

NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE ENVASE DE ARENA PARA GATO CON CAMBIOS DE MODELO POR VARIEDAD DE PRODUCTOS

PRODUCTION LEVELING IN THE CAT LITTER PACKAGING PROCESS WITH MODEL CHANGEOVERS BY PRODUCT RANGE

Antonio Rodríguez Macías

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
m2203050@itcelaya.edu.mx

José Alfredo Jiménez García

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
josealfredo.jimenez@itcelaya.edu.mx

Vicente Figueroa Fernández

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
vicente.figueroa@itcelaya.edu.mx

Recepción: 24/noviembre/2023

Aceptación: 22/junio/2024

Resumen

En la industria de productos para mascotas, la demanda de diferentes variedades de arena para gatos puede generar cambios frecuentes en los modelos de producción, esto con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente y a su vez, mantenerse competitivo en el mercado. Estos cambios pueden causar interrupciones y desequilibrios en el proceso de envasado, lo que resulta en ineficiencias y costos adicionales.

El presente artículo propone una estrategia de nivelación de la producción que minimizar las interrupciones en la línea de envasado. Se utilizan herramientas y técnicas de gestión de la producción y manufactura esbelta, tales como la aplicación del concepto de takt time, pitch y nivelación de la producción. Esto con el fin de mejorar la eficiencia y la capacidad de respuesta a los cambios de producto.

Los resultados obtenidos demuestran que la nivelación de la producción en el proceso de envasado de arena para gatos con cambios de modelo por variedad de productos puede lograr una mayor eficiencia y productividad. Este enfoque puede

ser aplicado en otras industrias con procesos similares, brindando beneficios significativos en términos de satisfacción del cliente.

Palabras Clave: nivelación, pitch, producción, simulación, takt time.

Abstract

In the pet products industry, the demand for different varieties of cat litter can lead to frequent changes in production models in order to meet customer needs and remain competitive in the marketplace. These changes can cause disruptions and imbalances in the packaging process, resulting in inefficiencies and additional costs. This article proposes a production leveling strategy that minimizes packaging line interruptions. Production management and lean manufacturing tools and techniques are used, such as the application of the takt time concept, pitch and production leveling. This in order to improve efficiency and responsiveness to product changes. The results obtained show that production leveling in the cat litter packaging process with model changes by product variety can achieve higher efficiency and productivity. This approach can be applied in other industries with similar processes, providing significant benefits in terms of customer satisfaction.

Keywords: leveling, pitch, production, simulation, takt time.

1. Introducción

La industria de productos para mascotas ha aumentado de manera considerable en los últimos años, ya que casi el 70% de los hogares en México tiene una mascota, acumulando un total de 80 millones de los cuales más de 16 millones son gatos [Barrientos, 2022].

La arena para gato es un elemento esencial para proporcionar una higiene adecuada a los felinos ya que su principal ventaja de esta arena es los desechos de estos se compactan, por lo que es fácil separar la suciedad del resto de arena.

El mercado de la arena para gato ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años, impulsado por el aumento en la adopción de mascotas y la creciente conciencia sobre la importancia de su cuidado [Labyes, 2022]. Sin embargo, el proceso de envase de la arena para gato es de preocupación para las

empresas del sector, ya que presenta desafíos en términos de productividad. La demanda fluctuante y los requisitos de calidad generan la necesidad de optimizar el proceso de envasado para garantizar una producción eficiente.

La manufactura esbelta consiste en la mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación de todas aquellas acciones que no aportan valor al producto final y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar [Rajadell, 2010]. Para lograr dicho objetivo, se recurre a la utilización de una colección de herramientas y técnicas, cuyo propósito individual varía, pero en conjunto todas con el mismo fin, siendo la nivelación de la producción una de ellas [Belohlavek, 2010].

La nivelación de la producción busca conseguir que la producción y, consiguientemente, los recursos que ésta emplea se distribuyan de la forma más uniforme posible a lo largo del tiempo [Domínguez, 1995]. Esto ocasiona que el programa de producción no dé lugar a grandes series de un único producto, sino a muchas variedades diarias en pequeños lotes, con lo que además se conseguirá una rápida adaptación a las variaciones de la demanda [Domínguez, 1995].

