



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y ORGANIZACIÓN
EMPRESARIAL

MODELOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN
ORGANIZACIONES EN CRECIMIENTO.

Por:
Rogelio José China Belisario

PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero de Producción.

Sartenejas, marzo de 2021



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y ORGANIZACIÓN
EMPRESARIAL

MODELOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN
ORGANIZACIONES EN CRECIMIENTO.

Por:
Rogelio José China Belisario

Realizado con la asesoría de:
Prof. Gerardo L. Febres.

PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero de Producción

Sartenejas, marzo de 2021



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

VICERRECTORADO ACADÉMICO
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
Coordinación de Ingeniería de Producción
y Organización Empresarial

ACTA DE EVALUACION DE PROYECTO DE GRADO

Código de la asignatura: EP5417

Modalidad:

A distancia (Sincrónica)*

A distancia (Asincrónica)**

Fecha: DD-04-2021

Nombre del estudiante: Rogelio J China B

Carnet: 07-40760

Título del proyecto: Modelos para la toma de decisiones en organizaciones en crecimiento.

Tutor: Prof. Gerardo L. Febres.

Jurados: Profesores Fernando Torre. Miguel Strefezza.

APROBADO REPROBADO INCOMPLETO

Observaciones:

El jurado examinador, **por unanimidad**, considera el proyecto de grado merecedor de la mención especial SOBRESALIENTE:

SI NO

En caso afirmativo, justifique su decisión en estricto cumplimiento del documento "Criterios para otorgar la mención especial en proyectos de grado y pasantías largas e intermedias"¹, aprobado por el Consejo Plenario 07-2015 del Decanato de Estudios Profesionales de fecha 15 de junio de 2015:

Presidente del Jurado: Prof. Fernando Torre
(CI)

Jurado: Prof. Miguel Strefezza (CI)

Tutor: Prof. Gerardo L. Febres. (CI) 5.299.797

Nota: Colocar los sellos de los respectivos Departamentos Académicos. Para jurados externos usar el sello de la Coordinación Docente. Este documento debe entregarse en original y sin enmiendas.

*Copia de la comunicación emitida por la **Comisión Permanente de Pedagogía Digital** donde se valida la presentación a distancia bajo la **modalidad Sincrónica****
Copia de la comunicación emitida por la **Comisión Permanente de Pedagogía Digital** donde se valida la presentación a distancia bajo la **modalidad Asincrónica**



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

VICERRECTORADO ACADÉMICO
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
Coordinación Ingeniería de Producción y
Organización Empresarial

**ACTA DE EVALUACIÓN DEL INFORME DE PROYECTO DE GRADO
A DEDICACIÓN EXCLUSIVA**

(Modalidad sin firma(s) autógrafa(s) de miembro(s) de jurado)

Nosotros, miembros del jurado designado por la Coordinación docente de Ingeniería de Producción y Organización Empresarial de la Universidad Simón Bolívar para evaluar el Proyecto de Grado a Dedicación Exclusiva presentado por el estudiante **Rogelio José China Belisario** C.I. N° **19.693.525** carnet USB N° **07-40760** bajo el título **Modelos para la toma de decisiones en organizaciones en crecimiento**, a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **Ingeniero de Producción** en la fecha indicada por la Coordinación para la evaluación del proyecto mencionado, hemos completado la lectura de su contenido y hacemos constar nuestra decisión de **aceptar el documento del informe correspondiente para su presentación a distancia** (Asincrónica). A partir de ello, se convoca al estudiante, **Rogelio José China Belisario**, para la defensa de su proyecto de grado a efectuarse en el momento y lugar indicados a continuación:

Fecha: DD/03 /2021

Hora: XX: XX am / pm

Plataforma utilizada: Google Meet.

Presidente del Jurado:
Prof. Fernando Torre (CI)

Jurado:
Prof. Miguel Strefezza (CI)

Tutor:
Prof. Prof. Gerardo L. Febres.
(CI) 5.299.797

Nota: Colocar los sellos de los respectivos departamentos académicos. Esta acta debe entregarse en original y sin enmiendas.



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y ORGANIZACIÓN
EMPRESARIAL

MODELOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN ORGANIZACIONES EN CRECIMIENTO.

PROYECTO DE GRADO

Realizado por: Rogelio José China Belisario
Con la asesoría de: Prof. Gerardo L. Febres.

RESUMEN

En este trabajo se aplica un conjunto de herramientas y métodos cuantitativos para dar soporte a la toma de decisiones y así propiciar el crecimiento en las organizaciones. Se reconocen tres áreas medulares para alcanzar este objetivo: Comercialización, Producción y Finanzas. En estas áreas se identifica el mayor potencial de crecimiento de las empresas. Para el levantamiento de data e información de este trabajo se contó con el apoyo de la empresa Arepazone situada en Washington DC, USA, empresa que cumple con las características de ser una organización en crecimiento. Se detectaron tres decisiones típicas relevantes para la aplicación de herramientas y métodos cuantitativos. El Proceso de Análisis Jerárquico se aplicó para contratación de personal. El análisis de la diversidad de productos por transacción y el análisis de agrupamiento (clústeres) en la distribución de las transacciones por su monto y diversidad se aplicó para la descripción del patrón de consumos de los clientes. La aplicación de la programación lineal se aplica resuelve el mejor aprovechamiento de los productos de temporada. Se recomienda adoptar de manera firme los métodos cuantitativos para la toma de decisiones en las organizaciones, formando así una base objetiva que soporta y orienta los esfuerzos de la organización.

Palabras clave: toma de decisiones, métodos cuantitativos, organizaciones en crecimiento, estadística descriptiva, diversidad, agrupamiento, análisis de clústeres, k-means, programación lineal, análisis jerárquico de prioridades.

AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS

A la Universidad Simón Bolívar y su comunidad que buscan la excelencia en la formación de sus estudiantes.

A Arepazone por la confianza y el apoyo que sustenta este trabajo.

A mi familia y amigos por su apoyo incondicional.

¡GRACIAS!

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
Justificación	1
El Problema	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Organización en crecimiento.....	4
1.2 Áreas de Decisión.....	4
1.3 El problema	5
2. MÉTODOS	6
2.1 Dinámica de Diagnóstico.....	6
2.2 Diversidad.....	8
2.3 Histogramas de frecuencia.....	9
2.4 Análisis de Clúster.....	11
2.5 Proceso de Análisis Jerárquico	16
2.6 Programación Lineal.....	22
2.6.1 Modelo de optimización aplicado a Arepazone.	24
3. RESULTADOS	27
3.1 Análisis de Diversidad en las transacciones.....	27
3.2 Análisis de Clúster con <i>k-means</i>	30

3.3 Aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico	34
3.4 Modelo de Optimización	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS	44
APÉNDICES	46
Anexo 1: Código de R para visualizar perfiles de consumos y Clústeres	46
Anexo 2. Cálculo de AHP en <i>Microsoft Excel</i> utilizado para selección de personal.	47
Anexo 3. Aplicación de <i>SOLVER</i> en <i>Microsoft Excel</i> : Optimización de pedidos de hallacas en temporada <i>Holiday</i>	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Métodos aplicables a las decisiones organizadas según las correspondientes áreas de decisión de Arepazone.....	7
Tabla 2.2 Características de la norma de Distancia Euclidiana.....	14
Tabla 2.3 Escala fundamental para las comparaciones pareadas en el método AHP.....	19
Tabla 3.1 Medidas descriptivas para la Diversidad en Transacciones.	28
Tabla 3.2 Fracción del total de ventas por Diversidad.	29
Tabla 3. 3 Medidas descriptivas de la distribución de los montos de las transacciones.	30
Tabla 3.4 Descripción de Clústeres para el año 2018.....	31
Tabla 3.5 Descripción de Clústeres para el año 2019.....	32
Tabla 3.6 Descripción de Clústeres para el año 2020.....	33
Tabla 3.7 Matriz de comparaciones pareadas de atributos para los cargos de Arepazone.....	35
Tabla 3.8 Matriz de comparaciones pareadas normalizada para atributos de cargos Arepazone.	35
Tabla 3. 9 Cálculo de consistencia de la matriz de comparaciones pareadas.....	36
Tabla 4.1 Síntesis de Métodos recomendados asociados a Áreas de desempeño en organización	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema general para la aplicación del método.	5
Figura 2.1 Ejemplo gráfico de Histograma de Frecuencias.....	10
Figura 2.2 Proceso de Análisis Jerárquico.....	17
Figura 2.3 Estructura de niveles para el Proceso de Análisis Jerárquico.	18
Figura 2.4 Escala de Jerarquías relativas.....	18
Figura 3.1 Distribución de Diversidad en las Transacciones para 2018, 2019 y 2020.	27
Figura 3.2 Gráficos de montos totales de transacciones por valor de diversidad.....	28
Figura 3.3 Distribución de transacciones según sus montos.	29
Figura 3.4 Clústeres para el año 2018 entre Montos (\$) y Diversidad (D).	31
Figura 3.5 Clústeres para el año 2019 entre Montos (\$) y Diversidad (D).	32
Figura 3.6 Clústeres para el año 2020 entre Montos (\$) y Diversidad (D).	33
Figura 3.7 Estructura de Jerarquía para selección de candidato para “Shift Manager”	35
Figura 3.9 Demanda histórica de Hallacas en el periodo <i>Holiday</i>	38
Figura 3.10 Proyección de Demanda de Hallacas en el periodo <i>Holiday 2021</i>	39
Figura 3.11 Demanda proyectada y órdenes de producción.....	40

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

El ser humano, como organismo vivo, se diferencia del resto por su capacidad para comprender su entorno y amoldarlo a sus necesidades. En este sentido, tomar decisiones de forma razonada forma parte fundamental para la supervivencia del ser humano. Así, la ciencia movida por la razón, es impulsora del desarrollo en la humanidad a lo largo de su historia.

La economía es la expresión de los intercambios que permiten el crecimiento en las sociedades.

Las empresas u organizaciones, entendidas como organismos diseñados con fines económicos son nuestro objeto de estudio, especialmente aquellas que buscan un crecimiento más allá de la supervivencia.

Desde su aparición el método científico ha impulsado el desarrollo y el crecimiento de la sociedad con sus medios de producción. Entendiendo las organizaciones en crecimiento como organismos que se encuentran en constante evolución y lucha por su supervivencia, es evidente que la aplicación de métodos basados en la ciencia para la gestión de las operaciones en áreas fundamentales conlleva a la prosperidad. En este caso particular, interpretado como la consecución de metas, sobretodo económicas, en expansión del negocio y flujo monetario.

Justificación.

Para Osorio y Orejuela [1] es claro que en el ambiente competitivo actual, las organizaciones enfrentan diariamente la toma de decisiones, tanto en el nivel estratégico como en el táctico, siendo muchas veces las consecuencias fundamentales para el éxito y la propia supervivencia de la misma. Cuando se enfrenta el proceso de toma de decisiones o selección de alternativas, generalmente se tienen múltiples objetivos, que se contraponen entre ellos, haciendo más complejo este proceso y generándose entonces la necesidad de una herramienta o método que permita comparar esos

múltiples criterios frente a la gama de alternativas posibles Las decisiones deben tomarse en todas las áreas de desempeño de la organización.

La meta es identificar líneas fundamentales para la toma de decisiones en organizaciones en crecimiento, y proponer una combinación de métodos cuantitativos y técnicas para conducir la toma de decisiones con miras a garantizar el ritmo de crecimiento de la empresa en un mediano plazo.

Generar la conciencia en organizaciones en crecimiento de que existen herramientas derivadas de estudios profesionales específicos para la toma de decisiones que ayudan y mejoran la precisión al momento de determinar la ruta de crecimiento de su empresa.

Incluso, la evidencia de que las herramientas para la toma de decisiones derivadas de métodos numéricos exactos mejoran la precisión de las decisiones y reducen la incertidumbre y los errores adquiere mayor valor en la medida de que la empresa siga su curso de crecimiento, para lo cual se deben delegar funciones en profesionales específicos para cada área de trabajo, estandarizar procesos y capacitar colaboradores, de manera tal de asegurar la calidad esperada del producto final y el servicio que recibe el cliente.

El Problema.

Las organizaciones en crecimiento enfrentan diariamente la toma de decisiones. Al no tener departamentos especializados para la toma de decisiones ni manuales para la toma de decisiones implica que la directiva de las empresas se ocupa de la toma de decisiones operativas, en lugar de la toma de decisiones estratégicas, siendo estas propias de su cargo y que se enfocan en el crecimiento de la empresa.

Objetivo General.

Producir una estructura de herramientas para dar soporte a las decisiones en organizaciones que permita sostener su crecimiento.

Objetivos Específicos.

Estructurar mediante métodos y técnicas de investigación de operaciones los procesos de toma de decisiones relativas a: Comercialización, Producción y Finanzas.

Para la realización de este trabajo se contará con el apoyo de la empresa Arepazone situada en Washington DC, USA para el levantamiento de data e información del proyecto. Arepazone ha sido merecedora de premios de mejor comida latina en los últimos años, empresa exitosa que cumple con las características de ser una organización en crecimiento.

