

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Aplicación de modelos de planeación de producción y manejo de inventarios en una heladería artesanal ecuatoriana.

Luis Adrián Erazo Erazo

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Quito, 20 de diciembre de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Aplicación de modelos de planeación de producción y manejo de inventarios en una heladería artesanal ecuatoriana.

Luis Adrián Erazo Erazo

Nombre del profesor, Título académico

Sonia Valeria Avilés Sacoto, D.Sc.

Quito, 20 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos:	Luis Adrián Erazo Erazo
Código:	00328353
Cédula de identidad:	1724251200
Lugar y fecha:	Quito, 20 de diciembre de 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Durante los siguientes años se estima que el mercado de la venta de helados crecerá notablemente. Por este motivo, las heladerías tendrán que adaptarse a este crecimiento y hacer más eficientes sus operaciones. En este estudio se trabajó con una microempresa de heladería ecuatoriana llamada Montvelo. Esta heladería presentaba problemas de falta de generación de información de la demanda de los diferentes sabores de helado que ofrecía, inexistencia de pronósticos de la demanda e información cuantitativa de sus inventarios de producto terminado y materiales para la producción, y gran cantidad de desabastecimientos, generando ineficiencias y pérdidas monetarias para la empresa. Para solucionar dichos problemas se desarrolló una metodología de recolección de datos de la demanda de los distintos sabores, y con esta información se probaron diferentes modelos de pronósticos de la demanda. Adicionalmente, se implementó el modelo Q, R para el manejo de inventarios, y se lo integró a un sistema de planificación de requerimientos de materiales (MRP) desarrollado en MS Excel. Esto se hizo utilizando la metodología de Sales and Operations Planning desarrollada por Grimson and Pyke (2007), a través de la cual se pudo evaluar una mejora del nivel de madurez de los procesos de S&OP de la empresa desde un nivel 1 (sin procesos de S&OP) a un nivel 3 (estándar).

Palabras clave: Control de Producción, Pronósticos, MRP, Heladería, Manejo de Inventario.

ABSTRACT

In the next years the ice cream market will grow considerably. The ice cream stores will have to make their operations more efficient to adapt to this growth. In this study, the case of a small Ecuadorian ice cream store called Montvelo was analyzed. It presented several problems like the lack of information about the demand for the different flavors of ice cream that it offered, the non-existence of demand forecasts and quantitative information about its inventories of finished product and materials for production, and a large number of stockouts. To solve these problems, a data collection methodology of the demand for the different flavors was developed, to later use this information to test different demand forecast models. Additionally, Q, R models for the inventory management of each flavor was implemented, and they were integrated into a material requirements planning (MRP) system developed in MS Excel. This was done using the Sales and Operations Planning methodology developed by Grimson and Pyke (2007), through which it was evidenced an improvement in the level of maturity of the company's S&OP processes from level 1 (without S&OP processes) to a level 3 (standard).

Keywords: Production Control, Forecasting, MRP, Ice Cream Shop, Inventory Management.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	8
Identificación del problema	10
Objetivo general	11
Objetivos	11
Objetivos específicos	11
Metodología	12
Datos	13
Implementación	15
Paso 1 – Evaluación en base al modelo de madurez.....	15
Paso 2 - Recolección de información.....	19
Paso 3 – Planeación de la demanda	23
Paso 4 – Planeación de la oferta	26
Paso 5 – Comparación	31
Paso 6 – Implementación	32
Paso 7 – Evaluación en base al modelo de madurez.....	33
Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones	36
Referencias	38
Anexos	40
Anexo A: Diagrama de proceso de fabricación de helados con base de agua.....	40
Anexo B: Diagrama de proceso de fabricación de helados con base de leche	41
Anexo C: Tabla de resumen de proveedores en sistema MRP propuesto	42
Anexo D: Muestra de tabla datos consolidados de la demanda histórica de bolitas de helado.....	43
Anexo E: Tabla de resumen de parámetros usados y cantidades determinadas en el modelo Q,R para cada uno de los sabores de helado.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Muestra de tabla de datos base y campos seleccionados	16
Tabla 2: Primera evaluación en base al modelo de madurez	18
Tabla 3: Resultado del análisis ABC de la demanda de bolitas de helado para los diferentes sabores usada como distribución probabilística empírica.....	24
Tabla 4: Evaluación final en base al modelo de madurez.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura para desarrollo del MRP	15
Figura 2: Diagrama de Pareto del Análisis ABC de las ventas de sabores de helado en cantidad de bolitas.....	23
Figura 3: Ejemplo de tarjeta Kanban para el control de inventario del helado de chocolate ..	32

INTRODUCCIÓN

En el 2021, los fabricantes de helado vendieron más de 1300 millones de galones de helado en Estados Unidos. De hecho, Fortune Business Insights estima que el mercado mundial de helados alcanzará casi los 100 000 millones de dólares en 2027, frente a los 71 520 millones de dólares de 2021, un salto del 37 % en menos de una década (International Dairy Foods Association, 2022). Esto evidencia el crecimiento que ha venido experimentando este mercado, y al que deben adaptarse las empresas heladeras que quieren entrar o seguir siendo vigentes en el mismo.

Sin embargo, el crecimiento de la industria viene con sus propias dificultades. Algunos de los problemas más comunes de las heladerías en crecimiento han sido explorados en estudios científicos. Bongers & Almeida-Rivera (2011), en un estudio con Unilever, desarrollaron un modelo MILP para intentar encontrar un equilibrio entre la longitud de la corrida de producción, los cambios de configuración frecuentes, los tamaños de lote, el nivel de inventario, la disponibilidad en la percha, y los costos generales. Estos problemas son algunos de los que las empresas de helados tienen que enfrentar a medida que van creciendo en el mercado, por lo que, en los años futuros, las empresas de helado deberán tomarlos en cuenta, si quieren crecer junto al mercado.

De igual manera, conocer la demanda que experimentan los productores de helados ha sido uno de los intereses principales de los investigadores. Un ejemplo de esto es el estudio de Trakroo (2021), que se enfocó en la necesidad de las empresas de helados en conocer su demanda y hacer pronósticos. Evaluó diferentes modelos como promedios móviles, suavizamiento exponencial, el método de Holt, el método de Winters, modelos de estacionalidad y tendencia, y un método de ensamble, y comparó la tasa de error que obtuvieron. Existen incluso intentos de incorporar variables externas a las empresas para

poder desarrollar modelos más exactos de la demanda. Este es el caso del estudio llevado a cabo por Yu et al. (2003), quienes usaron datos del clima para estimar la demanda de helados de tres diferentes sabores, lo cual demuestra el interés en determinar cada vez pronósticos más exactos.

La microempresa ecuatoriana de helados, Montvelo vende helados fabricados de manera artesanal. Esta abrió sus puertas en octubre de 2021. Actualmente ya cuenta con un acuerdo con una empresa de entregas de pedidos a través de una aplicación, lo cual le ha permitido un crecimiento bastante acelerado. Al punto que desde octubre 2022 decidió cambiar de local a uno más grande en el que tienen más afluencia de clientes. La empresa hoy en día cuenta con algunos productos de pastelería y cafetería, pero presenta ciertos inconvenientes que ha identificado en el proceso productivo y de venta de sus helados, su producto principal. Uno de los principales problemas que ha identificado es que no tiene pronósticos de la demanda de los diferentes sabores de helado que tiene, lo cual, como se mencionaba previamente, es fundamental para la adaptación al crecimiento del mercado de los helados. Esta falta de pronósticos se debe parcialmente a que no se registra la cantidad de bolitas de helado que se vende, por lo que hay una falta de registro de los datos de la demanda por sabor de helado. Adicionalmente, esta falta de pronósticos ha repercutido en desorganización en el manejo de los inventarios de materia prima y producto terminado, y en las compras a los proveedores, ya que estas son realizadas cuando ya existe un desabastecimiento a la hora de producción. Montvelo está interesada en solucionar estos problemas antes del establecimiento de su nuevo local, para que su crecimiento se dé de una manera más ordenada y eficiente. Este proyecto se centró en el desarrollo de herramientas que ayudaran a solucionar dichos problemas en Montvelo.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Montvelo ha identificado varios inconvenientes en su proceso productivo, manejo de inventarios y compras, y manejo de la información acerca de la demanda. Entre estos inconvenientes se encuentran:

- Bajo control del inventario de helados, ya que esta información se maneja de una manera cualitativa y subjetiva. La persona que se encuentra en el mostrador estima a través de observación la cantidad de helado de un sabor específico que queda en la bandeja de la cual se está sirviendo el producto. Cuando esta persona considera de manera subjetiva que el helado que queda no es suficiente, pide que se produzca otra bandeja de dicho sabor.
- Falta de certidumbre en el manejo de información de la demanda. Al momento de la venta de conos, vasos o copas de helado. La información de la venta es registrada antes de que el cliente elija los sabores de helado que va a comprar. Esto lleva a que en la base de datos el consumo se registre como la venta de un cono, vaso o copa, simple doble o triple, pero sin especificar el sabor de helado que el cliente pidió. Esto impide que la empresa mantenga información cuantitativa de la demanda de los diferentes sabores de helado y las preferencias de sus clientes.
- Esta incertidumbre en la información de la demanda y el bajo control de inventarios no permite generar pronósticos de manera efectiva, por lo que los procesos de producción empiezan a destiempo, generando que muchas de las veces hay helados ocupando el almacenamiento en frío sin ser requeridos en ese momento, o que el mostrador se desprovea de ciertos sabores de helado.
- Adicionalmente, el bajo control de inventario también se identifica en el inventario de materiales, y hace que muchas de las veces no se tengan los materiales o insumos para

los procesos productivos cuando estos son requeridos. Esto, en ocasiones, provoca una demora en la llegada de los helados a percha.

