expansión global de Inditex. Fundada en 1974 en La Coruña, España, por Amancio Ortega, Zara ha desarrollado un modelo de negocio único llamado moda rápida, basado en la inmediata adaptación a las demandas del mercado y en una eficiente cadena de suministro, logrando que la compañía se posicione como líder en el sector de *fast fashion* (Mandreu, 2022).

Su enfoque para operar y generar valor es único, ya que permite que el diseño, la producción y la distribución de nuevas colecciones se realicen en plazos extraordinariamente cortos con una adaptación muy rápida, lo cual le permite responder casi en tiempo real a las cambiantes tendencias de moda y a la demanda del consumidor cambiando las expectativas de este, ya que espera novedades frecuentes y asequibles con una alta rotación de inventario, lo cual ha demostrado ser una ventaja competitiva sustancial en un entorno de mercado cada vez más globalizado y dinámico (Wong et al., 2024).

El trabajo se organiza en varias secciones. Tras esta introducción, se abordará la trayectoria histórica de Zara, citando datos relevantes. Seguidamente, en el capítulo tres, se presentará un breve resumen sobre la dinámica de sistemas. Posteriormente, en el capítulo cuatro, se propondrá un modelo basado en esta metodología, en el cual se explicarán las variables y las hipótesis empleadas, utilizando la herramienta Powersim para su modelización. A continuación, en el capítulo cinco, se procederá a realizar un análisis de sensibilidad del modelo desarrollado previamente. Finalmente, en el capítulo 6, se expondrán las conclusiones obtenidas a partir del trabajo realizado.

2. HISTORIA DE ZARA

2.1. Fundación y crecimiento

La historia de Zara comienza en 1974, cuando Amancio Ortega abrió la primera tienda en La Coruña, España. Inicialmente, la tienda se llamó Zorba, inspirada en la película *Zorba el griego*, pero luego se cambió en 1975 a Zara por cuestiones de derechos de nombre. La tienda comenzó con una oferta de ropa asequible que imitaba las tendencias de alta costura, un modelo que rápidamente atrajo el interés de los consumidores locales (Martin, 2021).

Desde sus inicios, Ortega buscó un enfoque innovador: acortar el tiempo entre el diseño y la entrega de las prendas en las tiendas. En lugar de seguir el modelo tradicional de temporadas largas, Zara apostó por un sistema de producción y distribución rápido y flexible, lo que más tarde se conocería como el concepto de *fast fashion*. Este enfoque permitió a la empresa responder rápidamente a las tendencias emergentes y a la demanda del consumidor, una estrategia que resultó ser clave en su éxito.

En las décadas de 1980 y 1990, Zara empezó a expandir sus operaciones en España y comenzó a explorar mercados internacionales. En 1985, Ortega fundó Inditex (Industria de Diseño Textil, S.A.), que se convirtió en el grupo matriz de Zara y permitió que la empresa centralizara su modelo de negocio y expandiera sus operaciones (Inditex, s.f.a, 2024). Este sistema de integración vertical y control directo de la cadena de suministro hizo posible que Zara redujera los tiempos de producción a solo unas pocas semanas, algo inusual en la industria de la moda de la época (Ivy, 2024).

La expansión internacional comenzó con la apertura de tiendas en Portugal en 1988 y en Estados Unidos y Francia en los primeros años de la década de 1990, donde empezó su reto global (Inditex, s.f.a, 2024).

Entre 1991 y 1999 siguió creciendo, ya que cuatro negocios se unieron al grupo Inditex: Pull&Bear, Massimo Dutti, Bershka y Stradivarius. Además, en 2000 y 2001 abre una nueva sede central en Arteixo (A Coruña), que coincidió con el estreno de Inditex en la Bolsa de Madrid y el lanzamiento de Oysho. En 2003 creó Zara Home, dedicada a productos para el hogar inspirado en las tendencias globales. (Inditex, s.f.a, 2024)

Entre 2007 y 2017, Zara comenzó a adaptar su modelo a la era digital y, concretamente en 2010, lanzó su primera tienda en línea (Inditex, s.f.a, 2024). Hoy, Zara es conocida no solo por su presencia en tiendas físicas, sino también por su innovación en comercio

electrónico y por un enfoque cada vez mayor en la sostenibilidad, con iniciativas que buscan reducir el impacto ambiental de su producción y distribución (Caitriona, 2024). En 2021 y 2022, surge un nuevo liderazgo: Óscar García Maceiras y Marta Ortega, hija de Amancio Ortega, asumen los cargos de consejero delegado y presidenta no ejecutiva, respectivamente. Desde su incorporación, Marta Ortega ha impulsado una serie de cambios orientados a rejuvenecer la imagen de Zara y otras marcas del grupo, manteniendo un enfoque en la innovación digital y en la sostenibilidad (Inditex, s.f.a, 2024).

2.2. Estrategia de negocio

Tal como referimos anteriormente, la estrategia de negocio de Zara se basa en el modelo de moda rápida, basado en un sistema de producción de respuesta ágil y una planificación dinámica de inventarios, que optimiza y minimiza los tiempos entre las etapas de diseño, producción y distribución, permitiendo una retroalimentación eficiente entre estas fases, incluyendo colecciones limitadas y de renovación constante, ya que Zara gestiona internamente tanto el diseño como la fabricación y la distribución. Asimismo, tiene un control sobre su cadena de suministro (Juice Studio, 2023).

Utiliza ese modelo para diferenciarse, captar clientes y mantener su ventaja competitiva. Mediante las tiendas físicas y online identifica las tendencias emergentes y adaptar sus diseños rápidamente, creando nuevas colecciones que reflejan las tendencias actuales con una capacidad muy grande de ir cambiando productos sobre la marcha según la demanda. Los productos de Zara son de precios asequibles, de calidad y con estilo, haciendo que sea más accesible para todo el público. Además, gracias a estas facilidades genera una nueva necesidad a los clientes de comprar las tendencias del momento (Juice Studio, 2023).

Sobre su ubicación, Zara elige mayoritariamente grandes ciudades y centros comerciales concurridos, garantizando la máxima visibilidad y accesibilidad (Juice Studio, 2023). También está haciendo un nuevo diseño de tienda creado por su Estudio de Arquitectura que se está reflejando en las aperturas, ampliaciones o reubicaciones como las de Valladolid Constitución, Liverpool One, Eindhoven Rechtestraat, Tesalónica Tsimiski, Greenwich Connecticut, Riyadh Al Nakheel y Bangalore Mall of Asia (Inditex, s.f.b, 2024).

Zara está adoptando iniciativas para reducir su impacto ambiental, como el uso de materiales reciclados, energías renovables y procesos más eficientes.

2.3. Datos relevantes

Desde 1988, tras la expansión internacional mencionada anteriormente, Zara ha seguido una estrategia de crecimiento acelerado, alcanzando presencia en más de 90 países y consolidando su reputación como líder en el sector de moda rápida (Inditex, 2024).

Los cuatro países que obtuvieron mayor beneficio en 2023 fueron España, Países Bajos, México y Suiza. Estados Unidos presenta desafíos, ya que registró en 2023 una disminución de sus beneficios, aunque cabe destacar que Turquía tuvo un gran éxito (Forbes, 2024).

En Reason Why (2024), se menciona que *Zara Streaming* se creó en noviembre de 2023 en China. Esta plataforma ofrece *live streaming* (transmisiones en vivo) donde hay colecciones y productos de Zara en tiempo real, buscando el atractivo visual y dinámico de una pasarela, permitiendo a los clientes descubrir las prendas interactuando directamente.

Las ventas netas totales por formato en todo 2024 se muestran en la Tabla 2.1, con un valor de 27.778 millones de euros. Se puede observar que han aumentado con respecto al año anterior un 6,6% (Inditex, s.f.d, 2025).

TABLA 2.1: Evolución de las ventas netas totales de Inditex en los años 2023 y 2024:

Formato	2024	24/23
Zara (Zara y Zara Home)	27.778	6,6%
Pull&Bear	2.469	4,6%
Massimo Dutti	1.960	6,6%
Bershka	2.930	11,8%
Stradivarius	2.664	14,1%
Oysho	831	11,8%
Total	38.632	7,5%

Fuente: Resultados consolidados ejercicio 2024 de Inditex.

En la Tabla 2.2 se puede observar que a 31 de enero de 2024 Zara y Zara Home cuentan con un total de 2.221 tiendas y a 31 de enero de 2025 con 2.150 tiendas (Inditex, s.f.d, 2025), han reducido las tiendas físicas, pero han aumentado su espacio comercial, es decir, los establecimientos son más grandes (Tejido, 2025).