La data e información recolectada permitirá listar las decisiones tanto operativas como estratégicas, así como las áreas de desempeño de la empresa en las que deben ser tomadas dichas decisiones. Para lograr los objetivos específicos se aplicarán para cada área de interés métodos cuantitativos existentes, por ejemplo: estadística descriptiva, análisis de diversidad, análisis de clúster con *k-means*, proceso de análisis jerárquico, programación lineal.

El trabajo se divide en tres (3) capítulos distribuidos de la forma siguiente:

Capítulo 1: Planteamiento del problema y fundamentos que contextualizan al lector sobre la naturaleza de la investigación.

Capítulo 2: Descripción de la secuencia de métodos aplicados que permitieron lograr los objetivos propuestos y alcanzar los resultados.

Capítulo 3: Se muestran los resultados obtenidos, su análisis y discusión

Inmediatamente se presentan las Conclusiones y Recomendaciones, así como los anexos que respaldan los resultados del trabajo.

El producto final de este trabajo es una estructura de herramientas basadas en métodos cuantitativos que permitan facilitar y dar soporte a la toma de decisiones y sostener el crecimiento de las organizaciones, interconectando las áreas de desempeño de la empresa que lo requieran.

Capítulo 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este Capítulo se presenta la situación general de las empresas en crecimiento en lo relativo a los mecanismos empleados en la Toma de Decisiones y se abordan algunos aspectos particulares de la empresa Arepazone, que no obstante su carácter específico, son casos típicos dentro de empresas con características similares.

1.1 Organización en crecimiento

Las organizaciones en crecimiento son aquellas que ya han conseguido una estabilidad en su actividad, pero aun así, se encuentran en una etapa en la que enfrentan diariamente la toma de decisiones sin tener departamentos especializados en sus distintas áreas de funcionamiento. Esto implica que la directiva de las empresas se enfoca en la toma de decisiones operativas, en lugar de la toma de decisiones estratégicas, que derivarían en el crecimiento de la empresa.

Esta característica manifiesta la necesidad de generar herramientas que faciliten y den soporte a la toma de decisiones en las áreas de mayor interés de la empresa., como lo son: Comercialización, Producción y Finanzas.

1.2 Áreas de Decisión

Se considera que las áreas de decisión de mayor impacto para las organizaciones son:

Producción: dónde típicamente se deciden las características y cantidades de los productos o servicios a ofrecer a los clientes, inventarios y contratación de personal. En la medida que se acierten estas decisiones se podrá satisfacer las necesidades del mercado en el que se participa.

Comercialización: dónde se establece cómo serán las relaciones con dicho mercado y sus necesidades. Decidiendo, por ejemplo, vender o no vender ciertos productos y a qué precio de venta.

Finanzas: Encargado de velar por el cumplimiento económico de la organización, que le permite mantener su actividad y evidenciar el crecimiento. Aceptar préstamos o realizar inversiones son ejemplo de las decisiones típicas de esta área.

1.3 El problema

Las limitaciones propias de las empresas en crecimiento en ocasiones ponen en riesgo la consolidación de la propia empresa. Esta situación se constituye en un problema que, como se ha dicho, es justificado estudiar y atacar. La forma en que hemos enfocado este trabajo es (i) identificar y clasificar decisiones que la empresa Arepazone debe realizar de manera recurrente, y (ii) proponer herramientas de análisis cuantitativo para apoyar el proceso de toma de decisiones efectivo en la empresa. (iii) ilustrar con ejemplos tomados de la experiencia real de Arepazone, la conveniencia de adoptar los métodos que en este trabajo se sugieren.

La Figura 1.1 muestra un esquema de los pasos a seguir para la aplicación del método sugerido en este trabajo. En general, cada situación de la empresa requiere la aplicación de este método en forma independiente de las demás aplicaciones del mismo. El resultado debe ser visto como un procedimiento que facilita la solución al problema clásico de la Toma de Decisiones en diversas áreas de decisión. El uso de estas técnicas cuantitativas para la Toma de decisiones da una ventaja competitiva que contribuye al crecimiento continuo de la empresa.

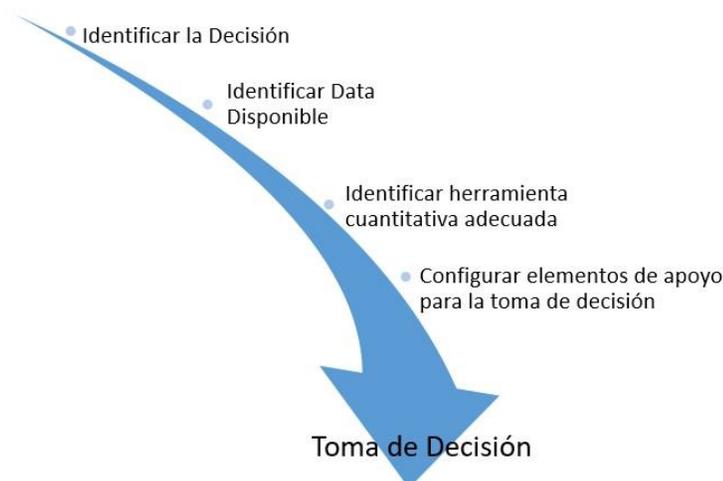


Figura 1.1 Esquema general para la aplicación del método.

Capítulo 2

MÉTODOS

Los métodos presentados en este Capítulo incluyen la secuencia de actividades realizadas para alcanzar la estructura de soporte a las decisiones de la organización.

2.1 Dinámica de Diagnóstico

Siguiendo la estructura planteada en el capítulo anterior, para identificar las decisiones y data que permite determinar los métodos que mejor se acoplen a una organización en crecimiento, se estableció la comunicación con la empresa Arepazone dedicada a la producción y *retail* de productos gastronómicos latinoamericanos, radicada en Washington D.C., EE.UU.

En la primera fase, se realizó el diagnóstico basado en una dinámica tipo conversatorio a través de tecnologías de comunicación instantánea en grupos (*whatsapp*). La premisa base de la encuesta estructurada es *¿qué decisiones debes tomar en tu trabajo?*

De esta forma se construyó una lista de decisiones típicas, tomadas frecuentemente con el objetivo de identificar las necesidades de la organización y escoger el mejor set de herramientas que se acoplen al modelo

Esta lista de decisiones repetitivas justifica la aplicación de herramientas que faciliten y disminuyan los esfuerzos en el proceso de toma de decisiones.

Cabe destacar que entre las decisiones repetitivas escogidas para estructurar las herramientas, resaltan aquellas donde se pueden traducir de manera cualitativa y cuantitativa las características en parámetros que permiten tomar la decisión según el contexto.

A través de la comunicación digital con los directivos de la empresa y expertos involucrados, se logró verificar que dicha organización cumple con las características definidas en el capítulo anterior y se logró evidenciar que las tres áreas fundamentales para la toma de decisiones en constituyen un espacio de mejora que impulsa el crecimiento en la empresa.

Como resultado de estas entrevistas se determinó qué decisiones son de importancia para la operación de la organización en las distintas áreas de decisión. Para abordar los métodos de toma de decisiones que se aplicarán en este trabajo, se realizó la Tabla 2.1

Tabla 2.1 Métodos aplicables a las decisiones organizadas según las correspondientes áreas de decisión de Arepazone.

		Áreas de Decisión		
Decisiones	Producción	Comercialización	Finanzas	
1	¿Qué Combos de productos ofrecer?	Estadística Descriptiva Clustering		
2	¿Cómo aprovechar la oportunidad que brindan los productos estacionales?	Programación Lineal Holt -Winters Auto-Regresivos		
3	Método para evaluación en la selección de personal.	AHP		
4	Lista ordenada de ubicación para establecer locales de venta.	AHP		
5	¿Cómo lograr un crecimiento sostenido de Arepazone a corto plazo?	Árboles de decisión Pronóstico		
6	¿Cómo lograr un crecimiento sostenido de Arepazone a Mediano y largo plazo? Líneas de expansión (nueva empresa, trademark o franquicia)		Árboles de decisión	

2.2 Diversidad

En el contexto de análisis de información, para Febres [2], al considerar la descripción de una observación, la escala de la observación resulta de un proceso de interpretación, donde al considerar la interpretación de una descripción, se buscan patrones que den cierto sentido a una señal que en principio es abstracta. Entonces, la escala es una propiedad de la manera en que el observador perciba la descripción de un sistema. Una vez concebida una “organización” de la descripción del sistema, aparecen de manera clara un conjunto de símbolos resultantes de la interpretación en conjunto con su frecuencia de aparición y su posición relativa, lo cual constituye el modelo de la descripción del sistema.

La escala puede ser representada numéricamente por el número de símbolos diferentes utilizados en cada interpretación. La interpretación cuantitativa de la escala es idéntica a la diversidad de símbolos. La diversidad D es el conjunto de símbolos diferentes utilizados para crear el modelo de una descripción.

La Diversidad para esta aplicación se describe como la heterogeneidad de los ítems o productos que componen una transacción.

El uso de la diversidad permite visualizar como se componen las transacciones en estaciones de ventas específicas, de interés para la organización. El valor numérico de la diversidad se expresa como la suma de la cantidad de ítems distintos en una transacción.

Los productos importantes para la temporada *Holiday* de Arepazone serán el objeto de estudio para el Análisis de Diversidad en las transacciones. Estos productos son:

1. Hallacas.
2. Pernil.
3. Ensalada de Gallina.
4. Pan de Jamón.
5. Ponche Crema.
6. Torta Negra.
7. Dulce de Lechosa.
8. Combo Navideño #1.
9. Combo Navideño #2.

El mínimo valor de diversidad para una transacción es 1, con un solo ítem de la lista contenido. El máximo valor de la diversidad es 7, conteniendo todos los ítems de la lista.

Los ítems “Combo Navideño #1” y Combo Navideño #2” tienen un valor de diversidad 5 y 6 respectivamente por ser una combinación de distintos ítems de la lista

Determinar el valor numérico para cada transacción supone un cálculo con un nivel de detalle refinado, que fue posible con el uso de la herramienta *Tabla Dinámica* contenida en *Microsoft Excel* [3], proporciona la capacidad de operar y visualizar grandes cantidades de datos al mismo tiempo que se clasifican y ordenan según características específicas. Permitiendo así manejar la data existente y extraer la información necesaria para la aplicación de los métodos cuantitativos. El uso de esta herramienta hizo posible la extracción de información interesante para el análisis de los distintos atributos en el conjunto de datos.

La herramienta de *Tablas dinámicas de Microsoft Excel* permitió construir la descripción de las transacciones en la temporada de ventas de interés para la organización en los años 2018, 2019 y 2020.

Los atributos según los que se describió a las transacciones fueron: Identificador de transacción, los montos de Ventas brutas (*Gross Sales*), cantidades de ítems por transacción, Diversidad en transacción.

2.3 Histogramas de frecuencia

El histograma de un conjunto de datos es el gráfico estadístico por excelencia. Consiste es un gráfico de barras que representan las frecuencias con que aparecen las mediciones agrupadas en ciertos rangos o intervalos. Para construir un histograma se debe dividir la recta real en intervalos o clases (se recomienda que sean de igual longitud) y luego contar cuántas observaciones caen en cada intervalo.

Para Correa y González [4] los pasos para construir el histograma son:

1. Definir los intervalos o clases de igual longitud.
2. Contar el número de observaciones que caen en cada clase o intervalo. Esto es llamado la *frecuencia*.

3. Calcular la frecuencia relativa, $FR = \text{Nro. de obs. en el intervalo} / \text{Número de datos}$
4. Graficar los rectángulos cuyas alturas son proporcionales a las frecuencias relativas.

Realizar histogramas de esta manera tiene las siguientes ventajas:

1. Es útil para apreciar la forma de la distribución de los datos, si se escoge adecuadamente el número de clases y su amplitud.
2. Se puede presentar como un gráfico definitivo en un reporte.
3. Se puede utilizar para comparar dos o más muestras o poblaciones.
4. Se puede refinar para crear gráficos más especializados.

Desventajas:

1. Las observaciones individuales se pierden.
2. La selección del número de clases y su amplitud que adecuadamente representen la distribución puede ser complicado. Un histograma con muy pocas clases agrupa demasiadas observaciones y uno con muchas deja muy pocas en cada clase. Ninguno de los dos extremos es adecuado.

El gráfico resultante de un histograma cumple con la forma observada en la Figura 2.1. En este ejemplo, el eje vertical corresponde con la frecuencia con que aparecen las mediciones de consumos expresados en \$. Las barras más grandes significan una mayor frecuencia de aparición en los datos analizados.

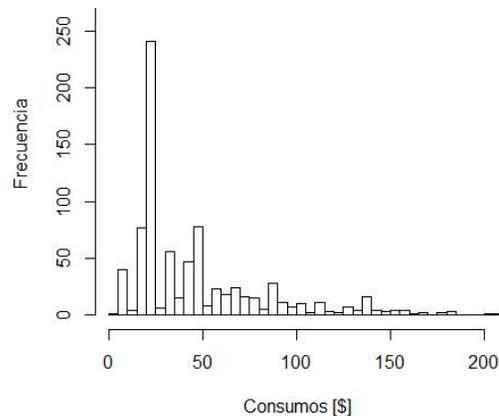


Figura 2.1 Ejemplo gráfico de Histograma de Frecuencias.