Sin embargo, realizar los cambios sugeridos por la manufactura esbelta, sin un previo entrenamiento o capacitación, puede conllevar a no conseguir los resultados obtenidos, lo cual equivale a pérdidas económicas [Bú, 2003].

La simulación es una técnica que permite imitar en un ordenador el comportamiento de un sistema real o hipotético según ciertas condiciones particulares de operación [Urquía, 2016]. Estas técnicas han adquirido una importancia cada vez más relevante en la resolución de diferentes tipos de problemas prácticos, teniendo aplicaciones en ingeniería, economía, medicina, biología, ecología o ciencias sociales [Guasch, 2003]. Es por esta razón que se considera una técnica ideal al objetivo de esta investigación. Para llevar a cabo la simulación se debe contar con un simulador a fin a nuestras necesidades, por lo que se utilizará el simulador ProModel. ProModel es un simulador con animación y optimización para hacer modelos de simulación y optimizarlos. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, servicios, call centers, manejo de materiales, etc. De esta forma, en el presente artículo, exploraremos los desafíos asociados con el proceso de envase de arena para gato en una empresa que ofrece al mercado 3 productos

diferentes, destacando la importancia de la nivelación de la producción. También se analizarán las técnicas disponibles para lograr una producción uniforme, además de considerar la diferencia de capacidad de las unidades. Además, examinaremos las prácticas y lecciones aprendidas, mismas que pueden ser aplicadas por otras organizaciones para mejorar su eficiencia operativa y competitividad en el mercado, no solo en el mismo sector, si no en una amplia variedad de sectores que ofrezcan al mercado una amplia gama de productos.

2. Métodos

Para desarrollar el artículo, se aplicaron diferentes métodos y conceptos además del procedimiento mostrado en la figura 1.



Fuente: elaboración propia

Figura 1 Diagrama del método de investigación.

Takt time

Un concepto básico de manufactura esbelta se llama balanceo o ritmo al que debe operar una instalación para satisfacer cierto nivel de demanda del cliente. Se define como takt time al tiempo máximo necesario para producir una unidad de producto terminado. Para cumplir con el nivel de la demanda, se debe encontrar y determinar la manera de producir antes del tiempo del takt time establecido [Socconini, 2019]. La medición básica del takt time suele ser demasiado teórica para gran parte de las empresas, debido a que no considera variaciones en la cantidad requerida causadas por factores como la acumulación de inventario para una temporada de ventas de gran volumen o por cambios planificados en el inventario. Si la medición del takt time se modifica para incluir factores adicionales, se denomina takt time operativo. El takt time se calcula con la ecuación 1.

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ total\ de\ operación\ disponible}{Cantidad\ de\ unidades\ requeridas} \quad (1)$$

Pitch

Pitch representa el tiempo de producción y empaque de una unidad de producción en su correspondiente cantidad de productos por empaque [Socconini, 2019]. El pitch se calcula con la ecuación 2.

$$Pitch = Takt\ time * Cantidad\ de\ piezas\ por\ empaque \quad (2)$$

Ciclo de producción

Se define como ciclo de fabricación del sistema como el periodo de tiempo que transcurren entre la salida de dos productos finales [Bragg, 2007]. El ciclo de producción se calcula con la ecuación 3.

$$CP_i = \frac{Tiempo\ total\ de\ operación\ disponible}{Cantidad\ de\ unidades\ i\ requeridas} \quad (3)$$

Ritmo de producción

Para establecer la secuencia o ritmo de producción se debe considerar el valor menor del pitch, el producto correspondiente a tal pitch el que comenzará con la operación [Bragg, 2007]. De esta manera se puede establecer un Programa de Montaje Final Nivelado, con diferentes combinaciones posibles.

Simulación

Para la simulación de un sistema, en este caso, una línea de producción, hay una amplia gama de softwares que satisfacen esta necesidad, siendo en este caso ProModel el software elegido, en el cual se tienen que determinar y establecer las siguientes características para el modelo de simulación:

- Entidades: Representan los elementos que sufren transformaciones a lo largo de los diferentes procesos del sistema. Estos son la representación de los flujos de entrada y salida del sistema.
- Recursos: Representan aquellos dispositivos necesarios para llevar a cabo una operación en el sistema.