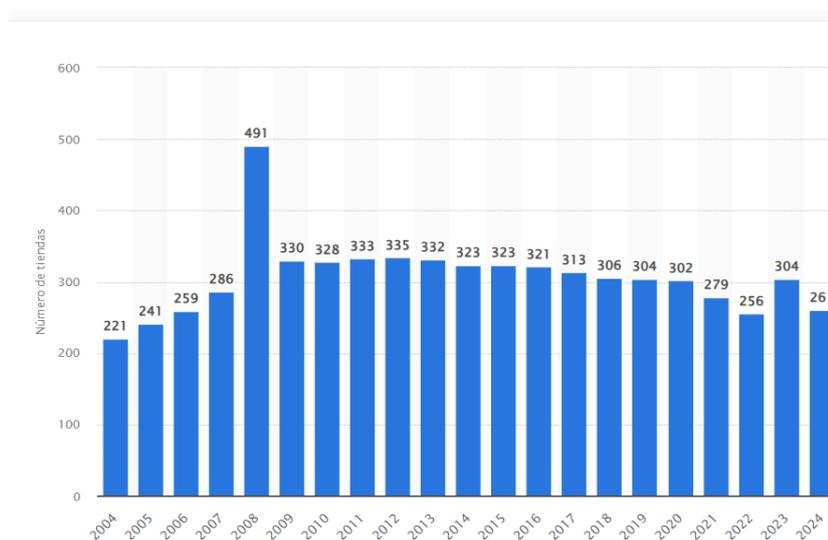
TABLA 2.2: Evolución de las tiendas por formato el 31 de enero de 2024 y el 31 de enero de 2025 de Inditex:

Formatos	31 de enero 2025	31 de enero 2024
Zara	1.759	1.811
Zara Home	391	410
Pull&Bear	800	791
Massimo Dutti	528	544
Bershka	854	856
Stradivarius	835	841
Oysho	396	439
Total	5.563	5.692

Fuente: Resultados consolidados ejercicio 2024 de Inditex.

En lo que respecta al número de tiendas, el Gráfico 2.1 muestra que, en 2024, de las 2.221 tiendas físicas de Zara, 261 están en territorio español. Tiene aproximadamente 14.739 trabajadores en España a fecha de enero de 2024 (Statista, 2025).

GRÁFICO 2.1: Evolución anual del volumen de establecimientos de la marca Zara en España de 2004 a 2024.



Fuente: Informes financieros de Statista.

En cuanto al área total de ventas, la Tabla 2.3 muestra que, a finales de 2024, Zara cuenta con 3.140.105 metros cuadrados repartidos por todo el mundo. Se observa que ha aumentado un 1,02% respecto de 2023 (3.078.590 metros cuadrados) (Inditex, s.f.d, 2025).

TABLA 2.3: Evolución del área total de venta en metros cuadrados en 2023 y 2024 de Inditex:

Área total de venta (m ²)	2024	2023
Zara (Zara y Zara Home)	3.140.105	3.078.590
Pull&Bear	396.522	377.969
Massimo Dutti	219.611	220.633
Bershka	481.556	470.134
Stradivarius	319.720	311.436
Oysho	93.061	98.409
Total	4.650.575	4.557.170

Fuente: Resultados consolidados ejercicio 2024 de Inditex.

Como dato local, el 30 de agosto de 2024 se abre en Valladolid una nueva tienda de Zara de 3.000 metros cuadrados, donde se puede encontrar mayor diversidad en las colecciones de ropa que en las antiguas tiendas y se ha mejorado la rapidez en la gestión de pedidos online. (Vela y Minguenza, 2024).

Un dato relevante es que en 2025 se prevé que Inditex haga unas inversiones de 1.800 millones de euros para poder optimizar el espacio comercial, su tecnología y sus apps. También tiene un plan de expansión de negocio en el que destina 900 millones de euros anuales para aumentar su capacidad logística. (EFE, 2025)

En la actualidad, Zara sigue siendo la marca más destacada de Inditex y es reconocida mundialmente como pionera en el concepto de moda rápida, con un modelo que ha sido replicado ampliamente y que ha cambiado la industria de la moda a nivel global.

3. LA DINÁMICA DE SISTEMAS

3.1. Concepto de dinámica de sistemas

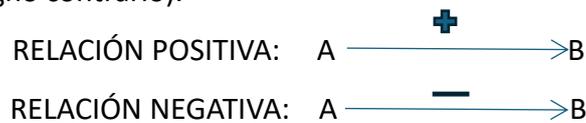
Jay Wright Forrester es reconocido como fundador de la dinámica de sistemas, lo introdujo a través de varios libros, por ejemplo: "Industrial Dynamics" en 1961, "Urban Dynamics" en 1969 o "World Dynamics" en 1970.

Según Aracil (1995), la dinámica de sistemas se define como una disciplina para el estudio de las relaciones entre la estructura y el comportamiento de un sistema con ayuda de modelos informáticos de simulación. Es decir, tiene como objetivo crear modelos que expliquen conductas de la vida real.

Según Martín García y Sterman (2017), la dinámica de sistemas es una metodología para entender el cambio, utilizando las ecuaciones en diferencias finitas o ecuaciones diferenciales.

3.2. Elementos básicos de dinámica de sistemas

Un diagrama causal es un gráfico donde se recogen dos o más elementos entre los que existe una relación causa-efecto. Esta relación puede ser positiva (cuando la variación que experimentan las dos variables tiene el mismo sentido) o negativa (si la variación de las variables tiene signo contrario).

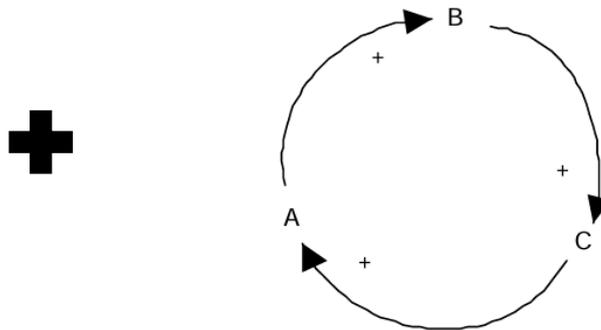


Existen dos tipos de sistemas:

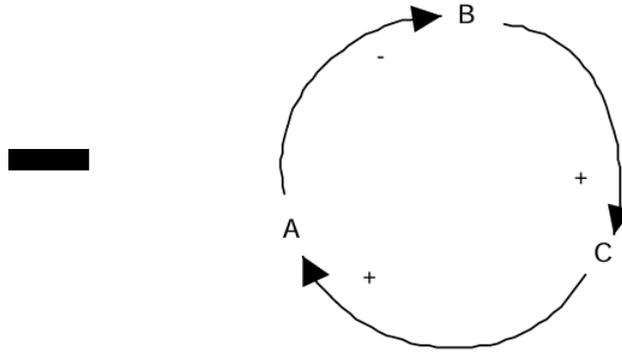
- Sistema de estructura compleja: son cadenas cerradas o bucles de las relaciones.

Pueden ser:

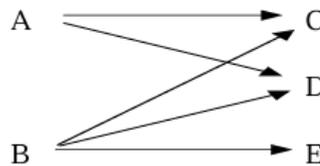
- Bucles de realimentación positiva: cuando el número de relaciones causa-efecto negativas es nulo o par. Estos producen una expansión o depresión del sistema.



- Bucles de realimentación negativa: cuando el número de relaciones causa-efecto negativas es impar. Conducen a una estabilización del sistema.



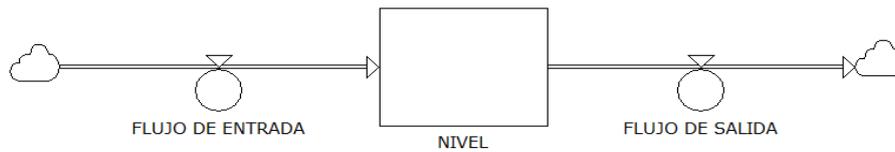
- Sistema de estructura simple: estos, al contrario que los anteriores, poseen cadenas abiertas.



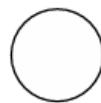
Aracil (1995) menciona que el diagrama de Forrester es un gráfico que muestra las relaciones entre las variables de un sistema, una vez que han sido clasificadas en variables de nivel, de flujo y auxiliares, unidas entre ellas a través de canales. Constituye una reelaboración del diagrama causal.

Las variables de nivel son las más importantes, también se llaman stocks o variables de estado. Estas, marcan la evolución significativa del sistema y solo les llegan canales materiales (se dibujan mediante líneas continuas). Estos transmiten unidades de materia entre las variables. Además, la nube alimenta el nivel desde una fuente exterior al sistema, ya que es una fuente infinita de materia. También vacían niveles (las nubes también están al final de algunos canales materiales).

