



**DESARROLLO TECNOLÓGICO A PARTIR DEL MÉTODO  
ANALÍTICO JERARQUICO EN UNA EMPRESA PRIVADA  
DE PRODUCCIÓN**

**Angel Ramiro Martínez Pinto**

**Trabajo de grado como prerrequisito para la obtención del título**

**Tecnólogo en Logística Empresarial**

**Director**

**Ing. Pedro Jessid Pacheco Torres**

**Facultad de Ingenierías**

**Programa de Ingeniería Industrial**

**Barranquilla**

**2020**

**Desarrollo tecnológico a partir del método analítico jerárquico en una  
empresa privada de producción**

**Angel Ramiro Martínez Pinto**

**Director**

**Ing. Pedro Jessid Pacheco Torres**

**Facultad de Ingenierías**

**Programa de Ingeniería Industrial**

**Barranquilla**

**2020**

## Contenido

Introducción.....	6
Planteamiento del problema.....	8
Formulación del problema .....	10
Pregunta general.....	11
Sub-Preguntas de investigación .....	11
Justificación.....	11
Objetivos.....	14
Objetivo general .....	14
Objetivos específicos.....	14
Marco teórico.....	15
Estado del arte .....	15
Marco de referencia.....	18
Marco conceptual .....	21
Tipo de investigación .....	23
Enfoque de investigación .....	23
Fuentes de información y recolección de datos .....	24
Técnicas e instrumentos de recolección de datos y análisis de información .....	24
Síntomas .....	25
Causas.....	26
Pronostico .....	27
Control del pronóstico .....	28
Metodología.....	30
Primera etapa.....	30
Figura 1. ....	31
Segunda etapa.....	32
Tablas de valores definidos .....	33
Tabla 1. Desarrollo tecnológico en Plasticar de la Costa.....	33

Tabla 2. Criterio Económico .....	33
Tabla 3. Criterio Técnico .....	33
Tabla 4. Criterio de Respaldo.....	34
Tabla 5. Sub-Criterio de Financiamiento .....	34
Tabla 6. Sub-Criterio de Costo.....	34
Tabla 7. Sub-Criterio de Maquinaria Automática.....	35
Tabla 8. Sub-Criterio de Maquinaria Manual .....	35
Tabla 9. Sub-Criterio de Garantía .....	35
Tabla 10. Sub-Criterio de Soporte Técnico.....	36
Tabla 11. Normalización a Desarrollo Tecnológico en Plasticar de la Costa .....	37
Tabla 12. Normalización a Criterio Económico.....	37
Tabla 13. Normalización a Criterio Técnico.....	37
Tabla 14. Normalización a Criterio Respaldo .....	38
Tabla 15. Normalización a Sub-Criterio Financiamiento .....	38
Tabla 16. Normalización a Sub-Criterio Costo.....	38
Tabla 17. Normalización a Sub-Criterio de Maquinaria Automática .....	39
Tabla 18. Normalización a Sub-Criterio de Maquinaria Manual.....	39
Tabla 19. Normalización a Sub-Criterio de Garantía.....	39
Tabla 20. Normalización a Sub-Criterio de Soporte Técnico .....	40
Tercera etapa .....	41
Tabla 21. Calculo de nmax a Desarrollo Tecnológico en Plasticar de la Costa.....	42
Tabla 22. Calculo de nmax a Criterio Económico .....	42
Tabla 23. Calculo de nmax a Criterio Técnico.....	42
Tabla 24. Calculo de nmax a Criterio Respaldo.....	43
Tabla 25. Calculo de nmax a Sub-Criterio Financiamiento .....	43
Tabla 26. Calculo de nmax a Sub-Criterio Costo.....	43
Tabla 27. Calculo de nmax a Sub-Criterio de Maquinaria Automática .....	44
Tabla 28. Calculo de nmax a Sub-Criterio de Maquina Manual.....	44
Tabla 29. Calculo de nmax a Sub-Criterio Garantía .....	45
Tabla 30. Calculo de nmax a Sub-Criterio Soporte Técnico.....	45
Tabla 31. Calculo de IC a Desarrollo Tecnológico en Plasticar de la Costa.....	46