- **Locaciones:** Representan los lugares fijos en el sistema que corresponden a áreas o equipos donde se desarrollan procesos o actividades que involucran la toma de decisiones en el sistema.
- **Arribos:** Representan las llegadas de nuevas entidades al sistema, necesarias para que el proceso se lleve a cabo.
- **Procesos:** Representan las actividades que debe cumplir cada tipo de entidad en cada locación del sistema de acuerdo con una ruta específica, donde hay transformación de las entidades.

Se determina y establece la demanda de los productos con base a las proyecciones de venta, tabla 1. Una vez recabada esta información, se establece el proceso de la línea de producción que produce los productos clásicos, plus y premium, figura 2.

Tabla 1 Demanda semanal de los productos.

Producto	Presentación	Demanda (semanal)
Clásico	Bolsa de 10 kg	24 toneladas
Plus	Bolsa de 5 kg	36 toneladas
Premium	Bolsa de 5 kg	12 toneladas

Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

Figura 2 Diagrama de la línea de producción.

Así mismo, se establece que el proceso de la línea de producción que produce el producto clásico es el mismo que el de los productos plus y premium, salvo que este se distingue al eliminar la parte de empaquetado, ya que, una vez perforadas las bolas, pasan directamente a su paletizado y emplayado, esto debido a la capacidad y dimensiones del producto.

Se recopila la información para los arribos, procesos, locaciones y entidades, junto a sus características, de la línea de producción antes del nivelado de la producción, los cuales se muestran de manera correspondiente en las tablas 2 a la 5.

Tabla 2 Arribos antes de la nivelación de la producción.

Entidad	Locación	Cantidad por arribo	Primera vez	Ocurrencias	Frecuencia	Deshabilitar
Bentonita clásica	Recepción bentonita	24000	0 h	1	1	No
Bentonita plus		36000	4 h	1	1	No
Bentonita premium		12000	32 h	1	1	No

Fuente: elaboración propia

Tabla 3 Procesos antes de la nivelación de la producción.

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino	Regla	
Bentonita clásica	Recepción bentonita		Bentonita clásica	Almacén bentonita	First 1	
	Almacén bentonita			Criba	First 1	
	Criba	Accum 250; Wait 1 min		Tolva	First 1	
	Tolva			Llenado	First 1	
	Llenado	Combine 10; Wait 6 s		Pre sellado	First 1	
Bolsa	Pre sellado		Bolsa	Selladora	First 1	
	Selladora	Wait 6 s		Perforado	First 1	
	Perforado	Wait 3 s		Paletizado	First 1	
	Paletizado	Combine 100; Wait 5 min; Inc Tarimas clásica, 1		Tarima arena clásica	Patio PT	First 1
	Patio PT				EXIT	First 1
Bentonita plus	Recepción bentonita		Bentonita plus	Almacén bentonita	First 1	
	Almacén bentonita	Wait Until Tarimas plus = 24		Criba	First 1	
	Criba	Accum 250; Wait 1 min		Tolva	First 1	
	Tolva			Llenado	First 1	
	Llenado	Combine 5; Wait 4 s		Pre sellado	First 1	
Bolsa	Pre sellado		Bolsa	Selladora	First 1	
	Selladora	Wait 6 s		Perforado	First 1	
	Perforado	Wait 3 s		Empaquetado	First 1	
	Empaquetado	Combine 4; Wait 1 min		Paquete de bolsas	Paletizado	First 1
	Paquete de bolsas	Combine 50; Wait 5 min; Inc Tarimas plus, 1		Tarima arena plus	Patio PT	First 1
Tarima arena plus	Patio PT	EXIT	First 1			
Bentonita premium	Recepción bentonita		Bentonita premium	Almacén bentonita	First 1	
	Almacén bentonita	Wait Until Tarimas plus = 36		Criba	First 1	
	Criba	Accum 250; Wait 1 min		Tolva	First 1	
	Tolva			Llenado	First 1	
	Llenado	Combine 5; Wait 4 s		Bolsa	Pre sellado	First 1
Bolsa	Pre sellado		Bolsa	Selladora	First 1	
	Selladora	Wait 6 s	Bolsa	Perforado	First 1	
	Perforado	Wait 3 s	Bolsa	Empaquetado	First 1	
	Empaquetado	Combine 4; Wait 1 min	Paquete de bolsas	Paletizado	First 1	
	Paquete de bolsas	Combine 50; Wait 5 min; Inc Tarimas premium, 1	Tarima arena premium	Patio PT	First 1	
Tarima arena premium	Patio PT	EXIT		First 1		

