

# Deterministic dynamic programming and its impact on profits and the production plan in the footwear and leather accessories company “Creatá S.A.C.”

Quispe-Vásquez Luis Roberto, Maestro en Ciencias - Educación Superior<sup>1</sup>; Gonzales-Abanto Wilson Alcides, Maestro en Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento<sup>2</sup>; Silva-Alvitres Nicole, Estudiante Ing. Industrial<sup>3</sup>; López-Huamán Brayan, Estudiante Ing. Industrial<sup>4</sup>; Sandoval-Gonzales Fernando, Estudiante Ing. Industrial<sup>5</sup>; Inga-Cáceres Miriam, Estudiante Ing. Industrial<sup>6</sup>

1-6 Universidad Privada del Norte, Perú, [luisquiva05@gmail.com](mailto:luisquiva05@gmail.com), [wilson.gonzales@outlook.com](mailto:wilson.gonzales@outlook.com), [n00034462@upn.pe](mailto:n00034462@upn.pe), [n00218269@upn.pe](mailto:n00218269@upn.pe), [n00170206@upn.pe](mailto:n00170206@upn.pe), [n00186755@upn.pe](mailto:n00186755@upn.pe)

**Abstract-** *The present investigation was carried out in order to determine the impact of the application of the Deterministic Dynamic Programming in the profits and the production plan, in the company "CREATA S.A.C", dedicated to the production and commercialization of footwear and leather accessories. For this, Deterministic Dynamic Programming was applied to reach optimal solutions and make the best decision in the production plan and increase in profits. For which a deterministic dynamic programming modeling was carried out and applied, characterized by the fact that it does not follow a standard form, where for each problem each of the components is specified, dividing in the recursive analysis of each of the stages of the problem, in reverse order, achieving greater efficiency in the management of the company by finding optimal solutions through the various stages of the problem, which allowed maximizing profits and improving production processes of its 4 products, which allowed an increase in income.*

**Keywords:** *Deterministic dynamic programming, recursive function, model, utilities, production plan.*

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.231>

**ISBN:** 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

# La Programación Dinámica Determinística y su impacto en las utilidades y el plan de producción en la empresa de calzado y accesorios de cuero “Creatá S.A.C.”

Deterministic dynamic programming and its impact on profits and the production plan in the footwear and leather accessories company “Creatá S.A.C.”

Quispe-Vásquez Luis Roberto, Maestro en Ciencias - Educación Superior<sup>1</sup>; Gonzales-Abanto Wilson Alcides, Maestro en Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento<sup>2</sup>; Silva-Alvites Nicole, Estudiante Ing. Industrial<sup>3</sup>; López-Huamán Brayan, Estudiante Ing. Industrial<sup>4</sup>; Sandoval-Gonzales Fernando, Estudiante Ing. Industrial<sup>5</sup>; Inga-Cáceres Miriam, Estudiante Ing. Industrial<sup>6</sup>

1-6 Universidad Privada del Norte, Perú, [luisquiva05@gmail.com](mailto:luisquiva05@gmail.com), [wilson.gonzales@outlook.com](mailto:wilson.gonzales@outlook.com), [n00034462@upn.pe](mailto:n00034462@upn.pe), [n00218269@upn.pe](mailto:n00218269@upn.pe), [n00170206@upn.pe](mailto:n00170206@upn.pe), [n00186755@upn.pe](mailto:n00186755@upn.pe)

**Resumen-** La presente investigación fue realizada con el fin de determinar el impacto de la aplicación de la Programación Dinámica Determinística en las utilidades y el plan de producción, en la empresa “CREATA S.A.C”, dedicada a la producción y comercialización de calzado y accesorios de cuero. Para ello se aplicó Programación Dinámica Determinística para alcanzar soluciones óptimas y tomar la mejor decisión en el plan de producción e incremento de utilidades. Para lo cual se realizó y aplicó un modelamiento de programación dinámica determinística, caracterizada porque no sigue una forma estándar, donde para cada problema se especifica cada uno de los componentes, dividiendo en el análisis recursivo de cada una de las etapas del problema, en orden inverso, logrando una mayor eficiencia en la gestión de la empresa al encontrar soluciones óptimas a través de las diversas etapas del problema, que permitió maximizar utilidades y mejorar procesos productivos de sus 4 productos lo que permitió un incremento de sus ingresos.