Esta distribución se obtiene utilizando los Histogramas de frecuencia, los cuales permiten visualizar como es la distribución de los montos de las ventas por transacción. Se generan mediante la programación del paquete estadístico R, ajustada a los datos de entrada. El código de programación utilizado en el paquete estadístico R se puede visualizar en el Anexo 1.

2.4 Análisis de Clúster

La clasificación siempre ha tenido un rol importante en la ciencia: desde la clasificación de animales, plantas, minerales y enfermedades desde el siglo dieciocho; en astronomía, clasificando estrellas por su intensidad luminosa y la temperatura de su superficie; en química se han clasificado los compuestos. Aterrizando en marketing, la clasificación es usualmente utilizada para identificar segmentos de mercado, es decir, grupos de clientes con las mismas necesidades. Así un sinnúmero de posibilidades según el campo de aplicación deseado.

La clasificación de objetos similares en grupos es algo común y bastante importante en cualquier actividad humana, sobre todo en los procesos de aprendizaje y mejora.

Al analizar ciertos objetos, estos se pueden comprender por la descripción de sus variables o atributos y según sea la frecuencia de aparición de ciertos atributos en un gran número de observaciones a distintos objetos. Estos se pueden agrupar según la cercanía de los valores de los atributos o variables observados en ellos.

El Análisis de Clúster o *clustering* es el arte de encontrar grupos en un conjunto de datos.

Al analizar dos señales con esta técnica, se define un *Clúster*, como la región en la que existe proximidad entre mediciones puntuales de objetos que compartan una combinación de atributos en una medida tal que las aproxima lo suficiente y que sucede con tal frecuencia que se puede hacer un grupo y diferenciar a estas mediciones del resto.

Clustering permite el agrupamiento de datos que comparten una característica en común y la descripción de dichos grupos. Se refiere a como se agrupan los datos alrededor de un valor específico. El análisis de Clúster es considerado con frecuencia como una rama de la inteligencia artificial y el reconocimiento de patrones.

En el pasado, el *clustering* se realizaba de manera subjetiva, según el criterio del observador. En los últimos 40 años se han desarrollado una gran cantidad de algoritmos y programas de computadora se han desarrollado para el análisis de clúster.

Esto se debe en principio debido a que la clasificación automática de datos es una disciplina científica todavía joven, teniendo como referencia a *the Journal of Classification*, publicado desde 1984 [5] y la Federación Internacional de Sociedades de Clasificación, fundada en 1985. El análisis de Clúster se ha conocido con una variedad de nombres, como taxonomía numérica, clasificación automática y análisis tipológico.

Para Kaufman [6] este método intenta encontrar una buena repartición en un conjunto de datos, de manera que los objetos que pertenezcan al mismo clúster deben de estar cerca o relacionados entre sí. Los objetos pertenecientes a otro clúster deben estar lejos o tener características diferentes. Usualmente, el objetivo del método es descubrir las estructuras ya presentes en los datos observados, aunque en ciertas ocasiones el algoritmo es útil para proponer nuevas estructuras con fines específicos.

Existen abundantes métodos para realizar Análisis de Clúster clasificados en:

Métodos Jerárquicos, que pueden ser aglomerativos o divisivos.

Métodos particionales, en los que el número de grupos se determina de antemano y las observaciones se asignan a los grupos según su cercanía.

Los métodos particionales construyen una cantidad k de clústeres, es decir, clasifican la data en k grupos, que juntos satisfacen los requerimientos de una partición:

- Cada grupo debe contener al menos un objeto.
- Cada objeto debe pertenecer exclusivamente a un grupo.

Estas condiciones implican que pueden existir tantos grupos como objetos observados: $k \leq n$

La segunda condición define que dos clúster distintos no pueden contener objetos en común y los k grupos juntos suman el conjunto total de datos.

Es importante destacar que k es definido por el usuario, teniendo la posibilidad de construir tantos clúster como se deseen. Aunque no todos los valores de k conllevan a revelar grupos contenidos naturalmente en la data. Es por esto que se recomienda iterar el algoritmo hasta encontrar el valor de k que de una mejor interpretación de los resultados.

Kanugo [7] destaca entre los métodos particionales para análisis de clúster al método k - *means*, en el que al tener un conjunto n de datos en el espacio Rd y un número entero k , el objetivo es determinar los k puntos en el espacio Rd , llamados centroides, de manera tal que se minimice la media del cuadrado de las distancias entre cada objeto el centroide más cercano.

Para el algoritmo k *means*, se tiene un conjunto de n objetos puntuales, tal que se puedan organizar por sus p características o atributos variables. Los valores que pueden tomar las observaciones de los objetos son medidas continuas que siguen una escala lineal.

Estas medidas pueden ser organizadas en una matriz $n \cdot p$, donde las filas corresponden a los objetos y las columnas corresponden con las variables. Así, la medida f del objeto i es denotada por x_{if} (donde $i=1, \dots, n$ y $f=1, \dots, p$), teniendo así la matriz:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} p \text{ variables} \\ \left[\begin{array}{cccc} x_{11} & \cdots & x_{1f} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{if} & \cdots & x_{ip} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nf} & & x_{np} \end{array} \right] \end{array} \\
 n \text{ objetos}
 \end{array}$$

El siguiente paso en el algoritmo es definir aleatoriamente k centroides $a_{j...}a_k$, tal que $k \leq n$. Se calcula la distancia que existe entre cada objeto y cada uno de los centroides definidos. Esta distancia se calcula típicamente con la fórmula de distancia Euclidiana:

$$d_{(i,j)} = \sqrt{(x_i - a_j)^2} .$$

Esta fórmula corresponde a la distancia geométrica entre la i -ésima medición y el j -ésimo centroide. Dónde, x_i y a_j están representados en el espacio de dimensión $n \cdot p$. $x_i, 1 \leq i \leq n$ y $a_j, 1 \leq j \leq k$.

La fórmula euclidiana cumple con ser una función de distancia para toda i y j al cumplir con los siguientes axiomas expresados en la Tabla 2.2

Tabla 2.2 Características de la norma de Distancia Euclidiana

1	$d_{(i,j)} \geq 0$	Todas las distancias son no negativas.
2	$d_{(i,i)} = 0$	La distancia de un objeto a sí mismo es cero.
3	$d_{(i,j)} = d_{(j,i)}$	Simetría de la función de distancia.
4	$d_{(i,j)} \leq d_{(i,h)} + d_{(h,j)}$	La distancia directa de i a j es más corta que al hacer un desvío pasando por h

Luego de calcular las distancias entre cada objeto y cada centroide, los objetos se agruparan según sea mínima dicha distancia. Es decir, que un clúster reúne a los objetos alrededor de un centroide, siempre y cuando la distancia del objeto a ese centroide sea menor que la distancia de ese objeto a cualquier otro centroide.

Como apoyo a este paso del algoritmo se construye una matriz de distancias entre los k centroides y las n observaciones para la iteración inicial (o) del algoritmo:

$$D^o = \begin{bmatrix} d_{1i} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{ki} & \cdots & d_{kn} \end{bmatrix}$$

Esta matriz será calculada para cada nueva iteración. Las filas corresponden con los centroides y las columnas con los objetos. Así, la distancia d_{kn} es la que existe entre el centroide k y el objeto n .

La pertenencia de los objetos con los centroides de cada clúster es entonces fácilmente observable según la distancia sea mínima. Por ejemplo, si $d_{1i} < d_{2i}$, entonces el objeto i pertenece al clúster 1.

Es de utilidad la construcción de una matriz de pertenencia utilizando variables binarias:

$$P^o = \begin{bmatrix} p_{1i} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{ki} & \cdots & p_{kn} \end{bmatrix}$$

Si $p_{ji} = 1$, el objeto i pertenece al clúster j .

Si $p_{ji} = 0$, el objeto i NO pertenece al clúster j .

Luego de determinar la pertenencia de cada objeto a un clúster, se debe actualizar la posición de los centroides según sean las posiciones de los objetos que componen cada clúster.

Esto se realiza promediando las coordenadas verticales (y_{ki}) y las coordenadas horizontales (x_{ki}) de los objetos que componen cada clúster.

Así, para el k ésimo clúster, su nuevo centroide estará expresado por:

$$a_k = \left[\left(\sum_{i=0}^n \frac{x_{ki}}{n} \right), \left(\sum_{i=0}^n \frac{y_{ki}}{n} \right) \right]$$

Al ser un algoritmo recursivo, se debe iterar, con las posiciones actualizadas de los centroides, el cálculo de la matriz de distancias y la matriz de pertenencias.

Las iteraciones se realizarán tantas veces hasta que los centroides se estabilicen en una posición, comprobándose con la siguiente expresión:

$$\sum_1^k (\ddot{a}_j - \dot{a}_j) = 0$$

Esto cumple con la intención del algoritmo k -means de minimizar la suma total de las distancias.

Pollard [8] destaca la alta consistencia del método k means y señala la función objetivo como la siguiente:

$$W_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \min_{1 \leq j \leq k} \|x_i - a_j\|^2$$

Siendo:

x_i, \dots, x_n Mediciones puntuales de los objetos.

a_j, \dots, a_k Centroides de los clústeres.

$\|\dots\|$ La norma Euclidiana

El método k means genera resultados de alta consistencia y como resultado permite visualizar gráficamente los k grupos presentes en la naturaleza de las mediciones en conjunto con los tamaños y los centroides alrededor de los cuales se forma cada clúster.

Para analizar grandes conjuntos de datos es necesario utilizar rutinas y programas de computación que faciliten los cálculos a gran escala.

En este trabajo se utilizara la librería “*clúster*” contenida en el paquete estadístico R. El código de programación utilizado en el paquete estadístico R se puede visualizar en el Anexo 1.

La aplicación Análisis de Diversidad y Análisis de Clúster responden a las preguntas de diagnóstico: ¿Cómo aprovechar los productos de temporada? ¿Cómo configurar combinaciones de productos? Estos métodos descritos anteriormente proponen una estructura de apoyo para la organización al momento de decidir estrategias que orienten los consumos de sus clientes, por consiguiente sus ventas.

2.5 Proceso de Análisis Jerárquico

El Proceso de Análisis Jerárquico, AHP por sus siglas en inglés (*Analytical Hierarchy Process*) fue creado por Thomas Saaty (Universidad de Pittsburgh) en 1980 quien a partir de sus investigaciones en el campo militar y su experiencia docente formuló una herramienta sencilla, con fundamentos psicológicos y matemáticos, para apoyar a las personas responsables de la toma de decisiones con múltiples criterios. [1].

Al momento de evaluar una alternativa, se espera que esta cumpla con varios criterios para cumplir el objetivo de la decisión.

El AHP está diseñado para situaciones en que las ideas, sentimientos y emociones que afectan el proceso de toma de decisiones se cuantifican para así obtener una escala numérica y priorizarlas alternativas.

El AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos construyendo matrices a partir de estas comparaciones y utilizando elementos del álgebra lineal para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a los elementos de un nivel inmediatamente superior.

Estas comparaciones pareadas permiten evaluar cuanto más se prefiere un atributo respecto a otro al momento de evaluar una alternativa.

Los criterios al ser ponderadas numéricamente permite operaciones de álgebra lineal que dan como resultado el orden de prioridad o peso de los atributos y criterios así como el porcentaje de cumplimiento de los atributos por las alternativas existentes.

Saaty expresa [9] que para tomar una decisión de forma organizada se necesita descomponer la decisión en los siguientes pasos:

1. Definir el problema objetivo de la toma de decisión así como el conocimiento requerido para evaluarlo.
2. Estructurar la jerarquía de la decisión comenzando con el objetivo de la decisión en el nivel más alto. En los niveles intermedios estarán los criterios y sub-criterios. Estarán en el nivel más bajo las alternativas entre las cuáles se escogerá eventualmente.
3. Construir matrices que permitan las comparaciones pareadas. Los elementos de los niveles superiores sirven para evaluar los elementos de los niveles inferiores respecto a ellos.
4. Utilizar las prioridades obtenidas de las comparaciones para dar un peso a las prioridades de los niveles inmediatamente inferiores. Hacer esto para todos los elementos. Luego para cada elemento en los niveles inferiores se suman sus pesos para obtener su prioridad global. Se debe continuar este proceso de asignar pesos hasta que se obtengan las prioridades finales de las alternativas.

El algoritmo del proceso de análisis jerárquico sigue el orden visible en la Figura 2.2 y explicado a continuación:

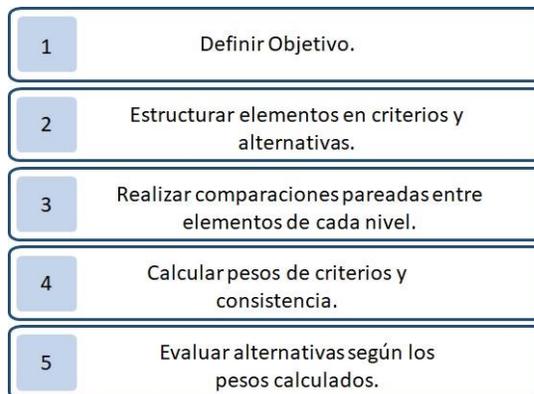


Figura 2.2 Proceso de Análisis Jerárquico.