Fuente: elaboración propia

Tabla 4 Locaciones.

Nombre	Capacidad	Unidades	TMs	Estadística	Reglas
Recepción bentonita	30000	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Almacén bentonita	30000	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Criba	250	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Tolva	500	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Llenado	10	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Pre sellado	30	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Selladora	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Perforado	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Empaquetado	7	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Paletizado	100	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo
Patio PT	2	1	Ninguna	Series de tiempo	Más tiempo

Fuente: elaboración propia

Tabla 5 Entidades.

Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadística
Bentonita clásica	150	Series de tiempo
Bentonita plus	150	Series de tiempo
Bentonita premium	150	Series de tiempo
Bolsa	150	Series de tiempo
Paquete de bolsas	150	Series de tiempo
Tarima arena clásica	150	Series de tiempo
Tarima arena plus	150	Series de tiempo
Tarima arena premium	150	Series de tiempo

Fuente: elaboración propia

Takt time

Para el tiempo disponible se define un periodo de una semana, laborandp 6 días a un solo turno de 8 horas, considerando 30 minutos en comedor, obteniendo un total de 45 horas disponibles. Con respecto a los productos totales, estos se determinan (Tabla 6) para determinar el takt time por producto: *Takt time clásico* = $1.122 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$, *Takt time plus* = $0.372 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$ y *Takt time premium* = $1.12 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$

Tabla 6 Unidades totales por producto.

Producto	Presentación	Toneladas	Unidades totales
Clásico	Bolsa de 10 kg	24	2400
Plus	Bolsa de 5 kg	36	7200
Premium	Bolsa de 5 kg	12	2400

Fuente: elaboración propia

Pitch

Para calcular el pitch de cada producto, se necesita la cantidad de unidades por empaque, en este caso, por tarima (Tabla 7) para determinar el pitch por producto:

$$\text{Pitch clásico} = 112.2 \frac{\text{min}}{\text{paquete}} \quad \text{Pitch plus} = 74.4 \frac{\text{min}}{\text{paquete}} \quad \text{y} \quad \text{Pitch premium} = 224.4 \frac{\text{min}}{\text{paquete}}$$

Tabla 7 Piezas por empaque de los productos.

Producto	Presentación	Unidades por empaque
Clásico	Bolsa de 10 kg	100
Plus	Bolsa de 5 kg	200
Premium	Bolsa de 5 kg	200

Fuente: elaboración propia

Ciclo de producción

Con los resultados anteriormente obtenidos, se propone una frecuencia de producción, mostrada en la figura 3.



Fuente: elaboración propia

Figura 3 Ciclo de producción.

Como se puede observar, el ciclo de producción comienza con el producto plus, el cual tiene menor pitch y termina con el de mayor pitch, el cual es el producto premium. El ciclo culmina una vez alcanzados los objetivos establecidos.

Con la propuesta obtenida se procede a implementarla en la línea de producción y simularlo. Esto conlleva a la modificación de los procesos y arribos de nuestro modelo, tablas 8 y 9 respectivamente. Además, presenta el layout del modelo de simulación planteado, figura 4.

Tabla 8 Procesos después de la nivelación de la producción.