**Palabras Claves:** programación dinámica determinística, función recursiva, modelo, utilidades, plan de producción.

**Abstract-** The present investigation was carried out in order to determine the impact of the application of the Deterministic Dynamic Programming in the profits and the production plan, in the company “CREATA S.A.C”, dedicated to the production and commercialization of footwear and leather accessories. For this, Deterministic Dynamic Programming was applied to reach optimal solutions and make the best decision in the production plan and increase in profits. For which a deterministic dynamic programming modeling was carried out and applied, characterized by the fact that it does not follow a standard form, where for each problem each of the components is specified, dividing in the recursive analysis of each of the stages of the problem, in reverse order, achieving greater efficiency in the management of the company by finding optimal solutions through the various stages of the problem, which allowed maximizing profits and improving production processes of its 4 products, which allowed an increase in income.

**Keywords:** Deterministic dynamic programming, recursive function, model, utilities, production plan.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.231>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas se ven regidas por el ambiente global en que se desempeñan, el cual es altamente competitivo y exige una constante toma de decisiones estratégicas si se busca permanecer en el mercado de manera exitosa y rentable, esta situación lleva a las organizaciones a enfrentar los mercados con cautela al optimizar sus recursos [1]. De acuerdo con Ref. [2], con el proceso de toma de decisiones es posible alcanzar los objetivos planteados de la organización. Una mala decisión puede afectar a un gran colectivo de gente, a la reputación de la empresa, incluso al buen desarrollo de esta. Por lo que una buena decisión puede a su vez mantener el buen funcionamiento de una empresa y llevarla al éxito. Las decisiones pueden tomarse en un contexto de certidumbre, incertidumbre o riesgo. Dependiendo de la situación se pueden utilizar métodos cuantitativos o cualitativos de ayuda a la toma de decisiones [3].

La programación dinámica es una técnica cuantitativa de diseño algorítmico con un amplísimo abanico de aplicaciones, puede emplearse para resolver problemas que implican la toma secuencial de decisiones [4]. De acuerdo a Ref. [5], la Programación Dinámica Determinística (PDD) es un método de descomposición directa en donde se reemplaza la optimización de una función de varias variables por la resolución recursiva de una sola variable; en este sentido, para Ref. [6] es un método de optimización donde se opera por fases, es decir que las decisiones se toman en forma secuencial. Por su parte Ref. [7], explica que la PDD, encuentra la solución óptima de un problema con  $n$  variables descomponiéndolo en  $n$  etapas, siendo cada etapa un subproblema de una sola variable. También dice que los cálculos de programación dinámica, se hacen en forma recursiva. Los cálculos recursivos dependen de cómo se descomponga el problema original. Las características básicas que distinguen a los problemas de programación dinámica son: la división del problema en etapas. Cada etapa tiene cierto número de estados asociados. El procedimiento de solución está diseñado para encontrar una política de decisión óptima para cada etapa en cada uno de los estados posibles. La solución comienza cuando se determina la política óptima para la última etapa. Cuando se usa esta relación recursiva, el procedimiento de solución comienza al final y se mueve hacia atrás etapa por etapa hasta que encuentra la política óptima desde la etapa inicial [8].

Perú es el cuarto mayor productor de calzado de América del Sur. Según SERMA.NET, el sector de calzado en Perú produce 57 millones de pares de calzado al año y exporta el 4,7% de su producción. Lima y La Libertad albergan al 74,6% de las empresas

del sector de cuero y calzado. Trujillo específicamente con 613 empresas y una participación del 7.2% del total del departamento de la Libertad [9], donde justamente se ubica la empresa de estudio. En los últimos años, el sector del calzado en Perú ha experimentado un cambio radical debido a la fuerte irrupción de China en el mercado. La producción de calzado en Perú registra una caída desde abril de 2018, por la menor fabricación de zapatos para el mercado interno [10]. Las importaciones de calzado crecieron a una tasa promedio anual de 13,8% en la última década, mientras que las exportaciones solo lo hicieron en 4,2% [9]. El 39% de las exportaciones de calzado corresponden a zapatos de cuero [10], como es el caso de la empresa de estudio.

