

Aplicaciones del Modelo Spill

Autor: Lic. Emma M. Mancilla Flores

1. Introducción

Uno de los fenómenos que cobró importancia en los años 80's fue el impacto negativo que sufrió el medio ambiente mundial a consecuencia de frecuentes accidentes en industrias y fábricas, que implicaba el “derrame” (*spill*) de ciertos elementos nocivos generalmente químicos y radioactivos. A raíz de ello nace una serie de técnicas denominada posteriormente *modelo spill*, el cual trata de explicar el comportamiento de esos derrames, para posteriormente en base a estimaciones se pueda tomar políticas de preservación medio ambientales. Como referencia se tiene muchas investigaciones acerca de los derrames de petróleo ocurridas en muchas partes del planeta en las cuales se aplicó el modelo, obteniéndose resultados bastante notables.

2. Aplicación en aerolíneas

Uno de los principales problemas que se presentan en las aerolíneas dedicadas al transporte de pasajeros es que muchas veces la demanda supera a la capacidad de los aviones asignados en una determinada empresa. Frente a la existencia de clientes potenciales que no podrán ser atendidos, naturalmente surge un problema de toma de decisiones para poder asignar un tipo de avión, la cantidad de aviones a la flota, horarios, piernas de vuelo (tramos o tramo para ir del origen al destino, en un vuelo). Lo cual variará de acuerdo a las características regionales, de mercado y políticas de la gestión de ingresos en la empresa, por ello es que al ser tan complejo el problema, se adecua bastante bien el *modelo spill*, para respaldar la toma de decisiones final.

En el caso particular de las aerolíneas, los modelos spill estiman la carga media de pasajeros cuando la demanda ocasionalmente excede la capacidad.

Estos modelos han estado en uso durante más de 20 años.

Algunos términos que se utilizarán, son:

- **Demanda (D):** El número total de pasajeros potenciales que desean hacer una reservación en un horario particular en una *pierna* del vuelo.
- **Carga (L):** El número total de pasajeros quienes realmente son transportados en la *pierna* del vuelo.
- **Spill (S):** Es el número de clientes que no obtienen una plaza en un vuelo regular porque la capacidad es demasiado pequeña para la demanda. Es conocida también como la “demanda rechazada” (Figura 1). El spill por definición es igual a la demanda total menos la carga total de un vuelo.

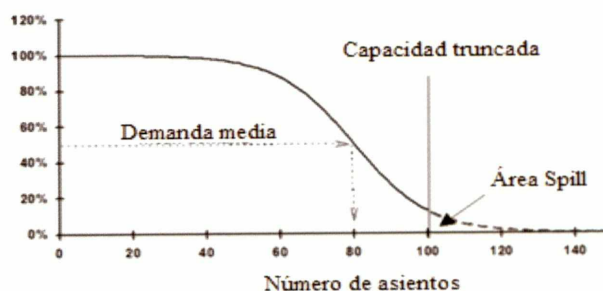


Figura 1. Curva cumulativa de la demanda.

El Modelo Spill predice cuánta demanda ha sido rechazado debida a los altos factores de carga en un grupo de vuelos.

Primeramente se debe tomar una muestra de salidas múltiples, en un solo avión o en una flota que tenga aviones de las mismas características, así se podrá usar las técnicas estadísticas para estimar el promedio spill y el promedio de la demanda irrestricta sobre

una salida “típica”. Las cuales contarán con muchas propiedades deseables, al considerar la idea básica de que la demanda (nominal) para un grupo de vuelos puede representarse como una distribución sobre una media, especialmente distribuida de forma normal. Este supuesto en base a resultados empíricos, no siempre es cierto. Pudiéndose considerar otras distribuciones (Figuras 2, 3 y 4) alternativas de probabilidad, como: La logística, log-normal, distribución gamma, Gumbel (utilizada para modelar la distribución del máximo o el mínimo) o Moyal (dependiente de los parámetros de localización y escala). Cuyas diferencias en la práctica son pequeñas.