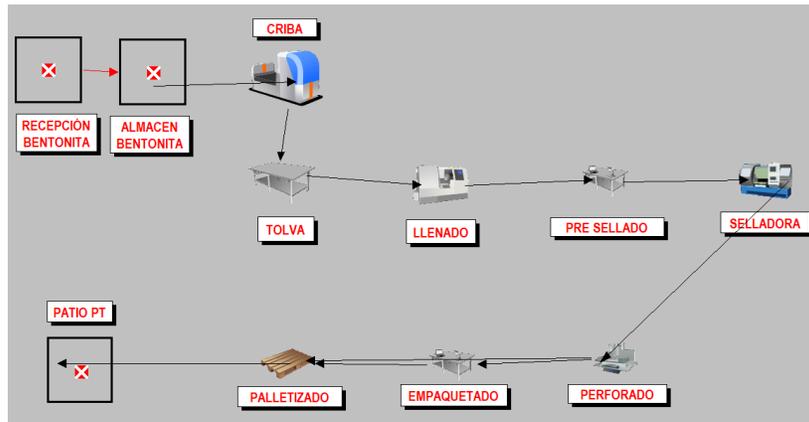
Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino	Regla
Bentonita clásica	Recepción bentonita		Bentonita clásica	Almacén bentonita	First 1
	Almacén bentonita	Wait Until tarima plus = 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36.		Criba	First 1
	Criba	Accum 250; Wait 1 min		Tolva	First 1
	Tolva			Llenado	First 1
	Llenado	Combine 10; Wait 6 s		Pre sellado	First 1
Bolsa	Pre sellado		Bolsa	Selladora	First 1
	Selladora	Wait 6 s		Perforado	First 1
	Perforado	Wait 3 s		Paletizado	First 1
	Paletizado	Combine 100; Wait 5 min; Inc Tarima clásica, 1		Tarima arena clásica	First 1
Tarima arena clásica	Patio PT			EXIT	First 1
Bentonita plus	Recepción bentonita		Bentonita plus	Almacén bentonita	First 1
	Almacén bentonita	Wait Until tarima premium = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.		Criba	First 1
	Criba	Accum 250; Wait 1 min		Tolva	First 1
	Tolva			Llenado	First 1
	Llenado	Combine 5; Wait 4 s		Pre sellado	First 1
Bolsa	Pre sellado		Bolsa	Selladora	First 1
	Selladora	Wait 6 s		Perforado	First 1
	Perforado	Wait 3 s		Empaquetado	First 1
	Empaquetado	Combine 4; Wait 1 min		Paquete de bolsas	First 1
Paquete de bolsas	Paletizado	Combine 50; Wait 5 min; Inc Tarimas plus, 1	Tarima arena plus	Patio PT	First 1
Tarima arena plus	Patio PT			EXIT	First 1
Bentonita premium	Recepción bentonita		Bentonita premium	Almacén bentonita	First 1
	Almacén bentonita	Wait Until, tarima clásica = 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24.		Criba	First 1
	Criba	Accum 250; Wait 1 min		Tolva	First 1
	Tolva			Llenado	First 1
	Llenado	Combine 5; Wait 4 s		Pre sellado	First 1
Bolsa	Pre sellado		Bolsa	Selladora	First 1
	Selladora	Wait 6 s		Perforado	First 1
	Perforado	Wait 3 s		Empaquetado	First 1
	Empaquetado	Combine 4; Wait 1 min		Paquete de bolsas	First 1
Paquete de bolsas	Paletizado	Combine 50; Wait 5 min; Inc Tarimas premium, 1	Tarima arena premium	Patio PT	First 1
Tarima arena premium	Patio PT			EXIT	First 1

Fuente: elaboración propia

Tabla 9 Arribos después de la nivelación de la producción.

Entidad	Locación	Cantidad por arribo	Primera vez	Ocurrencias	Frecuencia	Deshabilitar
Bentonita clásica	Recepción bentonita	2000	30 min	Inf	4 h	No
Bentonita plus		3000	0 h	Inf	4 h	No
Bentonita premium		1000	1 h	Inf	4 h	No

Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

Figura 4 Layout del modelo de simulación.

3. Resultados

Una vez simulado el modelo, se muestran los resultados de las entidades y las locaciones antes de la nivelación de la producción en tablas 10 y 11, así como después de la nivelación de la producción en tablas 12 y 13. Con los resultados mostrados de las entidades y locaciones, tanto antes como después de la implementación de la nivelación de la producción, se realiza una comparativa para determinar cuantitativamente la afectación de la nivelación de la producción:

- Los resultados de la comparativa de las locaciones y las entidades del modelo de simulación de la línea de producción se muestran tablas 14 y 15.