Las variables de flujo introducen y extraen materia al nivel, a través de los canales materiales. A los flujos llega información de variables auxiliares, exógenas o constantes, a través de los canales de información.



Las variables auxiliares representan los pasos intermedios en la determinación de los valores de los flujos. Pueden recibir información de todo tipo de variables y enviar información a los flujos y a otras variables auxiliares.



En cambio, las variables exógenas son determinadas fuera del sistema, representando una acción que influye en el sistema y sobre la que no se puede influir.



Las constantes son elementos invariantes del sistema.



3.3. Ecuaciones del sistema

A cada nivel que hay en el Diagrama de Forrester se le asocia una ecuación matemática que representa su evolución en el tiempo, por lo tanto, el Diagrama de Forrester se puede traducir en un sistema de ecuaciones:

$$N(t + \Delta t) = N(t) + \Delta t (FE(t) - FS(t)),$$

donde $FE(t)$ es el flujo de entrada y $FS(t)$ es el flujo de salida.

Se puede resolver en tiempo discreto o continuo, obteniendo la evolución de las variables que tenemos en el sistema.

4. EL MODELO

4.1. Hipótesis

Para poder desarrollar el modelo, es fundamental identificar las variables más importantes del sistema y establecer ciertas hipótesis.

En primer lugar, para poder estudiar el modelo trabajaremos en tiempo discreto. La unidad de tiempo será el año y el periodo de estudio será desde el año 2005 hasta el 2024. Las unidades de medida del modelo serán millones de euros. Además, cuando no sea posible obtener datos reales para ciertas variables del modelo, se realizará una estimación de estas. Riaño (2024) menciona que el 72,15% de las ventas de Inditex provienen de Zara, por lo tanto, emplearemos ese porcentaje para realizar dichas estimaciones cuando solo conozcamos los datos globales de Inditex para alguna variable. En lo que respecta a las variables de nivel, empezando por el Almacén Central, vamos a suponer que su valor inicial es igual a la demanda base. En los resultados consolidados del ejercicio de 2005 de Inditex, hemos encontrado que a 31 de enero de 2005 el grupo empresarial ha tenido unas existencias valoradas en 517,9 millones de euros, por lo tanto, según lo expuesto anteriormente, para Zara partiremos de unas existencias estimadas de 373,66485 millones de euros de manera global. (Inditex s.f.e, 2005).

Para poder hacer el flujo de entrada del nivel almacén central, es decir, la Producción, hemos tenido que estimar el ajuste de inventario, con la demanda total y con la capacidad de producción de la empresa.

En lo que se refiere a la demanda de mercado:

- En primer lugar, hemos estimado una Demanda Tendencial partiendo de la demanda base que mencionamos anteriormente de 373,66485 millones de euros, que representaría la demanda inicial de Zara en 2005, elegida basándonos en informes anuales de Inditex. Además, supondremos una tasa de crecimiento de la demanda de un 1% (se ha elegido una tasa moderada, que se podrá variar para estudiar escenarios).
- Definimos la Demanda Total a través de la demanda tendencial y de una variable aleatoria que va a introducir fluctuaciones para simular la incertidumbre del mercado.

En cuanto a la producción:

- La producción depende de la Capacidad de Producción, que se estima en 1,5 veces la demanda base, de la demanda total y del ajuste de inventario. Este último se refiere al tiempo que tardaría Zara en ajustar su producción para alcanzar el Inventario Objetivo.
- El inventario objetivo está relacionado con la demanda total, con un Tiempo de Reposición que toma el valor 1 si el tiempo son doce meses (nosotros hemos ajustado el valor a 0,85 para que el tiempo de reposición sea menor) y con un Margen de Seguridad, que será la cantidad de inventario adicional que se mantiene como protección ante fluctuaciones de la demanda.
- El margen de seguridad lo relacionamos con un factor de seguridad que tiene un valor de 3 (esto quiere decir que tiene un nivel de confianza mayor de un 99%) y con una desviación estándar suavizada que mide la variabilidad de la demanda.
- El ajuste de inventario también está relacionado con un Tiempo de Ajuste del Inventario que toma el valor 1 si es un año (nosotros lo estimamos un 0,25 que son 3 meses), una Tasa Mínima de Ajuste y una Tasa Máxima de Ajuste, que dependerán de la capacidad de producción. Usaremos estas tasas para limitar el ajuste al 10 % de la capacidad de producción, tanto por arriba como por abajo.

Por lo tanto, para el flujo de entrada del almacén central, tomaremos la producción definida como el mínimo entre capacidad de producción y la demanda total más el ajuste de inventario.

A continuación, nos encontramos las variables de nivel Tiendas Físicas y Tienda Online. Marín (2024) menciona que una de cuatro ventas en el sector de la moda se realiza a través de Internet, por lo tanto, para simplificar los cálculos, usaremos un porcentaje de un 25% para la tienda online y un 75% para las tiendas físicas, obteniendo así las salidas del almacén central y las entradas de las tiendas físicas y online.

La última variable de nivel son los productos que se devuelven, ya sea porque a la gente no le guste la compra realizada, por problemas de talla, porque la ropa tenga algún defecto o por donación. Juárez y Romera (2022) mencionan que representan un 30% del total, por lo tanto, en nuestro caso, estimaremos que un 30% de las ventas de Zara son devueltas.

Oliveras (2024) menciona que AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) estima que entre un 4% y 9% de los productos textiles devueltos o no vendidos son destruidos en Europa cada año. En nuestro caso, por simplicidad, hemos elegido un valor medio para los Desechos de un 7,5%.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, una de cada cuatro ventas en el sector de la moda se realiza online, por lo tanto, para el cálculo de porcentajes de Productos Devuelto usaremos el 75% para tiendas físicas y el 25% para tienda online (Marín, 2024).

4.2. Variables

Una vez expuestas las hipótesis, definiremos las variables de modelo.

En este modelo nos encontramos con cuatro variables de nivel, con sus correspondientes flujos de entrada y salida:

- Almacén central, denominada en el diagrama **ALM_CTRL**. Tiene un valor inicial igual a $1 * DMD_BASE$. Es la variable de nivel que recoge el valor de las existencias de Zara a nivel global.

- **PRODUCCIÓN** es el flujo de entrada del almacén central.

PROD es una variable auxiliar que tiene un valor igual a $MIN (CAP_PROD; DMD_TOTAL + AJ_INVT)$.

En el contexto del modelo desarrollado, esta función compara la capacidad de producción con la suma de la demanda total y el ajuste de inventario. De este modo, se garantiza que la producción no exceda ni la capacidad máxima disponible ni las necesidades reales del sistema, asegurando así una representación más realista del comportamiento del proceso productivo.

- **AJ_INVT** es la variable que representa el ajuste de inventario de Zara, es decir, es la corrección del stock registrado en el sistema para que coincida con el stock real físico.

$$AJ_INVT = IF(TASA_MIN_AJ < (INVT_OBJ - ALM_CENTRAL) / T_AJ_INVT \text{ AND } TASA_MAX_AJ > (INVT_OBJ - ALM_CENTRAL) / T_AJ_INVT; TASA_MAX_AJ; IF((INVT_OBJ - ALM_CENTRAL) / T_AJ_INVT < TASA_MIN_AJ; TASA_MIN_AJ; TASA_MAX_AJ))$$

En esta expresión se calcula el valor del ajuste de inventario en función de la diferencia entre el inventario objetivo y el inventario actual en el almacén central, ajustado por el tiempo previsto para realizar dicho ajuste, es decir, el tiempo de ajuste de inventario.

Si el valor resultante de $(\text{INVT_OBJ} - \text{ALM_CENTRAL}) / \text{T_AJ_INVT}$ se encuentra dentro del rango definido por una tasa mínima de ajuste (TASA_MIN_AJ) y una tasa máxima (TASA_MAX_AJ), entonces se toma el valor de la tasa máxima como AJ_INVT .

Si el valor está por debajo de la tasa mínima, se fija el ajuste en TASA_MIN_AJ .

Si está por encima de la tasa máxima, se asigna TASA_MAX_AJ .

De este modo, la función garantiza que el ajuste del inventario se mantenga siempre dentro de límites operativos realistas, evitando fluctuaciones excesivas o ineficiencias en el sistema.

✓ **TASA_MIN_AJ** = $-\text{CAP_PROD} / 10$, es la variable que representa la tasa mínima de ajuste del inventario. Es el valor más bajo permitido para la tasa de ajuste.

✓ **TASA_MAX_AJ** = $\text{CAP_PROD} / 10$, es la variable que representa la tasa máxima del ajuste de inventario. Es el valor más alto permitido en la tasa de ajuste.