Tabla 32. Calculo de IC a Criterio Económico .....	46
Tabla 33. Calculo de IC a Criterio Técnico .....	46
Tabla 34. Calculo de IC a Criterio Respaldo .....	46
Tabla 35. Calculo de IC a Sub-Criterio Financiamiento .....	47
Tabla 36. Calculo de IC a Sub-Criterio Costo .....	47
Tabla 37. Calculo de IC a Sub-Criterio de Maquinaria Automática.....	47
Tabla 38. Calculo de IC a Sub-Criterio de Maquinaria Manual .....	48
Tabla 39. Calculo de IC a Sub-Criterio Garantía .....	48
Tabla 40. Calculo de IC a Sub-Criterio Soporte Tecnico .....	48
Conclusión .....	49
Referencias .....	51
Anexos .....	53
Anexo 1. Representación Grafica Porcentual .....	53
Anexo 2. Representación Grafica Porcentual en Barras .....	54

## **Resumen**

La globalización ha sido un factor determinante en el mundo empresarial y más para las fábricas productoras, por lo que cada día estas tienen que estar inmersas en todos los asuntos que corresponden a mejorar su economía.

Plasticar de la Costa es una pequeña empresa ubicada en la ciudad de Barranquilla que se dedica a la fabricación y venta de rollos de plástico a diferentes clientes distribuidos en la costa, pero los últimos años ha querido mejorar sus procesos de producción, por lo que se ha tenido que realizar diagnósticos generales para identificar cuáles son las fallas o posibles causantes de los problemas.

En medio del diagnóstico se encontró que la empresa en su proceso operativo cuenta con seis máquinas, tres de ellas extrusoras y las otras tres impresoras de plástico, pero lamentablemente una de las máquinas extrusoras fuertemente presenta muchas fallas técnicas ocasionando serios problemas a la empresa.

Es por esta razón que se implementó el método analítico jerárquico, para fomentar el desarrollo tecnológico en la empresa, aplicando este en la compra de una nueva máquina que erradique el problema.

**Palabras claves:** Máquina, Desarrollo, Multicriterios

## **Abstract**

Globalization has been a determining factor in the business world and more for the factories, so every day they have to be immersed in all the issues that correspond to improving their economy.

Plasticar de la Costa is a small company located in the city of Barranquilla that is dedicated to the manufacture and sale of plastic rolls to different customers distributed on the coast, but in recent years it has wanted to improve its production processes, so it You have had to make general diagnoses to identify what are the failures or possible causes of the problems.

In the midst of the diagnosis it was found that the company in its operating process has six machines, three of them extruders and the other three plastic printers, but unfortunately one of the extruders often presents many technical failures causing serious problems for the company.

It is for this reason that the hierarchical analytical method was implemented, to encourage technological development in the company, applying this in the purchase of a new machine that eradicates the problem.

**Keywords:** Machine, Development, Multicriteria

## Introducción

Plasticar De La Costa es una pequeña empresa ubicada en la ciudad de Barranquilla, la cual lleva más de 10 años fabricando bolsas de plástico a distintos clientes que se encargan de la comercialización y empaque de agua en este producto. Para la elaboración del producto, la empresa necesita ciertos insumos como: polietileno de baja densidad, metaloseno, alcohol y tinta industrial. Además de contar con máquinas industriales que se encargan los proceso mecanizados, estas máquinas son: extrusoras, impresoras industriales y peso industrial.

Lo mencionado anteriormente corresponde a los recursos físicos que la empresa utiliza para sus procesos operativos, pero también es fundamental mencionar los procesos generales que conllevan al producto final:

- Dependiendo del producto que se quiera fabricar se elige polietileno de baja o de alta densidad
- Una vez escogido el material se procede a iniciar el proceso de extrusión
- Al terminar la extrusión, el polietileno se habrá transformado en el material deseado que será la forma de las bolsas
- Luego de haberse conformado en rollos del material se pasan a la maquina impresora para colocar el respectivo logo del cliente
- Una vez obtenido el producto, se pasa al proceso de inspección donde se revisan las características de calidad
- Posteriormente se pesan y se dividen por orden de entrega a cada cliente

Como se mencionó anteriormente, para la elaboración del producto final la empresa además de necesitar insumos o materias primas, también debe contar con ciertas máquinas que son indispensables en el proceso de fabricación. Entre estas se encuentran las extrusoras. Actualmente la empresa cuenta con tres extrusora de las cuales una de estas se encuentra en un alto grado de obsolescencia y está causando serios problemas en el proceso de fabricación de producto. Algunos de estos problemas son la pérdida del material, retrasos en los pedidos, producto en mal estado, entre otros. Es por tal motivo que se decidió implementar el método analítico jerárquico para los problemas de decisión multicriterios, ya que va acorde con la necesidad actual de la empresa.

