

Trabajo de Campo: Análisis Cuantitativo de Negocios

**Planificación de compras semanales de insumos en un hospital
pediátrico de San Miguel de Tucumán**

AUTORES

Araoz, María Jimena
jimearaoz15@gmail.com

Cruz, Lourdes Sofía
cruzlourdessofia@gmail.com

Galvez Garau, Aldana Sofía
aldigalvez@gmail.com

Hernandez, Julieta
hernandezsulieta@gmail.com

Najimov, Martín
martinnajimov@gmail.com

Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Nacional de Tucumán



ÍNDICE

Resumen.....	Pág. 2
1. Introducción.....	Pág. 2
2. Planteamiento del problema.....	Pág. 3
3. Objetivos..... 3.1 Objetivo general..... 3.2 Objetivos específicos.....	Pág. 3
4. Marco Teórico.....	Pág. 3
5. Metodología de trabajo..... 5.1 Herramienta a utilizar..... 5.2 Fuentes de datos.....	Pág. 4
6. Desarrollo..... 6.1 Supuestos y consideraciones..... 6.2 Etapas..... 6.2.1 Pronóstico..... 6.2.2 Modelo de optimización lineal entera..... 6.2.2.1 Variables de decisión..... 6.2.2.2 Función objetivo..... 6.2.2.3 Restricciones..... 6.2.2.4 Resultados.....	Pág. 5 Pág. 5
7. Recomendaciones.....	Pág 12
8. Conclusiones.....	Pág 12
9. Apéndice.....	Pág 13
10. Bibliografía.....	Pág 14



RESUMEN

El presente trabajo busca proponer un modelo que permita determinar la cantidad óptima de compra de insumos descartables semanales que minimice el costo de adquisición de los mismos en un hospital pediátrico de San Miguel de Tucumán.

Para cumplir con éste propósito, se utiliza un enfoque cuantitativo con un paradigma positivista de tipo no experimental transaccional o transversal mediante el desarrollo de un modelo de programación lineal teniendo en cuenta, a su vez, restricciones dadas por los consumos pronosticados para dichos productos a partir de sus respectivos datos históricos.

Para la consecución de los objetivos propuestos se utiliza como soporte informático el Software QM para Windows y hojas de cálculo Excel con el uso del complemento Solver, los cuales permitieron llevar a cabo tanto la herramienta de pronóstico como la programación lineal.

PALABRAS CLAVES: Insumos descartables - Consumos - Pronósticos - Programación lineal.

1. INTRODUCCIÓN

Existe una gran variedad de centros de asistencia de salud en la Provincia de Tucumán a los cuales un individuo que desea recibir atención médica puede asistir, tanto públicos como privados, como así también sanatorios o centros médicos.

Los hospitales públicos de la provincia se encuentran bajo constante demanda de servicios de todo tipo y en todo momento a lo largo del año, tanto emergencias como internación, cirugías, controles médicos, etc. En sus actividades y operaciones diarias, el Hospital Pediátrico de San Miguel de Tucumán cuenta con distintos departamentos que interactúan entre sí para asegurar que a los distintos profesionales no les falten insumos ni medicamentos de ningún tipo para llevar a cabo su trabajo y prestar servicios de manera eficiente. Entre ellos, se encuentran los departamentos “Depósito” y “Compras”, encargados de realizar el relevamiento de inventario e insumos disponibles, pronósticos de demanda para los próximos periodos y, en base a los mismos, emitir las órdenes de compra para la adquisición de los materiales.

Debido a la situación actual que comenzó a principios del año 2020, más específicamente en marzo, el orden y manejo de compras de insumos, como así también los protocolos y procedimientos a seguir en ambos departamentos, cambiaron drásticamente en paralelo al aumento de demanda de insumos específicos para la prestación de servicios relacionada al COVID-19. Todo esto produjo que las pronosticaciones de cantidades a solicitar frecuentemente sean equívocas y, a consecuencia de aquello, existan faltantes o las cantidades compradas sean inadecuadas para llevar a cabo el trabajo de los profesionales y la prestación de servicios propiamente dicha por parte del Hospital.

