



# UNIVERSIDAD MODELO

## ESCUELA DE INGENIERÍA

### INGENIERÍA INDUSTRIAL LOGÍSTICA

QUINTO SEMESTRE

Proyecto Integrador "Producción de Limonadas"

#### Materias

32511-Aprovisionamiento; 32521-Control de la Calidad; 32531-Investigación de Operaciones II; 32541-Ecosistema y Empresa; 32551-Programación y Control de la Producción; 32561-Finanzas; 32571-Gestión de Servicios; 32581-Proyectos V

#### Alumnos

Bernardo Vite Yoselin

García Almaguer Aline Angelica

Morales Plancarte José Saul

Ordaz Rosado José Andrés

Paz Alpuche José Carlos

Peniche Lara Francisco José

Santos Sarmiento Rene

Vázquez Navarrete Rebeca Isis

Mérida, Yucatán. Agosto-Diciembre 2023

## INDICE

Resumen.....	3
Abstract.....	4
Introducción .....	5
<b>Antecedentes .....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivo General .....</b>	<b>6</b>
<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>6</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>7</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>7</b>
Descripción del Escenario Actual .....	8
Ingeniería de Manufactura .....	9
Contenido Específico por Materia .....	9
<b>Programación y Control de la Producción .....</b>	<b>9</b>
Proceso de Producción.....	9
Pronósticos de la Demanda Externa .....	14
Capacidades de Producción .....	18

## **Resumen**

El proyecto está enfocado a la fabricación de limonadas refrescantes, teniendo como antecedente el estudio de un proceso para planificar y realizar una línea de producción y con el producto final, satisfacer las necesidades de hidratación de los asistentes a la Expotrónica diciembre 2023 de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Modelo. El trabajo que se presenta es realizado por alumnos de quinto semestre de la carrera de Ingeniería Industrial Logística en la misma universidad. Este proyecto abarca diversas áreas de conocimiento y materias. Para ejecutar la línea de producción de las limonadas, es necesario la creación de la construcción de un proceso específico a partir de los diagramas de flujo y ejecutándolos, mientras se toma los tiempos y los problemas que se traducen como áreas de mejora para el proyecto. El proyecto surge de las problemáticas más comunes en el evento de la Escuela de Ingeniería, entre ellos la hidratación de los asistentes. La base que sustenta este proyecto es el aprendizaje colaborativo y el análisis de la respuesta del evento con el proyecto ejecutado.

## **Abstract**

The project is focused on the production of refreshing lemonades, based on the study of a process to plan and carry out a production line, with the final product aimed at meeting the hydration needs of attendees at the Expotrónica event in December 2023, hosted by the School of Engineering at Universidad Modelo. This project is carried out by fifth-semester students majoring in Industrial Logistics Engineering at the same university. It encompasses various areas of knowledge and subjects. To execute the lemonade production line, it is necessary to create a specific process based on flowcharts, implement it, while recording the times, and identifying issues that translate into areas for improvement for the project. The project arises from the most common issues faced at the School of Engineering event, including attendee hydration. The foundation of this project lies in collaborative learning and analyzing the event's response to the executed project.

## Introducción

El Proyecto Integrador para el quinto semestre de Ingeniería Industrial Logística, consiste en la simulación de la creación de una empresa especializada en la producción de bebidas, establecer la línea de producción y desarrollar toda la metodología de control y desarrollo de la empresa.

## Antecedentes

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) en México, para el año 2014, los hogares del territorio, destinaron \$2,250 pesos en promedio al año, en la adquisición de bebidas no alcohólicas, como refrescos, agua (natural y mineral), y jugos. (Chapa, J; Flores, D; Zúñiga L; 2015). De la misma forma, Tetra-Pak, empresa especializada en la fabricación de empaques sustentables, reportó que, durante el primer bimestre del 2015, los jugos y néctares representaron el 26% del volumen de la categoría de Jugos, Néctares y Bebidas de frutas sin gas, pero representaron el 40% del valor total de la categoría, la cual asciende a un volumen de más de 2 mil millones de litros y un valor superior a los 30 mil millones de pesos.

En la ciudad de Mérida, Yucatán, se localizan plantas que se encargan de procesar diversos frutos y convertirlos en concentrados o jugos para la venta al público, como es Jugos Patagonia S.A. de C.V., Jugos Noble y DELLI, sin embargo la mayoría del mercado de jugos en Mérida está ocupado por marcas transnacionales, como Coca-Cola con Jugos del Valle, Jugos JUMEX perteneciente al grupo GEPP, por lo que las marcas locales, no representan un peso importante en el sector del giro de los jugos naturales.