La mayor parte de la producción de calzado peruano se destina al consumo final, en su práctica totalidad, al mercado interno. Según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la demanda interna representa el 92,3% del total de calzado producido en el país [10]. Es esencial mantener y satisfacer esta demanda interna, ya que ésta también es de suma importancia para la rentabilidad de las empresas peruanas. Aunque los peruanos muchas veces prefieren calzados del exterior debido a que el precio que suele ser menos costoso siendo de materiales textiles, y de caucho o plástico [11]. Este calzado suele ser de calidad inferior a los zapatos hechos en Perú, que son de mejores materiales, calidad y manufactura. Según Ref. [12] las empresas pueden salirse de vez en cuando del “cuadrilátero” de los precios bajos y vender a un precio costoso sus productos y servicios, mientras estos les ofrezcan un valor adicional a sus clientes. No se debe perder la oportunidad de hacer cosas quizás un poco más caras, pero que son mejores en calidad, materiales y manufactura; es por ello las decisiones estratégicas y tácticas de una empresa como es establecer el precio del producto, la planificación de producción, planificación financiera, gestión de personal, gestión de calidad, políticas de compras y proveedores, control de costos, y muchas decisiones más, son de suma importancia, así como también el cómo es que se las determinan.

Debido a lo referenciado anteriormente comprendemos que en las organizaciones es conveniente y muy importante contar con métodos o técnicas matemáticas que son muy útiles para la toma de decisiones, como la programación dinámica determinística que nos ayuda a la toma de decisiones secuenciales interrelacionadas. Esto para las empresas muchas veces les resulta dificultoso debido a su complejidad, por lo que optan por tomar decisiones haciendo uso de la simple intuición o experiencia, sin un sustento metodológico. Aquello suele no ser lo más acertado, afectando a la rentabilidad y permanencia exitosa de la empresa en el mercado. La empresa del estudio no escapa de esta realidad, ya que desconocen como tomar la mejor decisión para determinar cuál es el mejor plan de producción de zapatos a fabricar, cómo maximizar sus utilidades generadas, puesto que suelen tener productos no vendidos al final de cada mes, esto porque la empresa no gestiona su plan de producción adecuadamente mediante una metodología que indique que cantidad óptima se debe producir, afectando las máximas ganancias posibles en la producción y comercialización de calzado y accesorios de cuero.

En tal sentido se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera la programación dinámica determinística impactará en el plan de producción y las utilidades de la empresa CREATA SAC? Se ha considerado como objetivo general: Aplicar la PDD para determinar el impacto en las utilidades y plan de producción de la empresa CREATA. Y los objetivos específicos: Diagnosticar del estado actual de la empresa en cuanto a sus utilidades generadas y su producción para la aplicación de la propuesta de optimización mediante programación dinámica determinística.

Asimismo, desarrollar y aplicar el modelo de programación dinámica determinística que permita optimizar la producción y utilidades de la empresa. Y comparar el antes y después del estado de la empresa con la propuesta de optimización.

## II. METODOLOGIA

*Tipo de estudio:* descriptiva explicativa.

*Procedimiento:*

En las siguientes fases se describirá el método desarrollado paso a paso durante los meses en los que se realizó la investigación en la empresa “CREATA S.A.C”, y cómo en el modelo de programación dinámica se aplicó la información brindada, para lograr la optimización de esta.

*Fase 1.* En la fase uno se comenzó por realizar el modelo de PDD, empezando por la definición de las etapas del problema, que fueron 4. Las etapas se determinaron conforme a los productos de la empresa “CREATA S.A.C” en su caso 4 modelos diferentes de sus zapatos para hombre, entre ellos: Calano Oxford, Chavito Chukka, Chamberlain y Taylor Wingtip. Debido a que se deseó hallar la cantidad de lotes a producir en el mes de septiembre por cada modelo de zapatos.

*Fase 2.* Continuando el modelo de programación determinística, se establecieron las variables o políticas de decisión, y también los estados. Como indica Ref. [13] que para toda etapa  $t$ , el efecto de las  $T-t$  etapas finales sobre la función objetivo depende únicamente de  $S(t)$  y las políticas de decisión  $x(t), x(t+1), \dots, x(T)$ . Para el problema de estudio en la empresa “CREATA S.A.C”, las variables y los estados se ajustaron a los 12 lotes de producción que debe realizar la empresa cada mes.