La definición de una estructura de los niveles superiores e inferiores (criterios, sub-criterios y alternativas se pueden visualizar en la Figura 2.3

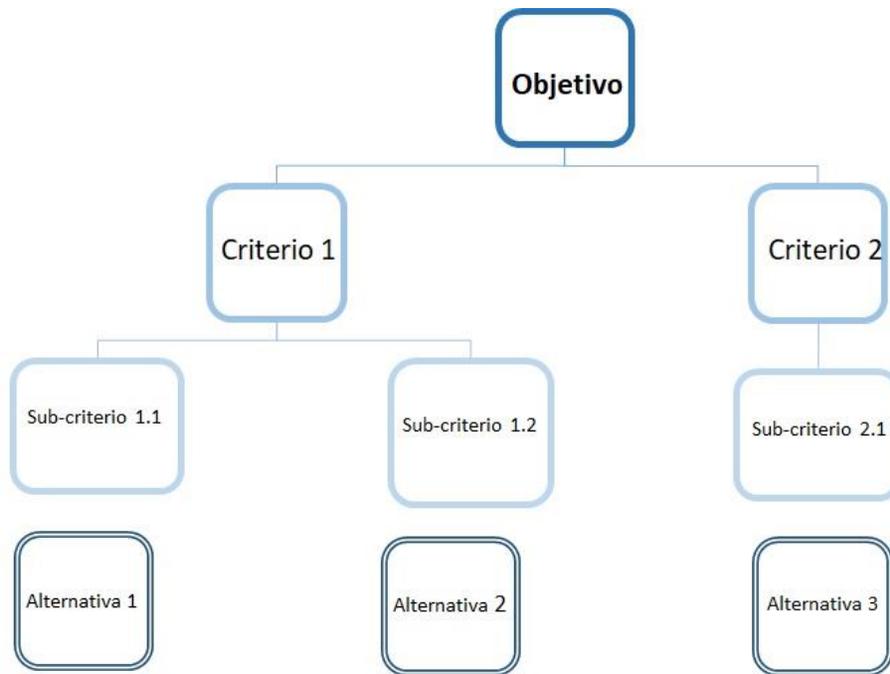


Figura 2.3 Estructura de niveles para el Proceso de Análisis Jerárquico.

Suponiendo que existen tres criterios i , j y k cuyas comparaciones pareadas son organizadas al construir una matriz de comparaciones C .

$$C = \begin{pmatrix} c_{ii} & c_{ij} & c_{ik} \\ c_{ji} & c_{jj} & c_{jk} \\ c_{ki} & c_{kj} & c_{kk} \end{pmatrix}.$$

En la que c_{ij} es el valor que se obtiene al comparar el criterio i con el criterio j según la escala numérica de Saaty. Esta escala permite expresar cuántas veces un elemento es más importante o dominante que otro. La escala se puede visualizar en la Figura 2.4 y en la Tabla 2.3 de manera explícita.

<<				<				=				>				>>
1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Figura 2.4 Escala de Jerarquías relativas.

Tabla 2.3 Escala fundamental para las comparaciones pareadas en el método AHP.

<i>Escala</i>	<i>Definición</i>	<i>Explicación</i>
1	Igual importancia.	Los dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo.
3	Moderadamente más importante	El juicio y la experiencia previa favorecen moderadamente a un elemento respecto al otro.
5	Fuertemente más importante.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento respecto al otro.
7	Importancia muy fuerte o demostrada.	Un elemento es favorecido muy fuerte respecto al otro. Su dominancia está evidenciada en la práctica.
9	Extrema Importancia	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible
2,4,6,8	Valores intermedios entre las escalas	
Recíprocos	Si un elemento i obtuvo una evaluación x respecto al elemento j , luego al evaluar j respecto a i se obtiene $1/x$.	

Para Aznar y Guijarro [10] la robustez matemática del método se encuentra en los siguientes axiomas:

Siendo C una matriz de comparaciones pareadas y c_{ij} un valor obtenido al comparar cualquier par de elementos, contenido en C :

Reciprocidad: si $c_{ij} = \alpha$, entonces $c_{ji} = 1/\alpha$, con $1/9 \leq \alpha \leq 9$

Homogeneidad: Si los elementos i y j son considerados igualmente importantes, entonces: $c_{ij} = c_{ji} = 1$ Además, $c_{ii} = 1$ para todo i

Consistencia: Se satisface que $c_{ik} \cdot c_{kj} = c_{ij}$ para todo i, j, k .

La importancia de la consistencia de las matrices obtenidas luego de las ponderaciones radica en que esta propiedad es la que permite realizar las operaciones de álgebra lineal que dan como resultado los vectores de pesos.

La normalización de la matriz de comparaciones da resultado a la matriz de comparaciones normalizadas a través de:

$$x_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n (c_{ij})}$$

Obteniendo:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{ii} & x_{ij} & x_{ik} \\ x_{ji} & x_{jj} & x_{jk} \\ x_{ki} & x_{kj} & x_{kk} \end{pmatrix}$$

Luego, el vector de pesos de criterios se obtiene al aplicar:

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n}$$

Obteniendo:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_i \\ w_j \\ w_k \end{bmatrix}$$

Este vector de pesos indica la ponderación de cada criterio según las comparaciones pareadas realizadas por el evaluador.

Para determinar la consistencia, se comienza multiplicando la matriz de comparaciones pareadas \mathbf{C} por el vector de pesos \mathbf{W} :

$$\begin{pmatrix} c_{ii} & c_{ij} & c_{ik} \\ c_{ji} & c_{jj} & c_{jk} \\ c_{ki} & c_{kj} & c_{kk} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_i \\ w_j \\ w_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_i c_{ii} + w_j c_{ij} + w_k c_{ik} \\ w_i c_{ji} + w_j c_{jj} + w_k c_{jk} \\ w_i c_{ki} + w_j c_{kj} + w_k c_{kk} \end{bmatrix}$$

Luego, los componentes del vector resultante se dividirán entre los componentes correspondientes del vector de pesos \mathbf{W} . *Obteniendo así el vector de consistencias \mathbf{Cv} , eigen-vector* según el álgebra lineal:

$$\mathbf{Cv} = \begin{bmatrix} Cv_i \\ Cv_j \\ Cv_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{w_i} [w_i c_{ii} + w_j c_{ij} + w_k c_{ik}] \\ \frac{1}{w_j} [w_i c_{ji} + w_j c_{jj} + w_k c_{jk}] \\ \frac{1}{w_k} [w_i c_{ki} + w_j c_{kj} + w_k c_{kk}] \end{bmatrix}$$

Luego, el *eigen-valor* será el promedio de los componentes del *eigen-vector*.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \frac{Cv_i}{n}$$

Por último, el Índice de Consistencia (CI), el Ratio de Consistencia (CR) y el Índice de consistencia de una matriz $n \times n$ formada con elementos totalmente aleatorios (RI), permiten determinar si la matriz utilizada es consistente, donde:

Índice de Consistencia:
$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

RI:
$$RI = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

Ratio de Consistencia:
$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Sí $CR < 0.1$ la matriz es consistente, lo que hace aceptables los resultados obtenidos. Luego de comprobar la consistencia de la matriz de comparaciones, se tiene la confianza suficiente para evaluar según el vector de criterios ponderados el conjunto de alternativas.

Se debe construir una matriz de comparaciones para las alternativas y compararlas entre ellas según cada criterio. De esta manera se obtendrán para las alternativas tantos vectores de pesos como criterios existan, a través del proceso descrito anteriormente.

También es posible obtener las evaluaciones de las alternativas respecto a los criterios de manera separada. En cualquier caso, las evaluaciones se organizan en una matriz que luego se normalizará.

Entonces, si se tiene una matriz de evaluación de alternativas A y el vector de pesos de criterios W .

$$A = \begin{pmatrix} a_{ii} & a_{ij} & a_{ik} \\ a_{ji} & a_{jj} & a_{jk} \\ a_{ki} & a_{kj} & a_{kk} \end{pmatrix}$$

La evaluación de las alternativas según los criterios y sus pesos se obtendrá mediante:

$$\begin{bmatrix} E_i \\ E_j \\ E_k \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} a_{ii} & a_{ij} & a_{ik} \\ a_{ji} & a_{jj} & a_{jk} \\ a_{ki} & a_{kj} & a_{kk} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} W_i \\ W_j \\ W_k \end{bmatrix}$$

Luego, la alternativa recomendable será la mayor entre E_i , E_j , y E_k .

La aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico tiene como objetivo evaluación en la selección de personal como respuesta a la pregunta derivada de la dinámica de diagnóstico ¿A quién contratar?

El objetivo de esta decisión es elegir entre un número de aspirantes a un cargo vacante aquel que cumpla en mejor medida con las características o atributos deseados.

Tomarán la decisión aquellas personas dentro de la organización encargadas de evaluar las características deseadas. Las opiniones de cada evaluador tendrán el mismo peso para efectos de los cálculos.

Para la organización en crecimiento es de interés garantizar la calidad de su recurso humano como componente principal de su proceso productivo al brindar productos y servicios.

Cada cargo desempeña una función específica en la empresa. Como garantía del cumplimiento de ese rol, un aspirante debe cumplir con ciertas características o atributos.

Así mismo, luego de evaluar estas características en varios aspirantes a un cargo vacante, se debe decidir quien cumple en mejor medida los requerimientos, para así contratarlo.

El Proceso de Análisis Jerárquico se ajusta a este tipo de decisiones porque permite evaluar situaciones con varios criterios de decisión y varios tomadores de decisiones en simultáneo. Obteniendo como resultado una jerarquía entre los distintos criterios y sub-criterios de la mano de la ponderación de los evaluadores.

Los criterios al ser ponderadas numéricamente permite operaciones de álgebra lineal que dan como resultado el porcentaje de cumplimiento de los atributos por las alternativas existentes, lo cual conlleva a una mejor aproximación en el apoyo de la toma de decisión.

2.6 Programación Lineal

Actualmente las computadoras resuelven fácilmente problemas con miles de variables y restricciones. La programación lineal fue desarrollada para resolver problemas logísticos durante la Segunda Guerra Mundial. George Dantzig, matemático de la RAND Corporation en esa época, desarrolló un procedimiento de solución al que llamó método simplex. El mismo Dantzig se

sorprendió porque el método resultó ser muy eficiente para resolver con rapidez problemas grandes. Este hecho, junto con el desarrollo simultáneo del cómputo electrónico, ubicó la programación lineal como una herramienta importante en la administración de logística. El éxito de la programación lineal en la industria impulsó el desarrollo de las disciplinas de investigación de operaciones y la ciencia administrativa.

Para Nahmias, [11] en la Investigación de Operaciones, la programación lineal es una técnica matemática para resolver una clase amplia de problemas de optimización donde se requiere maximizar o minimizar una función lineal de n variables reales, sujeta a m restricciones. Se pueden formular y resolver una gran cantidad de problemas reales con la programación lineal. Entre ellos se incluyen:

1. Programación de personal.
2. Algunas variedades de problemas de formulación de mezclas, por ejemplo, de alimento para ganado, condimentos alimenticios, helados y fabricación de acero.
3. Control de inventarios y planeación de producción.
4. Problemas de distribución y logística.
5. Problemas de asignación.

El modelo es entonces una abstracción de la situación real que, al concentrarse en las variables dominantes de la misma, expresa de una manera razonable las funciones matemáticas que representan su comportamiento. Según Taha [12], todos los modelos de IO, incluido el de PL, constan de tres componentes básicos:

1. Las variables de decisión que pretendemos determinar. La definición correcta de las variables de decisión es un primer paso esencial en el desarrollo del modelo. Una vez hecha, la tarea de construir la función objetivo y las restricciones es más directa.
2. La función objetivo (la meta) que necesitamos optimizar (maximizar o minimizar).

3. Las restricciones que la solución debe satisfacer. Cada restricción es una desigualdad o una ecuación lineal; esto es, una combinación lineal de las variables del problema seguida de un operador relacional (\leq , $=$ o \geq) al que sigue una constante no negativa (Lado derecho).

Una restricción implícita (o “sobreentendida”) requiere que todas las variables asuman sólo valores positivos o cero. Las restricciones de este tipo se conocen como restricciones de no negatividad.

Para todos los valores de las variables que satisfagan las restricciones constituyen una solución factible. De lo contrario la solución es no factible.

La meta del problema es determinar la solución óptima, es decir la mejor solución *factible* que maximiza o minimiza la función objetivo, según sea el caso.

Previo al inicio del estudio de investigación de operaciones con técnicas de programación lineal es necesario analizar los datos disponibles aplicando otras técnicas que den soporte a determinar el origen del problema y la definición de la función objetivo.

