

**Diseño para el control y la distribución de medicamentos No POS en la Unidad de  
Servicios de Salud Tunal (USS Tunal)**

**Javier Eduardo Rodríguez Amézquita**

**Asesor**

**Doctor Ciro Alberto Amaya**

**Universidad de los Andes**

**Facultad de ingeniería**

## Resumen:

En el proyecto de grado que se desarrolló con la ayuda del personal administrativo de la USS Tunal, tiene como finalidad poder brindar herramientas de carácter logístico que les permita tener control y mejor manejo para los inventarios de medicamentos No POS. Se quiere hacer mayor énfasis en los insumos faltantes, pues como se logró apreciar en el contexto a nivel nacional, estos son una de las principales fuentes de recobros dentro del sistema de salud.

Para poder hacer frente a esta problemática dentro de la USS Tunal, considerando que la demanda puede entender como una variable aleatoria. Se realizó un análisis cuantitativo con algunas estadísticas básicas. Adicional a esto, se implementaron las pruebas de bondad de ajuste, las cuales permitirán adaptar un modelo que ayude a describir el comportamiento de esta a través del tiempo. Por otra parte, se utilizaron algunos conceptos básicos de series temporales, esto con el fin de complementar la descripción de la demanda de estos insumos.

Finalmente, para los medicamentos analizados dentro del estudio, se implementó la política de revisión periódica S, T. Describiendo para cada uno de estos los aspectos mas relevantes de este modelo de inventarios. Adicional a lo anterior, se dio una introducción sobre calidad y six sigma, mediante la herramienta conocida como cartas de control.

## Introducción:

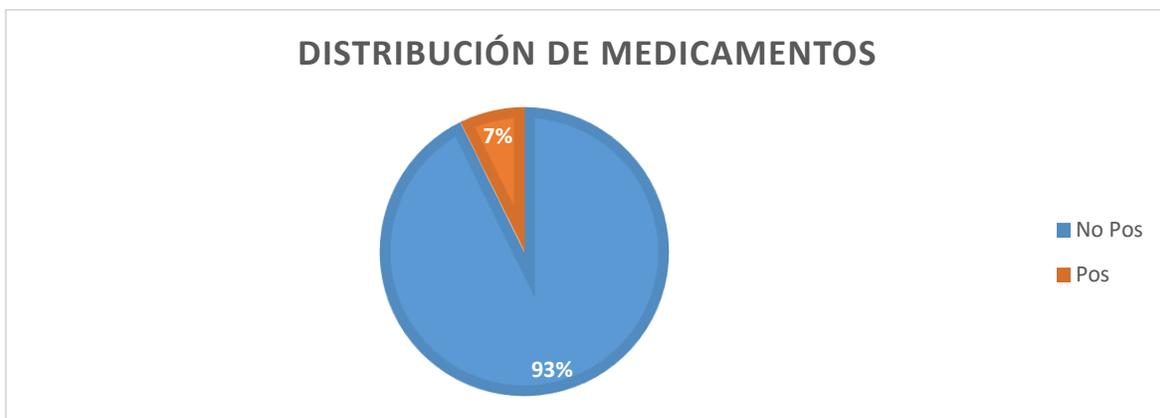
Cabe mencionar que este centro médico es uno de los más importantes dentro del sur de la ciudad de Bogotá, dada su posición geográfica, prestación de servicios altamente especializados y además de velar por la salud y el bienestar de cerca de 3.2 millones de habitantes (Redacción El Tiempo, 2006). Por estas razones es catalogado como un centro médico de tercer nivel y cuyo correcto funcionamiento permite tener una mejor calidad de vida a la población más vulnerable de la capital.

En contraste con lo anterior, surge la necesidad de analizar y mejorar la calidad de algunos de los servicios que presta dicho centro médico, es por esto que la principal razón por la que se realiza este proyecto es presentar apoyo a las secciones administrativas del hospital el Tunal, con respecto al tema de los medicamentos No POS, donde se presentará énfasis hacia el manejo de inventarios de este tipo de medicamentos. A continuación, se realiza un análisis cuantitativo sobre la distribución de los recursos dentro del hospital el Tunal:



*Ilustración 1: Distribución de recursos hospital el Tunal, año 2017. Fuente elaboración propia*

De otra parte, se realiza la distinción que existe entre los medicamentos, es decir el siguiente diagrama permite conocer cuál es la proporción de medicamentos No POS que el Tunal manejó durante el 2017 dentro de sus bodegas y farmacias, esta información fue suministrada por la bodega central de dicho centro médico:



*Ilustración 2: Distribución de Medicamentos en el hospital el Tunal. Fuente elaboración propia*

Como se identifica en la ilustración 3, dentro de este centro médico tanto los medicamentos POS como No POS ocupan un gran porcentaje de los recursos internos (59%), por lo cual es de suma importancia centrarse en el manejo y administración de éstos, en particular en aquellos clasificados como No POS. Como se ha mostrado en la ilustración 4, este tipo de medicamentos, son la gran mayoría del inventario de medicamentos que maneja el hospital el Tunal.