- Finalmente, la desvinculación de las compras y el manejo de inventario generan situaciones en las que se deben hacer diferentes procesos de compra de manera consecutiva, existiendo ineficiencias y reprocesos que podrían ser evitables con un control centralizado de los requerimientos de materiales y de la producción.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar una metodología que permita recopilar información de la demanda de helados vendidos en conos y usar estos datos para desarrollar un sistema para la planificación de requerimientos de material (MRP) que permita minimizar el costo de inventario y el costo de desabastecimiento de materiales y producto en percha.

Objetivos específicos

- Familiarizarse con la situación actual de la heladería y comprender el funcionamiento e interacción de sus procesos relacionados al levantamiento de datos de la demanda, el manejo de inventario, el control de producción y la compra de materiales.
- Desarrollar un sistema que permita conocer de manera más certera la demanda de los diferentes sabores de helado que ofrece la empresa
- Usar la información levantada con el sistema propuesto para desarrollar un sistema para la planificación de requerimientos de material que permita el control de la producción, el manejo del inventario y los requerimientos de compra de manera integrada y ordenada.
- Evaluar la eficiencia de los sistemas propuestos y presentar las ventajas alcanzadas en cuanto a la trazabilidad de materiales y producto final.

METODOLOGÍA

Con la finalidad de cumplir con los objetivos se empleó la metodología de Sales and Operations Planning (S&OP), propuesta por Grimson and Pyke (2007), la cual consta de 7 pasos que son descritos a continuación:

- Paso 1 - Evaluación en base al modelo de madurez: tomando en cuenta de la metodología de planeación usada actualmente, el mercado en el que se encuentra la empresa, su interacción con los proveedores y su nivel de servicio en cuanto a la demanda.
- Paso 2 - Recolección de información: recopilar los datos relevantes de ventas y producción. Datos acerca de los procesos productivos, productos, materias primas, máquinas, datos de producción mensual, datos de ventas mensuales y KPI's.
- Paso 3 – Planeación de la demanda: utilizando la información recopilada en el paso anterior, crear un plan de demanda prevista que sea actualizable de manera mensual.
- Paso 4 – Planeación de la oferta: Calcular tiempos de producción, eficiencias, capacidad de producción, comportamiento de la producción, productos o procesos con altos costos, cantidad óptima de producción, etc. Análisis ABC de los productos.
- Paso 5 – Comparación: Generar diferentes escenarios con posibles alternativas de cursos de acción con respecto a las decisiones a tomar en cuanto a modelos
- Paso 6 – Implementación: Llevar a cabo las propuestas del paso anterior del conjunto de acciones propuestas en el paso anterior. Su foco está en los departamentos de Ventas y Producción, pero dependiendo de si la planificación es reactiva o agresiva, se centrará más en uno que en otro. Una planificación agresiva es aquella en la que la demanda se ajusta a las capacidades de la cadena de suministro mientras que la planificación reactiva hace lo contrario (Grimson and Pyke, 2007).

- Paso 7 – Evaluación en base al modelo de madurez: tomando en cuenta de la metodología de planeación implementada, al que se quiere abrir la empresa, el nivel de integración de sus procesos y su nivel de servicio en cuanto a la demanda.

De igual manera, para el desarrollo del sistema de planificación de requerimientos de materiales (MRP) propuesto para Montvelo, se utilizó una estructura descrita por Jonsson, P., & Mattsson, S.A. (2009) en el libro *Manufacturing Planning and Control*. En esta metodología un MRP se arma como se ve en la Figura 1

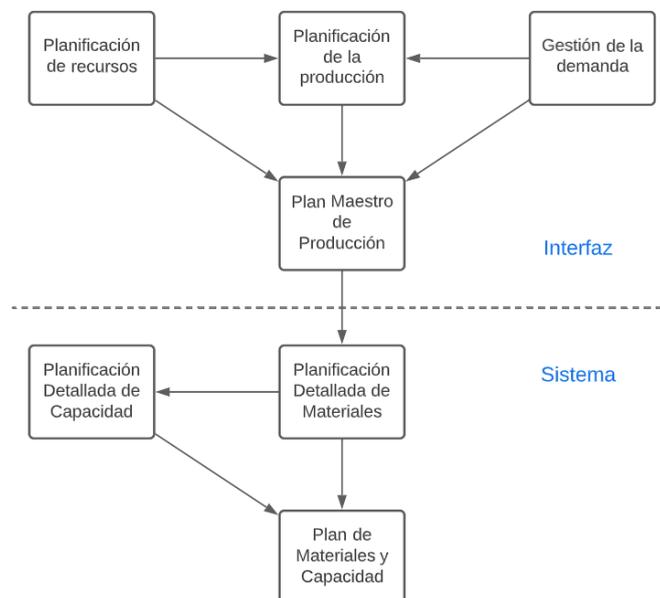


Figura 1: Estructura para desarrollo del MRP

DATOS

Al conversar con el gerente de la empresa, indicó que tiene datos de todas las ventas desde octubre 2021. De esta tabla se seleccionaron los campos que correspondían a la fecha, categoría, SKU, nombre del artículo, variante del artículo, y cantidad. Con estos valores se armó una tabla de datos base que se utilizaría durante todo el estudio para el procesamiento de los mismos y la aplicación de los modelos de pronósticos y manejo de inventarios. En la Tabla 1 se puede ver una pequeña muestra de los datos y los campos.

Tabla 1: Muestra de tabla de datos base y campos seleccionados

Fecha	SKU	Artículo	Variante	Cantidad	Equivalente
9/3/2022 16:58	10019	Litro	Mora	1	10
8/24/2022 15:33	10122	Litro	Mandarina	1	10
8/24/2022 12:00	10062	Litro	Chocomenta	1	10
8/18/2022 13:08	10095	Litro	Manzana al horno	1	10
8/12/2022 14:30	10122	Litro	Mandarina	1	10
8/7/2022 13:46	10019	Litro	Mora	1	10
8/7/2022 13:46	10095	Litro	Manzana al horno	1	10
8/4/2022 15:42	10122	Litro	Mandarina	1	10
7/26/2022 13:50	10019	Litro	Mora	1	10

Dado que este proyecto se enfocó en la venta de helados, se llevó a cabo un análisis exploratorio de los datos de estos productos. Se determinó que desde octubre 2021 hasta setiembre 2022 existieron 65 registros de ventas de litros de helado, 228 registros de ventas de medios litros, y 1762 ventas de bolitas de helado, ya sea en conos, vasos o tulipanes. De estos registros, solo los datos de la venta de litros y medios litros tenían asociado un sabor de helado del que se hizo la compra. Sin embargo, para la mayor cantidad de datos, que es la venta de bolitas de helado, no se tenía un registro del sabor de helado que se había vendido.

Para el uso de la información histórica de la demanda es deseable que se pueda usar los datos de la venta de bolitas de helado asociadas a un sabor. Para hacerlo, se planteó el procedimiento de tomar los datos de las ventas de bolitas de helado durante un mes y medio directamente en la heladería, para identificar el comportamiento de dichas ventas y luego usar dichos datos para extrapolar este comportamiento a las ventas históricas de las bolitas de helado. De igual manera, se plantea usar los datos de las ventas de litros y medios litros de helado, por lo que se estableció que cada una de las bolitas de helado equivalía a 200 ml, por lo que en un litro se servían 10 bolitas de helado y en un medio litro, 5 bolitas de helado. Esta

transformación se llevó a cabo para que los datos de las ventas en cantidades de litro y medio litro sean tomadas en cuenta en la demanda de cada uno de los sabores de helado.

Se tomaron datos de la demanda por la mayor cantidad de tiempo posible, ya que esto es recomendable para que los pronósticos y el proceso de extrapolación fueran más acertados (Nahmias, 2008). Por restricciones de tiempo del proyecto, esto se realizó durante un mes y medio. Los datos que fueron tomados fueron iguales en estructura para los registros de ventas de litros y medios litros de helado. Sin embargo, para los registros de ventas de conos, vasos y tulipanes, se desarrolló una hoja de verificación que permitía mantener el registro del sabor de las bolitas que se iban consumiendo en cada uno de dichas ventas.

IMPLEMENTACIÓN

La metodología descrita se aplicó para el proyecto en la empresa Montvelo, tomando en cuenta que el periodo para el que se deseaba tener los pronósticos y el sistema propuesto como solución para noviembre 2022.

Paso 1 – Evaluación en base al modelo de madurez

Se llevó a cabo la evaluación del estado de madurez de la empresa usando la hoja de verificación del modelo desarrollado por Ferreira (2013) en la metodología de S&OP. Para completar con esta evaluación se realizaron observaciones de los procesos de la empresa y se desarrollaron entrevistas con el gerente de la empresa para determinar el nivel en el que se encontraba la organización con respecto a S&OP. El resultado de esta evaluación se puede ver en la Tabla 2.