2.6.1 Modelo de optimización aplicado a Arepazone.

Un resultado muy útil de la aplicación del método es la matriz base B que sirve para responder preguntas cruciales para lograr mejoras en el negocio al analizar las restricciones del proceso.

A través operaciones matriciales, la optimización lineal brinda una manera práctica de construir el modelo que se ajuste a la situación estudiada, pudiendo señalar con precisión sus precios sombra, es decir, cuanto más rentable es el negocio si se aumenta un recurso, por ejemplo, si se aumenta las cantidades producidas o si se aumenta capacidad de almacenamiento. Esta precisión permite utilizar la optimización lineal como herramienta de planificación de la producción. La herramienta es lo suficientemente flexible para adaptarse a las condiciones dinámicas del negocio. Lamentablemente, en la aplicación del método no se pudo reportar la matriz base B y la utilidad de los precios sombra debido a que el componente de Programación Lineal de *Microsoft Excel (SOLVER)* no permite formular problemas de más de 200 variables.

La oportunidad que se desea explotar en esta sección es el mejor aprovechamiento de la producción para la temporada de venta de interés para la organización. Durante esta temporada se incrementa la venta de productos específicos. Adicionalmente los clientes se muestran dispuestos a realizar gastos mayores a los habituales. Estos gastos se concentran en la compra de hallacas, pan de jamón,

ponche crema y perrito. En virtud de este patrón de consumo se evidencia la gran utilidad de la aplicación herramientas de programación lineal que orienten la planificación de la producción.

Un caso especialmente importante es el de la producción y venta de Hallacas:

1. La hallaca es un producto que viene de una receta compleja.
2. Su elaboración es manual y prácticamente imposible de automatizar.
3. El estándar de este producto es tal que hace imposible diversificar su elaboración. Esto impone firmes restricciones en la capacidad de producción.
4. Su almacenamiento es limitado en el tiempo. Se incurren en costos mayores si se almacenan más de un tiempo específico.

A pesar de que lo ideal para este producto estacional es la producción justo a tiempo, sus especificaciones de producción ajustadas y los límites de la capacidad de la producción hacen imposible su implementación.

Esta situación particular permite la aplicación de la programación lineal, siendo la planificación de la producción de hallacas para la temporada *Holiday* el objeto de estudio.

La temporada *Holiday* tiene una duración de 23 semanas comprendidas desde el 15 de agosto hasta el 17 de enero.

Existen restricciones en la capacidad de almacenamiento y en la capacidad de la producción.

Cabe destacar que el tiempo de almacenamiento de la hallaca, a pesar de que fue mencionado anteriormente no es una variable de decisión ya que no restringe la producción.

A continuación se presenta la formulación del modelo.

Las variables de decisión y parámetros son:

Cantidad almacenada en la semana i (cantidad)	a_i
Cantidad producida en la semana i (cantidad)	e_i
Demanda. para la semana i (cantidad)	v_i
Costo por uso de almacén. (\$/cantidad-semana)	c
Ganancia neta por venta. Unitaria (\$/ cantidad)	g

Función Objetivo: $max Z = \sum_{i=1}^{23} [g v_i + c (23 - i)(v_i - e_i)]$

Sujeto a:

Inventario inicial	$a_o = k$
Balance de almacén	$a_i = a_{i-1} + e_i - v_i$
Capacidad del almacén	$a_i \leq 4350$
Capacidad de producción.	$e_i \leq 500$
Cantidad en almacén no negativa	$a_i \geq 0$
Producción no negativa	$e_i \geq 0$
Ventas no negativas	$v_i \geq 0$

Capítulo 3

RESULTADOS

Los métodos y técnicas mencionados en el Capítulo anterior fueron aplicados a casos específicos para la toma de decisiones en Arepazone. Los resultados esenciales de este trabajo comprenden los planteamientos particulares de tales técnicas, con el espíritu de señalar caminos adecuados a seguir en la búsqueda de apoyos justificados y cuantificados para la toma de decisiones. En tal sentido los resultados que se presentan a continuación no deben entenderse como la expresión numérica resultante sino como la aplicación de una serie de técnicas de ingeniería para fundamentar apropiadamente las decisiones de un cierto momento en las etapas de crecimiento de la empresa.

3.1 Análisis de Diversidad en las transacciones.

Es de interés revelar como es el patrón de consumos de los clientes para la temporada de ventas *Holiday*. La distribución de los valores calculados de diversidad de ítems para cada transacción de tres temporadas (2018, 2019, 2020) se observa en la Figura 3.1.

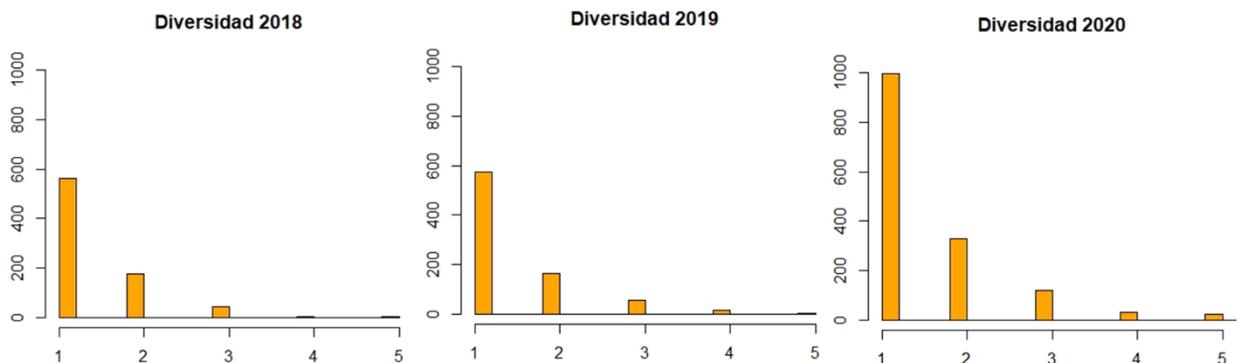


Figura 3.1 Distribución de Diversidad en las Transacciones para 2018, 2019 y 2020.

Se aprecia que la diversidad en las transacciones ha ido aumentando gradualmente desde la temporada 2018 hasta la temporada 2020. El valor de la medida de diversidad para las transacciones constituidas por un ítem es 1, siendo este valor el más frecuente para todas las temporadas. En la Tabla 3.1 observan las medidas descriptivas para los tres años.

Tabla 3.1 Medidas descriptivas para la Diversidad en Transacciones.

	2018	2019	2020
Diversidad Máxima	5	5	7
Diversidad Media	1.356	1.405	1.551

Al resumir el total de las ventas brutas para todas las transacciones y contrastarlo con la suma total de todas las transacciones que tienen la misma diversidad se obtuvo los gráficos visibles en la Figura 3.2. En los cuales se evidencia que la mayoría de las ventas para el periodo analizado se concentra en transacciones cuya diversidad es 1 y 2 para todos los años. Las ventas de transacciones con diversidad 3,4 y 5 son transacciones cuyas ventas brutas son altas, no obstante, reportan un bajo volumen de ventas respecto al total de ventas en ese periodo por ser menor la frecuencia de su ocurrencia. En la Tabla 3.2 se encuentran reflejados que tanto de los montos totales se encuentran contenidos en un valor de diversidad específico. Estos valores tienen correspondencia a los gráficos de la Figura 3.2

Los valores de diversidad alta coinciden con los productos configurados por la organización como “combos” para la temporada *Holiday*. En las gráficas anteriores se observa que esta configuración no aporta significativamente al volumen de ventas. El uso de los estas configuraciones de varios ítems combinados puede tener una utilidad práctica para la organización en la temporada *Holiday* en el sentido de que se pueden ofrecer nuevos productos acompañando a otros que tengan alta rotación y precio atractivo para los clientes.

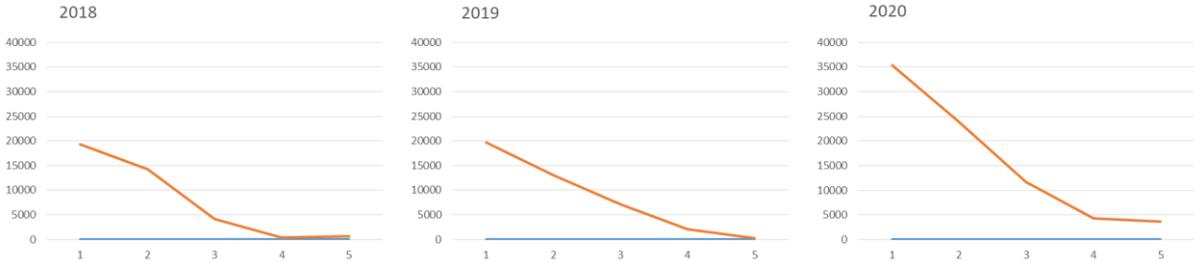


Figura 3.2 Gráficos de montos totales de transacciones por valor de diversidad.

Tabla 3.2 Fracción del total de ventas por Diversidad.

Diversidad	2018	2019	2020
1	.498	.465	.426
2	.367	.309	.287
3	.108	.169	.142
4	.01	.05	.053
5	.015	0	.045
6	0	0	.034
7	0	0	.013

En la Figura 3.3 se puede observar en las distintas escalas como se distribuyen los montos de las transacciones realizadas en la temporada *Holiday* para los años 2018, 2019 y 2020. Se observa que los montos de las ventas se agrupan alrededor de ciertos valores en particular.

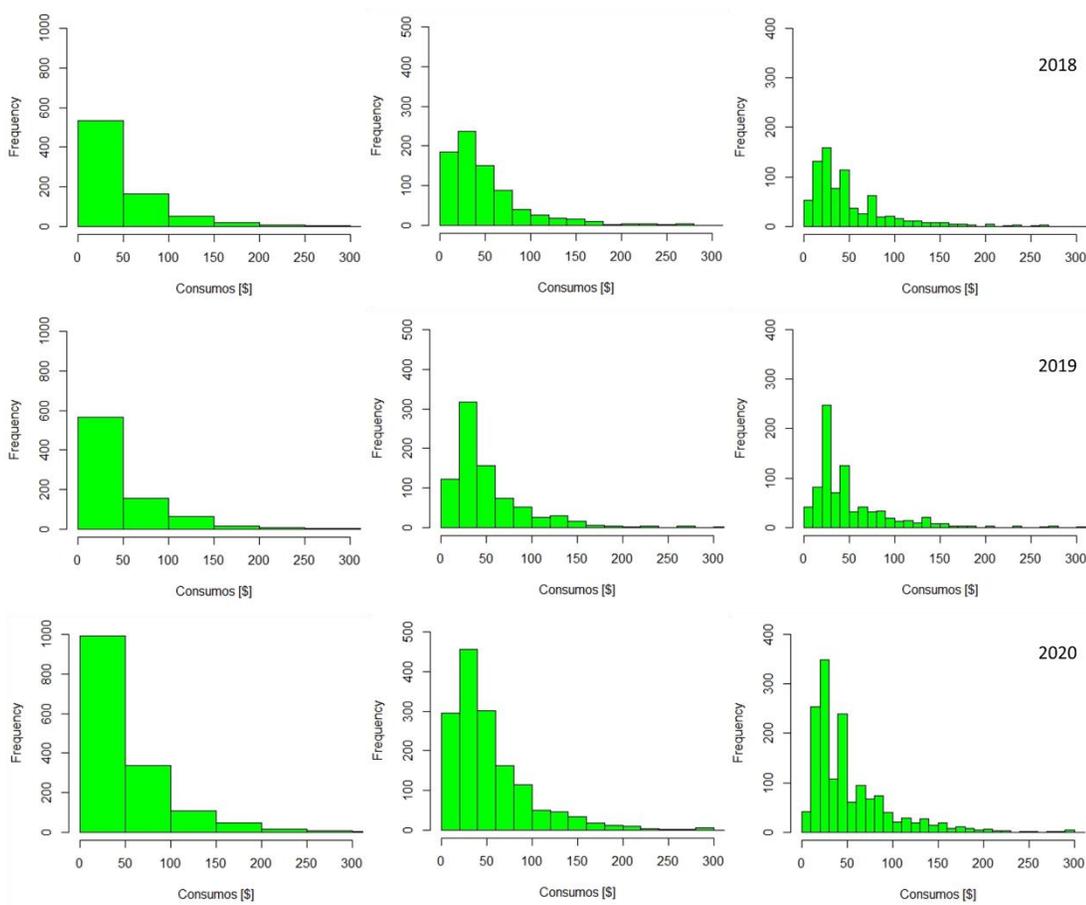


Figura 3.3 Distribución de transacciones según sus montos.

Las medidas descriptivas de esta distribución, presentes en la Tabla 3.3, nos dan a entender que el monto medio de la transacción ha ido subiendo con el transcurso de los años. La concentración de las transacciones siempre se encuentra recostada hacia la izquierda de la curva. La media ha ido aumentando gradualmente con el transcurso de los años con una diferencia de 5.41 \$ entre el 2018 y 2020. Aun así, el primer cuartil de los datos siempre se encuentra alrededor de los 25\$. De esto se observa que el patrón de consumos de los clientes le da importancia a este monto independientemente de los años. Incluso, teniendo en cuenta que para el año 2020 la cantidad de ventas globales de la organización aumento considerablemente, extendiendo el tercer cuartil hasta 70\$, el primer cuartil se mantiene en el monto de 25\$.

