

Estación de servicio de combustible

Juan Sebastian Romero Aguirre 1, Felipe Huertas Guarín 2

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo analizar la dinámica de una estación de servicio de combustible que abastece tanto gasolina como diésel. El estudio se enfoca en el proceso de abastecimiento por medio de carotanques y la capacidad de los tanques subterráneos, así como la demanda de combustible de los vehículos que llegan a la estación. La estación cuenta con cuatro dispensadores, cada uno con dos mangueras dedicadas a un solo tipo de combustible. El propósito es determinar cuántos dispensadores de gasolina y cuántos de diésel maximizarían la rentabilidad, considerando la capacidad de almacenamiento y la demanda de los clientes. La simulación permitirá evaluar la eficiencia del sistema actual y proponer mejoras que incrementen la rentabilidad, considerando los costos de compra y los precios de venta de cada combustible.

1. Descripción del problema

El problema principal radica en la asignación óptima de recursos dentro de una estación de servicio de combustible que suministra tanto gasolina como diésel. Esta estación cuenta con tanques subterráneos para almacenar ambos tipos de combustibles y un número fijo de dispensadores, cada uno con la capacidad de atender dos vehículos simultáneamente. La demanda de combustible fluctúa en función de la cantidad de vehículos que llegan a la estación, lo que implica que la distribución de los dispensadores entre gasolina y diésel influye directamente en la eficiencia del servicio y, por ende, en la rentabilidad.

La optimización de recursos en estaciones de servicio, como el número adecuado de dispensadores y la capacidad de almacenamiento, es crucial para maximizar la rentabilidad. Al emplear técnicas de simulación y modelado, es posible analizar escenarios en los que la asignación de dispensadores y la capacidad de almacenamiento se ajustan según la demanda proyectada. El uso de modelos numéricos ha demostrado ser efectivo para optimizar tanto la capacidad de almacenamiento como la distribución de combustible, asegurando un servicio más eficiente[1][2]

Además, se deben tener en cuenta factores económicos como los precios de compra y venta de los combustibles, los carotanques que tienen un tiempo de entrega desde el momento en que se realiza el pedido, y la demanda diaria estimada de los clientes. A través de la simulación de distintos escenarios de demanda, el propietario podrá tomar decisiones informadas sobre cómo maximizar las ganancias ajustando la distribución de los dispensadores y optimizando la capacidad de los tanques subterráneos[1].

2. Objetivos del estudio de simulación

- a. De los tres dispensadores con 14 mangueras disponibles, se debe determinar cuántos se asignan para gasolina y cuántos para diésel, ya que esto influye en la eficiencia y la rentabilidad.
- b. Identificar cuellos de botella en la operación de la estación de servicio al momento de tanquear los vehículos.
- c. Analizar el impacto de distintos escenarios de demanda en la rentabilidad de la estación.

3. Preguntas para responder por el estudio de simulación

- a. ¿Cuántos dispensadores de gasolina y cuántos de diésel se necesitan para maximizar la rentabilidad?
- b. ¿Cuál es la capacidad óptima de los tanques de almacenamiento para cubrir la demanda durante un período determinado?
- c. ¿Cómo afecta la distribución de dispensadores a la eficiencia del servicio?
- d. ¿Por qué se da un cuello de botella en el primer dispensador de la estación?
- e. ¿Cómo varía la rentabilidad en distintos escenarios de demanda?
- f. ¿Es posible mejorar la eficiencia cambiando la capacidad de los tanques o la distribución de dispensadores?

4. Medidas de desempeño

- a. **Tiempo de espera de los vehículos** en cada bahía.
- b. **Porcentaje de utilización de los dispensadores** de gasolina y diésel.
- c. **Rentabilidad diaria** según el uso de cada dispensador, el tipo de combustible, los costos de compra de los combustibles y el funcionamiento de la estación de servicio.
- d. **Capacidad de almacenamiento utilizada** frente a la demanda diaria.

5. Alcance del Modelo

Nivel de Detalle

El modelo simula la operación de una estación de servicio de combustible que abastece gasolina y diésel. En este modelo se considera:

- La entrada de vehículos: Incluye la llegada de vehículos que demandan gasolina o diésel, con tiempos de llegada registrados.
- Distribución de los dispensadores: La estación cuenta con tres dispensadores, cada uno con mangueras dedicadas exclusivamente a un tipo de combustible.
- Procesos de abastecimiento: El proceso incluye la atención a vehículos en los dispensadores, con tiempos de inicio de servicio y salida registrados.
- Tanques subterráneos de almacenamiento: Los tanques son abastecidos por carrotanques en intervalos definidos, manteniendo inventarios para cubrir la demanda diaria.