## Planteamiento del problema

El sector que compone la idea principal de este proyecto es el empresarial, debido a que el eje principal de la problemática estará enfocado en una empresa fabricante de plástico la cual tiene un problema que necesita ser solucionado para mejorar su rentabilidad, pero antes que todo debemos conocer el verdadero significado de una empresa, la cual no es más que una organización o institución, creada y formada por una persona o conjunto de personas, que se dedica a una actividad económica concreta para conseguir unos objetivos que luego se conviertan en beneficios. Además, para definir qué es una empresa es preciso hacer mención de los productos, bienes y servicios que esta ofrece a sus clientes y por los cuáles se lucra. (economíasimple.net)

Alrededor de todo el mundo existen varios tipos de empresas y todas estas pueden ser clasificadas por los siguientes factores:

- Según su actividad o mercado: sector primario, sector secundario, sector terciario, sector cuaternario (agricultura, ganadería, industria y servicios)
- Según su tamaño: empresas grandes, empresas pequeñas y medianas (PYMES)
- Según su creación o forma jurídica: sociedad anónima, sociedad de responsabilidad limitada, sociedad individual o cooperativas
- Según el ámbito de actuación: empresas locales, empresas nacionales, empresas multinacionales o empresas transaccionales (economíasimple.net).

En este caso la empresa en la cual se enfocara el proyecto que es Plasticar de la Costa, es una pequeña empresa incursionada en el mercado industrial local, la cual se encarga de

fabricar dos tipos de plásticos para sus clientes distribuidos en Barranquilla, Santa Marta y Cartagena.

Sin importar el tamaño, mercado o ámbito de actuación, todas las empresas presentan constantemente diferentes tipos de problemas ya sean operativos, económicos o administrativos, los cuales hacen que estas estén en búsqueda de crear nuevas iniciativas o soluciones para eliminar tales problemas.

Esta empresa maneja generalmente tres procesos operativos como lo son la extrusión, impresión y pesaje, dentro de estos tres el que abarca mayor importancia es el de extrusión en el cual es usado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las dos ventajas principales de este proceso por encima de procesos manufacturados son la habilidad para crear secciones transversales muy complejas con materiales que son quebradizos, porque el material solamente encuentra fuerzas de compresión y de cizallamiento. Además las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente (Oberg, Erik; Jones, Franklin D.; Horton, Holbrook L.; Ryffel, Henry H. (2000), Machinery's Handbook (26ª edición), New York: Industrial Press Inc).

Actualmente el principal problema que existen en Plasticar de la Costa es el alto grado de obsolescencia que presenta una de las tres máquinas extrusoras que existen dentro de la empresa, la cual está generando un gran problema operativo debido a que en ocasiones no se utiliza en días enteros por fallas mecánicas, ocasionando retrasos en los procesos productivos.

## **Formulación del problema**

Es muy frecuente encontrarse en la actualidad con un sin número de proyectos desde los diferentes campos de estudio, los cuales van dirigidos a una sola meta, la cual es la solución factible o eficiente hacia una problemática. Este no es la excepción, debido a que lo que se quiere es quitar un problema existente en la empresa mediante uno de los métodos del estudio de la Investigación de Operaciones con el único fin de maximizar las utilidades y reducir los costos de la empresa.

Por otro lado nos encontramos con algunos contras o interrogantes que nos pueden dar a entender que tan factible o eficaz será la implementación del método de problemas de decisiones multicriterios.

## **Pregunta general**

¿Será posible solucionar el principal problema de Plasticar de la Costa mediante el uso del Proceso Analítico Jerárquico con problemas de decisiones multicriterios?

## **Sub-Preguntas de investigación**

- ¿El Proceso Analítico Jerárquico va acorde con la problemática actual de la empresa?
- ¿Existe la posibilidad que la implementación del proyecto sea aceptado por la empresa?
- ¿La información usada para los cálculos es confiable y coherente?

## **Justificación**

La tecnología ha dejado de ser un lujo o privilegio en todo el mundo, su uso se ha convertido en un elemento fundamental en el ámbito personal y empresarial. En un mundo tan activo y globalizado, las empresas deben ser rápidas y eficientes con todos sus recursos, la tecnología ha llegado para resolver los problemas y eliminar las barreras de las organizaciones a través de sistemas innovadores y que son adaptables a las necesidades de cada una. Lo que antes tomaba semanas e incluso meses, hoy en día es posible terminar en unos pocos minutos y sin mayor esfuerzo ni complicación.