El presente trabajo busca encontrar una solución a esta situación, utilizando distintas técnicas de pronóstico en conjunto a modelos de programación lineal para,



por un lado, atenuar la incertidumbre de los consumos futuros de insumos descartables y, posteriormente, realizar correctamente las compras para cubrir la demanda en los períodos bajo análisis, generalmente, semanales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las compras de los insumos necesarios para el normal funcionamiento de la organización se realizan basadas en una solicitud presentada con anterioridad, las cantidades a solicitar se basan en consumos históricos.

Ante la pandemia del COVID-19 dichos consumos se elevaron de forma extraordinaria y el proceso de ejecución de solicitudes pasó a realizarse de manera informal, absolutamente manual y de acuerdo a la percepción humana ocasionando dificultades de hacer pronósticos específicos que se traducen en *faltantes de insumos frecuentemente*.

3. OBJETIVOS

3.1.- Objetivo general

Proponer un modelo que permita determinar la cantidad de compra de los insumos descartables semanales que minimice el costo de adquisición en un hospital pediátrico de San Miguel de Tucumán.

3.2.- Objetivos específicos

- Evaluar modelos de pronóstico que proporcionen la mejor estimación de los consumos semanales de insumos descartables.
- Pronosticar el consumo semanal de insumos descartables mediante los modelos propuestos.
- Construir un modelo de programación lineal que minimice los costos de compra.

4. MARCO TEÓRICO

Los gerentes tratan continuamente de reducir la incertidumbre y hacer estimaciones de lo que sucederá en el futuro para así tomar mejores decisiones. Lograr esto es el objetivo principal de la elaboración de los **pronósticos**. Existen muchas formas de pronosticar, tanto de naturaleza cualitativa como cuantitativa entre las cuales existen modelos causales, como Análisis de Regresión y Regresión Múltiple, y modelos de series de tiempo que son aquellos que intentan predecir valores futuros en función de datos históricos, como Promedios móviles, Suavización Exponencial, Proyecciones de Tendencia y Métodos de Descomposición.

En el presente trabajo de campo, se utilizarán distintos modelos de pronóstico mediante series de tiempo en base a los datos del hospital para predecir los consumos de insumos descartables (guantes, barbijos, camisolines, etc.) a corto



plazo y, posteriormente, utilizar la programación lineal con el objetivo de determinar las cantidades óptimas a solicitar reduciendo al máximo los costos.

La **optimización lineal** es una técnica de modelado matemático ampliamente utilizada, que está diseñada para ayudar a los gerentes en la planeación y toma de decisiones respecto a la asignación de recursos, con el objetivo de maximizar o minimizar una cantidad, por lo general la utilidad o el costo. Para ello, se debe plantear los elementos para su uso (función objetivo, restricciones, definir las variables, cursos de acción alternativos, relaciones matemáticas entre las variables, entre otros.) y seguir una serie de pasos para obtener resultados e informes que ayuden a la toma de decisiones. Estos pasos son:

1. Entender cabalmente el problema administrativo que se enfrenta.
2. Identificar el objetivo y las restricciones.
3. Definir las variables de decisión.
4. Utilizar las variables de decisión para escribir expresiones matemáticas de la función objetivo y de las restricciones.

Tanto en el empleo de los pronósticos como de las herramientas de programación son fundamentales la intuición, la experiencia y el juicio administrativo.

5. METODOLOGÍA

El presente trabajo tendrá un enfoque cuantitativo con un paradigma positivista, de tipo no experimental transaccional o transversal. Se utilizará un estudio de caso bajo la técnica de muestreo por conveniencia.

5.1.- Herramientas a utilizar

Pronósticos: Modelos de series de tiempo a corto plazo

- Promedios Móviles.
- Promedios móviles ponderados.
- Suavización exponencial.
- Suavización exponencial con tendencia.
- Método ingenuo

Medidas de Precisión:

- Desviación Absoluta Media (DMA).
- Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE).
- Error Cuadrático Medio (ECM).

Programación lineal entera.