Para el tema de las materias primas necesarias para la fabricación de jugos naturales, Yucatán, aporta el 2.8% de la agricultura total de México. Los productos que se cultivan en el estado que pueden ser aprovechados para la fabricación de jugos se encuentra la naranja y limón.

(SAGARPA, 2022). La región citrícola del estado, se haya en el cono sur, conformada por los municipios de Akil, Dzan, Maní, Oxfutzcab y Ticul, aquí se produce el 45.6% de todos los cítricos que se cultivan en el estado. Un reporte de la SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) en 2022 informo que la producción de naranjas en Yucatán fue de 185 mil toneladas y 99 mil toneladas de limón y de acuerdo con la Representación de la secretaria de Agricultura de Yucatán, solamente el 10% de toda la cosecha de cítricos se destina a preparar jugos, lo demás se vende a intermediarios que lo llevan al cliente final. (Arguelles, C. 2023). Esto demuestra el gran potencial con el que cuenta el Estado de Yucatán en el tema de la producción de jugos y posicionar marcas yucatecas que representen un ingreso para las familias de la región.

### **Objetivo General**

Producir una bebida que hidrate a los asistentes de la Expotrópica 2023 de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Modelo.

### **Objetivos Específicos**

Desarrollar una limonada refrescante en botellas de plástico de 500 ml, para repartir/vender durante la realización de la Expotrópica 2023.

Definir y crear un diseño atractivo que agrade a los asistentes y que se utilice en el etiquetado de las botellas.

Definir el precio base para la posible venta de las botellas de limonada de 500 mililitros en la Expotrópica 2023.

## **Justificación**

La Expotrónica de la Escuela de Ingeniería en la Universidad Modelo, es un evento que se realiza durante el día, donde se exponen los proyectos y trabajos más importantes del semestre de los estudiantes de ingeniería, además de esto se cuenta con la presencia de los profesores, jueces que evalúan los proyectos, medios de información y público en general. Debido al clima caluroso de la ciudad de Mérida, es fácil observar que los asistentes sufren de deshidratación por el exceso de este, por lo que los presentes en el evento buscan agua para hidratarse y debido a la gran afluencia de personas, el agua no da abasto a todos.

Analizando este problema se tomó la decisión que, para la Expotrónica de este año, se planea y realiza un agua de limonada fresca con limón 100% natural y con una presentación de 500 mililitros.