Tabla 3. 3 Medidas descriptivas de la distribución de los montos de las transacciones.

	2018	2019	2020
Media	49.39	52.22	54.8
1er cuartil	22.8	25	25
Mediana	33.2	32	41
3er cuartil	60.8	64	70

Las distintas combinaciones de productos realizadas por los clientes que se agrupan en esos montos para los precios de venta son de particular interés en el sentido de proponer alguna configuración de productos cuya combinación sea de interés para Arepazone.

Orientar las ventas según el criterio de la organización persiguen: aumentar el volumen de ventas, dar a conocer nuevos productos, brindarle opciones que faciliten la compra a los clientes en la medida que se satisfagan sus necesidades y obtener ventajas logísticas en la presentación de los productos combinados.

3.2 Análisis de Clúster con *k-means*

Las observaciones de las distribuciones de las transacciones en histogramas sugieren la existencia de agrupamientos alrededor de valores específicos. Para evidenciarlos claramente se utilizó la rutina de agrupamiento *K-means*, utilizando el paquete estadístico R, para los atributos de Diversidad y Montos (\$) de las transacciones. En las Figuras 3.4, 3.5 y 3.6 se muestran los gráficos

resultantes para los años 2018, 2019 y 2020 respectivamente. Las tablas 3.3, 3.4 y 3.5 muestran la descripción de los grupos encontrados para cada año.

Los distintos colores en el grafico representan los clústeres. Los puntos en el grafico representan cada transacción, ubicada por su monto y por su diversidad asociada. Los puntos representados en el grafico como estrellas son las coordenadas del centroide, que es el donde se minimizan las distancias entre las observaciones que pertenecen a un clúster.

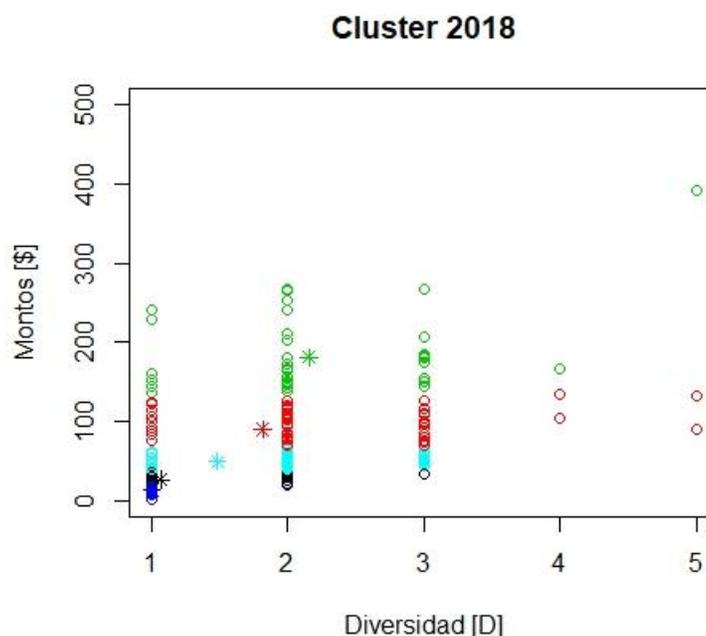


Figura 3.4 Clústeres para el año 2018 entre Montos (\$) y Diversidad (D).

Tabla 3.4 Descripción de Clústeres para el año 2018

Clúster	Diversidad (D)	Monto (\$)	Tamaño	Color en gráfico
1	1.03	20.03	392	Azul Oscuro
2	1.47	48.58	202	Negro
3	1.79	83.21	121	Azul Claro
4	2.09	142.24	56	Rojo
5	2.25	247.55	12	Verde

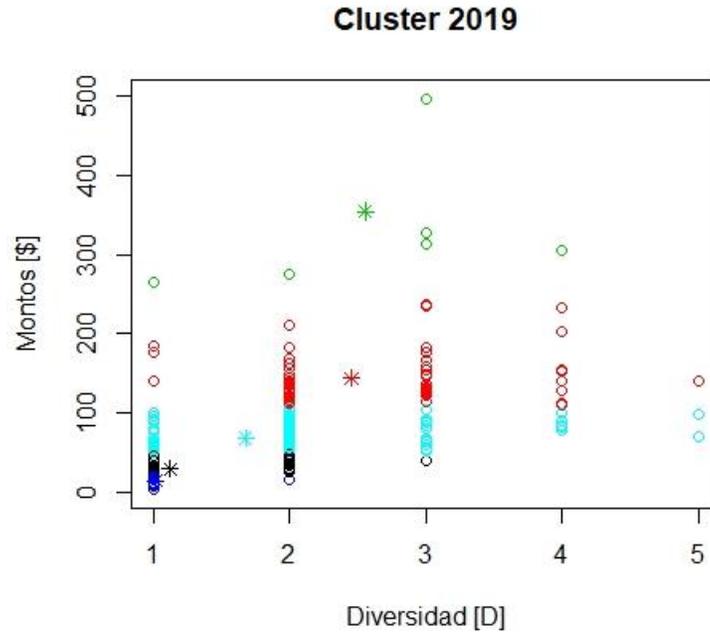


Figura 3.5 Clústeres para el año 2019 entre Montos (\$) y Diversidad (D).

Tabla 3.5 Descripción de Clústeres para el año 2019

Clúster	Diversidad (D)	Monto (\$)	Tamaño	Color en gráfico
1	1.04	22.77	425	Azul Oscuro
2	1.50	52.19	216	Negro
3	2.02	91.49	105	Azul Claro
4	2.47	151.98	57	Rojo
5	2.56	354.33	9	Verde

Se observa que existe una tendencia al incremento de la diversidad en las transacciones en el año 2019 respecto al año 2018. Los centroides de los grupos 4 y 5 se ubican entre la diversidad 2 y 3 a diferencia del año 2018, en la que todos los centroides estaban contenidos en diversidad 1 y 2.

De esto se entiende que el segmento de las transacciones de mayor diversidad aumento su tamaño, relativo al total de transacciones.

También es apreciable que para el centroide del grupo 5, aunque siempre es un grupo con poco tamaño, se desplazó también respecto a los montos de venta de las transacciones que lo componen.

Esto indica el aumento de volumen transacciones de altos montos para el año 2019 respecto al año 2018

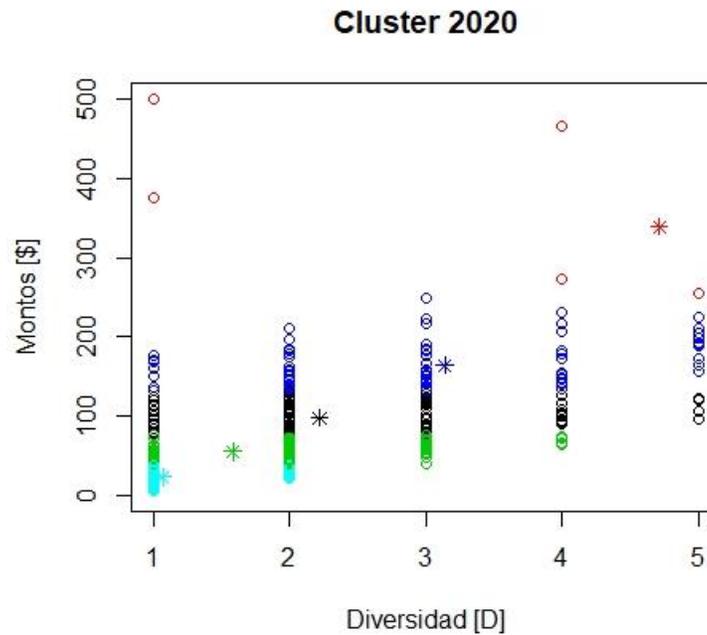


Figura 3.6 Clústeres para el año 2020 entre Montos (\$) y Diversidad (D).

Tabla 3.6 Descripción de Clústeres para el año 2020

Clúster	Diversidad (D)	Monto (\$)	Tamaño	Color en gráfico
1	1.06	21.89	706	Azul Claro
2	1.47	49.20	391	Verde
3	2.11	87.98	290	Negro
4	3.08	159.52	111	Azul Oscuro
5	4.60	332.80	15	Rojo

En los gráficos de clúster se observa que la ubicación de los centroides para los clústeres d mayor tamaño se entre 2 y 3 para todos los años. Esto significa que la mayoría de las mediciones se agrupan entre esos montos de diversidad, lo cual es coherente con lo expresado anteriormente y da un indicio de hacia dónde apuntar al momento de ofrecer una configuración de productos combinados que maximice el volumen de ventas. Ahora, es más interesante aún conectar estas

posiciones de los centroides con el precio alrededor del cual se encuentra el clúster más pesado, o incluso, crear estrategias para aumentar tamaño de algún clúster en específico.

Así, de la misma huella que van dejando los clientes con sus compras, se evidencia un patrón de consumos que da luces hacia la mejor manera de satisfacer las necesidades de los clientes según el monto que más están dispuestos a gastar en la temporada *Holidays*.

3.3 Aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico

El Proceso de Análisis Jerárquico se aplica como método para evaluación a los resultados de las entrevistas en la selección de personal a contratar.

Los cargos para los que se realizan la selección son:

1. *Shift Leader*.
2. *Team member*.
3. *Prep Cook*

Los atributos evaluados para la selección de personal son:

1. Ser Bilingüe
2. Status legal para trabajar en USA.
3. Habilidades para la Comunicación
4. Disponibilidad de tiempo.
5. Experiencia previa.
6. Movilidad y transporte.
7. Edad.

Cada uno de estos cargos tiene una ponderación distinta para los atributos que se evalúan según se aplique ese atributo a las funciones que se desempeñen en la organización.

Entre los cargos vacantes en la organización [13] se escogió el de “*Shift Leader*” para demostrar la aplicación práctica del método. La aplicación detallada del método para el cálculo de los vectores de pesos de criterios para todos los cargos se incluye el Anexo 3.

La lista de los atributos y sus ponderaciones se obtuvieron a partir de una entrevista directa con la directiva de la organización. Cabe destacar que entre los siete atributos considerados como indispensables para evaluar los aspirantes a cargos en Arepazone, el atributo de Status Legal para trabajar en USA tiene la mayor ponderación respecto al resto de los atributos. Es por esta razón, que para efectos prácticos de los cálculos de las matrices de comparación se excluyó este atributo.

La estructura del Análisis Jerárquico se puede visualizar en la Figura 3.7



Figura 3.7 Estructura de Jerarquía para selección de candidato para “Shift Manager”

La Tabla 3.7 muestra la matriz de comparaciones pareadas de criterios para el *Shift leader*. La matriz de comparaciones pareadas normalizadas se muestra en la Tabla 3.8

Tabla 3.7 Matriz de comparaciones pareadas de atributos para los cargos de Arepazone.

	Bilingüe	Comunicación	Disponibilidad	Experiencia	Movilidad	Edad
Bilingüe	1.00	0.50	0.20	0.14	4.00	0.13
Comunicación	2.00	1.00	1.00	1.00	6.00	0.11
Disponibilidad	5.00	1.00	1.00	1.00	6.00	0.11
Experiencia	7.00	1.00	1.00	1.00	6.00	0.11
Movilidad	0.25	0.17	0.17	0.17	1.00	0.11
Edad	8.00	9.00	9.00	9.00	9.00	1.00
Σ	23.25	12.67	12.37	12.31	32.00	1.57

Tabla 3.8 Matriz de comparaciones pareadas normalizada para atributos de cargos Arepazone.

	Bilingüe	Comunicación	Disponibilidad	Experiencia	Movilidad	Edad
Bilingüe	0.043	0.039	0.016	0.012	0.125	0.080
Comunicación	0.086	0.079	0.081	0.081	0.188	0.071
Disponibilidad	0.215	0.079	0.081	0.081	0.188	0.071
Experiencia	0.301	0.079	0.081	0.081	0.188	0.071
Movilidad	0.011	0.013	0.013	0.014	0.031	0.071
Edad	0.344	0.711	0.728	0.731	0.281	0.637
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Como resultado, se obtiene el vector de pesos de los criterios y el Ratio de Consistencia, el cual sirve para comprobar que tan consistentes fueron las comparaciones pareadas.

La consistencia obtenida, $CR=0.122$, demuestra que las comparaciones de los criterios cumplieron con los axiomas que permiten la aplicación del AHP. Así mismo, valida los resultados para utilizarlos al momento de evaluar aspirantes al cargo de *Shift Leader*. El análisis de consistencia se puede observar en la Tabla 3.9

Tabla 3. 9 Cálculo de consistencia de la matriz de comparaciones pareadas

<i>Eigen Valor:</i>	$\lambda = 6.806$
Índice de Consistencia:	$CI = 0.161$
Random Índice	$RI = 1.320$
Ratio de Consistencia	$CR = 0.122$

Luego el vector de pesos para los criterios del cargo *Shift Leader* es el siguiente:

Bilingüe	.052
Comunicación	.098
Disponibilidad	.119
Experiencia	.133
Movilidad	.025
Edad	.572

La aplicación del vector de pesos para la selección de candidatos queda a la disposición de la organización.