▪ **CAP_PROD** = $1,5 * \text{DMDA_BASE}$ es la variable que representa la capacidad de producción de Zara, es decir, la cantidad máxima de productos que Zara puede producir en un año, que es nuestra unidad de tiempo.

✓ **T_AJ_INVT** se refiere al período que tarda Zara en actualizar y corregir sus registros de inventario para que coincidan con la cantidad real de productos físicos disponibles. Tiene un valor de 0,25 (3 meses).

▪ **INVT_OBJ** = $(\text{DMDA_TOTAL} * \text{T_REP}) + \text{MARG_SEG}$ es la variable que representa el inventario objetivo de Zara, es decir, la cantidad ideal de existencias que una empresa quiere mantener para satisfacer las necesidades, evitar rupturas de stock, etc.

✓ **T_REP** es una variable que representa el tiempo de reposición de inventario de Zara. Inicialmente suponemos que tiene un valor de 0,85 (10,2 meses).

- ✓ **MARG_SEG** = $DESV_EST_SUAV * FACTOR_SEG$ es la variable que representa el margen de seguridad del Zara, es decir, es una cantidad adicional de inventario que se mantiene para protegerse contra las incertidumbres (no se sabe cuánto se va a vender, si habrá retrasos de proveedores...).
- ✓ **FACTOR_SEG** es una variable que representa el factor de seguridad de Zara. Inicialmente, se estima que su valor es igual a 3. Esto significa que su nivel de confianza es de casi el 100%.
- **DMDA_TOTAL** = $DMD_TEND * (1 + VAR_ALT)$, es una variable que representa la demanda total de Zara, es decir, es el total de productos que los consumidores quieren comprar en Zara en un periodo determinado.
- ✓ **VAR_ATL** = $SWICHT * NORMAL(0;0,1;0,000001)$ representa la variable aleatoria que introduce la incertidumbre del mercado.
- **SWICHT**, es una variable que se utiliza como un mecanismo de control lógico dentro del modelo. En nuestro caso, su valor binario (0 o 1) permite activar o desactivar determinados procesos, es decir, nos sirve como interruptor para la variable aleatoria. Si elegimos el valor 0 la variable aleatoria se desactiva, en cambio, si elegimos 1, la variable aleatoria se activa.
- **DMDA_TEND** = $DMDA_BASE * EXP(TASA_CREC * (T - 2005))$ es la variable que representa la demanda tendencial del Zara, es decir, es la parte de la demanda que muestra una tendencia a largo plazo.
- **DMDA_BASE** es la variable que representa el valor promedio de la demanda bajo condiciones normales, es decir, no tiene en cuenta influencias externas como promociones, descuentos, eventos... Estimamos que tendrá un valor de 373,66485 millones de euros.
- ✓ **TASA_CREC** es la variable que representa la tasa de crecimiento de la demanda, que hemos estimado inicialmente en el 1%.
- ✓ **T** es la variable que representa el tiempo.
- **SAL_TF**: es un flujo de salida del almacén central que refleja el valor de los productos terminados que van a tiendas físicas.
 $SAL_TF = \min(' \% SALIDA_TF ' * ALM_CENTRAL ; ' \% SALIDA_TF ' * DMDA_TOTAL)$.
 En esta fórmula se calcula la salida de las tiendas físicas como el mínimo entre el stock disponible en el almacén central y la demanda total de mercado, donde:

✓ **%SALIDA_TF** es la constante que representa el porcentaje de producción de los artículos de Zara que van exclusivamente a tiendas físicas. Este porcentaje será de un 75%.

La función MIN asegura que la salida efectiva no supere ni la disponibilidad física del inventario ni el requerimiento del mercado, manteniéndose siempre dentro de límites operativos realistas.

- **SAL_TO**: es el otro flujo de salida del almacén central, en este caso, recoge el valor de la producción total de artículos que van a tienda online.

$SAL_TO = \text{MIN}(\%SALIDA_TO * ALM_CENTRAL; \%SALIDA_TO * DMDA_TOTAL)$.

Esta fórmula emplea nuevamente la función MIN para limitar la cantidad distribuida, en este caso hacia el canal online, en función de la disponibilidad de inventario en el almacén central y el requerimiento del mercado. Ambas restricciones están moduladas por una tasa del 25 %.

✓ **%SALIDA_TO** es la constante que refleja el porcentaje producción de los artículos de Zara que van a las tiendas online. Este valor será 25%.

• **TDA_FIS** es el nivel que recoge el valor de los productos existentes en tiendas físicas de Zara. Tiene un valor inicial igual a $TDA_FIS = \%SALIDA_TDF * DMDA_BASE$.

- **SAL_TF**: flujo de entrada que recoge el valor de los productos que van a las tiendas físicas. Coincide con el flujo de salida del nivel ALM_CENTRAL.

- **DEVOL_TF**: flujo de entrada que representa el valor de los productos devueltos a tiendas físicas.

$DEVOL_TF = (1 - \%PRODESECHOS) * \%SALIDA_TF * P_DEVUELTOS$,

donde **%PRODESECHOS** es la constante que refleja la tasa de productos de desecho que hay en las devoluciones. Su valor es del 7,5%.

- **VTAS_TF**: flujo de salida que recoge el valor de las ventas a través de las tiendas físicas.

$VTAS_TF = \text{MIN}(\%SALIDA_TF * DMDA_TOTAL; TDA_FIS)$.

En esta fórmula se utiliza la función MIN para determinar el valor efectivo de las ventas, seleccionando el menor entre dos cantidades: entre el 75% de la demanda total (que representa la demanda supuesta para el canal físico) y la capacidad real de la tienda física para atender las ventas. Así, la fórmula asegura que las ventas no superen ni la demanda potencial ni la capacidad operativa de

las tiendas físicas, garantizando una representación realista del proceso de venta de manera física.

• **TDA_ONL** es la variable de nivel que recoge el valor de los productos existentes en la tienda online de Zara. Tiene un valor inicial igual a $TDA_ONL = \%SALIDA_TO * DMDA_BASE$.

○ **SAL_TO**: flujo de entrada que recoge el valor de los productos que van a la tienda online. Coincide con el flujo de salida del nivel del almacén central.

○ **DEVOL_TO**: flujo de entrada que refleja el valor de los productos devueltos a la tienda online.

$DEVOL_TO = (1 - \%PRODDESECHOS) * \%SALIDA_TO * P_DEVUELTOS$.

○ **VTAS_TO**: flujo de salida que refleja el valor de las ventas en tienda online.

$VTAS_TO = \text{MIN}(\%SALIDA_TO * DMDA_TOTAL; TDA_ONL)$.

En esta expresión, se emplea la función MIN para determinar el valor efectivo de ventas, seleccionando el menor valor entre: el 25 % de la demanda total (que representa la parte de la demanda ajustada para este canal digital) y la capacidad real de la tienda online para atender las ventas.

• La siguiente variable de nivel recoge el valor total de los productos devueltos de Zara. En el diagrama de Forrester se denomina **P_DEVUELTOS**. Su valor inicial es cero.

○ **DEVOL**: flujo de entrada que refleja el valor de las devoluciones totales que se calculan a partir de ventas totales de Zara.

$DEVOL = \%DEVOL * (VTAS_TF + VTAS_TO)$,

donde **%DEVOL** es la constante que representa la tasa de las devoluciones totales. Se ha estimado que es un 30% de las ventas totales.

○ **DEVOL_TF**: flujo de salida que representa el valor de los productos devueltos a tienda física. Mencionado anteriormente como flujo de entrada del nivel de tienda física.

○ **DEVOL_TO**: flujo de salida que representa el valor de los productos devueltos a tienda online. Coincide con el flujo de entrada de la variable de nivel tienda online.

○ **P_DESECHOS**: flujo de salida que recoge los productos de desecho, es decir, los productos devueltos en mal estado (estos residuos acaban siendo incinerados al aire libre o directamente abandonados en vertederos).

$P_DESECHOS = \%PRODESECHOS * P_DEVUELTOS.$

- **DESV_EST_SUAV.** Es una variable de nivel que representa la desviación estándar suavizada, es decir, es una versión más ajustada y estable que la desviación estándar, que mide la dispersión que refleja la variabilidad de los datos de la demanda de Zara. Suponemos que su valor inicial es DESV_EST_INICIAL.

DESV_EST_INICIAL = %DESV*DMDA_BASE es la estimación inicial de la demanda que se hace antes de contar con datos reales o suficientes datos históricos, donde:

%DESV es una variable que representa el porcentaje de desviación sobre la demanda base. Su valor se estima en un 10%.

- Tiene un flujo de entrada, llamado **FLUJO_AJ** = (DESV_EST-DESV_EST_SUAV)/T_AJ_SUAV).