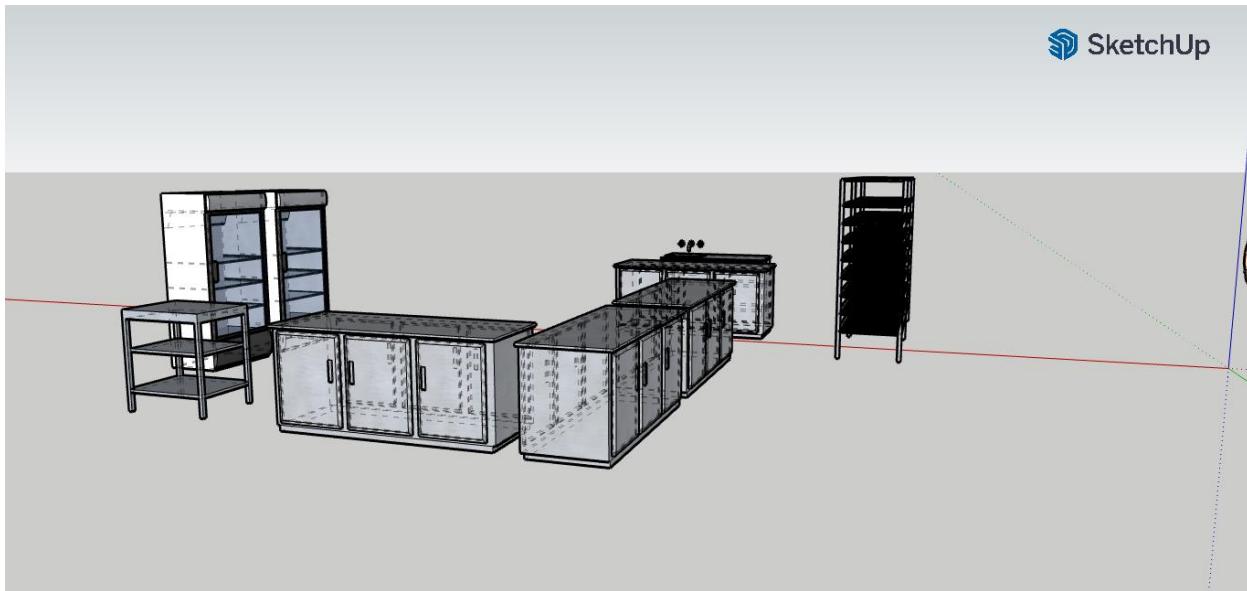
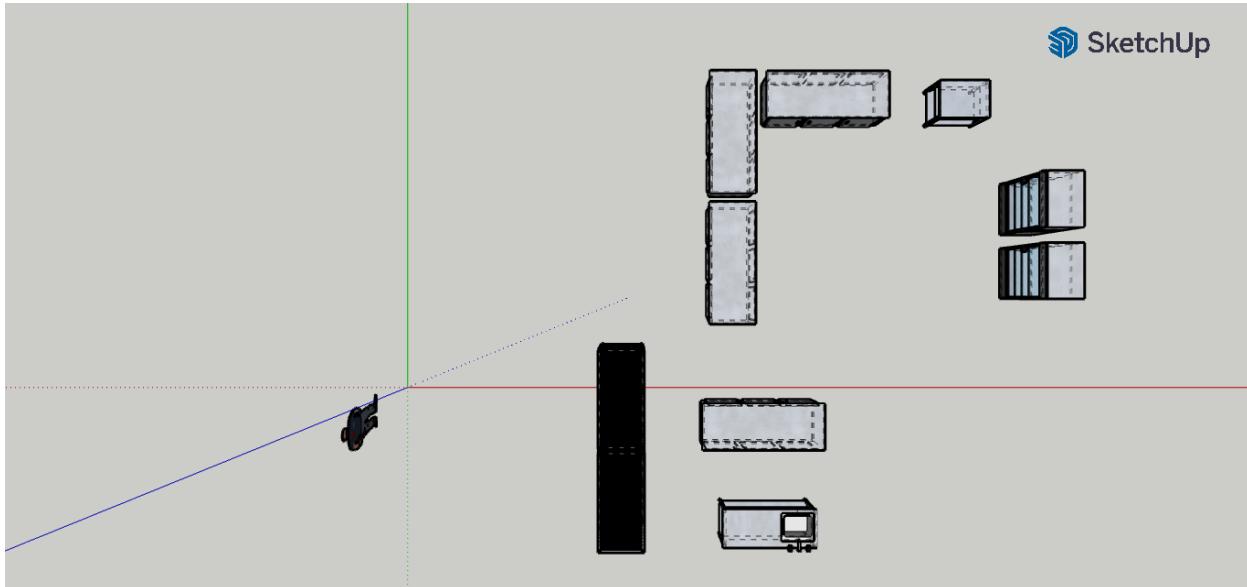
Esto es beneficioso para ambas partes; los concurrentes del evento pueden disfrutar de una limonada fresca y con la capacidad de hidratarlos, como para los alumnos de quinto semestre de la carrera de Ingeniería Industrial Logística que se logre armar la línea de producción y aplicar toda la metodología de la planeación y control de la producción.