Este nivel de detalle permite analizar la eficiencia de los dispensadores, el tiempo de espera de los vehículos y el uso de cada tipo de combustible.

Supuestos del Modelo

1. Demanda Establecida: Se asume que la demanda de vehículos por hora sigue una distribución regular, con variaciones previstas en los escenarios de simulación.
2. Tiempo de Servicio Fijo: El tiempo de servicio en los dispensadores es aleatorio pero basado en un rango de tiempos históricos proporcionados.
3. Distribución Fija de Mangueras: La configuración de mangueras en los dispensadores se mantiene fija durante la simulación, aunque se evalúan escenarios de redistribución.
4. Frecuencia de Reabastecimiento Regular: Los carrotanques abastecen los tanques de gasolina y diésel a intervalos definidos, permitiendo mantener el inventario.
5. Sin Desabastecimiento: Se asume que los tanques subterráneos tienen suficiente capacidad para evitar el desabastecimiento en condiciones normales de demanda.

6. Escenarios del estudio de simulación

- a. **Escenario 1:** Descripción del sistema actual con la configuración de dispensadores fija y la capacidad de los tanques según el promedio histórico de demanda.
- b. **Escenario 2:** Sistema bajo un escenario de estrés, con un aumento considerable de la demanda debido a una crisis de abastecimiento en estaciones cercanas.
- c. **Escenario 3:** Sistema bajo un escenario de mejora, incrementando la capacidad de los tanques de almacenamiento.
- d. **Escenario 4:** Sistema bajo un escenario de mejora, modificando la asignación de los dispensadores para optimizar la eficiencia y rentabilidad.

7. Ventana de tiempo

Período de Recolección de Datos

Para este estudio de simulación, se realizaron observaciones directas en la estación de servicio durante un período representativo del día para contar el número de vehículos que demandan gasolina y diésel. Además, se llevaron a cabo entrevistas con el personal encargado de la atención en los dispensadores, quienes proporcionaron detalles técnicos sobre los tiempos promedio de servicio, capacidad de los tanques y frecuencia de reabastecimiento por parte de los carrotanques.

Recursos de Información

- Observación Directa: Conteo de vehículos y registro de su demanda de combustible.
- Entrevistas con el Personal de la Estación: Recolección de datos sobre los tiempos de servicio, capacidad de los tanques y detalles operativos.
- Estructura del Sistema: Información sobre la disposición de los dispensadores, asignación de mangueras para gasolina y diésel, y capacidad de los tanques subterráneos.

Ventana de Tiempo de Simulación

La simulación se ejecutará en una ventana de tiempo por horas, lo que permite capturar las variaciones en la demanda a lo largo del día. Este enfoque facilita analizar las horas de mayor y menor demanda y evaluar el rendimiento del sistema en distintos momentos, respondiendo a las preguntas específicas del estudio, como el tiempo de espera en cada dispensador, la utilización de los mismos y la rentabilidad en distintos escenarios de demanda.

8. Diagrama general del diseño del sistema actual

El sistema describe el flujo de abastecimiento y atención en la estación de servicio. El sistema se compone de varios subsistemas:

- **Abastecimiento de tanques:** Este proceso se refiere al llenado de los tanques subterráneos por medio de carrotanques, con una frecuencia de pedido establecida por un umbral de vaciado de los tanques subterráneos. La variable aleatoria asociada es la "Tiempo de llegada de los camiones a partir del momento en el que se pide el combustible", medida en galones según el tipo de combustible.
- **Atención a vehículos:** Este proceso implica el suministro de combustible a los vehículos que llegan a la estación, dividiéndose en bahías para gasolina y diésel. La variable aleatoria asociada es el "tiempo de servicio", medido en minutos.
- **Demanda de vehículos:** Representa la cantidad de vehículos que llegan a la estación para ser atendidos. La variable aleatoria asociada es el "número de vehículos por hora"