✓ **T_AJ_SUAV** es la variable que representa el tiempo de ajuste suavizado. Su valor es de 5 años.

- **DESV_EST=**

STDEV(DMDA_TOTAL;DMDA_HIT1;DMDA_HIT2;DMDA_HIT3;DMDA_HIT4;DMDA_HIT5) es una variable que representa la desviación estándar de la demanda. Mide la variabilidad de la demanda respecto a su valor promedio. Se calcula a partir de los valores de la demanda total en los últimos 5 años.

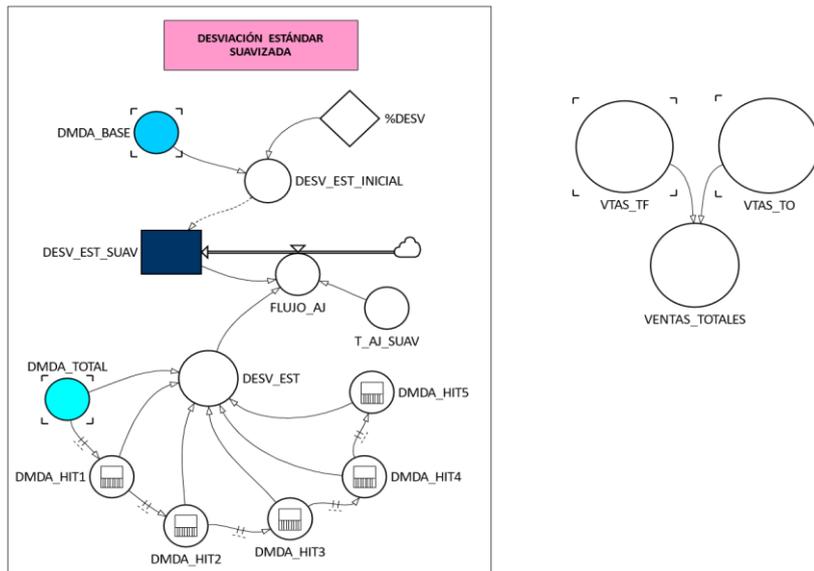
Las ecuaciones del modelo son las siguientes:

- $ALM_CENTRAL(t+1) = ALM_CENTRAL(t) + (PRODUCCIÓN(t) - SAL_TF(t) - SAL_TO(t))$
- $TDA_FIS(t+1) = TDA_FIS(t) + (SAL_TF(t) + DEVOL_TF (t) - VTAS_TF(t))$
- $TDA_ONL(t+1) = TDA_ONL(t) + (SAL_TO(t) + DEVOL_TO (t) - VTAS_TO(t))$
- $P_DEVUELTOS(t+1) = P_DEVUELTOS(t) + (DEVOL(t) - DEVOL_TF (t) - DEVOL_TO (t) - P_DESECHOS(t))$

4.3. Diagrama de Forrester

Una vez formuladas las hipótesis y definidas las variables del modelo, en este apartado se expone el Diagrama de Forrester (Figura 4.1). Este diagrama representa gráficamente las variables consideradas en el estudio, así como las relaciones que existen entre ellas.

Para el desarrollo del modelo, se ha empleado el software Powersim Studio 10 Express, una herramienta destinada a la modelización, simulación y análisis de sistemas complejos. Este programa no solo permite la construcción de modelos dinámicos, sino que también facilita la generación de representaciones gráficas, lo cual resulta útil para la interpretación de los resultados de las simulaciones, como se mostrará en apartados posteriores.

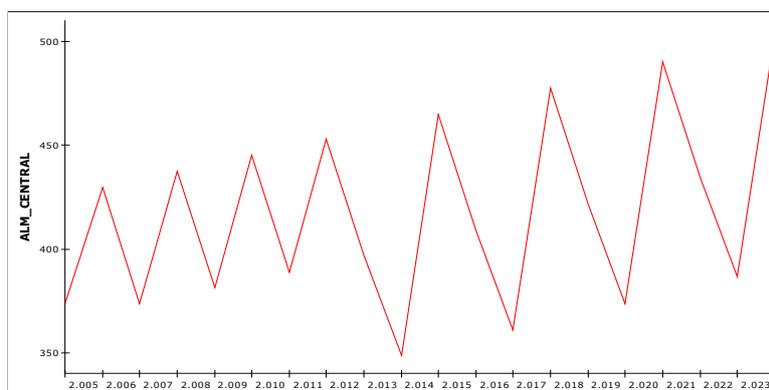


Fuente: Elaboración propia del Powersim.

4.4. Evolución del modelo

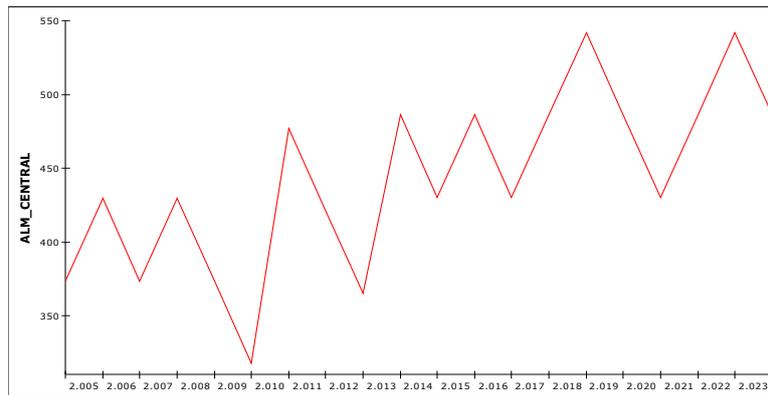
En este apartado se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de la simulación del modelo desarrollado. Este modelo contempla que la evolución y la comparación de las variables clave estarán condicionadas por la variable aleatoria. Tal y como se explicó en secciones anteriores, hemos incorporado la variable “SWICHT” a la variable aleatoria, permitiendo así modificar el comportamiento de las otras variables del modelo, en función de si se decide usar o no esta variable aleatoria que introduce fluctuaciones aleatorias en la demanda, para simular la incertidumbre en el mercado.

GRÁFICO 4.1: Evolución del almacén central sin variable aleatoria.



Fuente: Elaboración propia del Powersim.

GRÁFICO 4.2: Evolución del almacén central con variable aleatoria.

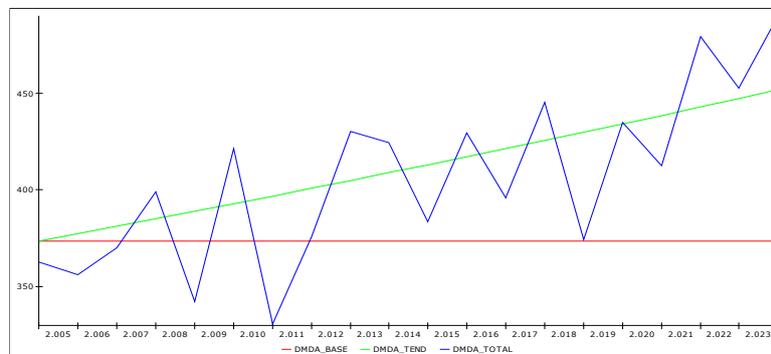


Fuente: Elaboración propia del Powersim.

Estos dos primeros gráficos muestran la evolución del almacén central a lo largo del tiempo, pero presentan una diferencia clave:

- El primer gráfico (Gráfico 4.1) representa la variable almacén central sin incorporar fluctuaciones aleatorias en la demanda. Como resultado, se observa una tendencia creciente, fluctuando según le impone la producción, reflejando únicamente la tendencia estructural o base del modelo.
- El segundo gráfico (Gráfico 4.2) representa la variable almacén central con fluctuaciones aleatorias en la demanda, introduciendo la incertidumbre en el mercado, reflejando escenarios más realistas. Por ello, las variaciones son más notorias e irregulares, representando mejor las condiciones reales en las que opera la demanda.

GRÁFICO 4.3: Evolución de las demandas con variable aleatoria.



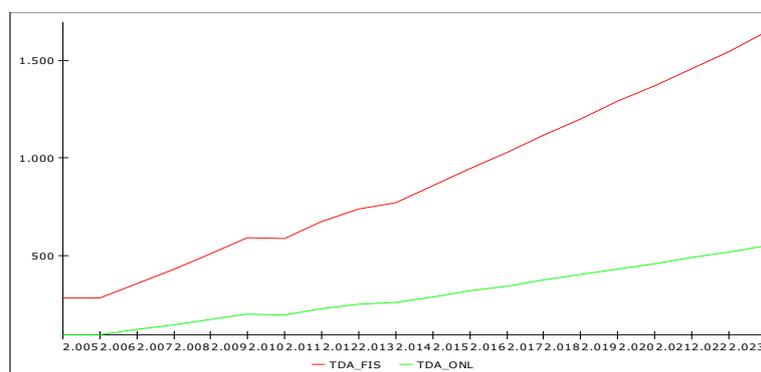
Fuente: Elaboración propia del Powersim.