Cuando una empresa toma resistencia a implantar nuevas tecnologías en cada uno de sus procesos aumenta sus probabilidades de estancarse y quedarse atrás, sobre todo aquellas en etapa de crecimiento que aún no se encuentran totalmente estabilizadas o posicionadas en el mercado.

Es por ello que, las medianas empresas en vías de crecimiento deben luchar cada día por ir de la mano con los avances tecnológicos y adaptarse a ellos, con el fin de acelerar sus procesos y por supuesto, mantener competitividad en el mercado

A continuación se explicara la importancia del desarrollo tecnológico en las empresas, especialmente en aquellas medianas o pequeñas empresas las cuales se encuentran en proceso de crecimiento:

**Optimización de los procesos:** a tecnología es un recurso fundamental para aquellas PYMES que se encuentran en el proceso de crecimiento, es una herramienta con la que puede lograrse la optimización y mejora de los procesos de producción, organización, despacho, ventas y cobranza, capacitación, etc. Que les permitirá establecer ventajas competitivas con las cuales podrán posicionarse en el mercado, conseguir mayores clientes y por supuesto, alcanzar mayores niveles de productividad e incluso de expansión.

**Mayor productividad:** Como resultado de mejores y más óptimos procesos se reduce el trabajo manual y las horas hombre, disminuyendo los errores y aumentando la productividad de cada uno de los colaboradores.

**Competitividad en el mercado:** Invertir en tecnología les permite a las nuevas medianas empresas ser mucho más competitivas, estar al nivel de sus competidores e incluso superarlos. La tecnología permite a los ejecutivos aprovechar y estar al tanto de las

oportunidades en el mercado nacional e internacional quienes cada vez resultan más desafiantes lo que conlleva, a las posibilidades de expansión y apertura de nuevas oportunidades de negocio. La inversión en infraestructura tecnológica también contribuye a mejorar la forma en que es percibida la empresa tanto por parte de los clientes como por otras PYMES en la industria.

Otro punto que debe tomarse en cuenta es que la tecnología se mantiene en constante innovación, por lo que su inversión no acaba en cuanto se adquiere, por lo que requerirá de renovación y actualización en los equipos y sistemas cada cierto tiempo. Sin embargo, se ha demostrado que tener el soporte de recursos tecnológicos reduce costos operativos y disminuye la posibilidad de pérdidas ([blog.corponet.com.mx](http://blog.corponet.com.mx) / Posted by Julio Castro).

Es muy importante conocer como el desarrollo de nuevas tecnologías ayuda a las empresas a ser mucho más productivas, pero es igual de importante saber acerca de los beneficios que tiene el método dedicado a elegir cuál de estas tecnologías es la que necesita la empresa. Es por esto que se deben resaltar las ventajas o beneficios del Proceso Analítico Jerárquico con los problemas de decisiones multicriterios:

- Se puede analizar el efecto de los cambios en un nivel superior sobre el nivel inferior
- Da información sobre el sistema y da una vista panorámica de los actores, sus objetivos y propósitos.
- Permite flexibilidad para encarar cambios en los elementos de manera que no afecten la estructura total ([redalyc.org](http://redalyc.org) / *EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN.*).

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías a partir de la compra de una nueva máquina de extrusión con la ayuda del proceso analítico jerárquico y toma de decisiones multicriterios.

### **Objetivos específicos**

A partir del objetivo general se desprenden varios objetivos específicos los cuales son los beneficios cuantificables esperados cuando se lleva a cabo una estrategia de investigación:

- Mediante un diagnóstico, identificar los distintos problemas de la empresa
- Caracterizar los problemas por orden de gravedad
- Conocer al detalle cómo afectan los problemas a la empresa
- Elaborar un plan o estrategia de acción frente al problema
- Implementar el proceso analítico jerárquico acorde al problema que lo requiera
- Socializar el proyecto con la empresa
- Buscar la aprobación del proyecto por parte de la empresa

## Marco teórico

### Estado del arte

En este apartado, se va a hacer una revisión del estado del arte sobre el uso del AHP como herramienta de toma de decisión multicriterios para la selección de sistemas de gestión de producción además de una clasificación de los mismos y sus características.

Tabucanon etc al. (1994) usaron la prioridad flexibilidad y desarrollaron un sistema de ayuda para un problema de selección multicriterios de maquinaria para sistemas de fabricación flexible, y utilizaron la técnica AHP para el proceso de jerarquización y selección.