*Fase 3.* Se formuló la función recursiva del problema de programación dinámica, que buscó la maximización de utilidades generadas de la empresa de estudio. Finalmente se desarrollaron los cálculos matemáticos correspondientes del modelo de programación, empezando desde la última etapa, y continuando hasta la primera, como indica Ref. [8] cuando se usa una relación recursiva, el procedimiento de solución comienza al final y se mueve hacia atrás etapa por etapa para encontrar cada vez la política óptima para esa etapa hasta que encuentra la política óptima desde la etapa inicial. Esto para obtener el mejor plan de producción de los 4 modelos de zapatos para hombre de la empresa “CREATA S.A.C” y la maximización de utilidades que se detallará en resultados

## III. RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico de la empresa.

Se diagnosticó el estado actual de la empresa en cuanto a la producción por lotes por tipo de modelo de zapato y a sus utilidades generadas en las ventas de los últimos 8 meses, observando que la mayoría de producción es de 3 lotes de cada modelo de zapatos por mes. Esto debido a que la organización no tiene conocimiento de cuántos lotes se debe producir por modelo de zapato para hombre con el fin de generarles más utilidades. En la propuesta de optimización mediante programación dinámica se propuso una maximización de éstas para la mayor rentabilidad de la empresa, indicando cuántos lotes producir por cada tipo de zapatos de los 12 lotes de producción total mensual.

TABLA I  
PRODUCCIÓN DE LOTES DE ZAPATOS EN LOS ÚLTIMOS 8 MESES

Zapatos	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Calano Oxford	3	3	1	3	2	3	2	3
Chavito Chukka	3	3	5	3	3	3	3	3
Chamberlain	3	2	3	3	3	3	3	3
Taylor Wingtip	3	4	3	3	3	3	5	3
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>

En la tabla I se aprecia que la producción es mayormente de 3 lotes de 12 unidades, ya que la decisión de producción de la empresa resulta de la división de los 12 lotes que se fabrican al mes de todos los modelos de zapatos para hombre, haciendo casi una equivalencia de las cantidades producidas de cada tipo de zapatos.

TABLA II  
LOTES NO VENDIDOS EN LOS ÚLTIMOS 8 MESES

Zapatos	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Calano Oxford	0	2	0	1	1	2	2	1
Chavito Chukka	3	2	3	2	1	1	1	3
Chamberlain	1	0	2	2	2	3	1	1
Taylor Wingtip	0	2	0	1	0	2	1	0

En la tabla II se observan los lotes que no se vendieron de la producción de la tabla I en los últimos 8 meses. Podemos percibir que quedaron más lotes sin vender, en algunos modelos de zapatos como el Calano Oxford, Chavito Chukka y Chamberlain, que en los zapatos Taylor Wingtip, solo quedando 1 o 2 lotes en algunos meses.

TABLA III  
GANANCIAS DE LOS LOTES SI VENDIDOS EN LOS ÚLTIMOS 8 MESES

Zapatos	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Calano Oxford	9000	3000	3000	6000	3000	3000	0	6000
Chavito Chukka	0	2400	0	2400	4800	4800	4800	0
Chamberlain	4320	4320	2160	2160	2160	0	4320	4320
Taylor Wingtip	10080	6720	10080	6720	10080	3360	13440	10080
<b>TOTAL</b>	<b>23400</b>	<b>16440</b>	<b>15240</b>	<b>17280</b>	<b>20040</b>	<b>11160</b>	<b>22560</b>	<b>20400</b>

En la tabla III se dan a notar que las ganancias máximas totales generadas por los lotes de todos los modelos de zapatos vendidos en los últimos 8 meses, que oscilan entre S/.22500 y S/.23400.

### 3.2. Desarrollo del modelo de programación dinámica determinística para optimizar la producción y utilidades de la empresa.

En los resultados para la programación dinámica determinística se expuso la problemática: CREATA S.A.C debe fabricar para el mes de octubre, 12 lotes de 1 docena de pares de zapatos para hombre, de 4 de sus modelos distintos: Calano Oxford, Chavito Chukka, Chamberlain, y Taylor Wingtip. La empresa desea saber, cuantos lotes de cada tipo de zapatos debe producir, para obtener la máxima ganancia. Para esto se diseñó la tabla IV.