Al examinar el Gráfico 4.3, se observa que la demanda total se construye a partir de una demanda base siguiendo una tendencia de crecimiento (demanda tendencial), pero se ve afectada por elementos externos ya que introducimos la variable aleatoria. Los elementos externos no controlables de Zara pueden ser por las dinámicas de moda, comportamiento del consumidor y entorno global, como la moda, fenómenos virales, condiciones económicas o eventos inesperados. La demanda total presenta un impacto positivo con un comportamiento más irregular y fluctuante, con picos y caídas marcadas que no siguen una línea estable en comparación con la demanda base y la demanda tendencial.

Durante estos años tenemos en cuenta que Zara usa la variable aleatoria para ver cómo pueden influir los imprevistos en el mercado, donde la demanda tendencial y la demanda total experimentan un aumento, mientras tanto, la demanda base se mantiene constante a lo largo del tiempo reflejando que su clientela estable consume productos básicos independientemente de las modas o condiciones de mercado.

La demanda tendencial va ascendiendo, esto quiere decir que hay un crecimiento estructural y sostenido en la demanda a lo largo del tiempo, siguiendo una tendencia observable. Esto puede atribuirse a factores como la expansión internacional de Zara, su posicionamiento competitivo en el mercado (fast fashion, alta rotación de productos, ubicación estratégica de las tiendas, etc) y la evolución de su tienda online.

GRÁFICO 4.4.: Comparación de las tiendas físicas y tienda online con variable aleatoria.



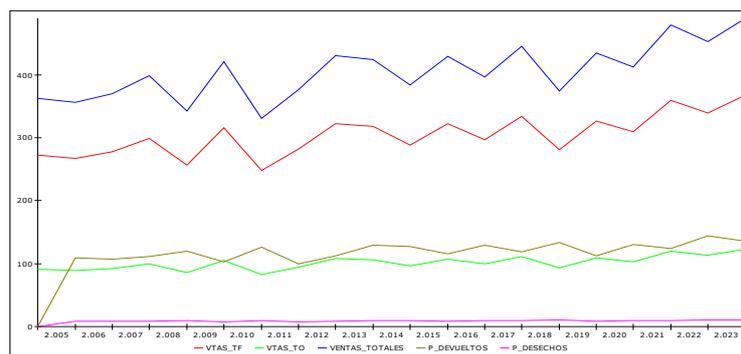
Fuente: Elaboración propia del Powersim.

El Gráfico 4.4 compara la evolución temporal del número de productos disponibles en las tiendas físicas y tienda online de Zara introduciendo la variable aleatoria.

A lo largo del tiempo, se observa que para el valor de los productos disponibles en las tiendas físicas de Zara se mantiene la tendencia creciente, con pocas fluctuaciones. Observamos que durante estos años ha aumentado: aunque Zara haya bajado su número de tiendas físicas, está aumentando el área total de ventas (3.078.590 metros cuadrados en 2024, visto anteriormente en la Tabla 2.3), situándose estas tiendas en ubicaciones estratégicas.

La tienda online muestra una tendencia de crecimiento progresiva y sostenida en la cantidad de productos disponibles. Con el paso de los años, la oferta online ha aumentado de manera notable, lo que sugiere una estrategia aprovechando la mayor capacidad de almacenamiento, alcance internacional, ofrecer una variedad mucho más amplia de productos, etc, obteniendo así mayor demanda.

GRÁFICO 4.5: Comparación de ventas, productos devueltos y desechos con variable aleatoria.



Fuente: Elaboración propia del Powersim.

El Gráfico 4.5 muestra la evolución anual de las ventas físicas, las ventas online, las ventas totales, los productos devueltos y los desechos de productos en Zara desde el año 2005 hasta el año 2024, teniendo en cuenta la variable aleatoria.

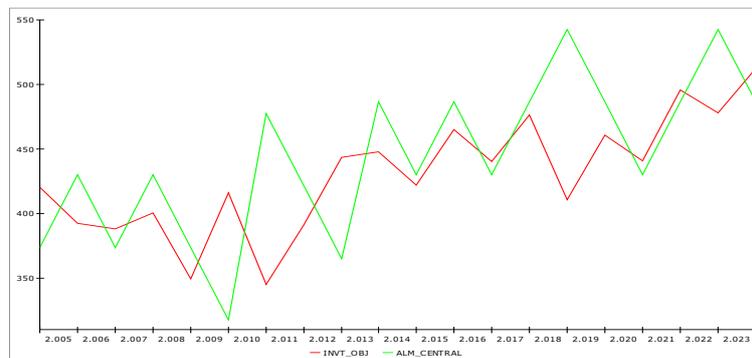
Por un lado, las ventas en las tiendas físicas presentan una ligera tendencia de crecimiento a lo largo de los años. Se observa un incremento paulatino, con algunas fluctuaciones, pero, en general, un aumento sostenido hasta alcanzar su punto máximo en 2024. Por otro lado, aunque inicialmente las ventas en tienda online eran bajas en 2005, muestran un crecimiento progresivo hasta 2024. Destaca que, a partir de 2010, las ventas online aumentan más rápidamente, indicando la creciente importancia de este canal digital. Por lo tanto, las ventas totales, que combinan las ventas físicas y online,

muestran un comportamiento ascendente a lo largo del periodo analizado, reflejando el crecimiento global de Zara. Las ventas totales alcanzan su máximo en 2024.

Los productos devueltos tienen una tendencia de crecimiento más moderada, pero constante. El aumento de las devoluciones puede estar relacionado con el crecimiento de las ventas online y la facilidad para devolver productos en este canal. Esto es debido a factores como las tallas, la calidad esperada, etc.

Los desechos se mantienen bastante bajos en comparación con las otras variables. Su incremento es mínimo y no presenta grandes fluctuaciones, indicando un control efectivo sobre el desperdicio de productos, evitando el impacto ambiental y económico asociado al desecho de inventarios.

GRÁFICO 4.6: Comparación de inventario e inventario objetivo con variable aleatoria.



Fuente: Elaboración propia del Powersim.

En el Gráfico 4.6, durante el periodo analizado, se observa una clara tendencia ascendente tanto en el inventario objetivo como en el inventario real, lo que refleja el crecimiento sostenido de la empresa y la necesidad de contar con mayores niveles de stock para satisfacer la demanda. El inventario real muestra fluctuaciones más marcadas en comparación con el inventario objetivo, esto es debido a que también utilizamos la variable aleatoria para poder ver las fluctuaciones aleatorias simulando la incertidumbre del mercado.

El inventario objetivo crece de manera más uniforme y gradual, con una trayectoria ascendente. Este comportamiento sugiere una planificación estratégica bien definida y ajustada a las necesidades del mercado y los planes de expansión de la compañía. Las ligeras fluctuaciones observadas reflejan adaptaciones específicas a situaciones puntuales del negocio o del mercado.

A lo largo del tiempo, se observa que el inventario real suele fluctuar alrededor del inventario objetivo, lo que indica una estrategia flexible y capacidad de ajuste ante las demandas del mercado y posibles contingencias (huelga de transporte, problemas de suministro, retraso de fabricación, crisis económica, pandemia, etc). Las diferencias entre el inventario real y el objetivo tienden a reducirse en los últimos años, lo cual es un indicativo de una mayor eficiencia en la gestión de inventarios.

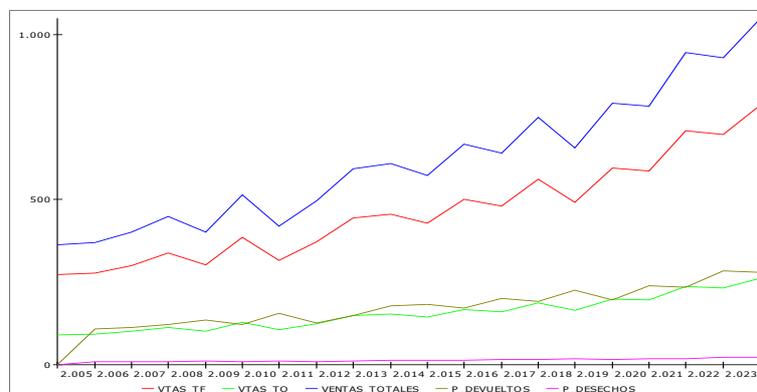
5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO

En este capítulo se modificarán ciertas variables con el objetivo de analizar cómo estos cambios afectan a la evolución modelo. En concreto, vamos a evaluar el impacto de la introducción de una nueva campaña de publicidad que tendrá como consecuencia un aumento en la tasa de crecimiento de la demanda tendencial. Estudiaremos cómo esta tasa influye en la evolución de nuestro modelo en un escenario en el que su valor aumenta hasta un 5%.