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
	Sin procesos S&OP	Reactivo	Estándar	Avanzado	Proactivo
Reuniones y Colaboraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Cultura de silos • Sin reuniones • Sin colaboración 	<ul style="list-style-type: none"> • Discusiones solamente a nivel gerencial • Enfoque a objetivos financieros 	<ul style="list-style-type: none"> • Pre-reuniones de personal • Reuniones gerenciales de S&OP • Algunos datos de proveedores y clientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de proveedores y clientes integrados • Clientes y proveedores participan en parte de las reuniones 	<ul style="list-style-type: none"> • Reuniones basadas en eventos reemplazan a reuniones planificadas • Acceso en tiempo real a datos externos
Organización	<ul style="list-style-type: none"> • No hay organización de S&OP 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe una función de S&OP formal • Componentes de S&OP están en otras posiciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Función de S&OP es parte de otra posición 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo formal de S&OP • Participación gerencial 	<ul style="list-style-type: none"> • S&OP es vista como una herramienta de optimización de la utilidad en toda la organización
Medidas	<ul style="list-style-type: none"> • No hay medidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Se mide qué tan bien Operaciones cumple con el plan de ventas 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel 2 cumplido • Ventas medidas en la exactitud de los pronósticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel 3 cumplido • Introducción de nuevos productos • Efectividad de S&OP 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel 4 cumplido • Rentabilidad de la empresa
Tecnología de la Información	<ul style="list-style-type: none"> • Cada área tiene sus propias hojas de cálculo • No hay consolidación de la información 	<ul style="list-style-type: none"> • Varias hojas de cálculo • Poca consolidación, pero de manera manual 	<ul style="list-style-type: none"> • Información centralizada • Sistema de planificación de ingresos u operaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso por lotes • Sistemada optimización de ingresos y operaciones - Enlace a ERP pero no optimización en conjunto • Sistema de herramientas de S&OP 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de S&OP integrado • Interfaz completa con ERP, contabilidad y pronósticos • Solver en tiempo real
Integración del plan de S&OP	<ul style="list-style-type: none"> • No hay planificación formal • Operaciones intentan satisfacer órdenes entrantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de ventas guía a Operaciones • Proceso Top-down • Dinámica de utilización de capacidad es ignorada 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca integración de planificaciones • Proceso secuencial en una sola dirección • Proceso Bottom-up guiado por objetivos de negocio 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificaciones altamente integrada • Procesos simultáneos y colaborativos • Restricciones aplicadas en ambos sentidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración imperceptible entre planificaciones • Procesos enfocados en optimización de la rentabilidad de la compañía

A continuación, se detallan las observaciones en los procesos de la empresa y los comentarios de parte del gerente que llevaron a la situación de la empresa en el Nivel 1: Sin procesos de S&OP durante la evaluación antes de la implementación del proyecto en cada uno de los componentes de la hoja de verificación:

- *Reuniones y Colaboraciones:* Se encontró que no existía una persona completamente dedicada al proceso de planificación, ya que solo se manejaba a nivel gerencial. De igual manera, dado que la gerencia tenía responsabilidades adicionales a esta, los procesos de S&OP no eran su prioridad y nunca se agendaban reuniones para determinar la planificación futura de las compras, operaciones y ventas. Es por esto que se puede identificar un nivel de colaboración nulo entre los distintos trabajadores de la empresa en cuanto a los procesos de S&OP. Para cambiar esto se plantea el desarrollo de un plan de producción y requerimiento de materiales, basados en modelos de pronóstico de la demanda y manejo de inventario que permita mantener información acerca de las diferentes áreas que participan en los procesos de S&OP. Se recomendará el uso de este sistema y la información brindada por el mismo para el establecimiento de reuniones de manera semanal y mensual para la ejecución, seguimiento y planificación de la producción, operaciones y ventas.
- *Organización:* actualmente no existe planificación dentro de las compras, ventas y operaciones de la empresa. Esto se ve reflejado en el hecho que la empresa realiza compras cada vez que va a producir una nueva bandeja de un sabor de helado en específico una vez que este se ha agotado en la percha. Esto lleva a desabastecimientos tanto de producto terminado como de materia prima, ya que no hay una persona encargada de la planificación. Para solucionar esto se propone el determinar que las actividades de planificación estén asignadas a uno de los trabajadores de Montvelo como parte de las tareas que comprenden su puesto de

trabajo. Si bien es cierto, al ser una microempresa, Montvelo no tiene aún la capacidad de contratar a una persona que se dedique por completo a la planificación, pero se puede tener a una persona que maneje estas actividades como parte de sus tareas laborales.

- *Medidas:* Dado que no existe actualmente una planificación, ni se mantienen datos de las ventas por sabores, no existe un indicador que permita monitorear el nivel de cumplimiento de las ventas por parte de operaciones. La información que se tiene es de carácter cualitativo de cuando el gerente nota que existen desabastecimientos de producto terminado o de materiales para la producción. Los indicadores manejados principalmente son relacionados más al área financiera y al número de ventas por periodo de tiempo. Para solucionar esto se plantea el desarrollo de la planificación de las operaciones de manera que esta esté coordinada con el área de ventas y puedan contrastar a través de indicadores qué proporción de las ventas se está cumpliendo con las operaciones. También se plantea la evaluación de los modelos de pronósticos a través de indicadores de error de los mismos, para que cada vez sean más exactos y estimen de mejor manera la demanda futura.
- *Tecnología de la Información:* Se pudo observar que la información y datos que se manejaban de la empresa en cuanto a S&OP se encontraban dispersas en diferentes hojas de cálculo. Una de ellas era la información de las ventas, pero no se tenía un uso para esta información más que para mantener un registro histórico de estos datos. Por otro lado, se tenía la información de las recetas y de la lista de materiales requeridos para la fabricación de cada sabor de helado. Finalmente, de manera separada se tenía la información acerca de los proveedores y los precios a los que se compraban los materiales. Lo que se planteó es integrar esta información en un sistema centralizado y capaz de usar la información de las ventas para realizar pronósticos, que a su vez

ayuden al departamento de compras a estimar el momento y la cantidad que deberán comprar de materias primas basadas en modelos de inventarios

- *Integración del plan de S&OP:* Se pudo evidenciar la no existencia de un plan de S&OP, ya que la empresa y las operaciones funcionan de manera reactiva frente a las órdenes de producción entrantes. Es decir, una vez que una bandeja de un sabor de helado en específico se ha agotado se decide comenzar la producción de dicho sabor, y es recién ahí cuando se verifica la disponibilidad de materiales para la orden de producción. Lo que se plantea es desarrollar un sistema que permita un mayor nivel de integración entre las planificaciones, y que motive el flujo de información entre diferentes áreas para que las decisiones de producción y compra se den de manera anticipada, oportuna y eficiente. De igual manera, se plantea el uso de la información de la demanda de los diferentes sabores de helado para propagarla a las planificaciones de producción y de requerimiento de materiales en un sentido unidireccional para así alcanzar un nivel 3: Estándar en la matriz de nivel de madurez para este componente.

Paso 2 - Recolección de información

Inicialmente, se llevó a cabo una serie de entrevistas no estructuradas con el gerente de la heladería y una de las personas encargadas de la producción de las bandejas de helado. Esto se hizo con la finalidad de comprender el funcionamiento del negocio y de levantar los diferentes procesos que participaban del manejo de las ventas, operaciones y compras en la empresa. Se llevó a cabo también el levantamiento de los procesos productivos de los helados con base de agua (ver Anexo A) y base de leche (ver Anexo B), los cuales fueron diagramados y se encuentran en la sección de anexos de este artículo. Como parte de esto, se definieron los tiempos requeridos para cada una de las actividades y se calculó el tiempo de producción promedio de una bandeja de helado de cada uno de los sabores. Finalmente, se

determinaron los diferentes tiempos de entrega, restricciones y condiciones especiales que los proveedores manejaban, para que se pudieran tomar en cuenta en el sistema. Esta información se resume también en la sección de anexos (ver Anexo C).

Dentro de los procesos productivos se pudo descubrir varias características interesantes de las consideraciones necesarias para la producción de las bandejas de helado:

- Importancia del control de temperatura: gran parte del proceso productivo consiste en llevar a la mezcla a una temperatura en específico y mantenerla en esa temperatura controlada por un período de tiempo. Esto toma tiempo, ya que los cambios de temperatura no se pueden hacer de manera inmediata.
- Proceso para producir una bandeja de helado puede tomar desde 21 horas en adelante, debido a las diferentes actividades requeridas para conseguir la textura y sabor deseados.
- El proceso para los diferentes sabores de helados con base de agua es diferente, dependiendo de la fruta que se esté utilizando, ya que algunas de ellas requieren de un mayor grado de limpieza y desinfección.
- Con respecto a los helados con base de leche, existe una mayor diferenciación para los distintos sabores, ya que se añaden o modifican actividades para conseguir texturas, presentaciones e intensidades de sabor especiales para cada tipo de helado.