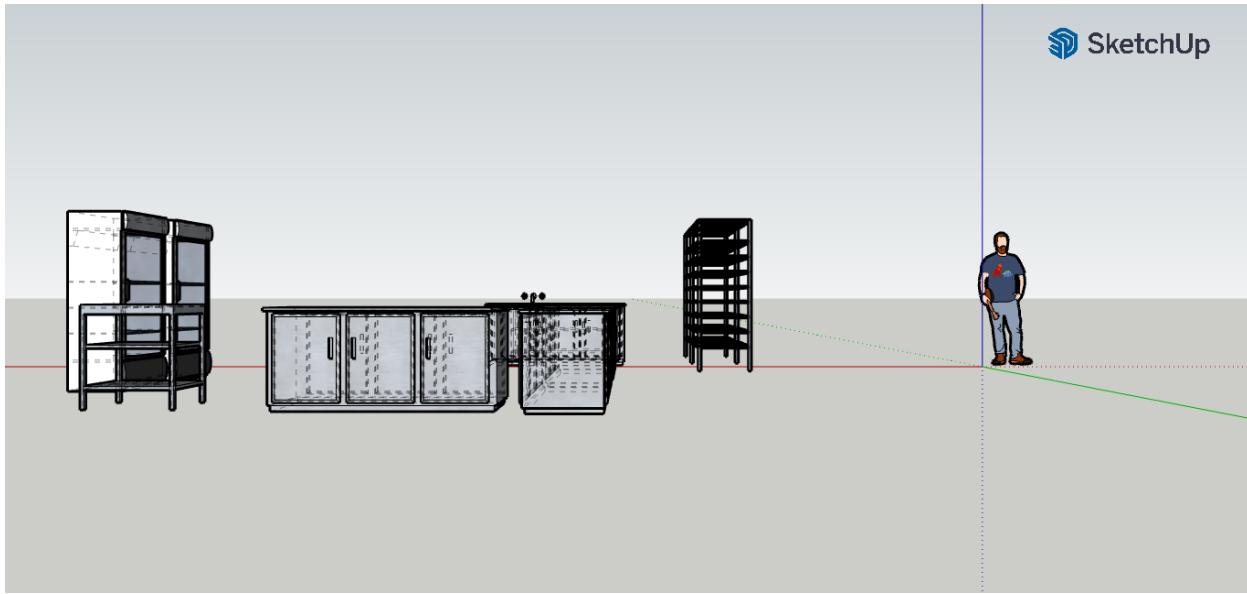
## **Alcance**

La simulación de la constitución de una empresa procesadora de jugos (limonada), ubicada en Mérida, Yucatán. Para la Expotrónica 2023, de la Universidad Modelo, se producirán y venderán 150 limonadas (Pronostico) para satisfacer las necesidades de hidratación de los asistentes del evento. La limonada, tiene una presentación de 500 ml en botellas de PET y con una etiqueta de medidas 25 cm x 4 cm, con un diseño atractivo y que presente el producto que se vende. El proyecto puede presentar restricciones como la subida en el costo por kilo de limón

debido a la temporada invernal y garantizar la inocuidad del producto y del proceso para ofrecer una limonada de calidad.

### Descripción del Escenario Actual





## Ingeniería de Manufactura

### Contenido Específico por Materia

#### Programación y Control de la Producción

##### Proceso de Producción

A lo largo de esta sección, se abordará la descripción total del proceso de producción de las limonadas que se repartirán en la Expotrópica de la Escuela de Ingeniería, en su edición 2023.

##### *Descripción del producto*

El producto en cuestión, consiste en una limonada 100% natural, de ingredientes zumo de limón sin semilla, azúcar refinada y agua embotellada. La limonada esta formulada con las siguientes especificaciones: para 3 litros de limonada, es necesario contar con 3 litros de agua, 125 ml de zumo de limón y 175 gr de azúcar refinada. Con esta formulación, se obtiene un sabor de limonada agradable para el consumidor promedio, ya que entrega un sabor concentrado a limón, pero con un toque dulce que ayuda a disfrutar de la limonada. A demás, para el evento, la limonada se entregará fría, para poder satisfacer al consumidor en mitigar su sensación de calor.

El envase que se ha elegido para contener la limonada, son botellas de tereftalato polietileno (PET), que es un tipo de plástico fuerte, flexible y, además, 100% recicitable, de capacidad de 500 ml. A la botella de PET la acompaña una tapa de plástico del mismo material que ayuda a mantener cerrado la botella y preservar la inocuidad de la bebida.

La etiqueta del producto, lleva consigo, la marca y el logo que distingue a la empresa que se hace alusión con esta práctica, la tabla nutrimental y los sellos que, por regulación mexicana, en cuanto a temas de salud, se debe colocar en la etiqueta, en caso que la bebida, exceda algún límite de ingrediente, que sea nocivo en exceso para el consumidor.

Para garantizar que las bebidas permanezcan frías durante la expotronica 2023, se contará con neveras y hielo de grado alimenticio, adicionado con sal fina para potenciar el frío de este, y así garantizar la temperatura adecuada para el consumidor final.

#### *Descripción del proceso*

El proceso de elaborar limonadas, está dado por una serie de pasos específicos que culminan con el producto final.

El primer paso del proceso, consiste en un control e inspección de todo el proceso, en este se establecen los requerimientos de la materia prima y los materiales que se necesitan para la elaboración, en esta etapa, se garantiza la calidad de todo lo que se involucra para preparar las limonadas, posterior a este, se tiene el almacén de materias primas, para este punto se procesa toda la materia prima, materiales y herramientas y se resguardan en caso de ser necesario, de igual manera, se toma en cuenta la parte de finanzas y facturas de todo el proceso.

Se prosigue al proceso de desinfección y lavado, en esta fase, se desinfecta todo, materia prima, limones, herramientas, como cuchillos, tasas medidoras, cucharas y materiales, jarras, las

botellas de PET, con una solución de Hipoclorito al 2%. Todas las materias e insumo a desinfectar se mojan con agua que contengan la mezcla, se deben enjuagar muy bien, para garantizar que estén limpios y poder lograr una limpieza integra y evitar contaminación cruzada, que culmine en problema de salud, como la colera, hepatitis A, tifoidea, etc., con el consumidor final. Todo se pone a secar con el aire del ambiente. El proceso continuo con el corte los limones necesarios para producir el lote de limonadas (el tamaño de lote se define más adelante). Los limones se cortan por la mitad, para poder aprovechar todo el limón y que entre en el exprimidor que se usa en la siguiente fase. La estación está configurada por dos áreas de corte para agilizar la tarea y evitar los cuellos de botella, por lo que es necesario contar con dos cuchillos de acero inoxidable con suficiente filo y dos tablas de plástico limpias para el corte.