Evidenciado lo anterior y con el fin de proporcionar ayuda a la tarea de la administración de los medicamentos No POS, se busca un modelo de control de inventarios cuya implementación permita al personal administrativo y de las farmacias tener un mejor manejo de los medicamentos No POS y hacer frente a la incertidumbre que presenta demanda de dichos medicamentos. Por lo comentado hasta el momento, el fin de este proyecto es diseñar

un modelo de control de inventarios que facilite el manejo de los medicamentos No POS dentro del hospital el Tunal.

#### Metodología:

Para poder cumplir con el objetivo planteado, se hizo uso de varias herramientas estadísticas y analíticas, además de los resultados obtenidos en el desarrollo de la tesis de pregrado (Ardila, 2009). Mi proyecto se basa en los siguientes conceptos con los que desarrollé el objetivo planteado al inicio.

Nivel de servicio al cliente: “Indicador que permite medir en qué porcentaje se satisface la demanda” (Nahmias, 2009).

Además, se debe aclarar que hay dos tipos de servicio al cliente, un nivel tipo 1 y un nivel de servicio tipo2, los cuales se definen a continuación:

- Nivel de servicio tipo1:  
“Probabilidad de no faltantes en el ciclo de pedido y consumo de productos” (Nahmias, 2009).
- Nivel de servicio tipo2:

“Proporción de órdenes que se pueden cumplir con las existencias” (Nahmias, 2009).

Posición del inventario: Representa el valor esperado de las unidades que se tendrán en la bodega una vez los insumos pendientes de otros periodos se hayan entregado y sean suministradas los pedidos (Karen Y. Niño, Clase control de producción, 2016). Cuya definición analítica corresponde a:

$$\text{Posición inventario} = (\text{Inventario a la mano}) + \text{pedidos pendientes por llegar} - \text{pendientes}$$

Según (Vidal, 2004), los últimos dos conceptos se definen como:

Inventario a la mano: “Inventario físico visible en las estanterías de la bodega”.

Inventario neto: “Diferencia entre el inventario a la mano y las requisiciones pendientes con los consumidores”.

Del análisis cuantitativo, se pueden extraer conclusiones importantes, como la distribución de probabilidad que describe la demanda. Una vez definidos estos conceptos y las conclusiones obtenidas con el análisis mencionado, se aplica la idea desarrollada por (Ardila, 2009). La cual consiste en aplicar la siguiente ecuación para encontrar el nivel S de la política de revisión periódica

$$S = F^{-1}(\text{Nivel servicio tipo I})$$

De esta ecuación es importante resaltar el hecho que se respeta el nivel de servicio establecido por los encargados de la USS Tunal. Encontrando este término, la política de revisión periódica ya se encuentra descrita a cabalidad. Pues, las revisiones por políticas internas, se realizan con una periodicidad de una semana. Bajo lo descrito anteriormente, se presentan los resultados obtenidos al aplicar esta metodología a los medicamentos con mayor demanda dentro de la USS Tunal:

*Tabla 1: Nivel de reabastecimiento según el modelo S, T para medicamentos clasificados por demanda. Fuente elaboración propia*