TABLA IV  
MODELOS DE ZAPATOS Y GANANCIAS ESTIMADAS POR LOTE

Número de lotes a producir en el mes de septiembre (12 pares)	MODELOS			
	Calano Oxford (S/.250.00)	Chavito Chukka (S/.200.00)	Chamberlain (S/.180.00)	Taylor Wingtip (S/.280.00)
1	3000	2400	2160	3360
2	6000	4800	4320	6720
3	9000	7200	6480	10080
4	12000	9600	8640	13440
5	15000	12000	10800	16800
6	18000	14400	12960	20160
7	21000	16800	15120	23520
8	24000	19200	17280	26880
9	27000	21600	19440	30240
10	30000	24000	21600	33600
11	33000	26400	23760	36960
12	36000	28800	25920	40320

En la tabla IV se colocó en la primera columna a los 12 lotes a producir para el mes de octubre, y en las otras columnas, los 4 diferentes modelos de zapatos para hombre, con sus respectivas ganancias estimadas obtenidas por lote. Donde se determinó que el número de etapas del problema son 4, una etapa por modelo de zapato, ya que se desea hallar cuanto producir por cada modelo. Continuando con el modelo de programación dinámica se determinaron las variables:

X1: número de lotes a fabricar del modelo de zapatos Calano Oxford.

X2: número de lotes a fabricar del modelo de zapatos Chavito Chukka.

X3: número de lotes a fabricar del modelo de zapatos Chamberlain.

X4: número de lotes a fabricar del modelo de zapatos Taylor Wingtip.

Y los estados para cada etapa: S1, S2, S3, S4, donde están los 12 lotes de producción que debe realizar la empresa cada mes. Se formuló la función recursiva del problema de programación dinámica, que buscó la maximización de utilidades generadas de la empresa.

$$f_n^*(s) = \max\{f_n(s_n, x_n)\}$$

$$f_n^*(s_n, x_n) = C_s x_n + f_{n+1}^*(s_n)$$

Se realizaron los cálculos matemáticos de la programación dinámica, empezando por la última etapa o 4° etapa, correspondiente al modelo de zapatos Taylor Wingtip. Colocando en la primera columna al estado, función recursiva, y variable de dicha etapa.

TABLA V  
ETAPA 4: TAYLOR WINGTIP

S <sub>4</sub>	f <sub>4</sub> <sup>*</sup>	X <sub>4</sub> <sup>*</sup>
1	3360	1
2	6720	2
3	10080	3
4	13440	4
5	16800	5
6	20160	6
7	23520	7
8	26880	8
9	30240	9
10	33600	10
11	36960	11
12	40320	12

Como mencionan Ref. [8], el procedimiento de desarrollo de un problema de programación dinámica, comienza al final y se mueve

hacia atrás etapa por etapa para encontrar cada vez la política óptima para esa etapa hasta que encuentra la política óptima desde la etapa inicial. Esta política óptima lleva de inmediato a una solución óptima para el problema completo, es decir,  $x_1$  para el estado inicial  $S_1$ , después  $x_2$  para el estado  $S_2$  que resulta, luego  $x_3$  para el estado  $S_3$  que se obtiene, y así sucesivamente hasta  $x_N$  para el estado  $S_N$  resultante.

Se continuó con la etapa 3, correspondiente al modelo de zapatos Chamberlain, colocando en la primera columna al estado, función recursiva, y variable de dicha etapa.

TABLA VI  
ETAPA 3: CHAMBERLAIN

$S_3$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$f_3^*S_3$	$X_3^*$
1	2160	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2160	1
2	5520	4320	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5520	1
3	8430	7680	6480	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8430	1
4	12240	11040	9840	8640	---	---	---	---	---	---	---	---	12240	1
5	15600	14400	11040	12000	10800	---	---	---	---	---	---	---	15600	1
6	18960	17760	16560	15360	14160	12960	---	---	---	---	---	---	18960	1
7	22320	21120	19920	18720	17520	16320	15120	---	---	---	---	---	22320	1
8	25680	24480	23280	22080	20880	19680	18480	17280	---	---	---	---	25680	1
9	29040	27840	26640	25440	24240	23040	21840	20640	19440	---	---	---	29040	1
10	32390	31200	30000	28800	27600	26400	25200	24000	22800	21600	---	---	32390	1
11	35760	34560	33360	32160	30960	29760	28560	27360	26160	24960	---	---	35760	1
12	39120	37920	36720	35520	34320	33120	31920	30720	29520	28320	27120	25920	39120	1