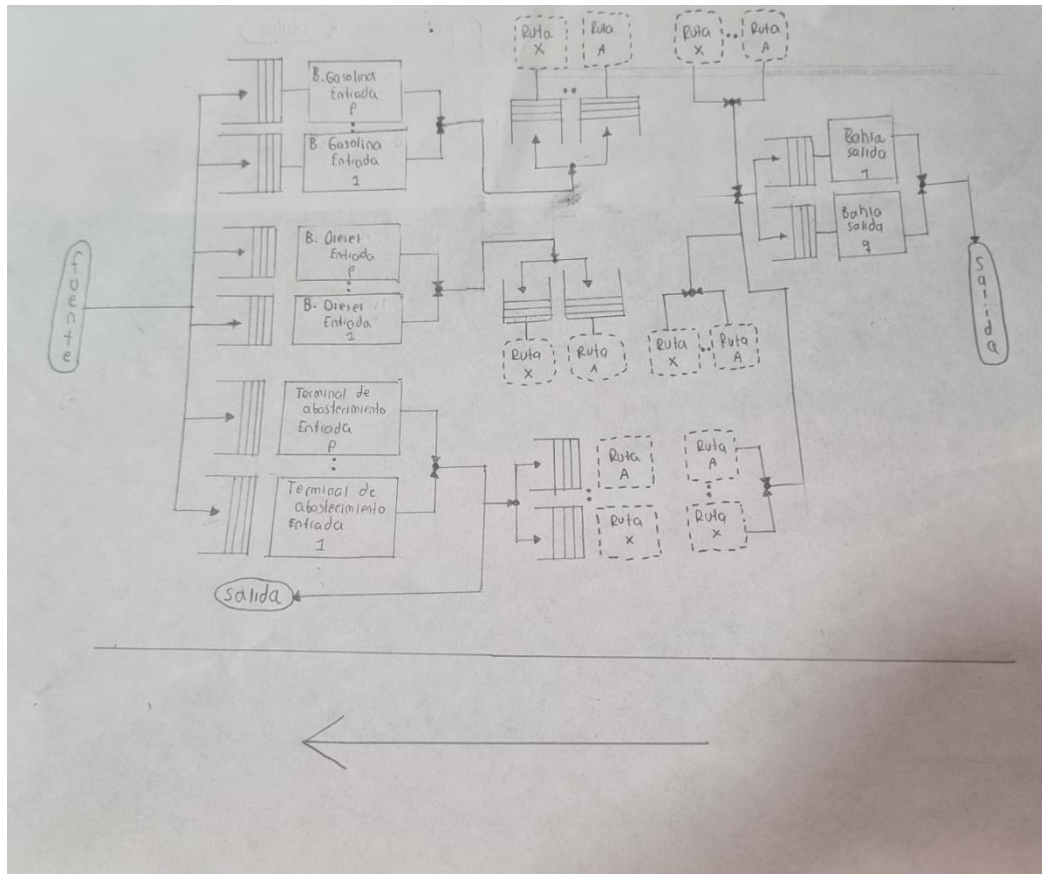


Figura 1. Esquema del modelo del sistema.

Poner gasolina y diésel a los vehículos

Este subsistema se encarga del proceso de suministro de combustible a los vehículos que llegan a la estación de servicio. Los dispensadores se dividen en dos tipos: los dedicados a gasolina y los dedicados a diésel. Los vehículos se abastecen de combustible en las bahías correspondientes.

Variable aleatoria asociada: Tiempo de servicio

Unidad: Minutos

Abastecimiento de la estación de combustible

Breve descripción: Este subsistema cubre el proceso de reabastecimiento de los tanques subterráneos de la estación de servicio.

Variable aleatoria asociada: Tiempo de llegada de los camiones a partir del momento en el que se pide el combustible

Unidad: Galones según el tipo de combustible

9. Parámetros del modelo y posibles distribuciones de probabilidad

Cálculo de la Tasa Promedio de Llegadas

Período Total de Observación en 3 días

- Hora inicial: 3:28
- Hora final: 11:15

Duración total en minutos:

467 minutos

Número Total de Llegadas

- **Total, de llegadas registradas:** 200 vehículos.

Cálculo de lambda

La tasa promedio de llegadas por hora es:

$$\lambda_{\text{min}} = 200/467 = 0.428 \text{ llegadas/minuto}$$

$$\lambda_{\text{hora}} = \lambda \times 60 = 0.428 \times 60 = 25.71 \text{ llegadas/hora}$$

Cálculo de Probabilidades para Intervalos de 1 Minuto

Para $k=0$:

$$P(0; 0.4285) = e^{-0.4285} = 0.6515$$

Para $k=1$:

$$P(1; 0.4285) = e^{-0.4285} \times 0.4285 = 0.2794$$

Para $k=2$:

$$P(2; 0.4285) = \frac{e^{-0.4285} \times 0.4285^2}{2} = 0.0598$$

Para $k=3$:

$$P(3; 0.4285) = \frac{e^{-0.4285} \times 0.4285^3}{6} = 0.0085$$

65.15% de probabilidad de que no llegue ningún vehículo en un minuto.