Nombre medicamento	Media en T+tao	Desviación en T+tao	Nivel S ( Unidades)
FORMULA OLIGOMERICA, ISOTONICA ALTA EN NITROGENO CONCENTRADA (PERATIVE) 1.3 CAL X mL LPC X 1 L	371	188	612
DEXMEDETOMIDINA 400 mcg / 4 mL - SOLUCION INYECTABLE - DEXDOR	252	12	267
PARACETAMOL (ACETAMINOFEN) 1 g / 100 mL - SOLUCION PARA INFUSION	190	72	283
PREGABALIN 75 MG CAPSULA	163	129	329
VASOPRESINA 20 UI/ML	131	54	199
LABELALOL 100 MG / 20 ML SOLUCION INYECTABLE	123	84	231
FORMULA POLIMERICA NORMOPROTEICA NORMOCALORICA CON FIBRA (JEVITY) 1CAL X ML LPC X 1.5	118	62	197
COUSTINA 1 MU I (10) 1MUI POLVO LIOFILIZADO VIAL	94	23	123
CISATRACURIO SOL INY 10MG/5ML AMP X 5ML	75	15	94
ALPROSTADIL SOL INY 20MCG VIAL X 1ML	86	12	102
FORMULA POLIMERICA ESP BAJA EN CARBOHIDRATOS (GLUCERNA) 1.5 CAL X 1.0 ML	81	59	156
ERTAPENEM 1G POLVO LIOFILIZADO VIAL X 1ML	62	9	74
ACETAMINOFEN + HIDROCODONA TAB 5+325 MG	56	34	99
CAFEINA CITRATO ORAL Y I.V. 20MG/ML SOL INY AMPOLLA X 1ML	64	44	120
PROPOFOL 1% (10 mg / mL) VIAL 20 mL	60	58	134
SILDENAFIL 50 MG TABLETA	59	42	113
CILOSTAZOL 100MG TABLETA	69	81	173
FORMULA POLIMERICA ESP BAJA EN CARBOHIDRATOS (GLUCERNA) 1.0 CAL X 1.5 L LPC	58	50	121
RIFAXIMINA CAPSULA 200MG	54	46	113
LINEZOLID 2 MG/ML BOLSA X 300 ML (600 MG)	45	30	83
BUDESONIDA SOL NEB 0.5MG AMP 2ML	43	47	103
LACTULOSA 66.7 G / 100 ML SOBRE X 15 ML	42	56	114
SILDENAFILO 25MG TAB	41	20	67
ACIDO VALPROICO	40	83	146
LEVETIRACETAM TAB 1000 MG	39	22	67
FORMULA POLIMERICA HIPERTONICA HIPERPROTEICA MUY CONCENTRADA 2 CAL/ML LIQUIDO EASYBAG X 500 ML (FRESUBIN HP ENERGY)	38	16	58
POLIMIXINA B 500.000UI/ML SOLUCION INYECTABLE AMPOLLA X 1ML	37	35	82
TIGECICLINA SOL INY 50MG POLVO ESTERIL PARA INYECCION VIAL X 10ML	37	30	75
IPRATROPIO BROMURO DE + FENOTEROL BROMHIDRATO 50MCG + 20MCG/ML SOL PARA NEBULIZAR FRASCO X 10ML	31	58	105

Dichos resultados se ampliarán con mayor detalle en la siguiente sección.

### Resultados:

Durante el estudio y el desarrollo del presente proyecto dentro de la USS Tunal, se pudieron evidenciar algunos métodos que pueden ser mejorados. Por una parte, fue difícil analizar la información suministrada, debido a que algunos insumos aún se manejan de forma manual. De manera muy ligada a lo anterior, las bases de datos existentes sobre los registros históricos de la demanda, no se encuentran estandarizadas, es decir, se refieren de diferentes maneras al mismo medicamento.

Bajo las condiciones encontradas y presentadas por la USS Tunal, se pudo determinar que la política de revisión de inventarios más adecuada, es la revisión periódica. Para ello, se usó la política S, T. Implementado dicho modelo de revisión, se establecieron varios indicadores, sin embargo, el que presenta mayor interés es el nivel S o posición del inventario, pues dicho parámetro, permite identificar el valor esperado de faltantes con un requerimiento, el nivel de servicio tipo I. A continuación, se presentan las comparaciones entre la política actual de revisión y la revisión periódica propuesta.