Posteriormente, se compararán los resultados obtenidos con el modelo base, que no contempla la influencia de la campaña publicitaria, identificando así los efectos más relevantes.

El análisis permitirá, por lo tanto, valorar la efectividad de la campaña publicitaria y determinar en qué medida contribuye a potenciar las ventas y a mejorar la eficiencia global del sistema.

GRÁFICO 5.1: Comparación de ventas, productos devueltos y desechos en presencia de la nueva campaña publicitaria.

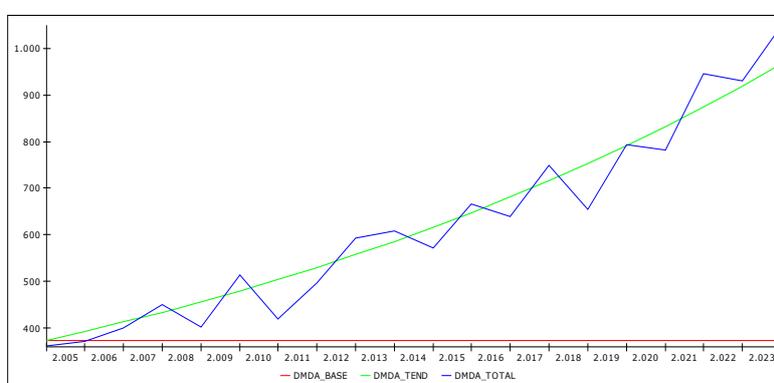


Fuente: Elaboración propia del Powersim.

El Gráfico 5.1 muestra la evolución de las ventas totales, físicas y online, así como de los productos devueltos y desechos. Se observa que a lo largo del tiempo las ventas mejoran respecto del escenario base debido al impacto de la campaña, alcanzando su punto máximo en el año 2024. Además, tanto los productos devueltos como los desechos alcanzan este máximo en 2023.

Observamos que el Gráfico 5.1 muestra valores más altos que el Gráfico 4.5, mostrando fluctuaciones de manera más clara. Además, en los productos devueltos y los desechos, los cambios no son significativos. En ambos gráficos las ventas totales y físicas siguen una tendencia creciente a lo largo del tiempo. Las ventas online del escenario base también crecen, pero de forma más suave y estable que el Gráfico 5.1, destacando especialmente los últimos años. En cuanto a los productos devueltos y desechos del Gráfico 5.1, se observa que duplican a los del escenario base y presentan ligeras oscilaciones que sugieren una cierta dependencia del crecimiento de las ventas totales (por ejemplo, más ventas generan más devoluciones o desechos).

GRÁFICO 5.2: Evolución de las demandas en presencia de la nueva campaña publicitaria.



Fuente: Elaboración propia del Powersim.

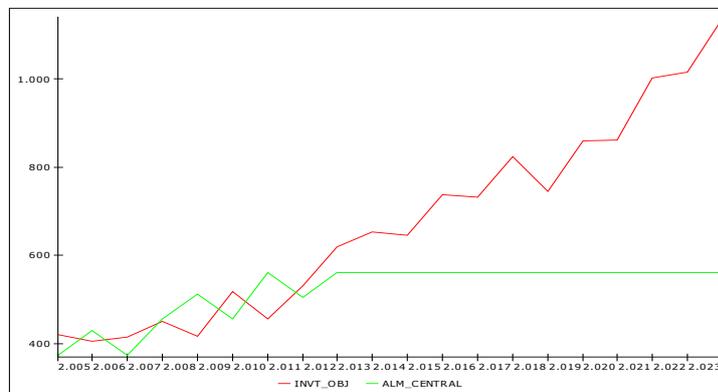
En el Gráfico 5.2 se representa la evolución de la demanda base, la demanda tendencial y la demanda total teniendo en cuenta una nueva campaña de publicidad de Zara.

Comparándolo con el Gráfico 4.3, la diferencia de la tasa de crecimiento genera efectos notables en la evolución de la demanda total. En el Gráfico 4.3, la demanda total presenta oscilaciones significativas, con un crecimiento moderado y una mayor dispersión respecto a la demanda tendencial. Sin embargo, en el Gráfico 5.2, el efecto

de la campaña publicitaria se refleja en un crecimiento más acelerado y sostenido de la demanda total, que sigue más de cerca la trayectoria de la línea verde.

A medida que transcurre el tiempo, la brecha entre la demanda base y la demanda total se amplía considerablemente, evidenciando el impacto positivo de una estrategia de marketing agresiva sobre la dinámica de crecimiento del sistema. Este análisis pone de manifiesto cómo una variación en la tasa de crecimiento de la demanda tendencial puede generar resultados acumulativos significativos en sistemas dinámicos a largo plazo.

GRÁFICO 5.3: Comparación de inventario e inventario objetivo en presencia de la nueva campaña publicitaria.



Fuente: Elaboración propia del Powersim.

En el Gráfico 5.3 se representa la evolución del inventario objetivo y el inventario real de Zara, teniendo en cuenta la nueva campaña de publicidad. Se refleja el impacto de esta campaña, evidenciado en un incremento significativo del inventario objetivo, el cual alcanza su punto máximo en el año 2024. El inventario objetivo se dispara debido a que está relacionado con la demanda total, y en esta influye la tasa de crecimiento de la demanda tendencial.

En contraste, el inventario real experimentó su valor máximo en 2011, seguido de una disminución hasta 2013, a partir de la cual se estabiliza y se mantiene constante en los años posteriores debido a que el almacén central tiene limitaciones de capacidad y la producción también está limitada por la capacidad de producción y por el ajuste de inventario.

Para poder adecuarse al inventario objetivo, habría que incrementar la capacidad del almacén central, reorganizarse para soportar mayores volúmenes de stock y recalcular la capacidad de producción.

Al comparar con el Gráfico 4.6, se observa que tanto el inventario objetivo como el inventario real presentan un crecimiento más moderado que el Gráfico 5.3 (ya que el inventario objetivo se dispara con respecto al escenario base), acompañado de fluctuaciones a lo largo del tiempo.

6. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo se ha desarrollado un modelo dinámico basado en la metodología de la dinámica de sistemas, aplicado al caso de la gestión de inventario de Zara, con el objetivo de analizar la evolución de variables clave como inventarios, demanda, producción, ventas, devoluciones y desechos. El modelo ha permitido visualizar cómo estas variables interactúan entre sí, ofreciendo una visión integral del comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios.

Uno de los principales hallazgos ha sido la importancia de la demanda tendencial y su crecimiento como variable crítica que impacta sobre el resto del sistema. Al incorporar una variable aleatoria, se ha podido simular de manera más realista la incertidumbre del mercado, observándose fluctuaciones significativas en la demanda total, que se trasladan a la producción, los inventarios y las ventas.

Asimismo, se ha comprobado que la venta online presenta un crecimiento sostenido, consolidándose como canal fundamental en la estrategia comercial de Zara, mientras que las tiendas físicas mantienen su importancia gracias a un mayor espacio y mejor ubicación.

Por otro lado, el análisis de sensibilidad demuestra cómo una campaña publicitaria puede incrementar de manera notable la demanda tendencial y, con ello, aumentar el inventario objetivo y las ventas, aunque también se elevan ligeramente los productos devueltos y los desechos.

Este modelo presenta algunas limitaciones derivadas de diversas simplificaciones necesarias para su construcción:

- Ante la imposibilidad de acceder a información específica de Zara, se han hecho estimaciones a partir de los datos globales de Inditex. Por ejemplo, se ha asumido que el 72,15% de las ventas corresponden a Zara y que el 25% de las ventas son online, basándose en fuentes secundarias.
- Variables como el margen de seguridad, la tasa de crecimiento o la desviación estándar han sido determinadas con valores aproximados para facilitar la implementación del modelo.
- Uso de la versión gratuita de Powersim Studio Express: Esta versión presenta limitaciones en funcionalidad, complejidad y capacidad gráfica, lo que restringe la posibilidad de incorporar procesos más detallados (por ejemplo, ha restringido el número de variables).