27.94% de probabilidad de que llegue exactamente un vehículo en un minuto.

5.98% de probabilidad de que lleguen exactamente dos vehículos en un minuto.

0.85% de probabilidad de que lleguen exactamente tres vehículos en un minuto.

En esta sección, se desarrolló un código en Python que analiza la llegada de vehículos a la gasolinera utilizando una distribución de Poisson. El código convierte los tiempos de llegada en intervalos de 30 minutos y calcula la frecuencia promedio de llegadas en cada intervalo. Posteriormente, utiliza esta tasa promedio para generar una distribución de Poisson teórica, que permite estimar la frecuencia esperada de diferentes números de llegadas.

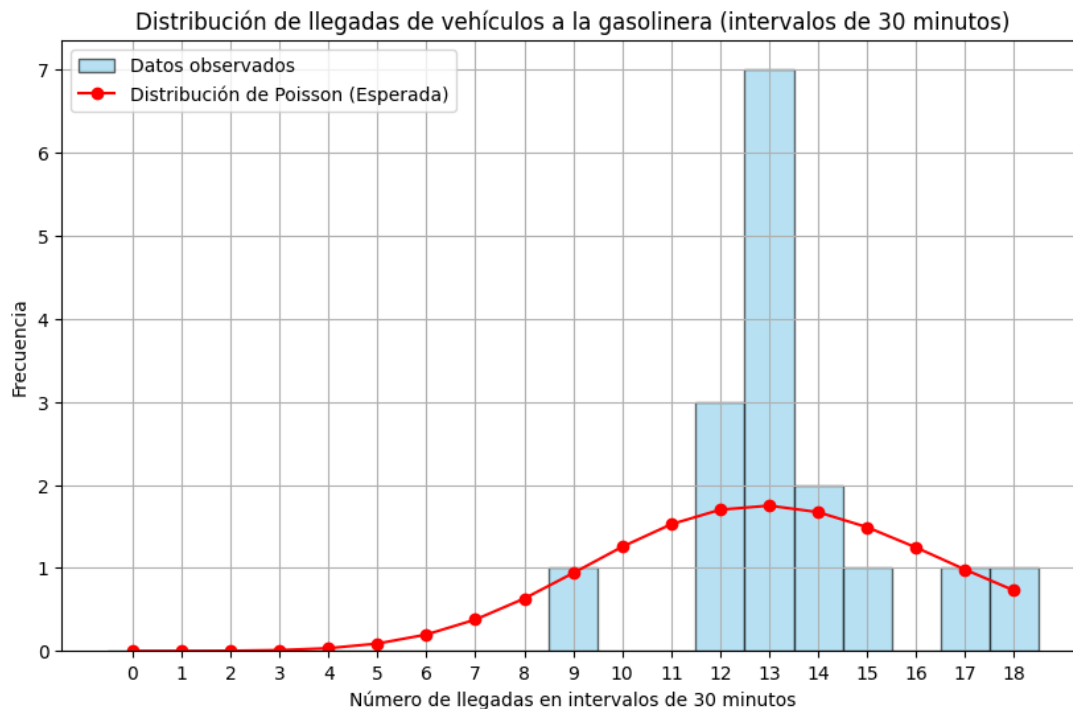


Figura 2. Grafica de posible distribución

En la gráfica, se puede observar un histograma en barras azules que muestra los datos observados, es decir, la frecuencia real de llegadas en cada intervalo de 30 minutos. La línea roja representa la distribución de Poisson teórica, superpuesta para facilitar la comparación entre los datos observados y las frecuencias esperadas. La cercanía entre las barras del histograma y la curva de Poisson indica si el modelo de Poisson es adecuado para describir las llegadas de vehículos en la gasolinera. En este caso, aunque hay variaciones, la forma general de los datos observados se alinea razonablemente bien con la distribución de Poisson esperada.