5.2.- Fuente de Datos

Bases de datos:

- **SGH** (SISTEMA DE GESTIÓN HOSPITALARIA)
- **SIAC** (SISTEMA DE INFORMACIÓN ADMINISTRATIVO CONTABLE)



6. DESARROLLO

Para el desarrollo del trabajo se obtuvo la base de datos de las demandas del Hospital que será el establecimiento bajo estudio para realizar los pronósticos. Se determinó en base al punto de quiebre de cada producto desde que periodo se tomarán los valores para el análisis.

El trabajo se dividirá en dos etapas. La primera, la estimación del consumo de los diez productos a través de diversos modelos de pronósticos y la determinación de las medidas de error por cada uno para evaluar cuál es el modelo que proporciona el mejor pronóstico para la base de datos utilizada. De esta manera, se continuará con la segunda etapa, que consistirá en armar un modelo de programación lineal entera, utilizando los consumos estimados como una restricción de demanda en el modelo y, así, determinar la mejor combinación de las cantidades de insumos descartables a pedir, teniendo en cuenta a su vez los inventarios iniciales y finales para la semana siguiente que minimice los costos de adquisición total.

6.1.- Supuestos y consideraciones del trabajo:

- El precio unitario para cada producto se extrajo de las órdenes de compras más recientes.
- Los productos en stock inicial se determinaron por las existencias al día lunes 8/06/2020.
- No existe límite de cantidad máxima para insumos en stock.
- Las cantidades requeridas por periodo por producto no dependen de la cantidad de contagios de coronavirus, sino de otros factores cualitativos como cambios en los protocolos del hospital.
- No hay costos de mantener ni de realizar pedidos.
- Se eliminan valores extremos para realizar los pronósticos de los productos X4, X5 y X7.
- Para el Hospital bajo estudio es fundamental evitar los faltantes de stock, no así los excedentes, para esto se define un stock mínimo igual a la MAD de cada producto con el propósito de disminuir el riesgo de faltantes a causa de errores en los pronósticos.

6.2.- Etapas

6.2.1.- Pronósticos

Se determinó una muestra de 69 semanas a partir del mes de enero de 2019 hasta la primera semana de junio de 2020.

Una vez obtenidos y analizados los datos se procedió a realizar las gráficas de dispersión de los mismos, para así identificar los componentes presentes en las respectivas series de tiempo.