La estación de exprimido, consiste, en tomar los limones, previamente partidos por la mitad y con un exprimidor manual de plástico, se extrae todo el zumo de la mitad del limón. Cada fruto, contiene aproximadamente de 3 a 5 mililitros de jugo. El zumo extraído, se va depositando en un contenedor de plástico. De nuevo, este proceso cuenta con dos estaciones, es decir, dos exprimidores, para agilizar la tarea. Este proceso, también se encarga de manejar los residuos que se originan después de exprimir el limón, para garantizar que el proyecto sea ecológico, en la medida de los posible, las cascaras serán aprovechadas como compostas para algún jardín, convirtiéndolos en composta. Continuando con la formulación de la limonada, se transporta el zumo de limón y se miden todas las cantidades necesarias. Para empezar, en una jarra, se vierte el agua necesaria para preparar la limonada, 3 litros de agua potable. Con ayuda de una báscula digital se pesan los 170 gr de azúcar refinada y con una taza medidora graduada se mide la cantidad de zumo necesaria, 125 ml de zumo de limón. Primero se añade el zumo de limón y posteriormente el azúcar, con este se asegura de contar una limonada homogénea. Hay

que asegurarse de revolver muy bien con una cuchara de plástico de cocina grande. Es importante mencionar, que, al momento de la elaboración de este documento, solo se cuenta con una jarra para la formulación.

El envasado inicia una vez, que se recibe la jarra de 3 litros de limonada del proceso anterior, y con ayuda del único embudo con el que se cuenta, se van llenado las botellas que previamente fueron desinfectadas. Para asegurarse que cada botella contenga la cantidad adecuada de líquido, 500 ml, la primera botella, se llena con 500 ml de limonada, que se midió con una taza medidora, esta botella, se marca con un plumón negro, la altura exacta, donde llega el líquido que representan los 500 ml de limonada que debe tener cada botella. Se usa como muestra para el resto del envasado. En las últimas práctica de laboratorio que se han realizado, el envasado ha sido manual, con el procedimiento descrito, sin embargo, se espera contar con una maquina envasadora semiautomática que cuente con sensores que midan la cantidad exacta. Las ventajas de contar con un equipo de este tipo, es minimizar el tiempo de llenado y minimizar la variación de líquido entre botella y botella. Una vez llena la botella, se cierra manualmente. Por último la fase de etiquetado, se coloca una pequeña etiqueta de 4.5x7.5 cm, en la botella con la información del lote de producción (lote 1, lote 2, etc.), la fecha y la hora de elaboración, esto para poder tener un control de la fecha de caducidad y poder ofrecer un producto fresco y con buenas cualidades (sabor).

Es importante mencionar que, en todo el proceso, no es necesario contar con una persona o personas encargadas de inspeccionar el proceso, ya que cada estación se encarga de la calidad de su proceso y como se mencionó anteriormente, antes de iniciar con toda la producción, ya existió un control de calidad, antes de ingresar la materia prima, herramientas y materiales a la

línea de producción. Con este se ahorra tiempo y esfuerzo, además de que se garantiza que cada persona y estación involucrada, trabaja con calidad.

Un diagrama de flujo se trata de un gráfico compuesto por distintos tipos de figuras geométricas y líneas, acompañadas de texto. Es sintético, secuencial y estructurado. Su rol

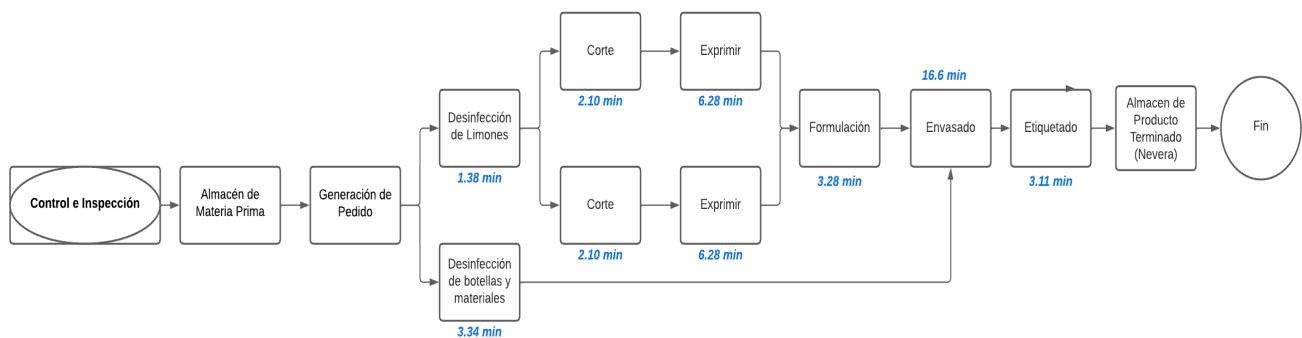


Imagen 1. Diagrama de Flujo para la elaboración de limonada

principal es representar de manera fácil y concreta un proceso complejo, por lo que a continuación se presenta el diagrama de flujo de la preparación de limonada.