Para demostrar cómo se determina la evaluación de los aspirantes (alternativas A, B Y C), se comienza evaluando a los aspirantes respecto los criterios: Bilingüe (BL), Comunicación (CM), Disponibilidad (DS), Experiencia (EX), Movilidad (MV) y Edad (Ed).

Los resultados de esta evaluación se expresan según los parámetros que ya se utilicen en la organización al momento de evaluar cada aspirante por separado. La escala escogida para evaluar cada característica excluyente debe cumplir obligatoriamente que el mayor valor obtenido en la misma sea el más deseable. Esto genera una matriz de evaluación de las alternativas:

	BL	CM	DS	EX	MV	Ed
A	85	150	85	1	8	25
B	70	200	100	1	7	17
C	70	180	70	0	10	22
$\Sigma =$	225	530	255	2	25	64

Al normalizar las columnas de la matriz se obtiene:

	BL	CM	DS	EX	MV	Ed
A	.378	.283	.333	.5	.32	.391
B	.311	.377	.392	.5	.28	.265
C	.311	.339	.274	0	.4	.343
$\Sigma =$	1	1	1	1	1	1

Finalmente, para obtener el ranking de las opciones evaluadas, teniendo en cuenta los pesos de los criterios, se multiplica la matriz de evaluación de alternativas normalizada por el vector de pesos de criterios de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} .378 & .283 & .333 & .5 & .32 & .391 \\ .311 & .377 & .392 & .5 & .28 & .265 \\ .311 & .339 & .274 & 0 & .4 & .343 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0.052 \\ 0.098 \\ 0.119 \\ 0.133 \\ 0.025 \\ 0.572 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} .385 \\ .325 \\ .288 \end{pmatrix}$$

Este resultado sugiere, según las ponderaciones de los criterios y las evaluaciones de las alternativas según los criterios que la alternativa que mejor cumple con las características requeridas es el aspirante A.

Cabe destacar, que en la práctica, de existir varios evaluadores, este algoritmo se repite, utilizando el motor de cálculo, tantas veces como evaluadores existan, tomando el vector resultante de cada evaluador y promediándolo para cada alternativa y así obtener el resultado final de la evaluación.

3.4 Modelo de Optimización

El modelo de optimización utilizando la programación lineal se aplicó a la producción de hallacas en la temporada *Holiday*, comprendida en los últimos meses del año. Para aplicar el modelo descrito en la sección 2.7.1 y hallar la solución óptima del modelo se utiliza la aplicación SOLVER de Microsoft Excel. Este se puede visualizar en el Anexo 3.

Dentro del período de 23 semanas que comprende la temporada de ventas *Holiday*, el grueso de las ventas se concentra en los meses de noviembre, diciembre y la primera semana del enero año siguiente. Los datos de entrada al modelo referentes a la demanda están basados en histórico de hallacas vendidas a la semana en 2020. En consecuencia a lo observado en los resultados de las secciones previas referentes al aumento de las cantidades vendidas en la temporada año tras año, la proyección considera un aumento parcial de ventas entre el año 2019 y 2020. Además se consideran las hallacas que se dejaron de vender en el año 2020 por restricciones en la producción y almacén.

A pesar de que se hace uso de proyecciones para ingresar los datos al modelo, cabe destacar que esta sección no se enfoca en su cálculo, si no en los resultados obtenidos con el modelo de programación lineal. En la figura 3.9 se pueden observar las cantidades de hallacas vendidas para los años 2018,2019 y 2020.

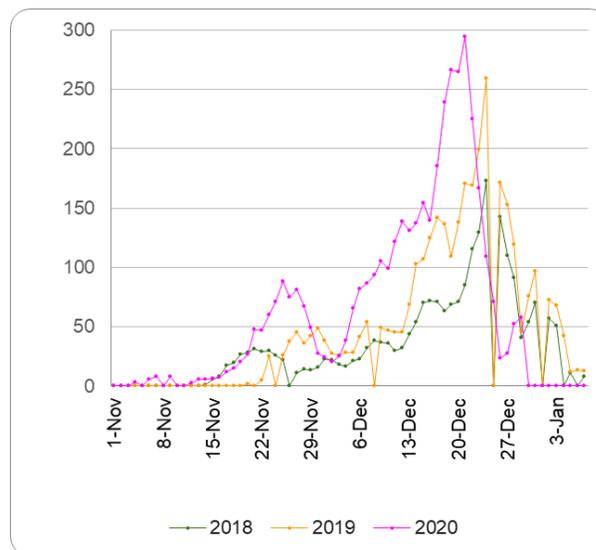


Figura 3.9 Demanda histórica de Hallacas en el periodo *Holiday*.

En base la demanda histórica y tomando en cuenta el factor de crecimiento que presentan las ventas de un año a otro se genera la siguiente proyección para 2021 visible en la figura 3.10. La cual cumple con el perfil esperado según los años anteriores. Esta proyección de la demanda sirve para alimentar la variable de decisión del modelo referente a las hallacas que salen del almacén, es decir, vendidas.



Figura 3.10 Proyección de Demanda de Hallacas en el periodo *Holiday 2021*

El resultado obtenido mediante la programación lineal según la formulación presentada en la sección 2.7.1 indica que la capacidad del almacén hace que no sea posible hallar una solución factible al problema. Esto coincide con el histórico de ventas para el año 2020 donde hubo una pérdida de ventas en la última semana por falta de capacidad. Al modificar esta variable y aumentar su capacidad de 3000 a 4350 unidades, la programación lineal encuentra una región factible donde se atiende la demanda para la proyección del año 2021, y por consiguiente, se maximiza la función objetivo para las ganancias por venta de hallacas.

Cabe destacar que se escoge modificar este recurso porque la capacidad de producción está restringida, luego la oportunidad de mejora está en el aumento de la capacidad de almacén.

Ahora, luego de aumentar la capacidad de almacén, el otro resultado clave es cuándo comenzar realizar pedidos, teniendo en cuenta las restricciones en la producción respecto a las cantidades semanales que se pueden producir y el tiempo de entrega. Entonces, para los valores de demanda vistos en la figura 3.10, la demanda aumenta considerablemente a partir de la semana 16 de la temporada hasta el final. Para poder atender esta demanda hay que comenzar los pedidos desde la

semana 4 para abastecerse a toda la capacidad de producción y de almacén. La figura 3.11 se observa la demanda proyectada y las órdenes de producción respecto al tiempo.

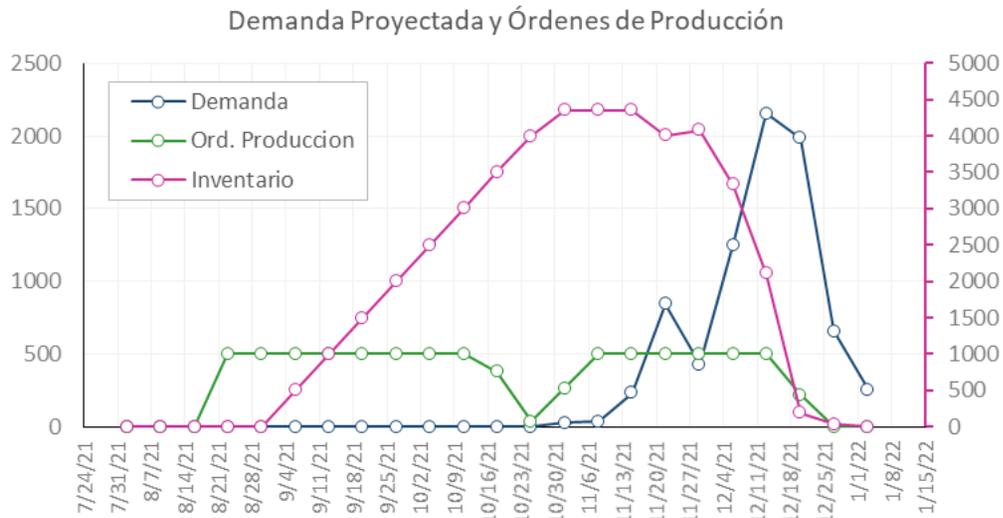


Figura 3.11 Demanda proyectada y órdenes de producción.

Cabe destacar que en la medida que se realicen pedidos en una semana y las ventas en esta no superen la cantidad pedida, será parte del inventario para semanas siguientes. La representación del inventario en la figura 3.11 muestra cómo va en aumento en la medida de que existan pedidos y comienza a disminuir para el pico de demanda en la semana 16.

La línea verde en la figura 3.11 representa la cantidad de pedidos por semana. Esta cantidad de pedidos se mantiene constante en su valor máximo de 500 hasta la semana donde el inventario es máximo (4350), donde no se realizan pedidos. Luego al comenzar la demanda se mantiene la cantidad de pedidos al máximo mantener el inventario en un nivel que atienda las cantidades demandadas. El tiempo de entrega es de una semana, por lo que para el último punto de la curva de demanda es atendido por la suma del pedido de la semana anterior más la cantidad en inventario para la última semana de la temporada.

Los resultados obtenidos de la programación lineal son de gran peso porque permiten tener una perspectiva de cuanto se puede ganar al tener una combinación óptima de las variables críticas de decisión enfocadas en maximizar las ganancias, teniendo en cuenta el proceso de producción, abastecimiento y ventas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se comprueba que las empresas jóvenes no tienen estructuras de apoyo definidas para las distintas áreas de decisión. En la medida que la organización crece, estas estructuras deben ser generadas internamente, ajustándose a sus necesidades.

Se evidencia que para el crecimiento de las organizaciones, más que departamentos especializados en las áreas específicas, se necesitan herramientas funcionales que se adapten a las necesidades y que puedan ser utilizadas por la organización, retroalimentándose a sí mismas para detectar problemas a tiempo y dar solución oportuna y ajustada, orientando los esfuerzos en la dirección correcta.

Se generó el conocimiento para la organización de que el uso de herramientas ingenieriles promueve el mejor aprovechamiento de los recursos autogenerados por la empresa y promueven el crecimiento organizacional.

Las principales contribuciones del trabajo son:

Un método para el mejor aprovechamiento de ventas de productos estacionales para una organización en crecimiento dedicada al *retail* de productos gastronómicos latinoamericanos radicada en Washington D.C.

Un método para la evaluación de Recursos humanos.

Un método para la planificación de la producción de productos para temporada de ventas.

Se evidencia que el uso de herramientas que se ajusten a las necesidades de la organización ayuda al crecimiento de la empresa porque permite que las practicas que se dan de manera empírica y

pragmática se expresen según el criterio de la empresa y se extiendan más allá de la directiva de la organización, impulsando el crecimiento de la organización.

El trabajo va más allá de resolver la propuesta inicial, porque abre las puertas y permite seguir la línea investigación en las diversas oportunidades de crecimiento que tienen este tipo de empresas,.

RECOMENDACIONES

Adoptar de manera sistemática la investigación de operaciones como herramienta para dar base a la toma de las daciones que afectan al negocio.

Respecto al proceso de análisis jerárquico se recomienda:

Ser cuidados con la escala de valoración de los criterios ya que de no mantener la consistencia en la valoración afecta fuertemente en la confiabilidad del vector de pesos.

Utilizar el método AHP para otras situaciones que impliquen decisiones multi-variable con varios tomadores de decisión, ya que queda en evidencia que facilita el proceso y lo apoya con fundamentos matemáticos y psicológicos consistentes que simplifican la complejidad de la decisión.

Aplicar el Análisis de Diversidad y *Clustering*, así como los métodos de planificación de la producción para otras estaciones distintas a la de diciembre.

Analizar otros clúster de menor peso o centro de gravedad que puedan ser de interés en el sentido de entender a los clientes que componen ese clúster y dan un buen rendimiento

Se recomienda, tomando base a la oportunidad que brindan la disponibilidad de datos y la estructura de herramientas, continuar el uso de estos y otros métodos para aprovechar los productos estacionales. Los sistemas de información orientados hacia el aprendizaje interno propician una mejora continua en los procesos.

Se recomienda utilizar métodos precisos de pronóstico de la demanda, sobre todo en productos estacionales (ejemplo de hallacas) y que cuya producción escapa puede escapar de la capacidad instalada.

Una síntesis de los métodos recomendados según su área de aplicación es visible en la siguiente tabla 4.1

Tabla 4.1 Síntesis de Métodos recomendados asociados a Áreas de desempeño en organización.

Áreas de Desempeño	Métodos
RR HH	AHP
Planificación de la Producción	Optimización y programación Lineal.
Configuración de Combinación de productos	Análisis de Diversidad. Histogramas Análisis de Clúster.
Logística y producción	Programación Lineal
Pronostico de la demanda	Holt-winters, Series de tiempo
Expansión del negocio	Métodos financieros.

Se recomienda adoptar de manera firme a los métodos cuantitativos para la toma de decisiones en las organizaciones, formando así una base objetiva que soporta y orienta los esfuerzos de la organización de manera clara y contundente hacia su meta.