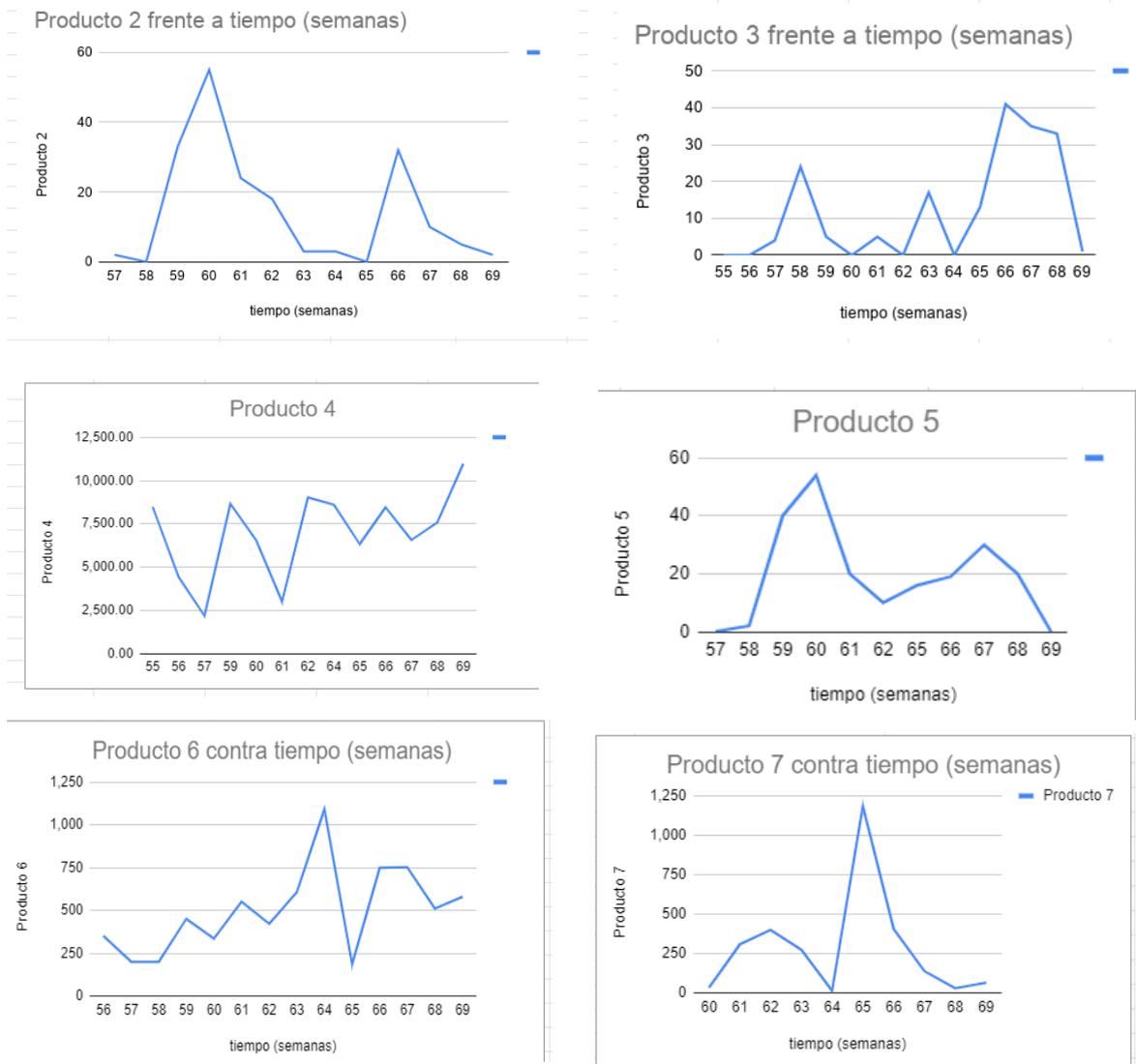
A partir de estas dispersiones se decidió eliminar del análisis los productos X1 (Antiparras 2890 tipo 3M) y X10 (Mascarilla de protección facial) por no contar con

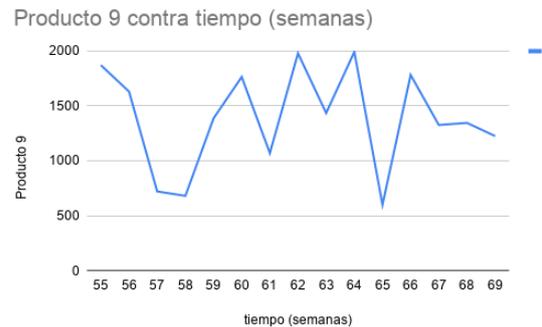
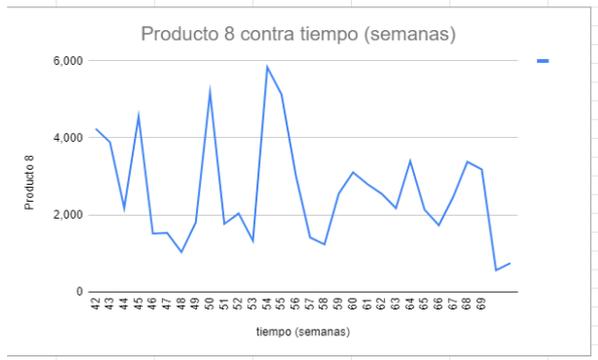


suficientes datos. Posteriormente se identificaron los cambios estructurales en los datos observados para los productos X2 a X9 y se definieron los períodos a incluir para cada pronóstico:

- X2: Desde 1° semana de marzo, 13 períodos.
- X3: Desde mediados de febrero, 15 períodos.
- X4: Desde mediados de febrero, 15 períodos.
- X5: Desde 1° semana de marzo, 13 períodos.
- X6: Desde 1° semana de marzo, 13 períodos.
- X7: Desde 1° semana de marzo, 13 períodos.
- X8: Desde noviembre de 2019, 28 períodos.
- X9: Desde mediados de febrero, 15 períodos.