Como puede observarse en el diagrama de flujo, el tiempo total para producir un lote de limonada, consta de 31.9 minutos efectivos. De igual manera, se puede identificar el cuello de botella; esta presenta en la estación de envasada, con un tiempo de 16.6 min.

### Justificación

La justificación del proyecto, presenta la importancia y el alcance que esta producción de limonadas tiene durante la Expotrópica 2023 y con los conocimientos de las materias relacionadas.

La Expotrópica, es un evento de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Modelo, es un evento, donde las seis ingenierías de la escuela, exponen los proyectos, carteles y exposiciones más importantes del semestre. A demás de los alumnos, se cuenta con la presencia de los

maestros de la Escuela de Ingeniería, jueces, e invitados (medios de comunicación y empresas). Debido al clima caluroso de la ciudad de Mérida, Yucatán, en años anteriores, ha sido muy visible el efecto del calor sobre los asistentes al evento. Siempre están en busca de alguna bebida refrescante en las instalaciones de la escuela.

Debido a esto, se ha optado por la elaboración de limonadas, con el propósito de suplir la necesidad de refrescar con una bebida fría a los asistentes de la expotrópica 2023. Desde la perspectiva técnica y de ingeniería, la producción de limonada, pone a prueba los conocimientos de diferentes materias de la carrera de Ingeniería Industrial Logística, como Programación y Control de la Producción, Control de la Calidad, Finanzas, Investigación de Operaciones II, Aprovisionamiento, Ecosistema y Empresa, Proyectos V y Gestión del Servicio.

#### Pronósticos de la Demanda Externa

El proceso de pronosticar la demanda, se puede definir como la ciencia que predice la demanda futura para un bien, componente o servicio en concreto, con base de datos históricos o estimados del mercado. Los pronósticos son parte importante de los sistemas de planeación de las empresas, ejercen gran influencia para determinar factores claves de procesos como la capacidad instalada y requerimientos financieros. Durante el capítulo dos, se desarrollará el pronóstico de demanda para la fabricación de limonada para la Expotrópica de la Escuela de Ingeniería y un caso simulado, donde se aplica la metodología estadística para los pronósticos.

#### *Demandas para evento de Expotrópica 2023*

Como se ha mencionado, la Expotrópica 2023, que se realiza en la Escuela de Ingeniería, es un evento donde, los alumnos de ingeniería exponen sus trabajos del semestre. Se requiere pronosticar la asistencia a la Expotrópica del semestre Agosto-Diciembre 2023, para poder asignar la cantidad de limonadas a producir para el evento, para esto se cuentan con los datos

históricos del total de alumnos inscritos a cada semestre, los que participan en el evento y el porcentaje de participación desde el año 2018.

Semestre	Alumnos inscritos al Semestre	Alumnos Participando en la Expotrópica	Porcentaje de Participación
Enero-Julio 2018	470	287	61%
Agosto-Diciembre 2018	507	284	56%
Enero-Julio 2019	487	287	59%
Agosto-Diciembre 2019	562	337	60%
Enero-Julio 2020	526	<b>Pandemia COVID-19</b>	0%
Agosto-Diciembre 2020	533	<b>Pandemia COVID-19</b>	0%
Enero-Julio 2021	509	<b>Pandemia COVID-19</b>	0%
Agosto-Diciembre 2021	502	276	55%
Enero-Julio 2022	477	256	54%
Agosto-Diciembre 2022	498	274	55%
Enero-Julio 2023	475	304	64%
Agosto-Diciembre 2023	485	<b>Pronostico</b>	<b>Pronostico</b>

*Tabla 1. Datos históricos para el pronóstico de la asistencia a la Expotrópica 2023*

Como se puede observar en la tabla, el periodo de Enero-Julio 2020 hasta Enero-Julio 2021, no se realizo el evento debido a la Pandemia de la COVID-19 que atravesaba Mérida, por lo que esos tres periodos, no se tomaran en cuenta para el pronóstico, debido a que son situaciones extraordinarias que afectan el resultado de una manera negativa, ya que no representan situaciones reales de cada semestre y fue un evento único.

Para el calculo del pronostico se aplicaron cuatro tipos de pronósticos de series de tiempo: Promedio Móvil Simple a tres periodos. Promedio Móvil Ponderado a tres periodos, Suavizado Exponencial con alfa de 0.1 y Regresión Lineal Simple.