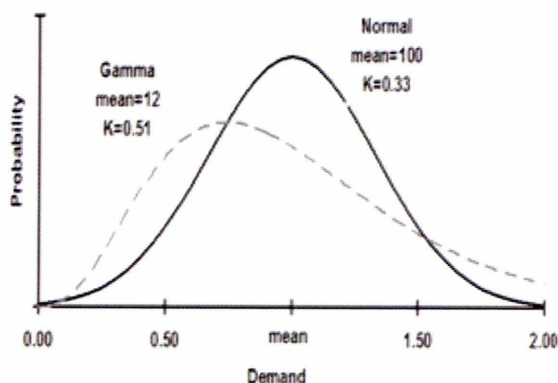


Figura 2. Distribuciones Normal y Gamma.

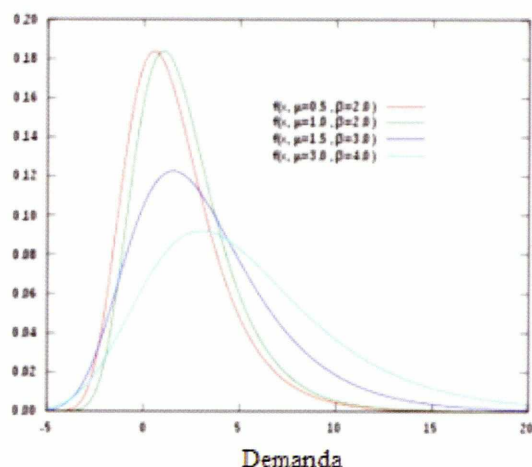


Figura 3. Distribución de Gumbel

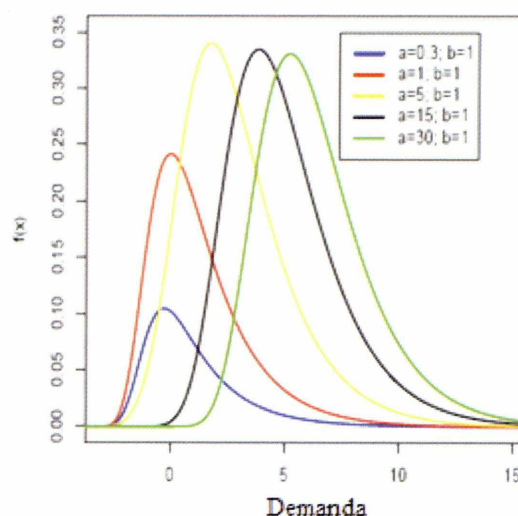


Figura 4. Distribución Moyal

En el presente artículo se considera el caso simple de que la demanda nominal se distribuye de forma normal (aplicación del teorema del límite central).

Para ser “normal” debería tomarse al menos 20 vuelos en el grupo de estudio.

Debido a este supuesto, la distribución de la demanda tiene una media y desviación estándar que son conocidas o pueden ser estimadas de una muestra de datos históricos observados de carga o vuelos similares.

La distribución de la demanda estimada puede representar la magnitud y variabilidad de la demanda para salidas del vuelo futuras, si ajusta apropiadamente las tendencias y/o los cambios estacionales en la demanda.

La expresión para calcular la media de una distribución normal truncada, en el caso cuando el spill ocurre, puede ser expresada matemáticamente como:

$$L = (D - 1)F_0\left(\frac{1}{KD} - \frac{1}{L}\right) - K D f_0\left(\frac{1}{KD} - \frac{1}{L}\right) + 1$$

Donde:

$$K = \frac{\text{Desv. estándar de la demanda}}{\text{Media de la demanda}}$$

L: Factor de Carga

D: Factor de demanda

$f_0(x)$: Función de densidad

$F_0(x)$: Función de densidad Cumulativa

Las variaciones del “modelo spill” para el análisis de demanda de la aerolínea, específicamente para estimar spill de pasajeros y la demanda irrestricta, han sido desarrollados por MIT y Boeing, cuyos resultados se encuentran resumidos en tablas para diversos casos, que alivian de gran manera el trabajo. Basado en el modelo anterior y la siguiente relación:

$$DF = LF + SP$$

Donde:

DF : Factor de demanda del vuelo

LF : Factor de carga del vuelo

SF: Factor de pasajeros spilled del vuelo

Además, existen dos técnicas numéricas, bastante empleadas:

- K-cíclico
- C-factor

La primera, para determinar el valor óptimo de K, al considerar las posibles fuentes de variación (horario, políticas de la empresa en cuanto a descuentos, reservas, días ordinarios, estaciones del año, mes u otros), y la segunda determinar la capacidad óptima a ser ofertada a los clientes potenciales; que son otra forma de llegar a las estimaciones que se desean obtener. Para su elección, existen valores recomendados por estudios anteriores y características del mercado bajo estudio.