A continuación, se presentan las gráficas obtenidas por cada producto:





Para los mismos se realizaron los pronósticos a través de diversas técnicas expuestas:

Producto	Metodos utilizados	MAD	Pronosticos	Alfa	Beta	n
Antiparras Anatómicas - Visor transp. y plano (X2)	Metodo ingenuo	14.5	2			
	Promedios moviles ponderados	12.387	8.25			7
	Promedios moviles	13.056	12,25			4
	Suavización exponencial	13.563	4.787	0.02		
	Suavización exponencial con tendencia	13.664	9.076	0.1	0.8	
Barbijos alta eficacia tipo N95 3M modelo 1870 (X3)	Promedios moviles n=2	12,5	17			
	Promedio movil ponderado	12,255	21,4			
	Suavización exponencial	11,144	12,832	0,63		
	Metodo ingenuo	12,357	1			
Barbijos descartables - 3 capas tipo 3M (X4)	Metodo ingenuo	2.969	10978			
	promedios moviles ponderados n= 4	1692,878	7772.9			4
	promedios moviles	1365,375	7564,5			8
	suavización exponencial	2176,119	8299.11	0,01		
	suavizacion exponencial con tendencia	2176,143	8.298	0,01	0,01	
Barbijos descartables N95 (X5)	Metodo ingenuo	15	0	-	-	-
	promedios moviles ponderados	11,9	13,9	-	-	4
	promedios moviles	7,433	15,833	-	-	6
	suavización exponencial	13,26	1900.1	0,23	-	-
	suavizacion exponencial con tendencia	-	-	-	-	-
Botas descartables p/ quirófano (X6)	Metodo ingenuo	208.755	580			
	Promedios moviles ponderados n= 2	193.461	560			2
	Promedios moviles	138.326	445			12
	Suavización Exponencial	180.058	561.91	0.41		
	Suavizacion Exponencial con tendencia	176.834	517.802	0.2	0.9	
Camisolin de fiselina - 50 grs. p/ cirugía c/ puño (X7)	Metodo ingenuo	2.969	65			
	Promedios moviles ponderados n= 4	1692,878	71.833			3
	Promedios moviles	1366,061	211.494			3
	Suavizacion Exponencial	1365,375	117.209	0.1		
Camisolines descartables - c/ puños elasticos (X8)	Promedios moviles	559,922				25
	Promedio movil ponderado	741,708	2648,824			13
	Suavizacion exponencial	1091,486	2732,883	0,15	515,554	
	Metodo ingenuo	1171,583	2550			
Cofias - plizadas (X9)	Metodo ingenuo	582,143	1226			
	Promedio movil ponderado	313,9	1313.5			4
	Promedio movil	339,227	1420,5			4
	Suavizacion exponencial	430,699	1376,525	0,22	-160,869	



Los valores pronosticados se definieron en base a un análisis que toma como criterio la menor MAD para valores de “n” menores al 50% de los períodos observados. Los mismos se utilizarán como restricciones de demanda en el modelo de programación lineal.

PRODUCTO	Pronósticos	MAD
(X2) ANTIPARRAS ANATOMICAS - VISOR TRANSP. Y PLANO	13	14
(X3) BARBIJOS - alta eficacia tipo N95 3M modelo 1870	13	12
(X4) BARBIJOS DESCARTABLES - 3 CAPAS TIPO 3 M	7773	1.693
(X5) BARBIJOS DESCARTABLES - NUM. 95	14	12
(X6) BOTAS DESCARTABLES P/QUIROFANO - CAÑA ALTA 30 GR.	518	177
(X7) CAMISOLIN DE FISELINA - DE 50 grs. p/cirugia c/puño	72	147
(X8) CAMISOLINES DESCARTABLES - C/PUÑO	2649	742
(X9) COFIAS - PLIZADAS	1504	314

6.2.2.- Modelo de optimización lineal entera.

Para una mayor unanimidad en la metodología de trabajo, se determinaron los siguientes aspectos:

1. Se definió el problema.
2. Se propuso un objetivo, el cual consiste en determinar la cantidad óptima a comprar de los insumos descartables (X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8 y X9) a fin de cubrir la demanda de la próxima semana.
3. Se establecieron diferentes restricciones de no negatividad, de variables enteras, de demanda, de presupuesto y de inventario.
4. Se definieron como variables de decisión los tipos de productos a comprar en la semana y la cantidad de productos en inventario, inicial y final de la misma
5. Se formuló una función objetivo en base a la información dada.