La primera metodología consiste en la media aritmética de los tres periodos anteriores inmediatos al que se quiere pronosticar, este tipo de pronóstico, es practico para patrones de demanda (o asistentes en este caso) aleatoria o niveles donde se pretende eliminar errores en los pronósticos de los periodos. El Promedio Móvil Ponderado, muy parecido al Móvil Simple, solo

que ahora se le asigna un valor o peso de importancia a cada periodo, de acuerdo al criterio de cada empresa u organización. Es una práctica regular aplicar el factor de ponderación mayor al dato más reciente, para este ejercicio el semestre más cercano tiene un valor de 0.40 y los dos últimos un valor de 0.30. que suman el 100% para aplicar el modelo. La Suavización Exponencial busca reducir las fluctuaciones en los datos y conseguir observar una tendencia, que muchas veces no es clara o vista a simple vista, es necesario contar con un factor de suavización *alfa* expresado en decimal hasta el 1. Por ultimo la Regresión Lineal Simple trata de explicar la relación que puede existir entre la variable dependiente (la demanda) y la independiente (el tiempo), se necesita la formula  $Y=ax+b$ , donde x corresponde al periodo que se busca pronosticar.

A demás de calcular los pronósticos, se medirán la Desviación Media Absoluta (MAD) y el Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE), ambos miden el error de pronóstico, y ayuda a la toma de decisión por la mejor metodología, la que más se acerque a la realidad de lo que se espera.

Para facilitar la información se presenta una tabla con el pronóstico de asistencia a la Expotrópica de Diciembre 2023, junto con los dos errores.

Método	Pronóstico para la Expotrópica 2023	MAD	MAPE
Pronóstico Simple Móvil a 3 Periodos	296	28.600	9.2116%
Pronóstico Simple Ponderado a 3 Periodos (0.3, 0.3, 0.4)	298	28.600	9.206%
Pronóstico de Suavizamiento Exponencial ( $a=0.1$ )	293	13.000	4.077%
Pronóstico de Regresión Lineal Simple	305	14.625	4.767%

*Tabla 2. Resultados del Pronostico y errores*

Como se observa en la tabla 2, el mejor método para pronosticar los asistentes a la Expotrónica Diciembre 2023, es la suavización exponencial con un alfa de 0.1, ya que cuentan con la MAD (13.0) y MAPE (4.077%) más bajos en comparación a los demás valores de error de los otros pronósticos que se presentaron en la tabla. Se pronostica la asistencia de 293 alumnos, sin embargo, para el caso práctico que se está realizando, el equipo de trabajo se compromete a cumplir con el 51.19% del pronóstico (150 limonadas) para producir en el día del evento.

*Demand Recurrente para una producción constante: caso simulado*

A continuación, se presenta un caso simulado de demanda recurrente para una empresa de bebidas.

La empresa de “Rica Agua” produce botellas de horchata para beber de presentación de 500 ml. Mide la demanda de botellas de horchata cada mes. La empresa busca pronosticar la demanda que debe producir para el mes doce. Se presentan los datos históricos de los 11 meses anteriores.

Mes	Demand de botellas de horchata
1	300
2	125
3	200
4	250
5	400
6	280
7	190
8	420
9	360
10	295
11	410
12	<b>Pronostico</b>

*Tabla 3. Datos de Demanda de Botellas de Horchata*

La empresa utiliza dos pronósticos, el Promedio Móvil Simple a cuatro meses y el Suavizado Exponencial con alfa de 0.3. Se debe terminar el mejor método de pronóstico que debe seguir la empresa de bebidas.

Se presenta una tabla con los pronósticos y errores de cada método.

<b>Método</b>	<b>Pronostico</b>	<b>MAD</b>	<b>MAPE</b>
Promedio Móvil Simple a 4 periodos	371	85.57	25.67%
Suavización Exponencial con alfa 0.3	343	70.17	29.13%

*Tabla 4. Resultados del Pronóstico para la Empresa*

Se muestran los pronósticos utilizando los dos métodos que aplica la empresa de bebidas y con base en ellos se determina que el método de promedio móvil simple a 4 periodos es mejor, aun que su MAD es mayor (en un 21.9%), el Error Porcentual Medio Absoluto es menor en un 13.47% y este determina la exactitud de los datos que se presentan, por lo que la empresa de “Rica Agua” determina que el pronóstico de demanda para el mes doce es de 371 botellas de horchata de 500 ml. Con este resultado pueden ajustar su fuerza de trabajo y su capacidad instalada.