En la tabla VI se obtuvieron los valores máximos en la columna  $f_3^*S_3$  elegidos de los cálculos realizados en cada estado recurriendo a los valores de la función anterior, y con esto, se obtuvieron los lotes correspondientes por cada valor en la columna  $x_3$

Como indica Ref. [7], los cálculos de programación dinámica, se hacen en forma recursiva, ya que la solución óptima de un subproblema se usa como dato para el siguiente. Para cuando se resuelve el último subproblema queda a la mano la solución óptima de todo el problema.

Continuando con la etapa 2, para el modelo de zapatos Chavito Chukka, se realizó lo mismo que en la etapa 3 pero recurriendo a la función anterior.

TABLA VII  
ETAPA 2: CHAVITO CHUKKA

$S_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$f_2^*S_2$	$X_2^*$
1	2400	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2400	1
2	4560	4800	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4800	2
3	7920	6960	7200	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7920	1
4	10830	10320	9360	9600	---	---	---	---	---	---	---	---	10830	1
5	14640	13230	12720	11760	12000	---	---	---	---	---	---	---	14640	1
6	18000	17040	15630	15120	14160	14400	---	---	---	---	---	---	18000	1
7	21360	20400	19440	18030	17520	16560	16800	---	---	---	---	---	21360	1
8	24720	23760	22800	21840	20430	19920	18960	19200	---	---	---	---	24720	1
9	28080	27120	26160	25200	24240	22830	22320	21360	21600	---	---	---	28080	1
10	31440	30480	29520	28560	27600	26640	25230	24720	23760	24000	---	---	31440	1
11	34790	33840	32880	31920	30960	30000	29040	27630	27120	26160	26400	---	34790	1
12	38160	37190	36240	35280	34320	33360	32400	31440	30030	29520	28560	28800	38160	1

En la tabla VII se obtuvieron los valores máximos en la columna  $f_2^*S_2$  elegidos de los cálculos realizados en cada estado recurriendo a los valores de la función anterior, y con esto, se obtuvieron los lotes correspondientes por cada valor en la columna  $X_2$ .

Por último, se obtuvo la solución de todo el problema, obteniendo los resultados de la etapa 1 mediante los cálculos matemáticos correspondientes.

TABLA VIII  
ETAPA 1: CALANO OXFORD

$S_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$f_1^*S_1$	$X_1^*$
12	37790	37440	37080	36720	36360	36000	35640	34830	34920	34800	35400	36000	37790	1

En la tabla VIII se obtuvo la utilidad máxima en la columna  $f_1^*S_1$  que es de 37790, además se obtuvo en la columna  $x_1$ , que se debe producir 1 lote de modelo de zapatos Calano Oxford.

Finalmente, sintetizando la solución de la problemática, se recomienda a la empresa CREATA S.A.C, producir en el mes de octubre, la siguiente cantidad de lotes de cada modelo de zapatos para hombre:

- 1 lote de zapatos Calano Oxford.
- 1 lote de zapatos Chavito Chukka.
- 1 lote de zapatos Chamberlain.
- 9 lotes de zapatos Taylor Wingtip.

Para obtener la máxima utilidad de  $S/37790$ .

### 3.3. Comparación el antes y después del estado de la empresa con la propuesta de optimización.

Se le aportó a la empresa la solución a los objetivos planteados en la investigación para la propuesta de optimización, lo que le generó un gran beneficio a nivel de discernimiento sobre cuantos lotes y de que producto es recomendable producir en el mes de octubre, logrando la maximización de sus utilidades.