Shang y Sueyoshi (1995) proponen un marco unificado para facilitar las decisiones en la fase de planificación y diseño de sistemas de gestión de la producción. Dicho marco recomendado contiene tres módulos individuales: el módulo analítico jerárquico AHP, el módulo de simulación y un módulo de contabilidad (accounting procedure). Estos tres módulos están unidos bajo un solo objetivo, es el medir la eficiencia global de la empresa, donde el módulo AHP diseña Los criterios no monetarios asociados con los objetivos corporativos y objetivos a largo plazo, mientras que el modo de simulación está usado para analizar los objetivos tangibles (beneficios).

Parra (1997). Centrado en el concepto de confiabilidad en una refinería donde el modelo AHP se diseñó sobre la base del proceso de evaluación del riesgo propuesto por Woodhouse (2000). El término riesgo es definido por Woodhouse (1996) como: "posibilidad de ocurrencia de un evento que pueda generar consecuencias sobre los

humanos, el ambiente y las instalaciones". En términos generales el modelo AHP basada en el concepto del riesgo lo que busca es jerarquizar por su importancia los equipos de una instalación petrolera sobre los cuales se va a dirigir recursos de mantenimiento (humanos, económicos y tecnológicos). Como resultado, el método propuesto generará una lista de equipos críticos en función de los de los factores básicos de riesgo a ser evaluados.

Bayazit (2005) utiliza AHP para evaluar el uso de los sistemas de gestión de producción flexibles "Flexible Manufacturing Systems" (FMSs). Los FMS son sistemas de producción altamente automatizados que consisten en la manipulación de materiales automatizados y máquinas de transferencia trabajando juntos bajo el control de un equipo integral. En este estudio, una aplicación muy amplia de AHP un caso real para determinar si una empresa turca "Tractor Manufacturing Turkish" (TTM) debe aplicar los fmc en toda la planta.

Ayag y Ozdemir (2006). Además de esto, la selección del equipo tiene un gran efecto sobre la competitividad global de la empresa. El uso del equipo adecuado puede mejorar el proceso de producción, facilitar la utilización eficaz de la mano de obra, aumentar la productividad y mejorar la flexibilidad del sistema. Sin embargo, con la amplia gama de los equipos disponibles hoy en día, la determinación de la mejor alternativa para un equipo de producción en una empresa concreta no es una tarea fácil (Chan et al. 2001).

Giner y Nicols (2009) estudian una aplicación del AHP enfocada a la evaluación de las Mejores Técnicas Disponibles "MTD" que deben implementarse en un sistema de gestión de producción. La implementación de una MTD conlleva una inversión por parte de la empresa, qué consiste generalmente en la instalación de un equipamiento o maquinaria concreta. La correcta selección de un equipo es, además, una actividad muy importante para

un sistema productivo industrial, por el hecho de que un equipamiento inadecuado puede afectar negativamente el rendimiento global y la productividad del mismo. Los resultados del sistema productivo (es decir, el tipo, calidad y coste) dependen básicamente de la eficacia de los equipos que se instalen.

Chan (2009), publica un trabajo muy completo donde muestra que hay un verdadero conflicto de criterios para determinar el sistema de gestión más óptimo usando el AHP. El conflicto reside entre criterios como el nivel de servicio, el beneficio Neto, ocupación de maquinaria y propone elegir aquel sistema de gestión que tenga un alto nivel de beneficio neto y servicio al cliente maximizando la ocupación de maquinaria y minimizando costos de producción.

Sharma y Agrawal (2009) usa un modelo generalizado que se ha desarrollado en el uso de situaciones de demanda probabilística para el producto final. Las situaciones de demanda considerados son: binomial, exponencial, logarítmica normal y Poisson. Estos patrones de demanda se utilizan como insumo para las distintas políticas de gestión de la producción. La política de gestión analizadas son: Kanban, CONWIP e hídricos como alternativa para el control de la fabricación y la ingeniería. Se ha recurrido al AHP para seleccionar la estrategia más adecuada. Los resultados de cálculo se han reportado con el análisis de sensibilidad después de diseñar y llevar a cabo varios experimentos (ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE SEVILLA UNIVERSIDAD DE SEVILLA – 2014).