#### Capacidades de Producción

La capacidad es el volumen máximo que una empresa puede producir o unidades que puede almacenar, recibir o alojar en un lugar y en un tiempo específico. La capacidad ayuda a determinar si la organización cumplirá la demanda o si las instalaciones estarán disponibles. Un sistema productivo es planeado a largo, mediano y corto plazo. En este sentido las decisiones a nivel estratégico, táctico y operativo son de gran importancia para la capacidad. En esta sección

se presentan las restricciones de capacidad que presenta la producción de las botellas de limonada, aplicando la TOC y los cuellos de botella del proceso.

#### *Mediciones de capacidad bajo el enfoque de la Teoría de Restricciones*

La Teoría de Restricciones (TOC), es el conjunto de conocimientos que trata de todo lo que limita o restringe la capacidad de una empresa para alcanzar sus metas. Existen limitaciones físicas o no físicas. A través de la identificación de las restricciones, se busca optimizar la utilización de los recursos y maximizar los resultados. Se trata, pues, de un sistema de mejora continua a implementar en una organización con problemas de desarrollo o productividad.

#### *Cuello de Botella*

Se puede entender por cuello de botella, la operación en un proceso que funge como el factor que limita o retrasa a todo el proceso. Se hace alusión a un cuello de botella literal que restringe el flujo constante y rápido en el sistema de producción, limita su salida. En la producción, el cuello de botella adquiere la capacidad efectiva mas baja de la operación, y es la estación menos productiva. A demás determina el ritmo de todo el proceso, ya que el cuello de botella es el tiempo de trabajo más lento. Para la producción de botellas de limonada, se realizó en las prácticas de simulación, el estudio del proceso, para determinar el o los cuellos de botella y como se puede observar en la Imagen 1, el cuello de botella del proceso se ubica en la estación “Envasado” con un tiempo del 16.6 minutos de los 31.9 minutos que dura todo el proceso para hacer un lote de 40 botellas de limonada, es decir ocupa un tiempo del 52.03%.

Para el proceso de las producción de un lote de limonadas, se utilizan a ocho operarios, una persona se encarga del almacén de materia prima y su control de la calidad de todos los insumos y materiales, una segunda persona, tiene la tarea de la desinfección de todo lo que se requiere la producción (limones, botellas, herramientas), se pasa al área de corte, aquí se tienen

dos operarios, la estación tiene un tiempo de 2.10, pero al tener dos estaciones, el tiempo efectivo es de 1.05 min, se continua con la estación “Exprimir” de nuevo con dos operarios, en dos estaciones, el tiempo de 6.28 minutos, cae a solo 3.14 minutos efectivos. La estación formulación, con un operario y un tiempo de 3.28 minutos, la estación cuello de botella de todo el proceso “Envasado” con un tiempo de 16.6 min y un solo operario y el etiquetado con 3.11 min y un operario. Al estudiar a fondo la estación cuello de botella, se puede observar limitaciones físicas, ya que se podrían reubicar a otro operario en esta estación para disminuir el tiempo a la mitad o conseguir más herramientas, en este caso jarras de llenado, para agilizar el proceso y disminuirlo, volviendo más productiva toda la línea de limonadas.

#### *Utilización*

Un cuello de botella en cualquier proceso, se usa para determinar la capacidad que tiene la línea de producción de “sacar” producto. Se calcula con el tiempo del cuello de botella entre tiempo total de trabajo al día entre el tiempo del cuello de botella. Suponiendo que en para la producción de botellas se disponen de 8 horas de trabajo al día, es decir 480 minutos efectivos, se calcula su utilización.

Utilización del Cuello de Botella			
Tiempo de Trabajo al día (min)	80	Capacidad del proceso	9
Tiempo del Cuello de Botella (min)	6.6		

*Tabla 5. Utilización del Cuello de Botella*

Como se puede observar en la tabla 5, la capacidad de producción de acuerdo al cuello de botella, en 8 horas de trabajo, es de 29 lotes de 40 botellas de limonada. Se puede deducir que el proceso de envasado absorbe mucho tiempo de toda la línea de producción. En caso que la

empresa desee, optimizar el cuello de botella con dos operarios en la estación, la nueva capacidad del proceso se vería de la siguiente forma.

Utilización del Cuello de Botella			
Tiempo de Trabajo al día (min)	80	Capacidad del proceso	
Tiempo del Cuello de Botella (min)	.3		<b>8</b>

*Tabla 6. Reajuste en la capacidad del Proceso*

Agregando otro operario a la estación de envasado, se reduce el tiempo efectivo a la mitad, 8.3 minutos. Este cambio reajusta la capacidad en 58 lotes de botellas de limonada en un turno de 8 horas, es decir la capacidad de producción aumento en un 100%. Esto es un análisis que se puede aplicar a cada estación y determinar los cambios que favorezcan a la productividad de la línea.