Antes	Después
La empresa no tenía conocimiento sobre como distribuir sus 12 lotes de producción mensual entre la cantidad de lotes a producir en el mes de octubre para cada uno de sus 4 modelos de zapatos para hombre: Calano Oxford, Chavito Chukka, Chamberlain, y Taylor Wingtip. De esta forma, desconocían como maximizar sus utilidades ya que la producción de la empresa se realizaba por percepción e intuición, produciendo 3 lotes por cada modelo de zapatos, esto ocasionaba productos no vendidos y costos de producción innecesarios. Las ganancias que obtenían eran solo a rededor de $S/22500$ y $S/23400$ .	La empresa conoce como distribuir sus 12 lotes de producción mensual, sabiendo cuantos lotes debe producir en el mes de octubre por cada uno de sus 4 modelos de zapatos: Calano Oxford, Chavito Chukka, Chamberlain, y Taylor Wingtip. De esta forma, sabían cómo maximizar sus utilidades con el plan de producción acertado. Produciendo 1 lote de Calano Oxford, 1 de Chavito Chukka, 1 de Chamberlain, y 9 lotes de Taylor Wingtip. Ocasionando menos costos de producción y productos no vendidos. Asimismo, obteniendo ganancias de hasta $S/37790$ .

## IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### A. Discusión

La aplicación de un método cuantitativo para la ayuda de toma de decisiones en la empresa CREATA S.A.C como lo es la programación dinámica, coincidiendo con Ref. [2] que manifiestan que las decisiones de una organización pueden tomarse en un contexto de certidumbre, incertidumbre o riesgo. Dependiendo de la situación se pueden utilizar métodos cuantitativos o cualitativos para la ayuda de la toma de estas decisiones. Se maximizaron las utilidades de la empresa CREATA S.A.C mediante la programación dinámica, obteniendo una utilidad máxima de  $S/37790$ . Concordando así con Ref. [14] que la programación dinámica es una técnica cuantitativa que puede emplearse para resolver problemas de optimización, en los que el objetivo es minimizar o maximizar una cierta función de costo o beneficio. En la investigación, se realizó un modelo de programación dinámica determinística, donde se definió a las variables como número de lotes a fabricar por cada modelo de zapatos: Calano Oxford, Chavito Chukka, Chamberlain, y Taylor Wingtip; se determinaron 4 etapas; y se utilizaron los resultados de las soluciones óptimas de los subproblemas de la etapa anterior para la etapa siguiente. Se utilizó una función recursiva, como indica Ref. [15], donde los cálculos son de forma hacia atrás o de retroceso, comenzando con la resolución del problema de la última etapa hacia la primera, comprobando eso en la problemática de la investigación, donde se empezó por la última o 4ta etapa continuando hasta a la primera. Sobre los estados, se establecieron 4 estados por cada etapa

y dentro de ellos se prescribían los 12 lotes de producción de la empresa que debe producir por mes.

## B. Conclusiones

El diagnóstico del estado y situación de la empresa en cuanto a sus utilidades generadas para la aplicación de la propuesta de optimización mediante programación dinámica determinística, indicó que sus utilidades generadas por los lotes de todos los modelos de zapatos vendidos en los últimos 8 meses no eran las máximas que se podía obtener. Esto perjudicaba a la rentabilidad de la empresa, y se debía a que no tenían discernimiento sobre como distribuir sus 12 lotes de producción mensual entre la cantidad de lotes a producir por cada uno de sus modelos de zapatos para hombre. Se observó que la producción de la empresa, se realizaba por percepción mediante la división de los 12 lotes de producción mensual entre los 4 modelos de zapatos; produciendo así mayormente 3 lotes por cada modelo en cada mes, esto desfavorecía a la empresa, ya que quedaban lotes de zapatos sin vender debido al desacertado plan de producción que constaba en una equivalencia de productos.

La maximización de las utilidades de la empresa alcanzó mucho más de lo examinado en los datos históricos de la empresa. Así como también se logró optimizar la producción hallando la cantidad de lotes que se debe producir por cada modelo de zapatos para hombre en el mes de octubre, determinando que se debe producir mucho más de lo que producía la empresa del modelo Taylor Wingtip que de los otros modelos, para beneficiar a la rentabilidad de la empresa.

La comparación del antes y después del estado de la empresa con la propuesta de optimización, demostró que después de la propuesta, resultaba de sumo provecho el conocer como distribuir los lotes de producción mensuales entre la cantidad a producir por cada modelo de zapatos, porque de esta manera se venderían la mayoría de lotes y esto beneficiaría a las ganancias obtenidas por la empresa. Asimismo, esto ahorra costos de producción y también evita pérdidas de lotes no vendidos, debido a que se produce lo debido y acertado.