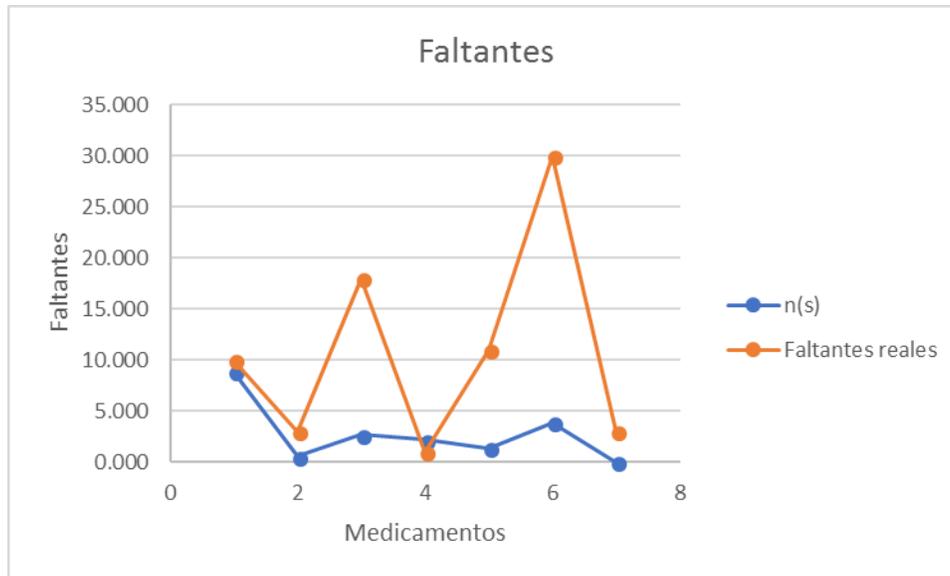


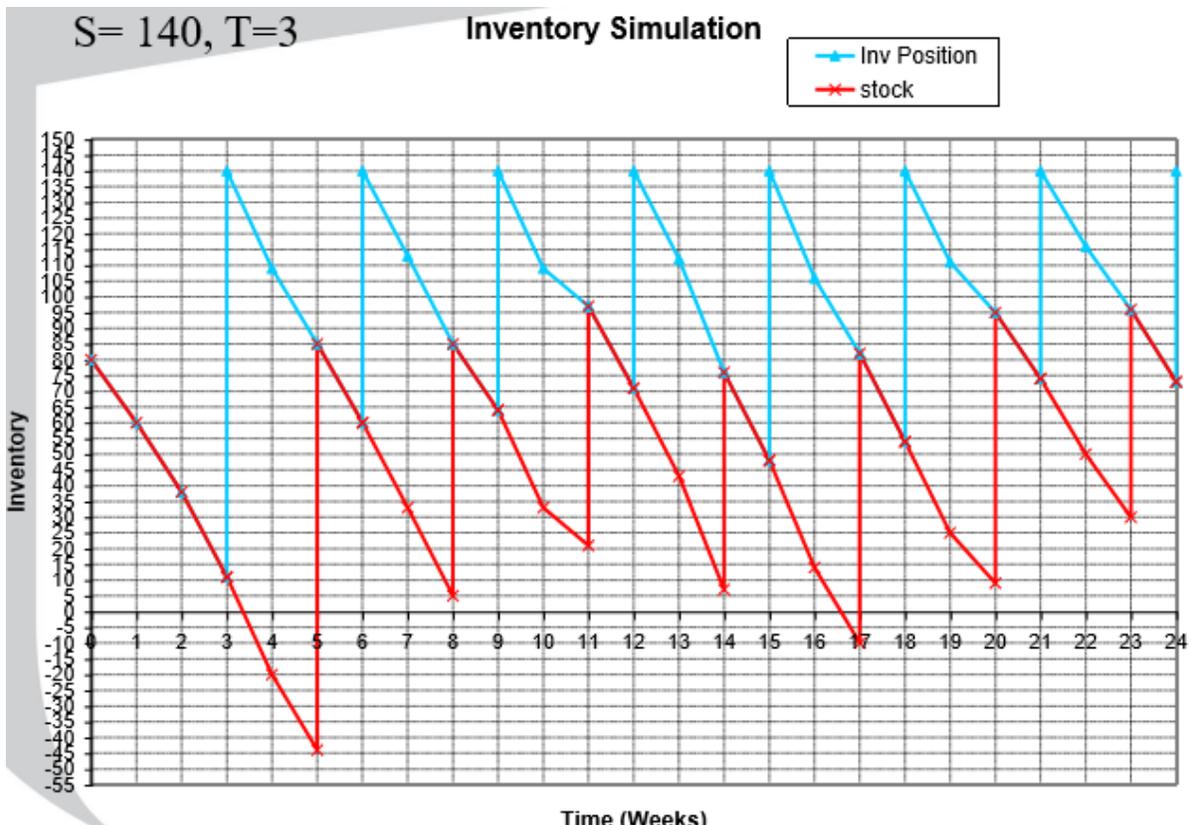
Ilustración 3: Comparación de faltantes con la política actual y el modelo S, T

Tabla 2: Mejora al implementar la política S, T

	Política actual	Política S, T	% Mejora
Faltantes por periodo	19.78	76	74%

La política de revisión periódica bajo el modelo S, T, consiste en poder revisar cada periodo fijo T la posición del inventario. Dicha posición, debe alcanzar el nivel S propuesto. Este modelo también se considera el hecho que los pedidos que se realizan a los proveedores no llegan instantáneamente, estos tardan cierto tiempo en llegar a la USS Tunal. Este tiempo de espera es tratado dentro del proyecto como lead time y notado por la letra griega  $\tau$ .

Para el caso en particular de la USS Tunal, la revisión se realiza cada semana ( $T=7$  días), el tiempo de espera o lead time es de dos días ( $\tau = 2$  días). Además, por requerimientos, el nivel de servicio tipo I, es del 90%. Es decir, que la política que se diseñe para la revisión de inventarios debe cumplir que el 90% de los ciclos de operación (Tiempo transcurrido entre revisiones y el lead time ( $T + \tau$ )) no debe haber faltantes. A continuación, se presenta una ilustración bajo este tipo de revisión:



*Ilustración 4: Simulación del modelo S, T (clase de fundamentos de producción, universidad de los Andes)*

De la anterior ilustración, se observa que la revisión para el inventario se realiza cada tres periodos y el tiempo de reposición es de dos. El stock o el inventario físico, parte de ochenta unidades, y se va reduciendo más o menos a una tasa constante, dado que la demanda es una variable aleatoria. Se realiza un pedido cada vez que, en la revisión, la posición del inventario es menor al nivel S (140 unidades). El número de ítems a pedir es la diferencia entre el nivel S y la posición actual del inventario, se aprecia como los puntos comunes entre las gráficas azul y roja.