10. Especificaciones técnicas del computador

El equipo en el que se llevará a cabo la simulación es una **ASUS Vivobook Go 14 (E1404F)**, un portátil de buen rendimiento para tareas de cómputo y simulación, como las que llevaré a cabo con **Sympy** en **Visual Studio Code**. Este modelo cuenta con un procesador **AMD Ryzen™ 5 7520U**, con una frecuencia base de 2.8 GHz y una capacidad de turbo de hasta 4.3 GHz, suficiente para manejar cálculos complejos. Además, dispone de **16 GB de memoria RAM LPDDR5 a 5500 MHz**, que permite un procesamiento eficiente en tareas que requieren uso intensivo de memoria.

El almacenamiento es un **SSD PCIe 3.0 de hasta 512 GB**, lo que ofrece rapidez en la carga y en el acceso a datos, beneficiando la ejecución de modelos y acceso a archivos grandes sin demoras. La pantalla de 14 pulgadas, con resolución **Full HD (1920 x 1080)** y tecnología antirreflejo, facilita la visualización de gráficos y resultados.

11. Restricciones de tiempo y dinero

Tiempo para la Simulación y Toma de Datos

- **Recolección de Datos:** La observación directa en la estación de servicio y las entrevistas con el personal se realizaron durante un período representativo de 3 días, permitiendo obtener una muestra adecuada de la demanda de combustible.
- **Simulación:** La simulación se llevará a cabo en intervalos de tiempo por horas para capturar las variaciones en la demanda diaria, especialmente en las horas pico y de baja actividad. El tiempo estimado para la ejecución de cada simulación es de aproximadamente 1 a 2 horas por escenario, teniendo en cuenta el rendimiento del equipo.

Recursos Humanos

- **Diseño y Modelado del Sistema:** Se estima que el diseño conceptual y modelado de la estación de servicio tomará alrededor de 20 horas de trabajo, distribuidas entre los miembros del equipo.

- **Implementación de la Simulación:** El desarrollo del modelo en software y la programación de los distintos escenarios tomarán unas 40 horas.
- **Validación del Modelo:** Serán necesarias unas 10 horas adicionales para validar los resultados de la simulación mediante la comparación con datos reales y ajustes de parámetros.

Costos de Combustibles

- **Precio de Venta:**
 - **Gasolina:** \$15,690 por galón.
 - **Diésel:** \$10,040 por galón.
- **Costo de Compra** (aproximado, basado en precios de referencia en la región de Villavicencio):
 - **Gasolina:** \$10,873 por galón.
 - **Diésel:** \$9,457 por galón

Acceso a Información del Personal del Sistema

- **Entrevistas al Personal:** Se entrevistó al personal de la estación para obtener detalles sobre tiempos de servicio, capacidad de tanques y frecuencia de reabastecimiento. La disponibilidad del personal es un factor importante, ya que los datos recopilados dependen de sus observaciones y experiencia operativa.

Costos de Implementación y Ejecución

- **Software y Herramientas de Simulación:** La simulación se realizará con Sympy en Visual Studio Code, software gratuito, evitando así gastos de licencias.
- **Equipo de Computación:** El proyecto se ejecutará en un ASUS Vivobook Go 14, equipado con un procesador Ryzen™ 5 7520U y 16 GB de RAM, suficiente para manejar las simulaciones detalladas sin necesidad de hardware adicional.

12. Validación del Modelo Conceptual

Objetivo de la Reunión: Se realizó una reunión de validación del modelo conceptual con el profesor y los miembros del equipo para asegurar que el modelo es correcto, completo y alineado con las necesidades de la estación de servicio.

Presentación del Modelo:

- Se explicaron los **supuestos clave** del modelo, como la demanda de combustible, tiempos de reabastecimiento y flujo de atención a los vehículos.
- Se detallaron los **componentes principales** del modelo, incluyendo tanques de almacenamiento, dispensadores de gasolina y diésel, y el flujo de vehículos en la estación.

- Se utilizaron **diagramas** para ilustrar la estructura del sistema y facilitar la comprensión del modelo por parte de todos los presentes.

Discusión y Retroalimentación:

- Durante la sesión, se promovió la interacción y se incentivó a los participantes a plantear preguntas y hacer observaciones sobre los supuestos y componentes del modelo.
- Se documentaron algunos errores menores y se recibieron sugerencias que ayudaron a mejorar ciertos aspectos del modelo.

Modificaciones:

- Se realizaron los ajustes necesarios en el modelo conceptual en función de las observaciones, asegurando precisión y claridad antes de proceder con la programación.