## REFERENCIAS

- [1] Castro, J. (12 de junio de 2015). *La importancia de la información para la toma de decisiones en una empresa*. Obtenido de CORPONET : <https://blog.corponet.com.mx/la-importancia-de-la-informacion-para-la-toma-de-decisiones-en-la-empresa>
- [2] Canós Darós, L., Pons Morera, C., Valero Herrera, M., & Maheut, J. (2012). Toma de decisiones en la empresa: proceso y clasificación. *Universidad Politécnica de Valencia*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16502/TomaDecisiones.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] Vicens E, Albarracín J. & Palmer, M. (2005) Métodos cuantitativos de ayuda a la Toma de decisiones. *Universidad Politécnica de Valencia*. ISBN: 9788497057455
- [4] Cotta, C. (2018). *PROGRAMACIÓN DINÁMICA: Introducción y Ejercicios Resueltos*. Málaga: UMA editorial. [https://www.umaeditorial.uma.es/libro/programacion-dinamica\\_1389/](https://www.umaeditorial.uma.es/libro/programacion-dinamica_1389/)
- [5] Cardillo, J., & Szigeti, F. (2004). Algoritmo SCDO en el Principio de Mínimo y la programación dinámica definida sobre dominios finitos. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 18. [https://www.researchgate.net/publication/278007192\\_Algoritmo\\_SCDO\\_en\\_el\\_Principio\\_de\\_Minimo\\_y\\_la\\_programacion\\_dinamica\\_definida\\_sobre\\_dominios\\_finitos](https://www.researchgate.net/publication/278007192_Algoritmo_SCDO_en_el_Principio_de_Minimo_y_la_programacion_dinamica_definida_sobre_dominios_finitos)
- [6] Lazzari, L., & Moulia, P. (2016). Programación dinámica con números Z. *Investigacion operativa - AÑO XXIV - N° 39*, 27-32. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/16541/16355>
- [7] Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones - 9ª edición*. Estado de Mexico: Pearson Educación. <https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/investigacion3b3n-de-operaciones-9na-edicion3b3n-hamdy-a-taha-fl.pdf>
- [8] Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones - 9ª edición*. Ciudad de México: McGRAW-HILL. [https://dudasytareas.files.wordpress.com/2017/05/hillier\\_lieberman.pdf](https://dudasytareas.files.wordpress.com/2017/05/hillier_lieberman.pdf)
- [9] Cosavalete, I. (2019). *Perú: Situación actual del sector cuero y calzado*. Obtenido de CITECCAL: <https://citeccal.itp.gob.pe/wp-content/uploads/2019/12/IV-CONGRESO-NACIONAL-DE-CUERO-Y-CALZADO-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-CUERO-Y-CALZADO-BCRP-Trujillo.pdf>
- [10] ICEX. (2019). *Calzado en el Perú*. Obtenido de ICEX: [https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/ode5/~edisp/doc2019819676.pdf?utm\\_source=RSS&utm\\_medium=ICEX.es&utm\\_content=26-04-2019&utm\\_campaign=Ficha%20sector.%20Calzado%20en%20Per%C3%BA%202019](https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/ode5/~edisp/doc2019819676.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=26-04-2019&utm_campaign=Ficha%20sector.%20Calzado%20en%20Per%C3%BA%202019)
- [11] PeruRetail. (diciembre de 2019). *El impacto de las importaciones chinas en la industria peruana de calzado*. Obtenido de PeruRetail: <https://www.peru-retail.com/el-impacto-de-las-importaciones-chinas-en-la-industria-peruana-de-calzado/>
- [12] Nelson Ulloa, J. (octubre de 2015). *¿Cómo vender un producto de mayor calidad, pero que es caro?* Obtenido de ElFinanciero: <https://www.elfinanciero.com/pymes/como-vender-un-producto-de-mayor-calidad-pero-que-es-carro/S2PKLM6YUFG75GFKSPAET7ECZQI/story/>
- [13] Font Belaïre, M. (2009). *Programación matemática para la economía y la empresa*. Valencia: Universitat de València.
- [14] Cotta, C. (2018). *PROGRAMACIÓN DINÁMICA: Introducción y Ejercicios Resueltos*. Málaga: UMA editorial.
- [15] Gil Vasquez, S., Llave Moreno, M., & Munive Casallo, J. (2016). *Aplicación de modelo de programación dinámica para la asignación de recursos del área de fuerza de ventas de la empresa Total Potentials*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.