Tabla 10 Resultados de las entidades antes de la nivelación de la producción.

Nombre	% esperando	% en operación	% bloqueado
Bentonita clásica	0.770	0.580	98.650
Bentonita plus	9.396	0.099	90.505
Bentonita premium	46.606	0.186	53.207
Bolsa	16.367	2.440	81.007
Paquete de bolsas	96.078	3.922	0.000
Tarima arena clásica	0	100	0
Tarima arena plus	0	100	0
Tarima arena premium	0	100	0

Fuente: elaboración propia

Tabla 11 Resultados de las locaciones antes de la nivelación de la producción.

Nombre	% vacío	% parte ocupada	% lleno
Recepción bentonita	86.565	13.430	0
Almacén bentonita	1.877	84.650	13.471
Criba	3.351	1.040	95.611
Tolva	1.474	11.250	87.273
Llenado	1.413	0.050	98.537
Pre sellado	1.163	8.050	90.789
Empaquetado	13.360	21.730	64.906
Paletizado	0.229	95.440	4.331
Patio PT	100	0	0
Selladora	0.780	43.310	55.910
Perforado	18.030	21.650	60.320

Fuente: elaboración propia

Tabla 12 Resultados de las entidades después de la nivelación de la producción.

Nombre	% esperando	% en operación	% bloqueado
Bentonita clásica	10.479	0.771	88.750
Bentonita plus	6.290	1.487	92.223
Bentonita premium	9.751	0.734	89.515
Bolsa	17.176	2.483	80.153
Paquete de bolsas	96.016	3.919	0.065
Tarima arena clásica	0	100	0
Tarima arena plus	0	100	0
Tarima arena premium	0	100	0

Fuente: elaboración propia

Tabla 13 Resultados de las locaciones después de la nivelación de la producción.

Nombre	% vacío	% parte ocupada	% lleno
Recepción bentonita	100	0	0
Almacén bentonita	23.345	76.650	0
Criba	20.104	5.170	74.724
Tolva	9.132	20.070	70.799
Llenado	8.767	0.320	90.917
Pre sellado	5.809	10.690	83.504
Empaquetado	15.042	21.750	63.208
Paletizado	2.920	92.510	4.568
Patio PT	100	0	0
Selladora	5.410	41.670	52.930
Perforado	21.800	20.830	57.360

Fuente: elaboración propia

Tabla 14 Comparativa de resultados en las locaciones.

Nombre	% vacío	% parte ocupada	% lleno
Recepción bentonita	13.435	- 13.430	0
Almacén bentonita	21.468	- 8.000	- 13.471
Criba	16.753	4.130	- 20.888
Tolva	7.657	8.820	- 16.474
Llenado	7.354	0.270	- 7.620
Pre sellado	4.646	2.640	- 7.285
Empaquetado	1.681	0.020	- 1.697
Paletizado	2.692	- 2.930	0.237
Patio PT	0	0	0
Selladora	4.630	- 1.640	- 2.980
Perforado	3.770	- 0.820	- 2.960

Fuente: elaboración propia

Tabla 15 Comparación de resultados en las entidades.

Nombre	% esperando	% en operación	% bloqueado
Bentonita clásica	9.709	0.191	- 9.899
Bentonita plus	- 3.106	1.388	1.718
Bentonita premium	- 36.855	0.547	36.307
Bolsa	0.809	0.042	- 0.855
Paquete de bolsas	- 0.062	- 0.003	0.065
Tarima arena clásica	0	0	0
Tarima arena plus	0	0	0
Tarima arena premium	0	0	0

Fuente: elaboración propia

- El signo negativo representa una disminución en los porcentajes de tiempo en el escenario con la nivelación de la producción con respecto al escenario no nivelado. Por el otro lado, los signos positivos representan un aumento en los porcentajes de tiempo.