6.2.2.1.- Variables de decisión

Las variables de decisión son aquellos valores susceptibles a los cambios los cuales formarán parte de nuestro conjunto solución. Las variables a definir son las siguientes:

- **8 variables del tipo Xi: Cantidad a comprar del producto “i”, donde i:2,3,...,9.**

X2: Cantidad del producto del tipo “Antiparras anatómicas - visor transp. y plano” a comprar.

X3: Cantidad de lotes de 20 unidades del producto del tipo “Barbijos - alta eficacia tipo N95 3M modelo 1870” a comprar.

X4: Cantidad de lotes de 15 unidades del producto del tipo “Barbijos descartables - 3 capas tipo 3 M” a comprar.



X5: Cantidad de lotes de 10 unidades del producto del tipo “Barbijos descartables - Num. 95” a comprar.

X6: Cantidad de lotes de 50 unidades del producto del tipo “Botas descartables p/quirófano-caña alta 30 gr.(pares)” a comprar.

X7: Cantidad de lotes de 50 unidades del producto del tipo “Camisolín de friselina- de 50 grs. p/cirugía c/puño” a comprar.

X8: Cantidad de lotes de 50 unidades del producto del tipo “Camisolines descartables - c/puños elásticos amplios y el doble x tiras x 30g” a comprar.

X9: Cantidad de lotes de 100 unidades del producto del tipo “Cofias plisadas” a comprar.

- **8 variables del tipo IFi: Cantidad de unidades en inventario final del producto “i”. Donde i=2,3,...,9.**

IF2: Cantidad de unidades en inventario final del producto “Antiparras anatómicas - visor transp. y plano”.

IF3: Cantidad de unidades en inventario final del producto “Barbijos - alta eficacia tipo N95 3M modelo 1870”.

...

IF9: Cantidad de unidades en inventario final del producto “Cofias plisadas”.

- **8 variables del tipo Ili: Cantidad de unidades en inventario inicial del producto “i”, donde i=2,3,...,9.**

Ii2: Cantidad de unidades en inventario inicial del producto “Antiparras anatómicas - visor transp. y plano”.

Ii3: Cantidad de unidades en inventario inicial del producto “Barbijos - alta eficacia tipo N95 3M modelo 1870”.

...

Ii9: Cantidad de unidades en inventario inicial del producto “Cofias plisadas”.

6.2.2.2.- Función Objetivo

Objetivo: Minimizar el costo de adquisición de insumos descartables.

FO: Min. el CA = \$509X2 + \$6195X3 + \$292,5X4 + \$7000X5 + \$925X6 + \$8250X7 + \$5500X8 + \$900 X9

6.2.2.3.- Restricciones

S.a

Primer grupo: 8 Restricciones de demanda para cada producto en la semana.

R1: X2 + Ii2 - IF2 = 13 (demanda producto dos)

R2: 20X3 + Ii3 - IF3 = 13 (demanda producto tres)



R3: $15X_4 + I_4 - IF_4 = 7773$	(demanda producto cuatro)
R4: $10X_5 + I_5 - IF_5 = 14$	(demanda producto cinco)
R5: $50X_6 + I_6 - IF_6 = 518$	(demanda producto seis)
R6: $50X_7 + I_7 - IF_7 = 72$	(demanda producto siete)
R7: $50X_8 + I_8 - IF_8 = 2649$	(demanda producto ocho)
R8: $100X_9 + I_9 - IF_9 = 1504$	(demanda producto nueve)

Segundo grupo: restricción del presupuesto semanal.

$$R9: 509X_2 + 6195X_3 + 292,5X_4 + 7000,00X_5 + 925X_6 + 8250X_7 + 5500X_8 + 900X_9 \leq \$700000$$

Tercer grupo: 8 restricciones para las unidades en inventario inicial para cada producto.