Por otra parte, se debe resaltar el concepto de faltantes o backorders, los cuales están presentes en los periodos cinco y diecisiete. Se presenta cuando las existencias en la bodega no son suficientes para cubrir la demanda. Con esto se puede concluir que, durante el tiempo de simulación, la cantidad de faltantes fue de aproximadamente cincuenta ítems.

Dado que el cambio en la metodología de la revisión de los inventarios, no es un proceso de fácil adaptación. Se propone a las directivas de la USS Tunal implementar la revisión periódica bajo el modelo S, T con los cinco primeros medicamentos que tienen mayor demanda dentro del centro médico, es decir los cinco primeros ítems que se encuentran en la tabla 1. Además de esto, se propone realizar la revisión cada lunes, esto con el fin que las unidades que se pidan lleguen dentro de los días laborales y sean incorporadas al inventario a la mano.

Para ilustrar mejor se toma la política diseñada para el complemento alimenticio Perative:

*Tabla 3: Principales indicadores del modelo S, T, analizados para el complemento alimenticio Perative. Fuente elaboración propia*

Indicador	Unidades	Dimensiones
S	611.5	Unidades
SS	241.0	
n(S)	8.9	
Beta	0.96910279	Porcentaje

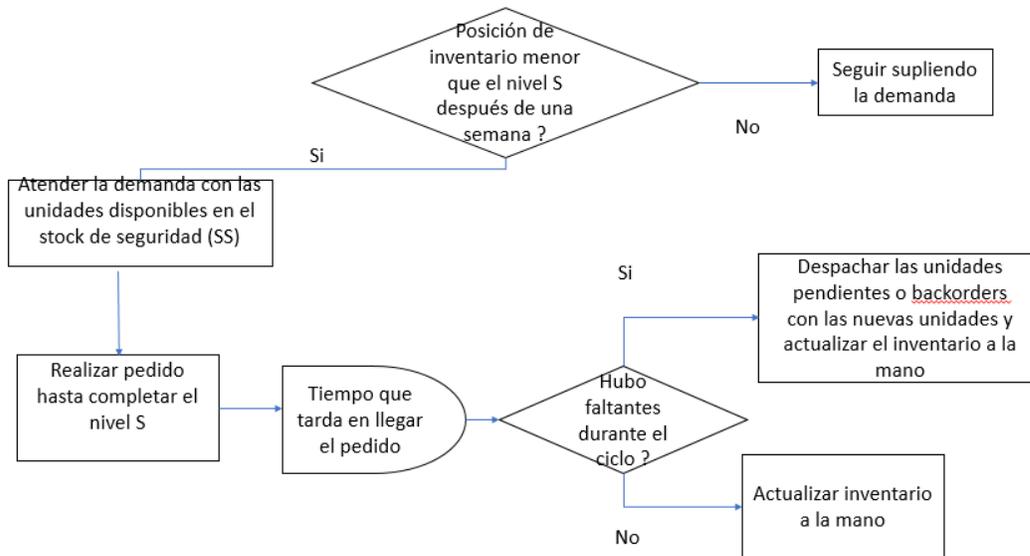
Bajo las condiciones expuestas anteriormente ( $\tau = 2$  días,  $T=7$  días y nivel de servicio tipo I=90%) y con los resultados presentados en la anterior tabla. La política de revisión para este complemento alimenticio consiste en verificar la posición del inventario cada lunes, observar si esta es menor al nivel S (612 unidades). De cumplirse esta condición, se deben pedir al proveedor la diferencia entre la posición de inventario actual y el nivel S.

Por una parte, el termino SS, corresponde al stock de seguridad, es decir a las unidades que se almacenan para responder a la variabilidad de la demanda.

Adicional a lo anterior, se encuentra beta o nivel de servicio tipo II. El resultado obtenido, indica que bajo la política diseñada para el complemento alimenticio Perative. El 96% de las ordenes que recibe la bodega de dicho ítem, se pueden cumplir con las existencias.

La expresión  $n(S)$ , corresponde al valor esperado de faltantes durante un periodo de operación. Es decir que bajo la política que se implementará, se espera tener alrededor de 9 faltantes en el lapso de tiempo  $T + \tau$

A continuación, se muestra un diagrama de flujo que represente la implementación del modelo S, T para cualquier medicamento dentro de la USS Tunal.