4. Discusión

El presente estudio se enfocó en evaluar los efectos de la nivelación de la producción en términos de eficiencia operativa. Los resultados proporcionan una visión sobre cómo la implementación de estrategias de nivelación puede influir significativamente en los procesos productivos.

Se observa una mejora sustancial en la eficiencia general de la producción. La nivelación de la producción permitió una distribución más uniforme de la carga de trabajo a lo largo del tiempo, evitando picos y valles en la demanda de recursos. Este enfoque resultó en una utilización más efectiva de la capacidad productiva, minimizando los tiempos muertos y reduciendo los cuellos de botella en la línea de producción. Como resultado, observamos una disminución notable en los costos operativos y un aumento en la productividad.

5. Conclusiones

La nivelación de la producción en una línea de producción para arena para gato es de suma importancia para mejorar la eficiencia, reducir los tiempos de espera y maximizar la utilización de los recursos. Al nivelar la producción, se busca minimizar las variaciones en la demanda y el flujo de trabajo, evitando así cuellos de botella y desequilibrios en la cadena de producción.

Como se observa en las tablas comparativas, la nivelación de la producción disminuyó los porcentajes de lleno en las locaciones, a su vez que aumentó los porcentajes de vacío en las mismas. Esto se traduce como una mejora considerable en los tiempos operativos de los equipos y/o áreas de trabajo.

La nivelación de la producción permite obtener una secuencia de trabajo equilibrada y constante, lo que facilita la planificación y programación de las tareas a lo largo de la línea de producción.

Al nivelar la producción, también se favorece la flexibilidad y la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda. La capacidad de ajustar rápidamente la producción según las necesidades del mercado se vuelve crucial en un entorno empresarial competitivo y en constante evolución. La nivelación de la producción permite a las empresas adaptarse ágilmente a las fluctuaciones de la demanda sin incurrir en altos costos o comprometer la calidad. Además, bajo mi punto de vista, la optimización del proceso de envasado de arena para gato mediante la nivelación de la producción y el uso de simulación resulta esencial no solo para mejorar la eficiencia operativa de la organización, sino además para establecer un modelo que otras organizaciones con un sistema de producción a fin puedan replicar. La implementación adecuada de estas técnicas puede llevar a una mayor adaptabilidad a las variaciones del mercado y a la reducción de costos, lo que a su vez beneficiará tanto a productores como a consumidores. Cabe destacar, que la clave del éxito radica en una adecuada capacitación y en el uso estratégico de herramientas de simulación para prevenir y solventar posibles problemas antes de que se materialicen y repercutan en el sistema de producción real.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Barrientos, O. (2022). Marketing4eCommerce México. <https://marketing4ecommerce.mx/el-michicommerce-en-mexico-los-duenos-gastan-100-mas-en-compras-de-ecommerce-para-gatos-a-comparacion-del-ano-pasado/>.
- [2] Belohlavek, P. (2006). Overall Equipment Effectiveness. Su abordaje unicista. Buenos Aires: Blue Eagle Group.

- [3] Bragg, S. M. (2007). *Business ratios and formulas. A comprehensive guide*. Canadá: John Wiley & Sons Inc.
- [4] Bú, R. C. (2003). *Simulación. Un enfoque práctico*. México DF: Editorial Limusa SA de CV.
- [5] Domínguez Machuca, J. A., García González, S., Domínguez Machuca, M. A., Ruiz Jiménez, A., & Álvarez Gil, M. J. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. España: McGraw - Hill / Interamericana de España.
- [6] Especies Pro. (8 de noviembre de 2017). *Especies Pro*. <https://especiespro.es/articulos/arena-para-gatos/>
- [7] Guasch, A., Piera, M. Á., Casanovas, J., & Figueras, J. (2003). *Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- [8] Labyes. (26 de mayo de 2022). *Labyes*. <https://labyes.com/las-mascotas-en-los-hogares-mexicanos/>
- [9] ProModel. (s.f.). *ProModel*. <http://promodel.com.mx/promodel/>
- [10] Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. España: Díaz de Santos.
- [11] Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Alpha Editorial.
- [12] Urquía Moraleda, A., & Martín Villalba, C. (2016). *Métodos de simulación y modelado*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.