$$\begin{aligned} R10: I_2 &= 8 \\ R11: I_3 &= 334 \\ R12: I_4 &= 5128 \\ R13: I_5 &= 0 \\ R14: I_6 &= 8 \\ R15: I_7 &= 703 \\ R16: I_8 &= 17 \\ R17: I_9 &= 45 \end{aligned}$$

Cuarto grupo: 8 restricciones para las unidades del inventario final.

$$\begin{aligned} R18: IF_2 &= 14 \\ R19: IF_3 &= 12 \\ R20: IF_4 &= 1693 \\ R21: IF_5 &= 12 \\ R22: IF_6 &= 177 \\ R23: IF_7 &= 147 \\ R24: IF_8 &= 742 \\ R25: IF_9 &= 314 \end{aligned}$$

Restricción de no negatividad y variables enteras.

$$R26: X_i \geq 0 \text{ y entero para toda } i.$$

6.2.2.4.- Resultados

Como resultado de la programación lineal se obtuvieron las siguientes cantidades de compra e inventarios para cada insumo para la próxima semana.



PRODUCTO	CANTIDAD A COMPRAR		INVENTARIO INICIAL	INVENTARIO FINAL
	(Lote)	(Unidades)	(Unidades)	(Unidades)
Antiparras Anatómicas - Visor transp. y plano (X2)	-	19	8	14
Barbijos alta eficacia tipo N95 3M modelo 1870 (X3)	0	0	334	321
Barbijos descartables - 3 capas tipo 3M (X4)	290	4350	5128	1705
Barbijos descartables N95 (X5)	3	60	0	16
Botas descartables p/ quirófano (X6)	14	700	8	190
Camisolín de friselina - 50 grs. p/ cirugía c/ puño (X7)	0	0	703	631
Camisolines descartables - c/ puños elásticos (X8)	68	3400	17	768
Cofias - plizadas (X9)	18	18000	45	341

- Costo mínimo de adquisición= \$518646
- El Inventario final del producto 2 no tiene excedente, por lo tanto, hay que prestar especial atención al mismo ya que podría resultar en un faltante si la demanda excede la MAD del pronóstico.
- El inventario inicial de los productos X3 y X7 es lo suficientemente grande para cubrir la demanda del período y las limitaciones de stock.

7. RECOMENDACIONES

- Si fuera posible determinar costos de mantenimiento de stock, los valores asignados a las variables de decisión en la programación lineal podrían diferir significativamente.
- Si bien se cuenta con datos históricos de aproximadamente 70 semanas, no es factible realizar un pronóstico de los mismos a largo plazo ya que sufren un cambio estructural a partir de la pandemia de COVID-19. Por lo que, se recomienda continuar con un análisis de éstos a futuro con el propósito de



obtener pronósticos que permitan desarrollar un modelo de programación para mayores periodos de tiempo.

- Debido a la estructura y forma de planteo, es posible extender los modelos planteados a otros insumos del hospital.

8. CONCLUSIONES

Como se pudo plasmar en el presente trabajo es factible la aplicación de un modelo de programación lineal que permita determinar las cantidades óptimas de insumos descartables a comprar semanalmente minimizando los costos de adquisición de los mismos y, a su vez, cumplir con las restricciones de consumos, inventarios y presupuesto. La información proporcionada será de gran utilidad para los Departamentos de Compras y Depósito al contribuir en un pronóstico más acertado de las cantidades a consumir y, por ende, una reducción de los faltantes.

Este trabajo fue de gran utilidad para la aplicación práctica de los temas programación lineal entera y pronósticos por series de tiempos aprendidos en la materia Análisis Cuantitativo de Negocios.



9. APÉNDICE

Programación lineal continua

A los fines de obtener un análisis más profundo, se eliminó la restricción de variables enteras para poder obtener un análisis de sensibilidad. Al hacer esto se obtuvieron valores similares para las variables de cantidad de compra para cada producto, pero variaron en gran medida las cantidades de inventario final. Sin embargo, los valores de precio sombra y coste reducido no se consideran significativos ya que son iguales a los costos unitarios de cada producto, por lo que se decidió desestimar su análisis.