Inicialmente, la recolección de datos consistió en la identificación de la información que se encontraba dispersa en varias hojas de Excel, y su consolidación en una sola base de datos para su uso en el sistema que se desarrollaría durante el proyecto. Se identificó que la heladería había ofrecido históricamente 26 sabores de helado, pero que algunos de estos habían sido pruebas o sabores que solo se ofrecieron durante una temporada específica. Estos sabores que no eran constantes y que no habían generado datos de demanda durante un

período de tiempo superior a 6 meses fueron descartados y se trabajó con 21 sabores diferentes de helado.

Durante un mes y medio se levantó información acerca de las ventas de los conos, vasos y tulipanes con su sabor de bola de helado asociado. En base a esto, se llevó a cabo un análisis ABC, el cual se muestra en la Figura 2.

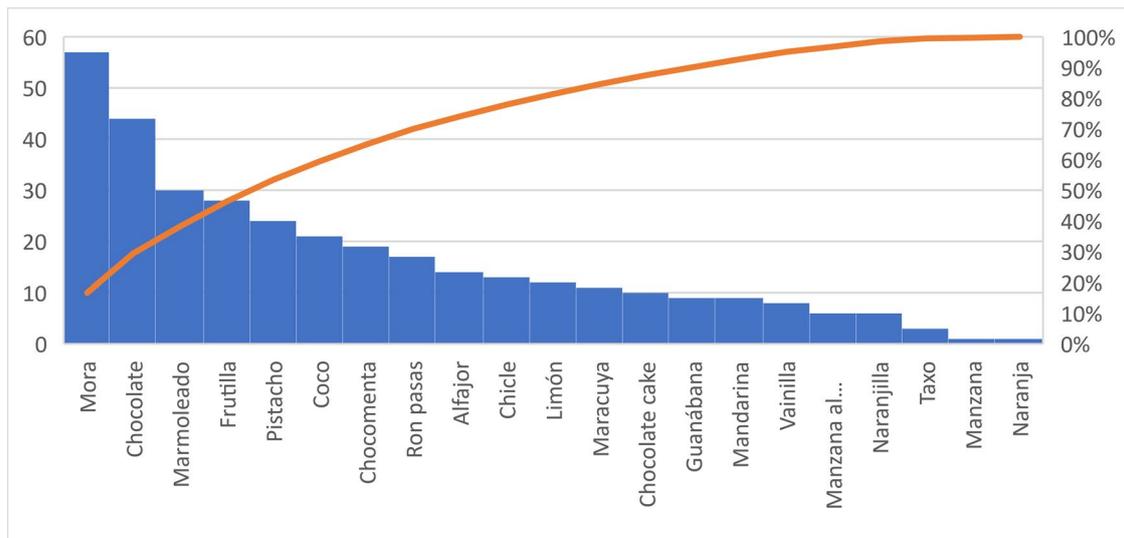


Figura 2: Diagrama de Pareto del Análisis ABC de las ventas de sabores de helado en cantidad de bolitas.

En base a este análisis se desarrolló una distribución empírica de las proporciones de ventas que correspondían a cada uno de los sabores. Se pudo identificar también categorías de productos A, B y C en cuanto a la demanda para que los recursos de revisión de pronósticos, inventarios y ventas se enfocaran más en un futuro en los productos que generaban un mayor volumen de ventas.

La distribución probabilística empírica de la variable aleatoria que determinaba el sabor que una persona pedirá de entre los 21 sabores se determinó en base la probabilidad acumulada que los sabores de helado tuvieron en el análisis ABC, como se puede ver en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultado del análisis ABC de la demanda de bolitas de helado para los diferentes sabores usada como distribución probabilística empírica.

	Sabor	Demanda	% Acumulado	Clase
1	Mora	57	16.62%	A
2	Chocolate	44	29.45%	A
3	Marmoleado	30	38.19%	A
4	Frutilla	28	46.36%	A
5	Pistacho	24	53.35%	A
6	Coco	21	59.48%	B
7	Chocomenta	19	65.01%	B
8	Ron pasas	17	69.97%	B
9	Alfajor	14	74.05%	B
10	Chicle	13	77.84%	B
11	Limón	12	81.34%	C
12	Maracuyá	11	84.55%	C
13	Chocolate cake	10	87.46%	C
14	Guanábana	9	90.09%	C
15	Mandarina	9	92.71%	C
16	Vainilla	8	95.04%	C
17	Manzana al Horno	6	96.79%	C
18	Naranja	6	98.54%	C
19	Taxo	3	99.42%	C
20	Manzana	1	99.71%	C
21	Naranja	1	100.00%	C

Esta distribución se utilizó para extrapolar las proporciones de las demandas de los distintos sabores a los datos históricos disponibles de las ventas de conos, vasos y tulipanes. El procedimiento para realizar esto fue a través de la generación de valores aleatorios para cada uno de los datos de ventas de bolas de helado de las que no se había registrado el sabor y la comparación de dichos valores aleatorios con la distribución probabilística empírica para la asignación aleatoria de uno de los sabores de helado para cada compra histórica. Esto se llevó a cabo con la finalidad de llenar los datos faltantes de los sabores de helado consumidos en las ventas de conos, vasos y tulipanes de una manera más informada, en base a la proporción real de las ventas de helados durante un mes y medio de toma de datos.

Tras esta extrapolación se unieron los datos de las ventas históricas de litros, medios litros, conos, vasos y tulipanes para consolidar una demanda semanal de cada uno de los sabores de helado, lo cual se utilizó para desarrollar los modelos de pronósticos de la demanda. Esta información fue consolidada en una tabla de la demanda histórica de bolitas de helado (ver Anexo D).

Paso 3 – Planeación de la demanda

Como se comentó anteriormente, la planificación de la demanda ha sido uno de los problemas que más autores han intentado abordar para prepararse para el crecimiento del mercado de los helados. Autores como Trakroo (2021) y Yu et al. (2003) utilizaron diferentes métodos para intentar desarrollar pronósticos que permitan tener estimaciones de la demanda futura y poder preparar las operaciones y las compras de manera anticipada. Como Chase et al. (2006) mencionan, se pueden desarrollar pronósticos subjetivos, basados en juicios personales de expertos en la empresa, o pronósticos cuantitativos, dentro de los cuales se encuentran los modelos causales y las series de tiempo. En los modelos causales se toman en cuenta variables externas y su relación con la variable a pronosticar, mientras que en las series de tiempo se analiza el comportamiento de la variable a pronosticar a lo largo de un horizonte de tiempo. Para este estudio se utilizaron diversos tipos de modelos de pronósticos que pertenecen a la categoría de series de tiempo. Esto se decidió debido a la disponibilidad de información de la empresa en cuanto a la demanda de los helados a lo largo de su existencia en el mercado.

Para la aplicación de los modelos de pronósticos se usaron los datos de la demanda de los sabores de helado agrupados de manera semanal, de modo que cada uno de los periodos usados en las series de tiempo correspondía a una semana de ventas en Montvelo. Las ecuaciones que se usaron para los distintos modelos de inventarios se encuentran descritas en

el libro de Nahmias (2007). Los modelos que se probaron para los datos de la demanda de cada uno de los sabores de helado fueron:

- Promedio Móvil Simple:

$$F_t = \frac{\sum_{i=t-n}^{t-1} D_i}{n}$$

Donde F_t corresponde al pronóstico deseado en el periodo t , D_i corresponde a la demanda histórica en el periodo i , y n corresponde al número de períodos usados para el promedio móvil.

- Suavizamiento Exponencial Simple:

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}$$

Donde F_t corresponde al pronóstico deseado en el periodo t , D_i corresponde a la demanda histórica en el periodo i , y α corresponde al coeficiente de suavizamiento exponencial relacionado al nivel de la serie.

- Doble Suavizamiento Exponencial:

$$S_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

$$F_{t,t+\tau} = S_t + \tau G_t$$

Donde S_t corresponde al nivel de la serie en el periodo t , α corresponde al coeficiente de suavizamiento exponencial relacionado al nivel de la serie, G_t corresponde a la tendencia de la serie en el periodo t , β corresponde al coeficiente de suavizamiento exponencial relacionado a la tendencia de la serie, D_i corresponde a la demanda histórica en el periodo i , y $F_{t+\tau}$ corresponde al pronóstico deseado en el periodo t para τ periodos adelante.

- Triple Suavizamiento Exponencial o Método de Winters:

$$S_t = \alpha \left(\frac{D_{t-1}}{c_{t-N}} \right) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

$$c_t = \gamma \left(\frac{D_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma)c_{t-N}$$

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t) * c_{t+\tau-N}$$

Donde S_t corresponde al nivel de la serie en el periodo t , α corresponde al coeficiente de suavizamiento exponencial relacionado al nivel de la serie, G_t corresponde a la tendencia de la serie en el periodo t , β corresponde al coeficiente de suavizamiento exponencial relacionado a la tendencia de la serie, c_t corresponde al factor de estacionalidad del periodo t , γ corresponde al coeficiente de suavizamiento exponencial relacionado al factor estacionalidad de la serie, N corresponde al número de períodos en una estación, D_i corresponde a la demanda histórica en el periodo i , y $F_{t+\tau}$ corresponde al pronóstico deseado en el periodo t para τ periodos adelante.