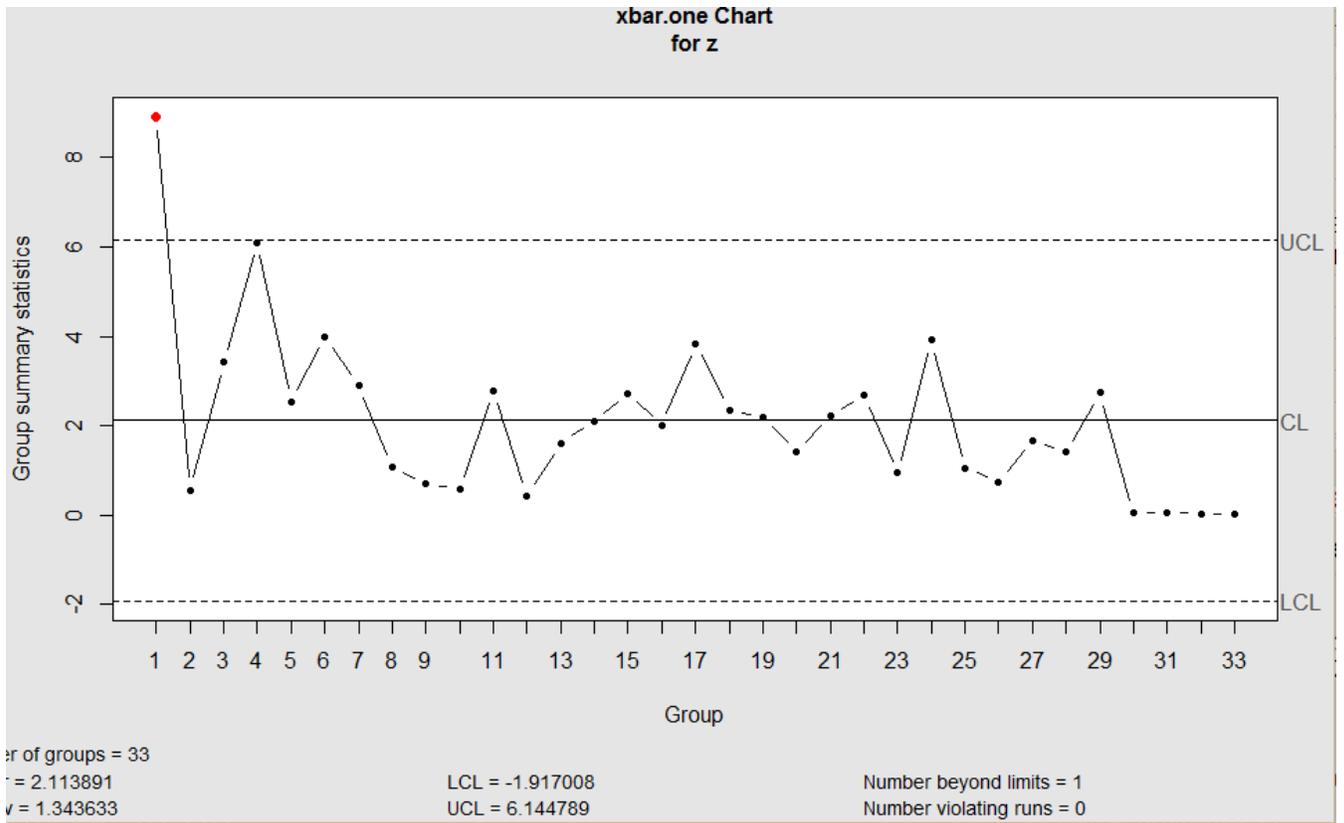


*Ilustración 5: Diagrama de flujo aplicación de la política S, T*

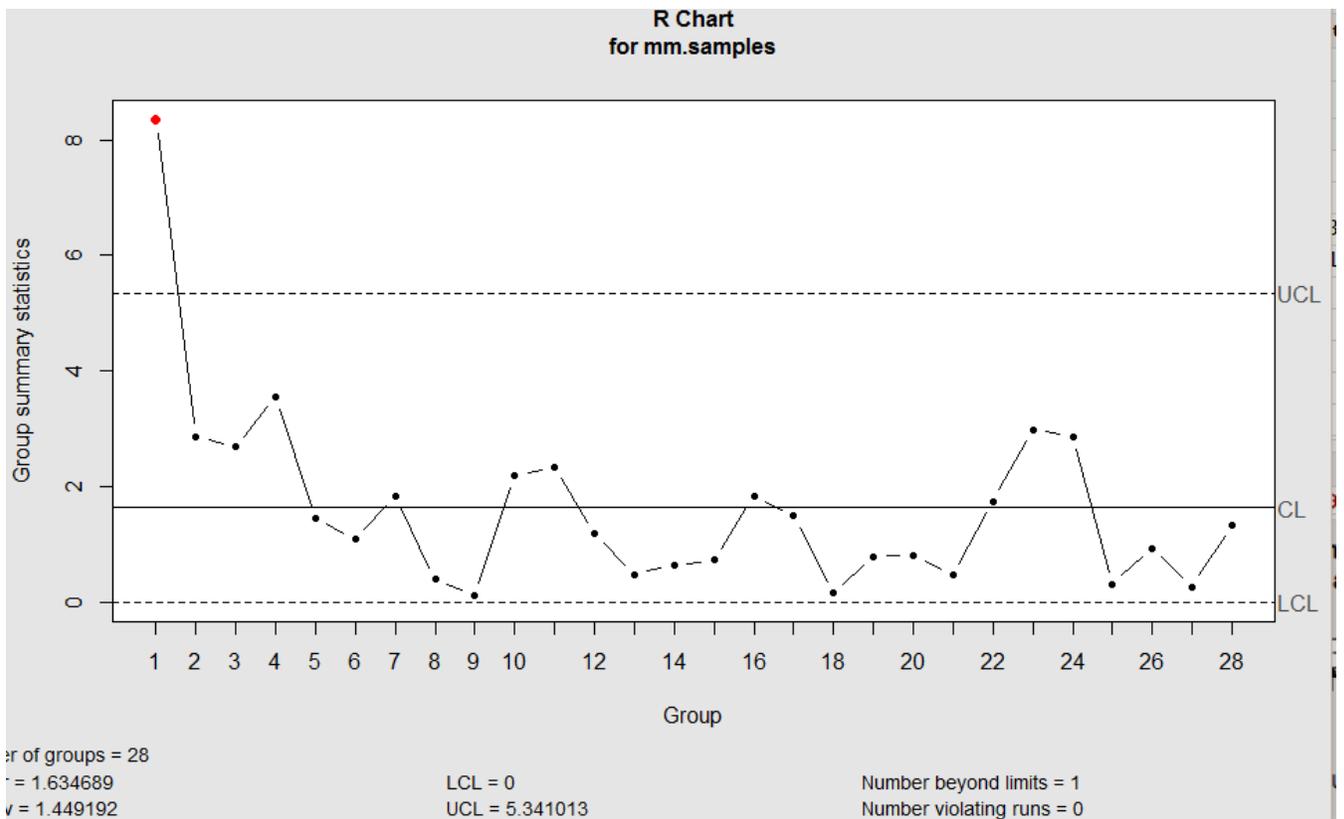
Una herramienta adicional que ayudará a complementar el estudio, son las cartas de control. Estas son un concepto fundamental en el estudio de la calidad y sirve como introducción a la metodología six sigma. En primer lugar, se debe definir calidad. Según (Montgomery, 2013), la calidad es un concepto que se puede medir mediante una relación: “La calidad es inversamente proporcional a la variabilidad”. Dado lo anterior, las cartas de control permiten llevar registro del proceso de manera gráfica. Además, permiten bajo un análisis cuantitativo verificar si el proceso en consideración cumple con la anterior definición de calidad.

Cabe resaltar que existen diversos tipos de cartas de control. Las cuales están clasificados para medir variables o atributos. Para el contexto del presente proyecto se usará el primer enfoque. Dado que se quiere cuantificar la calidad en el manejo de faltantes dentro de la USS Tunal.

Por otra parte, para la implementación de las cartas de control se deben considerar dos aspectos importantes a analizar, el valor promedio y la variabilidad de faltantes de un medicamento. Estos conceptos se aprecian en las siguientes graficas:



*Ilustración 6: Carta de control para la media de faltantes con el modelo S, T*