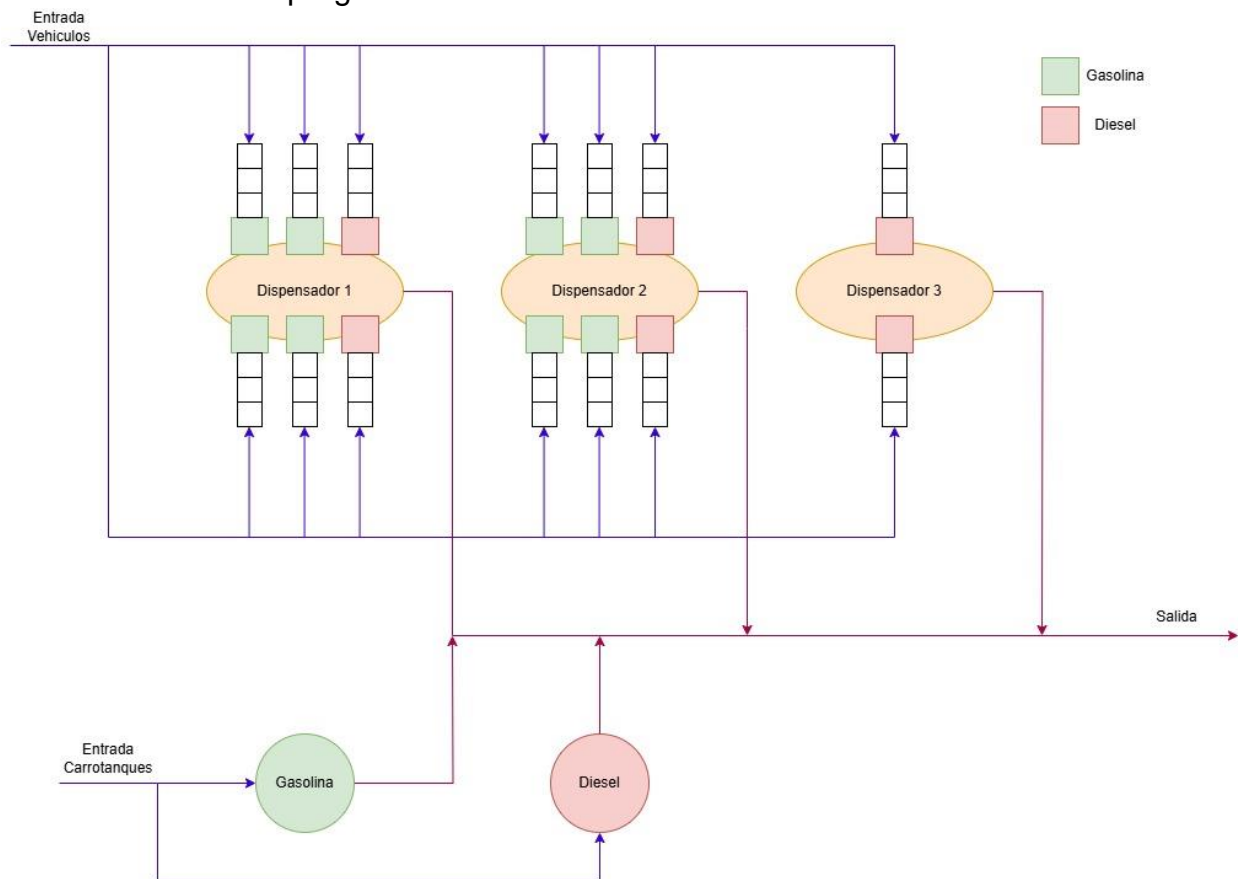


Figura 3. Modelo corregido por el profesor

Aprobación Final: El profesor revisó el modelo actualizado y confirmó que cumple con los requisitos, dando su aprobación para pasar a la implementación en software.

Referencias:

[1] Suditu, S., Stan, I. G., & Rădulescu, R. (2024). Optimizing underground natural gas storage capacity through numerical modeling and strategic well placement. Processes, 12(10), 2136. <https://www.mdpi.com/2227-9717/12/10/2136>

[2] Campoverde Guerra, K. A., & Pérez Beltrán, K. I. (2013). Creación y aplicación de un modelo de evaluación de la calidad del servicio de distribución y venta de combustibles en tres gasolineras de la Parroquia Tarqui, según corresponda a la actividad económica venta al por menor de combustibles para automotores en la ciudad de Guayaquil [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5256>