Adicionalmente, también se desarrollaron pronósticos con el modelo de Croston, el cual es adecuado para una demanda intermitente. Las ecuaciones usadas fueron las propuestas por Vandepu (2019) y se detallan a continuación:

$$Si \ D_t > 0 \ \begin{cases} a_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)a_t \\ p_{t+1} = \alpha q + (1 - \alpha)p_t \\ f_{t+1} = \frac{a_t}{p_t} \end{cases}$$

$$Si \ D_t = 0 \ \begin{cases} a_{t+1} = a_t \\ p_{t+1} = p_t \\ f_{t+1} = f_t \end{cases}$$

Donde a_i es el nivel de la demanda en el periodo i , D_i es el dato de la demanda histórica en el periodo i , p_i es la periodicidad estimada entre dos ocurrencias de demanda diferente de 0 en el periodo i , q es el tiempo que ha pasado desde la última ocurrencia de una

demanda distinta de 0, α es un coeficiente de suavizamiento exponencial para la actualización de las variables del modelo a lo largo de los periodos, y f_t es el pronóstico en el periodo t .

Para cada uno de los sabores de helado se desarrollaron diferentes modelos de pronósticos variando los parámetros que determinan el comportamiento de cada uno de los modelos. Para los modelos de promedio móvil simple, se varió el número de periodos usados para los promedios de 5 a 30 en saltos de 5 periodos. Para el suavizamiento exponencial simple se varió el coeficiente α desde 0.05 a 0.7 en saltos de 0.05. Para el suavizamiento exponencial doble se varió los coeficientes α y β desde 0.05 a 0.65 en saltos de 0.1. Para los modelos con el método de Winters se utilizó diferente número de periodos por estación, intentando con valores de 4, 8, 12, 15, 26, y 52, y se mantuvieron constantes los coeficientes de suavizamiento para el nivel, la tendencia y la estacionalidad en 0.2. Finalmente, para el modelo de Croston se intentaron valores de suavizamiento exponencial α de 0.05 a 0.2 con salto de 0.05.

Paso 4 – Planeación de la oferta

Para la planeación de la oferta se decidió usar dos modelos. El primero modelo fue destinado a determinar la cantidad y el punto de reorden de cada uno de los sabores de helado, es decir, cuando y qué cantidad de cada sabor de helado producir. El segundo modelo usado fue para propagar el plan de producción determinado por el primer modelo hacia los requerimientos de materiales y así tener en cuenta el tiempo que se demora la compra de materiales para que estos lleguen a tiempo una vez que se necesiten para la producción.

El modelo usado para la determinación de las cantidades a producir y el punto de reorden en el que se debe producir cada sabor de helado es el modelo Q, R descrito en el libro de Nahmias (2007). Sin embargo, se decidió usar una variante del modelo que consiste en determinar un nivel de servicio que se desea tener con los clientes, y en base a esto se hacen

los cálculos para determinar la cantidad Q y el punto de reorden R del modelo. Esto se debe a que el modelo original depende de un parámetro que debe ser conocido y que corresponde al costo de no cumplir con la demanda de un producto cuando hay desabastecimiento. Esta información no se encontraba disponible en Montvelo, ya que no se había hecho un estudio o estimación del costo de no cumplir con la demanda de un sabor de helado, muy probablemente debido a que la empresa solamente ha operado durante un año, por lo que es bastante joven aún. Por este motivo, se decidió usar la variante del modelo Q,R , ya que esta depende de un nivel de servicio que se decide desde gerencia en base a la calidad que se quiere ofrecer a los clientes, y no requiere de la información del costo de faltantes.

El tipo de nivel de servicio que se decidió usar para este modelo es nivel de servicio tipo 2, es decir, el porcentaje de ítems demandados con los que sí se podrá cumplir cuando sean ordenados por el cliente. A diferencia del nivel de servicio tipo 1, que define el porcentaje de órdenes cumplidas, el tipo 2 se destaca por ser más exacto y por no depender de la suposición de que la ocurrencia de faltantes tiene la misma consecuencia independientemente del tiempo o la cantidad dentro de la orden (Nahmias, 2007).

Para determinar las cantidades Q , R usando este modelo se deben definir parámetros que describen las características del problema de manejo de inventarios para cada sabor de helado. A continuación, se detalla los parámetros que se requiere conocer y la manera en la que se los calculó o estimo para este proyecto:

- Lead time: tiempo que toma desde la colocación de una orden de producción hasta la entrega de la bandeja de helado. En este caso se definió que el lead time para las bandejas de helado era de un periodo, es decir, una semana.

- Demanda en unidades de lead time (λ): Se determinó la demanda promedio usando la información de la demanda histórica para cada sabor en la base de datos consolidada en el paso 1 de la metodología.
- Desviación estándar de la demanda en unidades del lead time (σ): Se determinó la desviación estándar de la demanda histórica para cada sabor en la base de datos consolidada en el paso 1 de la metodología.
- Costo de pedido (K): en este caso corresponde a los costos de set up en los que se incurre cada vez que se quiere comenzar un lote nuevo de un producto. En este caso, en una entrevista con la gerencia se determinó que este valor es muy pequeño, ya que el costo de set up es independiente del tamaño de lote que produzco, por lo que este costo mas bien se asocia como parte del costo de producción como tal.
- Costo de producción (c): es el valor de los materiales, insumos, trabajo y otros recursos que son usados en la producción de una unidad del producto. En este caso, el costo se estimó a través de los costos que se determinaron en las entrevistas con la gerencia, la revisión de los datos de compras de materiales, y la proporción de los materiales usados en cada una de las recetas. Se determinó un costo diferente para cada uno de los sabores de helado debido a la cantidad de ingredientes, la complejidad de la receta y el precio de los materiales usados (ver Anexo E).
- Tasa de interés (I): es una tasa de interés que se usa para determinar el costo de almacenar el inventario, por el que se pagó un costo c, considerando que al mantener el inventario se tiene un costo de oportunidad de no generar una rentabilidad del dinero que se hubiese haber podido invertido en otro lugar. Esta tasa de interés se definió en 15%,
- Costo de mantener el inventario (h): generalmente se define como el producto de $I \cdot c$, sin embargo, en este caso se determinó que adicional a esto, se debía considerar el

costo de refrigeración. En el caso de los helados el mantener el inventario no solo implica un costo de oportunidad, también implica un costo adicional de conservar el helado a una temperatura que le permita mantener sus propiedades. Este costo se estimó en \$10, por lo que se añadió este valor al producto de $I \cdot c$ para calcular el h para cada sabor de helado.

- Nivel de servicio tipo 2 (β): se definieron dos niveles de servicio, uno del 95% y otro del 80% con la finalidad de que se pudiese contrastar y tener nos puntos de reorden en los que se avise al trabajador que debe comenzar con la compra de los materiales y producción de la bandeja de helado.

Para el cálculo de las cantidades Q , R , con nivel de servicio tipo 2 se usó las ecuaciones y el algoritmo iterativo descrito en el libro de Nahmias (2007):

- Paso 1: Determinar Q_0 en base al modelo EOQ:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2K\lambda}{h}}$$

- Paso 2: Determinar R_0 en base a las siguientes ecuaciones:

$$L(z) = \frac{(1 - \beta)Q_0}{\sigma}$$

(Buscar un valor de $L(z)$ que satisfaga la anterior ecuación en tabla de distribución normal)

$$R_0 = \sigma z + \mu$$

- Paso 3: Calcular Q_i en base a la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{n(R)}{1 - F(R)} + \sqrt{\frac{2K\lambda}{h} + \left(\frac{n(R)}{1 - F(R)}\right)^2}$$

- Paso 4: Determinar R_i en base a las siguientes ecuaciones:

$$L(z) = \frac{(1 - \beta)Q_i}{\sigma}$$

(Buscar un valor de $L(z)$ que satisfaga la anterior ecuación en tabla de distribución normal)

$$R_i = \sigma z + \mu$$

- Paso 5: Repetir pasos 3 y 4 hasta que Q y R converjan para dos iteraciones consecutivas.

Este modelo se aplicó para la determinación de las cantidades Q, R de cada uno de los sabores de helado en base a la demanda y costos propios de estos. Un resumen de la información usada y de los valores calculados se puede observar en una tabla en anexos (ver Anexo E). Adicionalmente, se desarrollaron unas tarjetas Kanban con la finalidad de que el operario que trabaja en la heladería pudiera mantener un registro con revisión continua del inventario de la cantidad de bolitas de helado de cada sabor que ha vendido, y pueda ver con un código de color el momento en el que se alcanza la cantidad R que cumple con los dos distintos niveles de servicio tipo, para que tome la decisión de comenzar la producción de manera más informada y tomando en cuenta los objetivos de calidad de la empresa. Un ejemplo de la tarjeta Kanban se puede ver en la Figura 3.

montvelo HELADERÍA ARTESANAL		Producto: CHOCOLATE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 a 10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
11 a 20	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
21 a 30	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
31 a 40	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
41 a 50	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
51 a 60	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
61 a 70	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
71 a 80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Figura 3: Ejemplo de tarjeta Kanban para el control de inventario del helado de chocolate

Con respecto al modelo usado para la planificación de requerimiento de materiales, se usó la estrategia lote por lote, que según Nahmias (2007) indica que cada vez que se requiera de uno de los materiales ya que en base a los requerimientos trasladados en el tiempo en un futuro periodo podría haber un desabastecimiento, se debe hacer un pedido del lote del material en cuestión. Este modelo fue escogido ya que en la entrevista con la gerencia se indicó que las cantidades que compran de materiales actualmente les permite evitar que estos expiren y alcanzar el máximo nivel de economías de escala que su demanda les permite actualmente. Por este motivo, Montvelo tiene una restricción de comprar un lote completo de los materiales ya que así los venden sus proveedores.