*Ilustración 7: Carta de control para la variabilidad de faltantes con el modelo S, T*

En estas graficas se muestran el comportamiento de los faltantes que se espera tener bajo la política S, T. Para seguir elaborando gráficos de este tipo, para llevar control dentro de la USS Tunal, se recomienda realizarlas en un archivo de Excel. Por la familiaridad que tiene los encargados del área logística con dicho software.

Para seguir con la implementación de dichas cartas de control, se debe llevar el registro de pendientes de los medicamentos que se sugirieron anteriormente durante el periodo entre revisiones del inventario y la llegada de nuevos insumos. Es decir, realizar el registro cada 9 días, para los cinco medicamentos con mayor demanda.

Una vez se cuente con dicha información, se procede a realizar cada una de las cartas. Cabe resaltar que los límites de control (líneas punteadas) y limites centrales (líneas continuas) ya no se modificarán, por lo que ya no será necesario recalcularlas. Para la carta de la media, cada uno de los datos tomados será un punto a graficar dentro de la ilustración 6. Es decir que cada 9 días se deben añadir 5 puntos a dicha ilustración.

Por otra parte, para continuar con la implementación de la carta de control de variabilidad, con los datos recolectados durante el lapso mencionado. Se deben agrupar de a dos los datos y aplicar la siguiente formula:

$$Rango_i = \max(x_i) - \min(x_i)$$

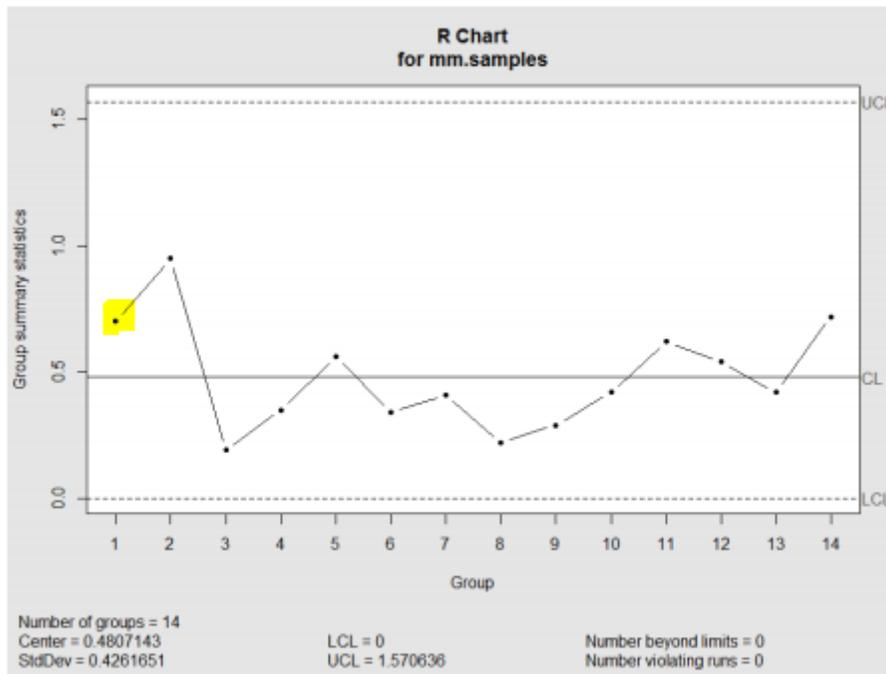
A continuación, se presenta un ejemplo:

LOTE	VISCOSIDAD	RM(2)
1	33,75	
2	33,05	0,70
3	34	0,95
4	33,81	0,19
5	33,46	0,35
6	34,02	0,56
7	33,68	0,34
8	33,27	0,41
9	33,49	0,22
10	33,2	0,29
11	33,62	0,42
12	33	0,62
13	33,54	0,54
14	33,12	0,42
15	33,84	0,72

*Ilustración 8: Ejemplo para graficar carta de variabilidad, Fuente clase de calidad avanzada, Ciro Amaya, 2018.*

Para el anterior ejemplo, encontrar la columna RM (2) se aplica la anterior ecuación y cada uno de estos valores será los que se graficarán dentro de la carta de variabilidad como se muestra a continuación:

$$\text{Punto 1} = 33.75 - 33.05 = 0.7$$



*Ilustración 9: Ejemplo para graficar carta de variabilidad, Fuente clase de calidad avanzada, Ciro Amaya, 2018.*

El punto señalado con amarillo, es el aquel que se calculó mediante la ecuación mostrada previamente, de manera análoga se representan los demás puntos mostrados.

Después de graficar estos puntos, se deben observar si están en control o no. En otras palabras, es observar si los puntos están por dentro por fuera de las líneas punteadas. Para el caso de la carta de la media, se puede afirmar que el proceso está fuera de control, si algún punto sobre tiene un valor superior a 6.14. Mientras que, para la carta de variabilidad, esta condición se cumple si el punto es superior a 5.34.

### Bibliografía consultada

#### Datos primarios:

Vale la pena aclarar que todos los datos usados en este texto corresponden a datos históricos de los últimos tres años de la USS Tunal y autorizados por sus directivas para fines académicos, se agradece por la colaboración que han tenido para la elaboración del presente proyecto.

## Fuentes Secundarias:

Rojas, F., Román , D., Farías , P., & Giuliani, C. (6 de 11 de 2015). Propuesta de abastecimiento de medicamentos coordinado multiniveles de demanda. Un caso ilustrativo chileno.

Cortés, J. C. (11 de 04 de 2014). Pronósticos y administración de la demanda. Obtenido de , <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/69388-pronosticos-y-administracion-la-demanda->

Ministerio de salud. (10 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/pos.aspx>

Brockwell, P., & Davis, R. (1991). Time series: Theory and methods (2nd ed. ed., Springer series in statistics). New York: Springer-Verlag.

Ardila, J. (2009). Selección e implementación de una política de inventarios para las farmacias auxiliares de un hospital público en Bogotá. Biblioteca Universidad de los Andes, Bogotá.

Montgomery, D. (2013). Introduction to statistical quality control (7th ed. ed.). Hoboken, NJ: Wiley.

Soliz, A. (1986). Modelos de inventario probabilístico y un enfoque de programación dinámica. División de estudios de Post-Grado. Monterrey.

Ministerio de salud. (10 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/pos.aspx>

Redacción el tiempo. (26 de Julio 1997). Clasificación de los hospitales. El tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-627858>

Redacción el tiempo. (25 de Noviembre 2006). El Tunal es el mejor hospital de Colombia. El tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2290598>

Nahmias, S. (2009). *Production and Operations Analysis*. (6a Ed.). New York, EE. UU: Mc Graw Hill

Axäter, S.& Marklund, J (2008). Optimal position-Based Warehouse Ordering in Divergent Two-Echelon Inventory Systems. *Operations Research*.