Finalmente, los pasos para realizar el análisis spill, son:

1. Definir el conjunto de datos a ser utilizados. Muestra que consistirá en las salidas múltiples de un avión o una flota, en días establecidos, semana, estación del año o a lo largo de todo un año.

2. Derivar la distribución de la demanda. Empezando por representar los datos recolectados gráficamente para poder calcular la media y desviación estándar y poder obtener el valor del factor K.
3. Estimar el spill para capacidades alternativas, basado en la distribución paramétrica de la demanda.

3. Ejemplo

Se considera un vuelo a las 9:00 a.m. fijado para operar desde Ciudad 1 (A) a la Ciudad 2 (B) con una capacidad física de 125 asientos. A continuación, se muestra un conjunto hipotético de cargas observadas por la aerolínea, para una muestra de 5 salidas matinales los viernes:

Carga	Capacidad	Factor de Carga	Spill
92	125	73.60%	NO
125	125	100.00%	PROBABLE
108	125	86.40%	NO
83	125	66.40%	NO
123	125	98.40%	POSIBLEMENTE

Las preguntas a las cuales se deberían dar una respuesta, en este caso son:

- ¿cuál es la demanda “irrestricta” actual que podría haberse presentado para las salidas con la capacidad inadecuada?
- ¿si los vuelos son/fueron operados con una mayor capacidad, cuánto decrece el spill y cuánto habría de incremento en el ingreso total del vuelo?

En base a los datos, se tiene que:

La carga promedio es de 106.2 pasajeros por vuelo, con una desviación estándar muestral de 18.57.

Basado en estas medidas, podemos calcular el factor promedio de carga como:

$$ALF = \frac{\text{Prom. carga}}{\text{Carga}} = 0.8496$$

$$K = 0.1748 \text{ (observado)}$$

Al asumir un factor de demanda $K=0.35$, el factor spill estimado es 0.122, por tanto el $DF = 0.9716$ (según las tablas spill de Boeing).

$$\text{Media de pasajeros spill} = 15.25$$

$$\text{Tasa Spill por vuelo} = 0.1255$$

Para este caso particular, se puede afirmar que ante la presencia de dos casos de probable y posible spill, se puede imaginar que la media y desviación estándar observadas serán menores a las medidas reales, aunque no se tiene referencia alguna por falta de registros que comúnmente ocurren; con el avión asignado se espera que aproximadamente 15 clientes no podrán ser atendidos, implicando un 12.55% de ingreso que dejará de ser percibido por la aerolínea. Dependerá de la gestión de ingresos de la empresa, para poder capturar a esos clientes

potenciales ya sea mediante políticas de descuentos u otros o si pudiera cubrir los gastos de la asignación de una aeronave de mayor capacidad.

4. Conclusión

De acuerdo a las anteriores secciones, se puede afirmar que existe una variedad de aplicaciones para este modelo y aún queda abierto el tema de la justificación del uso de la distribución normal y las propiedades heredadas del mismo supuesto. Cuya tratamiento cae dentro del campo de la Estadística.

Referencias

- [1] "Using the Spill Model", Paper ; May 1994.
- [2] "Using Spill Model for Selecting Cabin Configurations", Paper; April 1994
- [3] Pablo Adrián Marziales; "Implementación de metodología para detección y seguimiento de derrames de petróleo", Agosto 2010
- [4] Rockhold, Lindberg, Bacon, Clayton, Freedman; Numerical Modeling of 90Sr and 137Cs Transport from a Spill in the B-Cell of the 324 Building, Hanford Site 300 Area
- [5] Mohammed Salem; "Spill Analysis"; Paper

*"Todo nuestro conocimiento arranca del sentido,
pasa por el entendimiento y termina en la razón
Immanuel Kant*