Paso 5 – Comparación

Tras haber intentado múltiples combinaciones de parámetros para los diversos modelos evaluados, y el cálculo del error porcentual absoluto medio para cada uno de los modelos se notó que el modelo que obtenía mejores resultados de manera consistente era el modelo con el método de Winters cuando se tomaba un número de 52 periodos por estación. En este caso, este hallazgo concuerda con una de las conclusiones del estudio de Trakroo (2021), quien determinó que la demanda de los helados se comporta de manera estacional con una duración anual. Es decir, cada año se repite un patrón en la demanda, lo cual se puede explicar por las estaciones climáticas y los eventos anuales como vacaciones y festividades.

Con esta consideración, y con la comparación de los modelos hasta encontrar el modelo que presentaba el menor error porcentual absoluto medio para los pronósticos, se determinó que para la implementación se utilizaría el método de Winters. Cabe mencionar que para que los datos cumplieran con los tests de normalidad se tuvo que hacer una transformación de Box-Cox a los mismos. Esto se realizó utilizando el sistema Minitab y encontrando automáticamente el valor λ óptimo para la transformación de los datos.

Paso 6 – Implementación

Como implementación, se desarrolló un sistema que usaba los modelos de pronósticos y de manejo de inventarios en un MRP que permita a la empresa determinar el momento en el que debía adquirir los materiales para que no existiese desabastecimiento de los mismos, ni de producto terminado. Esta herramienta fue desarrollada en Excel usando el lenguaje de programación Visual Basic, que permite desarrollar funcionalidades más avanzadas dentro de los libros de Excel.

Dentro de la implementación se determinaron tablas que contenían la información de proveedores, materiales, productos, inventario, lista de materiales para fabricar cada uno de los productos, historial de la demanda, modelo QR, plan maestro de producción (MPS) y plan de requerimiento de materiales (MRP).

Se agregaron botones en las diferentes hojas del libro de Excel, para que al momento de añadir un nuevo proveedor, material, o producto, la información sea consistente y centralizada en todas las hojas del libro, y que de esta manera se minimicen los errores por mantener la información desincronizada en diferentes hojas de cálculo, como ocurría anteriormente.

El flujo de información se pensó y desarrolló de tal manera que los datos de los proveedores, materiales y productos son usados al momento de definir una nueva receta. De igual manera, tras haber obtenido datos de la demanda de un sabor de helado se puede actualizar el modelo Q,R, las tarjetas Kanban y el Plan Maestro de Producción, que a su vez actualiza el Plan de Requerimiento de Materiales y permite a la persona encargada de los procesos de S&OP el visualizar el momento en el que se deberá comprar los diferentes materiales para cumplir con la producción y evitar los desabastecimientos de materiales y producto terminado.

Esta herramienta fue desarrollada para la empresa Montvelo y se pidió retroalimentación para que en un futuro se pueda expandir a los demás productos que ofrecen y no solo a la línea de helados que es su principal enfoque. Se pueden observar capturas de pantalla del sistema desarrollado en la sección de anexos (ver Anexos 3 y 5)

Paso 7 – Evaluación en base al modelo de madurez

Al finalizar el proyecto se llevó a cabo nuevamente la evaluación del estado de madurez de la empresa usando la hoja de verificación del modelo desarrollado por Ferreira (2013) en la metodología de S&OP. Para completar con esta evaluación se realizaron observaciones de los procesos de la empresa y se desarrolló una entrevista final con el gerente de la empresa para determinar el nivel a que llegó la organización con respecto a S&OP. El resultado de esta evaluación se puede ver en la Tabla 4.

Tabla 4: Evaluación final en base al modelo de madurez

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
	Sin procesos S&OP	Reactivo	Estándar	Avanzado	Proactivo
Reuniones y Colaboraciones	<ul style="list-style-type: none"> Cultura de silos Sin reuniones Sin colaboración 	<ul style="list-style-type: none"> Discusiones solamente a nivel gerencial Enfoque a objetivos financieros 	<ul style="list-style-type: none"> Pre-reuniones de personal Reuniones gerenciales de S&OP Algunos datos de proveedores y clientes 	<ul style="list-style-type: none"> Datos de proveedores y clientes integrados Cientes y proveedores participan en parte de las reuniones 	<ul style="list-style-type: none"> Reuniones basadas en eventos reemplazan a reuniones planificadas Acceso en tiempo real a datos externos
Organización	<ul style="list-style-type: none"> No hay organización de S&OP 	<ul style="list-style-type: none"> No existe una función de S&OP formal Componentes de S&OP están en otras posiciones 	<ul style="list-style-type: none"> Función de S&OP es parte de otra posición 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo formal de S&OP Participación gerencial 	<ul style="list-style-type: none"> S&OP es vista como una herramienta de optimización de la utilidad en toda la organización
Medidas	<ul style="list-style-type: none"> No hay medidas 	<ul style="list-style-type: none"> Se mide qué tan bien Operaciones cumple con el plan de ventas 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel 2 cumplido Ventas medidas en la exactitud de los pronósticos 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel 3 cumplido Introducción de nuevos productos Efectividad de S&OP 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel 4 cumplido Rentabilidad de la empresa
Tecnología de la Información	<ul style="list-style-type: none"> Cada área tiene sus propias hojas de cálculo No hay consolidación de la información 	<ul style="list-style-type: none"> Varias hojas de cálculo Poca consolidación, pero de manera manual 	<ul style="list-style-type: none"> Información centralizada Sistema de planificación de ingresos u operaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Proceso por lotes Sistemade optimización de ingresos y operaciones - Enlace a ERP pero no optimización en conjunto Sistema de herramientas de S&OP 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de S&OP integrado Interfaz completa con ERP, contabilidad y pronósticos Solver en tiempo real
Integración del plan de S&OP	<ul style="list-style-type: none"> No hay planificación formal Operaciones intentan satisfacer órdenes entrantes 	<ul style="list-style-type: none"> Plan de ventas guía a Operaciones Proceso Top-down Dinámica de utilización de capacidad es ignorada 	<ul style="list-style-type: none"> Poca integración de planificaciones Proceso secuencial en una sola dirección Proceso Bottom-up guiado por objetivos de negocio 	<ul style="list-style-type: none"> Planificaciones altamente integrada Procesos simultáneos y colaborativos Restricciones aplicadas en ambos sentidos 	<ul style="list-style-type: none"> Integración imperceptible entre planificaciones Procesos enfocados en optimización de la rentabilidad de la compañía

A continuación, se detallan las observaciones los comentarios acerca de lo conseguido para cada uno de los componentes del nivel de madurez:

- *Reuniones y Colaboraciones:* Tras el desarrollo de la herramienta se tiene información de los proveedores. Se espera que la herramienta motive a la gerencia a mantener reuniones mensuales para la planificación S&OP
- *Organización:* Se asignó la responsabilidad de mantener la planificación S&OP al gerente de la empresa, lo cual implica que estará dentro de sus funciones.
- *Medidas:* A través de los pronósticos realizados y la propagación de esta información hacia el plan de requerimiento de materiales, se plantea que las operaciones cumplan con la demanda de los clientes. Adicionalmente, se determinó que los pronósticos deberán seguirse actualizando y evaluando a través del error porcentual absoluto medio.
- *Tecnología de la Información:* En la herramienta desarrollada para Montvelo la información se encuentra organizada en un solo archivo y permite la centralización de los datos de manera que es más difícil que exista una desincronización de estos por encontrarse en diferentes hojas de cálculo. Adicionalmente, se desarrolló como parte de la herramienta el modelo Q, R y el Plan de Requerimientos de Materiales, lo cual conforma un nivel de planificación de las operaciones.
- *Integración del plan de S&OP:* Se puede evidenciar una integración mayor a la existente previamente entre las planificaciones de S&OP, esto debido a que existe un flujo unidireccional de la información desde la demanda hacia los requerimientos de materiales a través del uso de la herramienta desarrollada para la empresa. Esto permite que las compras se encuentren alineadas de manera que los desabastecimientos de materiales y productos terminados se minimicen

CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

- Se cumplió con el objetivo del proyecto de desarrollar una metodología para levantar información de la demanda que luego será usada en una herramienta desarrollada para la planificación de requerimientos de materiales.
- La metodología de S&OP facilita el flujo de información desde el área de ventas y planificación de la demanda, hacia el área de compras, a través del manejo organizado de las operaciones, lo cual permite una mayor eficiencia en los procesos internos de la empresa y una minimización de los costos por compras recurrentes, desabastecimientos y mantenimiento de inventario.
- Montvelo avanzó en cuanto al modelo de madurez desde un nivel 1 a un nivel 3, es decir, pasó de no tener ningún proceso de S&OP a manejar un nivel estándar en estos procesos. Esto implica que posterior al proyecto, la empresa manejará la información de una manera más centralizada, organizada y confiable, ya que contará con una herramienta que le permitirá manejar los procesos de S&OP desde la demanda hasta la compra de materiales.
- Para el desarrollo de esta herramienta se utilizaron conocimientos de programación en Visual Basic y acerca de los modelos pronósticos de la demanda y manejo de inventarios. Este conocimiento es útil para el manejo, actualización y extensión de la herramienta desarrollada para Montvelo, lo cual es recomendable en el mediano plazo.
- Como limitación del estudio se tiene que los datos usados para los pronósticos fueron basados en una extrapolación. El método que se usó para llenar los datos faltantes fue desarrollado con los datos de un mes y medio de la demanda, por lo que se recomienda que en un futuro se vuelvan a evaluar los modelos de pronósticos con un mayor volumen de datos reales de la demanda.