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$C\$13 VDX2		19	0	509	1E+30	509
\$D\$13 VDX3		0	6195	6195	1E+30	6195
\$E\$13 VDX4		289,2	0	292,5	1E+30	292,5
\$F\$13 VDX5		2,6	0	7000	1E+30	7000
\$G\$13 VDX6		13,74	0	925	1E+30	925
\$H\$13 VDX7		0	8250	8250	1E+30	8250
\$I\$13 VDX8		67,48	0	5500	1E+30	5500
\$J\$13 VDX9		17,73	0	900	1E+30	900
\$K\$13 VDI2		8	0	0	1E+30	1E+30
\$L\$13 VDI2		14	0	0	1E+30	509
\$M\$13 VDI3		334	0	0	1E+30	1E+30
\$N\$13 VDI3		321	0	0	1E+30	309,75
\$O\$13 VDI4		5128	0	0	1E+30	1E+30
\$P\$13 VDI4		1693	0	0	1E+30	19,5
\$Q\$13 VDI5		0	0	0	1E+30	1E+30
\$R\$13 VDI5		12	0	0	1E+30	700
\$S\$13 VDI6		8	0	0	1E+30	1E+30
\$T\$13 VDI6		177	0	0	1E+30	18,5
\$U\$13 VDI7		703	0	0	1E+30	1E+30
\$V\$13 VDI7		631	0	0	1E+30	165
\$W\$13 VDI8		17	0	0	1E+30	1E+30
\$X\$13 VDI8		742	0	0	1E+30	110
\$Y\$13 VDI9		45	0	0	1E+30	1E+30
\$Z\$13 VDI9		314	0	0	1E+30	9



Restricciones							
Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Pemisible Aumentar	Pemisible Reducir	
\$AA\$15	R1: Demanda producto 2	13	509	13	1E+30	19	
\$AA\$16	R2: Demanda producto 3	13	0	13	309	1E+30	
\$AA\$17	R3: Demanda producto 4	7773	19,5	7773	1E+30	4338	
\$AA\$18	R4: Demanda producto 5	14	700	14	1E+30	26	
\$AA\$19	R5: Demanda producto 6	518	18,5	518	1E+30	687	
\$AA\$20	R6: Demanda producto 7	72	0	72	484	1E+30	
\$AA\$21	R7: Demanda producto 8	2649	110	2649	1E+30	3374	
\$AA\$22	R8: Demanda producto 9	1504	9	1504	1E+30	1773	
\$AA\$24	R10: inventario inicial producto 2	8	-509	8	19	8	
\$AA\$25	R11: inventario inicial producto 3	334	0	334	1E+30	309	
\$AA\$26	R12: inventario inicial producto 4	5128	-19,5	5128	4338	5128	
\$AA\$27	R13: inventario inicial producto 5	0	-700	0	26	0	
\$AA\$28	R14: inventario inicial producto 6	8	-18,5	8	687	8	
\$AA\$29	R15: inventario inicial producto 7	703	0	703	1E+30	484	
\$AA\$30	R16: inventario inicial producto 8	17	-110	17	3374	17	
\$AA\$31	R17: inventario inicial producto 9	45	-9	45	1773	45	
\$AA\$32	R18: inventario final producto 2	14	509	14	1E+30	14	
\$AA\$33	R19: inventario final producto 3	321	0	12	309	1E+30	N
\$AA\$34	R20: inventario final producto 4	1693	19,5	1693	1E+30	1693	
\$AA\$35	R21: inventario final producto 5	12	700	12	1E+30	12	
\$AA\$36	R22: inventario final producto 6	177	18,5	177	1E+30	177	
\$AA\$37	R23: inventario final producto 7	631	0	147	484	1E+30	N
\$AA\$38	R24: inventario final producto 8	742	110	742	1E+30	742	
\$AA\$39	R25: inventario final producto 9	314	9	314	1E+30	314	

10. BIBLIOGRAFÍA

- Render, Stair y Hanna (2013). Métodos Cuantitativos para los negocios. Undécima edición. México. Editorial Pertince Hall.
- Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014). Metodología de la investigación, Sexta edición. México. editorial McGraw-Hill.
- Walpole, R.E. y Myers, R.H. (1994). Probabilidad y Estadística. 4º edición. México D.F.: McGraw-Hill.