Para ampliar y enriquecer el análisis presentado, se proponen las siguientes líneas de mejora y profundización:

- Obtener información más desagregada y específica de Zara, o directamente de fuentes internas, lo que permitiría reducir las estimaciones y construir un modelo más ajustado a la realidad.
- Incluir nuevas variables como costes logísticos, políticas de precios, comportamiento del consumidor o acciones de sostenibilidad lo que permitiría capturar aspectos más amplios del sistema.
- Incorporar choques externos como crisis económicas, pandemias o eventos climáticos extremos para ver cómo responde el sistema ante escenarios de estrés.
- Utilizar versiones de Powersim premium para construir modelos más complejos y detallados.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aracil, J. (1995). "Dinámica de sistemas". Isdefe, Madrid.
- Aracil, J. y Gordillo, F (1997). "Dinámica de sistemas". Editorial alianza, Madrid.
- Caitriona. (2024, 15 septiembre). "Zara y la Sostenibilidad: Pioneros en la Moda Responsable" - Ajuonline. Disponible en: <https://ajuonline.com/zara-y-la-sostenibilidad-pioneros-en-la-moda-responsable/> .[Consulta: 30/11/2024].
- Camino, T. (2023b, octubre 27). "La película que inspiró a Amancio Ortega para llamar Zara a su tienda de ropa. Consumidor Global". Disponible en:

<https://www.consumidorglobal.com/noticias/entretenimiento/pelicula-inspiro-amancio-ortega-llamar-zara-su-tienda-ropa-7857-102.html>. [Consulta: 14/11/2024].

- Caro. F. y Martínez. V. (2022, 20 diciembre). “El secreto del éxito de Zara. IESE Insight”. Disponible en: [https://www.iese.edu/es/insight/articulos/fast-fashion-modelo-negocio-zara/#:~:text=la%20respuesta%20es%20el%20modelo,de%20distribuci%c3%b3n%20\(y%20viceversa\)](https://www.iese.edu/es/insight/articulos/fast-fashion-modelo-negocio-zara/#:~:text=la%20respuesta%20es%20el%20modelo,de%20distribuci%c3%b3n%20(y%20viceversa)). [Consulta: 18/11/2024].
- Economía, R. (2024, 27 septiembre). “Clientes de Zara, asombrados por decisión que tomó la marca; cambio está confirmado”. *pulzo.com*. Disponible en: <https://www.pulzo.com/economia/zara-inauguro-live-streaming-que-es-que-beneficios-trae-clientes-PP3971939A>. [Consulta: 01/12/2024].
- EFE (2025, 12 marzo). Inditex gana 5.866 millones en 2024, un 9 % más, y encadena su tercer año de récord. Disponible en: <https://efe.com/economia/2025-03-12/inditex-gana-5-866-millones-2024-9-mas-encadena-tercer-ano-record/>. [Consulta: 12/03/2025].
- Forbes. (2024, 16 marzo). “Estos son los países donde más dinero gana Inditex. Forbes España”. Disponible en: <https://forbes.es/empresas/427176/estos-son-los-paises-donde-mas-dinero-gana-inditex/>. [Consulta: 30/11/2024].
- Forrester, J. W. (1961): “Industrial Dynamics”. The Mit Press, Cambridge.
- Forrester, J. W. (1969): “Urban Dynamics”. The Mit Press, Cambridge.
- Forrester, J. W. (1971): “World Dynamics”. The Mit Press, Cambridge.
- García, J. M., & Sterman, J. (2017). “Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas. Juan Martín García. Barcelona”.
- INDITEX. “Historia”. (s. f.a). Disponible en: <https://www.inditex.com/itxcomweb/es/grupo/historia>. [Consulta: 14/11/2024].
- INDITEX. “Resultados consolidados del ejercicio 2005”. (s.f.e). Disponible en: <https://www.cnmv.es/webservices/verdocumento/ver?e=5Hw2WwKpKNaw4dFPp7bdBnoVWdfesgkpo6eZDnmbdpma3phc%2FKDdGHMm7I9fO0VE>. [Consulta: 21/05/2025].
- INDITEX. “Resultados consolidados ejercicio 2024”. (s. f.d). Disponible en: <https://www.inditex.com/itxcomweb/api/media/03727673-c4f6-473c-8ac4->

- [561a0630b7a6/INDITEXResultadosEjercicio2024.pdf?t=1741760451383](https://www.inditex.com/itxcomweb/api/media/7a96ed36-3c7f-47c4-bae2-5f22850b993b/INDITEXResultadosEjercicio2024.pdf?t=1741760451383). [Consulta: 12/03/2025].
- INDITEX. “Resultados consolidados nueve meses 2024”. (s.f.c) Disponible en: <https://www.inditex.com/itxcomweb/api/media/7a96ed36-3c7f-47c4-bae2-5f22850b993b/Cuentas Anuales Consolidadas 2023.pdf?t=1710506034380>. [Consulta: 31/01/2025].
 - INDITEX. “Resultados consolidados primer semestre de 2024”. (s. f.b). Disponible en: <https://www.inditex.com/itxcomweb/es/prensa/detalle-noticias/629180e5-acbd-4bf6-b413-a0c706a96df8/resultados-consolidados-primer-semester-de-2024>. [Consulta: 18/11/2024].
 - Ivy. (2024, 23 septiembre). “Transformando la industria: el modelo de negocio innovador de Zara”. Disponible en: <https://mrsonline.net/transformando-la-industria-el-modelo-de-negocio-innovador-de-zara/>. [Consulta: 18/11/2024].
 - Juárez, M., & Romera, J. (2022, 10 octubre). “Las devoluciones se comen el 4% de las ventas del comercio «online»”. Disponible en: <https://www.eleconomista.es/retail-consumo/noticias/11981523/10/22/Las-devoluciones-se-comen-el-4-de-las-ventas-del-comercio-online.html>. [Consulta: 07/01/2025].
 - Juice Studio. (2023, 13 diciembre). “La estrategia de marketing de Zara”. Disponible en: <https://juice-studio.com/la-estrategia-de-marketing-de-zara>. [Consulta: 18/11/2024].
 - Marín, R. (2024, 19 agosto). “Una de cada cuatro ventas en el sector de la moda ya se realizan a través de Internet”. Disponible en: <https://www.vozpopuli.com/economía/distribución/ventas-moda-internet.html>. [Consulta: 07/03/2025].
 - Martín, L. (2021, 13 junio). “El origen del nombre de Zara”. Disponible en: Disponible en: <https://search.app/qd7phnaemf27pf1q7>. [Consulta: 14/11/2024].
 - Mateo, N. (2023, 14 septiembre). “Inditex incrementa sus ventas en España y Europa gracias a la mejora de las tiendas y el canal online”. Disponible en: <https://okdiario.com/economia/inditex-incrementa-ventas-espana-europa-mejora-tiendas-canal-online-1155282>. [Consulta: 12/02/2025].

- Oliveras, C. (2024, 5 marzo). “Europa: hasta el 9% de la ropa se destruye sin ser utilizada”. Disponible en: <https://www.modaes.com/back-stage/europa-hasta-el-9-de-la-ropa-se-destruye-sin-ser-utilizada>. [Consulta: 07/01/2025].
- Reason Why. “Zara estrena su live shopping en España con las modelos Cindy Crawford y Kaia Gerber. Disponible en: <https://www.reasonwhy.es/actualidad/zara-presenta-compra-streaming-modelos-cindy-crawford-kaia-gerber>. [Consulta: 01/12/2024].
- Riaño, P. (2024, 16 septiembre). “Zara la estrella de Inditex”. Disponible en: <https://www.modaes.com/empresa/hablemos-de-zara-la-estrella-de-inditex-al-menor-ritmo-desde-2018#:~:text=Hace%20una%20d%C3%A9cada%2C%20a%20cierre,%2C96%25%20registrado%20en%202022>. [Consulta: 31/01/2025].
- Statista. (2024, 15 marzo). “Número de trabajadores de Zara España 2011-2023”. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/512456/numero-de-trabajadores-en-la-empresa-zara-espana> [Consulta: 30/11/2024].
- Tentulogo. (2024, 1 agosto). “Zara, la historia de la marca que revolucionó la moda”. Disponible en: <https://tentulogo.com/zara-la-historia-de-la-marca-que-revoluciono-la-moda/>. [Consulta: 14/11/2024].
- Vela, V., & Mingueza, A. (2024, 29 agosto). “Así es el nuevo Zara: más variedad de ropa, reserva de probadores y agilidad en los pedidos «on line»”. El Norte de Castilla. Disponible en: <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/nuevo-zara-variedad-ropa-reserva-probadores-agilidad-20240829150454-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.elnortedecastilla.es%2Fvalladolid%2Fnuevo-zara-variedad-ropa-reserva-probadores-agilidad-20240829150454-nt.html> [Consulta: 01/12/2024].
- Wong, A., Wong, A., & Wong, A. (2024, 5 junio). “Zara – estrategia logística ágil y eficiente”. Blog - IBERO Tijuana Posgrados. Disponible en: <https://blogposgrados.tijuana.iberomx/zara-estrategia-logistica-agil-y-eficiente/>. [Consulta: 14/11/2024].