- Adicionalmente, otra limitación que se encuentra en el estudio es el hecho de que se halló que en el histórico existían valores de demanda de 0 para varias semanas en el año, sobre todo para algunos sabores que no tenían una demanda muy alta. Esto se debe a que Montvelo es una microempresa en crecimiento que aún se encuentra en la etapa de hacerse conocer, definir sus recetas y promover sus productos.
- En este estudio se aplicaron modelos de pronósticos e inventario a un número reducido de productos con la finalidad de hacer un primer acercamiento con la empresa y proponer una herramienta extensible para el resto de los productos que ofrecen en su negocio. En un futuro se podría expandir la aplicación de la herramienta a más de los productos, por lo que se recomienda a Montvelo que continúe añadiendo dichos productos a la herramienta y desarrollando módulos que le permitan una mayor integración de las planificaciones y mejores procesos de S&OP.
- Como estudios futuros se sugiere la evaluación de diferentes modelos de planificación de requerimientos y el desarrollo de una estructura de costos que permita comprobar la eficiencia de las mejoras implementadas. Esto permitiría que la empresa monitoree de manera mensual el impacto que el manejo de sus inventarios, planificación de requerimientos y control de producción está teniendo en sus finanzas.
- Adicionalmente, se sugiere como estudio futuro la evaluación de modelos de pronóstico de la demanda basados en inteligencia artificial como redes neuronales que identifiquen los patrones en la demanda usando información interna y externa a la empresa.

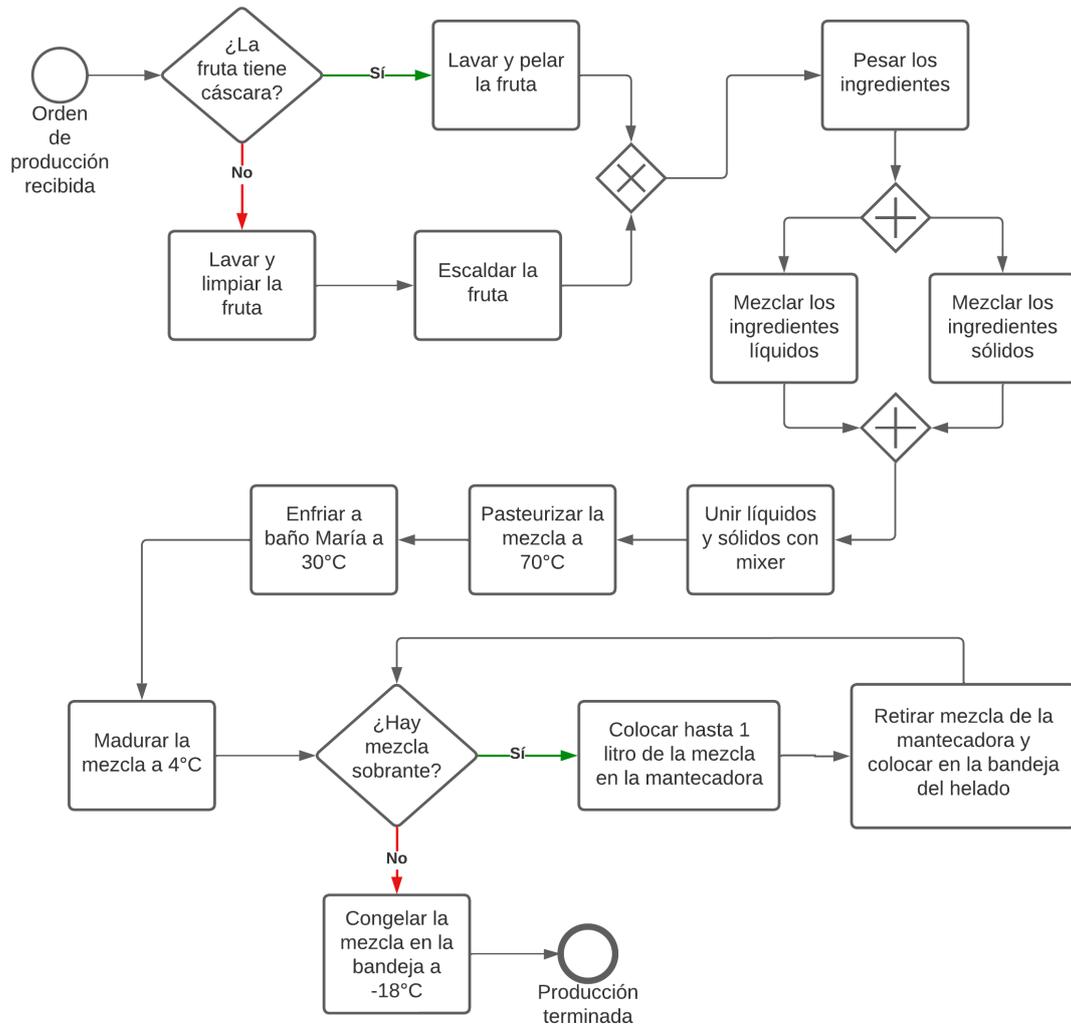
Referencias

- Bongers, P., & Almeida-Rivera, C. (2011). Optimal run length in Factory operations to reduce overall costs. *Computer Aided Chemical Engineering*, 29, 900–904.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53711-9.50180-2>
- Chase R, Jacobs R, Aquilano N (2006) *Operations management: production and supply chain*, 12th edn. McGraw-Hill, México [In Spanish]
- Ferreira, G. (2013). *Sales and operations planning: design and implementation of S&OP process in a multinational company*. M.sc thesis, Business Administration, At the Católica Lisbon School of Business and Economics
- Grimson, J. & Pyke, David. (2007). *Sales and operations planning: An exploratory study and framework*. *The International Journal of Logistics Management*. 18. 322-346.
10.1108/09574090710835093.
- Nahmias, S. (2014). *Análisis de la producción y las operaciones* (6th ed.). McGraw Hill Education.
- Trakroo, D. (2021). Forecasting seasonal products: A case of ice-cream sales. *Advances in Business and Management Forecasting*, 14, 29–34. <https://doi.org/10.1108/S1477-407020210000014003>
- Yu, W. bin, Graham, J. H., & Min, H. (2003). Multi-agent based forecasting for ice cream sales using climatic information. *Proceedings - Annual Meeting of the Decision Sciences Institute*, 157–162.

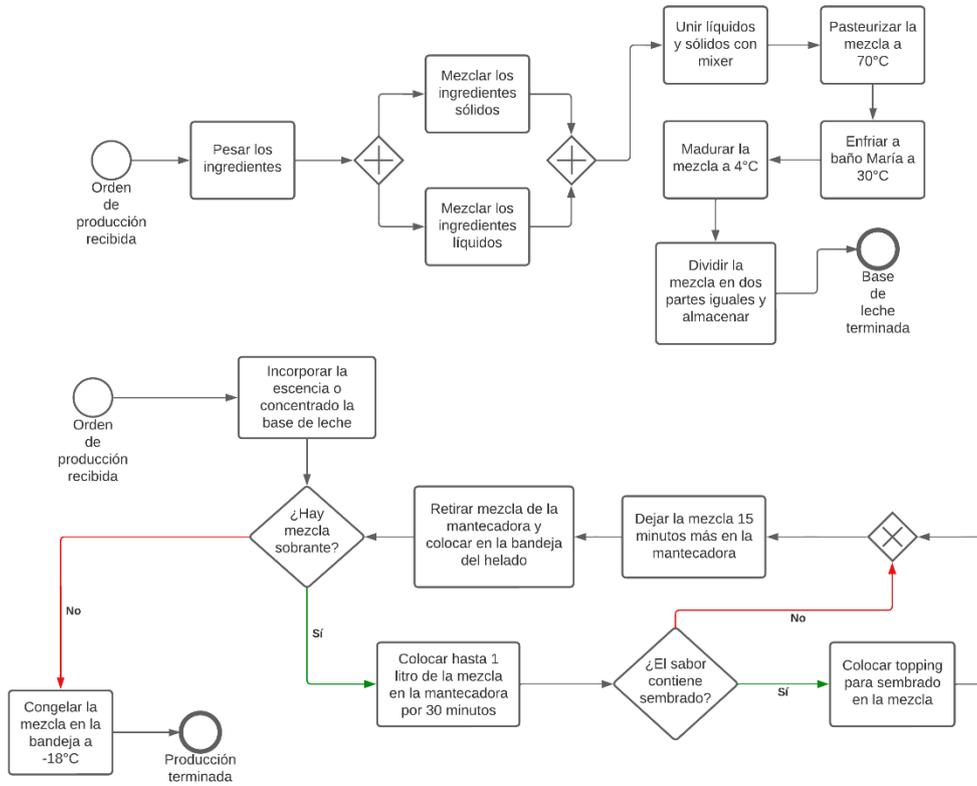
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management: Ghiani/Introduction to Logistics Systems Management*.
<https://doi.org/10.1002/9781118492185>
- Bofill-Altamirano, M. A., & Avilés-Sacoto, S. V. (2019). *Implementation of the S&OP Process in Textile Company Case Study: Ecuadorian Textile ABA*.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-99190-0>
- Jain, A., Jain, P. K., & Singh, I. P. (2006). An integrated scheme for process planning and scheduling in FMS. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 30(11–12), 1111–1118. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0142-6>
- Cecere, L. (2015, October 9). What Is the Value Proposition of Sales and Operations Planning? Forbes. Retrieved from
<https://www.forbes.com/sites/loracecere/2015/10/08/what-is-the-value-proposition-of-sales-and-operations-planning/?sh=48ed2c5749b6>
- Vandeput, N. (2019, January 25). Croston forecast model for intermittent demand | Towards Data Science. <https://towardsdatascience.com/croston-forecast-model-for-intermittent-demand-360287a17f5f>
- International Dairy Foods Association. (2022, June 23). *Ice Cream Sales & Trends*.
International Dairy Foods Association. <https://www.idfa.org/ice-cream-sales-trends>