REFERENCIAS

- [1] J. Osorio Gómez and J. Orejuela Cabrera, “El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación,” *Sci. Tech.*, 2008.
- [2] G. L. Febres, “A Proposal about the Meaning of Scale, Scope and Resolution in the Context of the Information Interpretation Process,” *arXiv*. 2017.
- [3] Microsoft, “Tablas Dinamicas en Microsoft Excel.” [Online]. Available: <https://support.microsoft.com/es-es/office/crear-una-tabla-dinámica-para-analizar-datos-de-una-hoja-de-cálculo-a9a84538-bfe9-40a9-a8e9-f99134456576>.
- [4] J. C. Correa and N. González, *Graficos Estadisticos con R*. 2000.
- [5] J. of Classification, “Journal of Classification Vol 1, issue 1,” 1984. [Online]. Available: <https://link.springer.com/journal/357/volumes-and-issues/1-1>.
- [6] L. Kaufman and P. J. Rousseeuw, *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis (Wiley Series in Probability and Statistics)*. 1990.
- [7] T. Kanungo, D. M. Mount, N. S. Netanyahu, C. D. Piatko, R. Silverman, and A. Y. Wu, “An efficient k-means clustering algorithms: Analysis and implementation,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 2002.
- [8] D. Pollard, “Strong Consistency of K-Means Clustering,” *Ann. Stat.*, 1981.
- [9] T. L. Saaty, “Decision making with the Analytic Hierarchy Process,” *Sci. Iran.*, 2002.
- [10] J. Aznar Bellver and F. Guijarro Martínez, *Nuevos Métodos de Valoración. Modelos multicriterio*. 2011.

- [11] S. Nahmias, *Análisis de la producción y de las operaciones*. 2019.
- [12] H. A. Taha, *Investigación de operaciones - Modelo de transbordo*. 2012.
- [13] “Arepa Zone’s job vaccants,” 2021. [Online]. Available: <https://arepazone.com/jobs/>.

APÉNDICES

Anexo 1: Código de R para visualizar perfiles de consumos y Clústeres

Este algoritmo se utilizó en el paquete estadístico R para generar el perfil de consumo y encontrar los clústeres para los años 2018, 2019 y 2020.

```
setwd("~/Rogelio/1. Universidad/1. TDG/Modelos para la toma de decisiones en organizaciones en
crecimiento/1.Recoleccion de data/Data")
library(readxl)
library(cluster)
Diversidad <- read_excel("Diversidad2020.xlsx",col_names=T)
attach(Diversidad)
names(Diversidad)
dim(Diversidad)
summary(Diversidad)
#Análisis de Montos $
hist(monto, col="green",breaks="Sturges", ylim=c(0,1000), xlim=c(0,500),main=paste("Perfil de
Consumos 2020"), xlab = "Consumos [$]" )
hist(monto, col="green",breaks="Scott", ylim=c(0,1000), xlim=c(0,500),main=paste("Perfil de
Consumos 2020"), xlab = "Consumos [$]" )
hist(monto, col="green",breaks="Freedman-Diaconis", ylim=c(0,1000),
xlim=c(0,500),main=paste("Perfil de Consumos 2020"), xlab = "Consumos [$]" )
#Análisis de Diversidad
diversidad
hist(diversidad,ylim=c(0,1000), xlim=c(1,5), breaks="Freedman-
Diaconis",col="orange",ylab="Frecuencia", main=paste("Diversidad 2020"))
#Clustering con Kmeans para Ventas y Diversidad..
mat<-cbind2(diversidad,monto)
mat
cl <- kmeans(mat, 5)
plot(mat, col = cl$cluster, xlim=c(1,5),ylim=c(0,500),xlab="Diversidad [D]",ylab="Montos [$]",
main=paste("Cluster 2020"))
points(cl$centers, col = 1:5, pch = 8)
summary(cl)
cl$centers
cl$size
cl$withinss
cl$totss
cl$betweenss
cl$ifault
cl$withinss
```

Anexo 2. Cálculo de AHP en *Microsoft Excel* utilizado para selección de personal.

Shift Leader:

Es el encargado de supervisar todas las operaciones del restaurant. Sus responsabilidades incluyen: delegar tareas al equipo de trabajo del restaurant, asistir a las actividades propias del turno, asegurarse de la calidad de la comida y el estándar de servicios. Seguir y hacer seguir las normas de seguridad laboral. El *Shift leader* será el ejemplo para su equipo de trabajo, motivándolo, tomando iniciativas y entregando un destacado servicio al cliente.

Requisitos:

- 100% Bilingüe
- Status Legal apto para trabajar en USA.
- Certificado de High School.
- Experiencia previa en trabajos similares
- Disponibilidad de tiempo suficiente para cumplir los turnos de trabajo.

Metodo AHP para seleccion de aspirantes a		Shift Leader					
		LLENAR AREAS VERDES					
Comparacion de Criterios		Bilingue	Comunicación	Disponibilidad	Experiencia	Movilidad	Edad
Bilingue	1.00	0.50	0.20	0.14	4.00	0.13	
Comunicación	2.00	1.00	1.00	1.00	6.00	0.11	
Disponibilidad	5.00	1.00	1.00	1.00	6.00	0.11	
Experiencia	7.00	1.00	1.00	1.00	6.00	0.11	
Movilidad	0.25	0.17	0.17	0.17	1.00	0.11	
Edad	8.00	9.00	9.00	9.00	9.00	1.00	
sum	23.25	12.67	12.37	12.31	32.00	1.57	
							Pesos
Bilingue	0.043	0.039	0.016	0.012	0.125	0.080	0.052
Comunicación	0.086	0.079	0.081	0.081	0.188	0.071	0.098
Disponibilidad	0.215	0.079	0.081	0.081	0.188	0.071	0.119
Experiencia	0.301	0.079	0.081	0.081	0.188	0.071	0.133
Movilidad	0.011	0.013	0.013	0.014	0.031	0.071	0.025
Edad	0.344	0.711	0.728	0.731	0.281	0.637	0.572
sum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Chequeo de Consistencia							
Eigen Vector	6.052		Eigen Valor=	6.806			
	6.883						
	6.962		CI=	0.161			
	7.001		RI=	1.320			
	6.296						
	7.643		CR=	0.122			

Team Member

Miembro del equipo de trabajo con la oportunidad de formarse en todas las estaciones y cumplir funciones como: cajero, cocinero de línea, parrilla.

Requisitos:

- Disponible para cumplir 25 horas de trabajo a la semana.
- Capaz de trabajar en un ambiente de trabajo de ritmo rápido. Capaz de manejar cambios en el volumen de la demanda con un sentido de urgencia.
- Habilidades comunicacionales y orientación hacia la satisfacción de los clientes.
- Participante de un ambiente de trabajo limpio, organizado y seguro.
- Cumplir al pie de la letra las instrucciones de las tareas asignadas.
- Puntualidad
- Capacidades físicas aptas para el turno de trabajo.
- Habilidades para manejar utensilios de cocina potencialmente peligrosos.

Matriz de comparaciones pareadas para *Team Member*

Metodo AHP para seleccion de aspirantes a		TEAM MEMBER						
Comparacion de Criterios		LLENAR AREAS VERDES						
	Bilingue	Comunicación	Disponibilidad	Experiencia	Movilidad	Edad		
Bilingue	1.00	0.20	0.17	3.00	4.00	5.00		
Comunicación	5.00	1.00	2.00	7.00	7.00	5.00		
Disponibilidad	6.00	0.50	1.00	5.00	6.00	7.00		
Experiencia	0.33	0.14	0.20	1.00	4.00	6.00		
Movilidad	0.25	0.14	0.17	0.25	1.00	2.00		
Edad	0.20	0.20	0.14	0.17	0.50	1.00		
sum	12.78	2.19	3.68	16.42	22.50	26.00		
							Pesos	
Bilingue	0.078	0.092	0.045	0.183	0.178	0.192	0.128	
Comunicación	0.391	0.458	0.544	0.426	0.311	0.192	0.387	
Disponibilidad	0.469	0.229	0.272	0.305	0.267	0.269	0.302	
Experiencia	0.026	0.065	0.054	0.061	0.178	0.231	0.103	
Movilidad	0.020	0.065	0.045	0.015	0.044	0.077	0.044	
Edad	0.016	0.092	0.039	0.010	0.022	0.038	0.036	
sum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Chequeo de Consistencia								
Eigen Vector	7.204		Eigen Valor=	6.828				
	7.338							
	7.608		CI=	0.166				
	6.393		RI=	1.320				
	6.295							
	6.131		CR=	0.125				

Prep Cook

Su función es ayudar a los cocineros en la preparación de alimentos sencillos. Además deben mantener la cocina y todos los utensilios limpios y ordenados.

Requerimientos:

- Captar instrucciones orales y escritas.
- Calcular raciones o cantidades para preparar los alimentos.
- Resistencia para estar de pie mucho rato.
- Disponibilidad de tiempo completo.
- Levantar o cargar objetos pesados (máximo 10 kg).
- Desarrollar tareas repetitivas.
- Actitud flexible.
- Habilidades para trabajar en equipo.
- Buena higiene personal.
- Trabajar en cocinas que pueden ser calurosas y/o ruidosas.
- Trabajar con rapidez y eficiencia.

Metodo AHP para seleccion de aspirantes a		Prep Cook					
LLENAR AREAS VERDES							
Comparacion de Criterios							
	Bilingue	Comunicación	Disponibilidad	Experiencia	Movilidad	Edad	
Bilingue	1.00	0.14	0.11	0.13	0.14	1.00	
Comunicación	7.00	1.00	0.11	0.33	4.00	7.00	
Disponibilidad	9.00	9.00	1.00	1.00	7.00	8.00	
Experiencia	8.00	3.00	1.00	1.00	7.00	8.00	
Movilidad	7.00	0.25	0.14	0.14	1.00	4.00	
Edad	1.00	0.14	0.13	0.13	0.25	1.00	
sum	33.00	13.54	2.49	2.73	19.39	29.00	
Pesos							
Bilingue	0.030	0.011	0.045	0.046	0.007	0.034	0.029
Comunicación	0.212	0.074	0.045	0.122	0.206	0.241	0.150
Disponibilidad	0.273	0.665	0.402	0.367	0.361	0.276	0.390
Experiencia	0.242	0.222	0.402	0.367	0.361	0.276	0.312
Movilidad	0.212	0.018	0.057	0.052	0.052	0.138	0.088
Edad	0.030	0.011	0.050	0.046	0.013	0.034	0.031
sum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Chequeo de Consistencia							
Eigen Vector	6.096		Eigen Valor=	6.835			
	7.113						
	8.135		CI=	0.167			
	7.213		RI=	1.320			
	6.240						
	6.214		CR=	0.127			

Anexo 3. Aplicación de SOLVER en Microsoft Excel: Optimización de pedidos de hallacas en temporada Holiday.

The image shows the Microsoft Excel Solver Parameters dialog box. The spreadsheet in the background contains the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
5					Costo. Almacen (\$/u-sem)				0.1
6					Costo Venta tarde (\$/u)				1
10		Objetivo			Costos Inv. Entrads				
11		max z =	21132		0	1	2	3	4
12					0	0	0	0	0
14					0	1	2	3	4
15					e0	e1	e2	e3	e4
17					1	0	0	0	0
18		1			1	1	0	0	0
19		2			1	1	1	0	0
20		3			1	1	1	1	0
21		4			1	1	1	1	1
22		5			1	1	1	1	1
23		6			1	1	1	1	1
24		7			1	1	1	1	1
25		8			1	1	1	1	1
26		9			1	1	1	1	1
27		10			1	1	1	1	1
28		11			1	1	1	1	1
29		12			1	1	1	1	1
30		13			1	1	1	1	1
31		14			1	1	1	1	1
32		15			1	1	1	1	1
33		16			1	1	1	1	1
34		17			1	1	1	1	1
35		18			1	1	1	1	1
36		19			1	1	1	1	1
37		20			1	1	1	1	1
38		21			1	1	1	1	1
39		22			1	1	1	1	1
40		23			1	1	1	1	1
41		1			1	1	0	0	0
42		2			1	1	1	0	0
43		3			1	1	1	1	0
44		4			1	1	1	1	1
45		5			1	1	1	1	1
46		6			1	1	1	1	1
47		7			1	1	1	1	1

The Solver Parameters dialog box is configured as follows:

- Establecer objetivo:** \$C\$11
- Para:** Máx Min Valor de: 0
- Cambiando las celdas de variables:** \$B\$5:\$B\$63
- Sujeto a las restricciones:**
 - \$C\$587:\$C\$5109 <= \$C\$587:\$C\$5109
 - \$C\$517 = \$C\$517
 - \$C\$518:\$C\$540 >= \$C\$518:\$C\$540
 - \$C\$541:\$C\$563 <= \$C\$541:\$C\$563
 - \$C\$564:\$C\$586 = \$C\$564:\$C\$586
- Convertir variables sin restricciones en no negativas
- Método de resolución:** Simplex LP
- Método de resolución:** Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.