Anexos

Anexo A: Diagrama de proceso de fabricación de helados con base de agua



Anexo B: Diagrama de proceso de fabricación de helados con base de leche



Anexo C: Tabla de resumen de proveedores en sistema MRP propuesto

EMPRESA	CONTACTO	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	DIRECCION	COSTO DE PEDIDO (\$)	LEAD TIME (DIAS)	CONDICIONES ESPECIALES
Comercializadora Produmarcas - Pacifico	Kevin Ortiz	2581634 - 0979150654	qwerty@hotmail.com	San Diego Paltas S5-102 y Pedro Moncayo	8	1	Solo pedidos miercoles
Pure Water Inc	Pedro Fuente	987958323	qwerty@hotmail.com	San Fernando 2	10	0.5	
Garcia Reinoso		987958324	qwerty@hotmail.com	San Fernando 3	10	0.1	
Organic Shop		987958325	qwerty@hotmail.com	San Fernando 4	10	0.1	
Pregel	Juana Arias	987958326	qwerty@hotmail.com	San Fernando 5	10	2	
Chocono	Alfonso Mendez	2804462 - 0996790743	qwerty@hotmail.com	Carcelén alto, Juan Barrezuela N76122 y Joaqui	10	1	Solo pedidos martes
Megamaxi		987958328	qwerty@hotmail.com	San Fernando 7	10	0.15	
Chocofam		987958330	qwerty@hotmail.com	San Fernando 9	10	0.1	
Dispropac	Dayana Castro	046037015 - 0968044488	qwerty@hotmail.com	Cerro Santa Ana, Guayaquil	15	2	Pedidos el día lunes
Mercado Inaquito		987958432	qwerty@hotmail.com	San Fernando 10	10	0.2	
Montvelo (Interno)	Daniel Niveló	984409675		La Primavera	0	0.2	
PROVEEDOR NUEVO					12	3	

Nuevo Proveedor

Editar Proveedor

Anexo D: Muestra de tabla datos consolidados de la demanda histórica de bolitas de helado

Sabor	Fecha	Fecha Entera	Cantidad	Día	Mes	Año	Día de la semana	Semana desde la apertura
Mora	10/22/2021	44491	1	22	10	2021	5	0
Chicle	10/22/2021	44491	1	22	10	2021	5	0
Pistacho	10/22/2021	44491	1	22	10	2021	5	0
Pistacho	10/22/2021	44491	1	22	10	2021	5	0
Chocomenta	10/22/2021	44491	2	22	10	2021	5	0
Limón	10/22/2021	44491	2	22	10	2021	5	0
Mora	10/22/2021	44491	1	22	10	2021	5	0
Marmoleado	10/22/2021	44491	1	22	10	2021	5	0
Frutilla	10/22/2021	44491	1	22	10	2021	5	0
Ron pasas	10/22/2021	44491	2	22	10	2021	5	0
Pistacho	10/22/2021	44491	2	22	10	2021	5	0
Marmoleado	10/23/2021	44492	1	23	10	2021	6	0
Mora	10/23/2021	44492	1	23	10	2021	6	0
Marmoleado	10/23/2021	44492	1	23	10	2021	6	0
Marmoleado	10/23/2021	44492	3	23	10	2021	6	0
Frutilla	10/23/2021	44492	1	23	10	2021	6	0
Mora	10/23/2021	44492	2	23	10	2021	6	0
Chocolate	10/23/2021	44492	1	23	10	2021	6	0
Chocolate	10/23/2021	44492	1	23	10	2021	6	0
Vainilla	10/23/2021	44492	2	23	10	2021	6	0
Chocolate	10/23/2021	44492	2	23	10	2021	6	0
Alfajor	10/23/2021	44492	1	23	10	2021	6	0
Mora	10/23/2021	44492	2	23	10	2021	6	0
Limón	10/23/2021	44492	2	23	10	2021	6	0
Pistacho	10/23/2021	44492	2	23	10	2021	6	0
Ron pasas	10/24/2021	44493	1	24	10	2021	7	0
Manzana al Horno	10/24/2021	44493	1	24	10	2021	7	0
Frutilla	10/24/2021	44493	3	24	10	2021	7	0
Frutilla	10/24/2021	44493	1	24	10	2021	7	0

Anexo E: Tabla de resumen de parámetros usados y cantidades determinadas en el modelo

Q,R para cada uno de los sabores de helado.

Producto	Demanda Media Anual	Desviación Anual	I	c	h	K	Q	Q int	Servicio Tipo 2			Servicio Tipo 2			T
									alpha	R	R bolitas	alpha	R	R bolitas	
Chocomenta	8.032	0.853	0.15	\$19.20	\$12.88	\$1.00	1.12	2	0.95	0.35	14	0.8	0.25	11	7
Chocolate	21.288	1.856	0.15	\$19.14	\$12.87	\$1.00	1.82	2	0.95	0.83	34	0.8	0.63	26	4
Manzana al Horno	6.245	1.570	0.15	\$21.37	\$13.21	\$1.00	0.97	1	0.95	0.48	20	0.8	0.30	13	8
Vainilla	5.339	0.802	0.15	\$18.82	\$12.82	\$1.00	0.91	1	0.95	0.29	12	0.8	0.20	8	9
Pistacho	8.589	0.991	0.15	\$20.19	\$13.03	\$1.00	1.15	2	0.95	0.39	16	0.8	0.28	12	7
Stratociella	1.045	0.590	0.15	\$19.51	\$12.93	\$1.00	0.40	1	0.95	0.15	7	0.8	0.09	4	20
Ron Pasas	6.291	0.796	0.15	\$19.97	\$13.00	\$1.00	0.98	1	0.95	0.30	13	0.8	0.21	9	8
Chicle	5.595	1.222	0.15	\$18.75	\$12.81	\$1.00	0.93	1	0.95	0.39	16	0.8	0.25	11	9
Alfajor	4.109	0.492	0.15	\$20.15	\$13.02	\$1.00	0.79	1	0.95	0.19	8	0.8	0.14	6	10
Marmoleado	9.309	0.949	0.15	\$23.12	\$13.47	\$1.00	1.18	2	0.95	0.40	16	0.8	0.29	12	7
Guanabana	3.041	0.428	0.15	\$17.53	\$12.63	\$1.00	0.69	1	0.95	0.16	7	0.8	0.11	5	12
Mora	26.998	1.931	0.15	\$18.03	\$12.71	\$1.00	2.06	3	0.95	0.96	39	0.8	0.74	30	4
Naranja	5.896	1.628	0.15	\$16.87	\$12.53	\$1.00	0.97	1	0.95	0.48	20	0.8	0.30	13	9
Limon	3.807	0.467	0.15	\$18.03	\$12.71	\$1.00	0.77	1	0.95	0.18	8	0.8	0.13	6	11
Mandarina	4.341	0.820	0.15	\$18.03	\$12.71	\$1.00	0.83	1	0.95	0.27	11	0.8	0.18	8	10
Taxo	1.857	0.543	0.15	\$18.03	\$12.71	\$1.00	0.54	1	0.95	0.16	7	0.8	0.10	4	15
Maracuya	6.105	1.030	0.15	\$17.03	\$12.56	\$1.00	0.99	1	0.95	0.35	15	0.8	0.24	10	8
Coco	5.595	0.700	0.15	\$18.32	\$12.75	\$1.00	0.94	1	0.95	0.27	11	0.8	0.19	8	9
Frutilla	7.823	0.739	0.15	\$18.03	\$12.71	\$1.00	1.11	2	0.95	0.32	13	0.8	0.24	10	7
Chocolate Cake	3.227	0.446	0.15	\$19.74	\$12.96	\$1.00	0.71	1	0.95	0.16	7	0.8	0.11	5	11