Estos son algunos de los tantos ejemplos de casos reales en donde el Proceso Analítico Jerárquico AHP juega un papel importante en la toma de decisiones multicriterios y se vuelve sumamente necesario en los problemas de las empresas, desde comprar una

maquinaria nueva, la implementación de nuevas tecnologías hasta armar un sistema de gestión de calidad para priorizar o jerarquizar los procesos.

### **Marco de referencia**

El AHP involucra todos los aspectos del proceso de toma de decisiones: Modela el problema a través de una estructura jerárquica, utiliza una escala de prioridades con base en la preferencia de un elemento sobre otro, combinando la multiplicidad de escalas correspondientes a los diferentes criterios, sintetiza los juicios emitidos y entrega un ranking u ordenamiento de las alternativas de acuerdo con los pesos obtenidos (prioridades).

Esta metodología propone una manera de ordenar el pensamiento analítico, de la cual destacan tres principios básicos:

- El principio de la construcción de jerarquías
- El principio del establecimiento de prioridades
- El principio de la consistencia lógica

Además, ha sido aplicado ampliamente en la solución de una gran variedad de problemas. Entre las aplicaciones relacionadas con la gestión de proveedores se pueden mencionar: (Ghodsypour y O'brien, 1998), (Handfield y otros, 2002), (Wang y otros, 2004), (Chang y Kumar, 2007) y (Xia y Wu, 2007) entre otros.

El AHP un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios. Está basado en el principio según el cual la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso. Su simplicidad y su poder han sido evidenciados en las cientos de aplicaciones en las cuales se han obtenido importantes resultados, y en la actualidad es la base de muchos paquetes de software diseñados para los procesos de tomas de decisiones complejas. Además, ha sido adoptado por numerosas compañías para el soporte de los procesos de toma de decisiones complejas e importantes (Forman y Gass, 2001).

La relevancia que ha adquirido el AHP en el ámbito empresarial es amplia y comúnmente utilizada por las empresas de los distintos sectores productivos y de servicios, un caso en especial es el de una organización en donde consideran que la gestión de proveedores es un elemento vital en la administración moderna de las organizaciones, sobre todo si se considera que a partir de la calidad de las entradas se puede garantizar la calidad de las salidas. es por ello que se hace necesario que los gerentes encargados del aprovisionamiento tengan herramientas que les permitan tomar decisiones ágilmente, y en la medida de lo posible, que sean objetivas y fáciles de usar.

Como respuesta a esta necesidad, plantearon un modelo diseñado para administrar la gestión de proveedores en una organización de tipo comercial y de servicios. Dicho modelo

está sustentado en el proceso de análisis jerárquico difuso (AHP fuzzy), considerado una extensión del proceso analítico jerárquico tradicional, el cual ha demostrado ser muy efectivo en los procesos de toma de decisiones multicriterios.

El modelo, además, se marca en los requisitos establecidos por las normas ISO 9000 y el ciclo de mejoramiento PHVA, lo cual lo hace compatible con las organizaciones que se encuentren certificadas o en procesos de certificación.

Finalmente se implementó el modelo, el cual fue eficaz gracias a la utilización de herramientas matemáticas las cuales garantizaron que el proceso de toma de decisiones, de una manera subjetiva solucionara el problema. Esta es otra prueba de lo importante y eficiente que es el AHP en la solución de problemas con decisiones multicriterios presentes en las empresas de los diferentes ámbitos ya sean productivos o de servicios (Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso/María Fernanda Herrera Umaña & Juan Carlos Osorio Gómez – 2006).

## **Marco conceptual**

**Empresa:** Una empresa es un sistema con su entorno definido como la industria en la cual se materializa una idea, de forma planificada, dando satisfacción a demandas y deseos de clientes, a través de una actividad comercial". Requiere de una razón de ser, una misión, una estrategia, un plan de negocio, objetivos, tácticas y políticas de actuación. Se necesita de una visión previa, y de una formulación y desarrollo estratégico de la empresa. Se debe partir de una buena definición de la misión, y la planificación posterior está condicionada por dicha definición (Oficina del Emprendedor de Base Tecnológica Madrid).

**Criterio:** El criterio es nuestra herramienta para establecer diferencias y tomar decisiones, que sean acertadas o no dependen de las fuentes que aprovechamos para enriquecer nuestro criterio (quees.wiki).

**Recursos materiales:** Son aquellos bienes tangibles, propiedad de la empresa. Instalaciones: edificios, terrenos. Equipo: maquinaria, herramientas, vehículos. Materias primas, materias auxiliares que forman parte del producto, productos en proceso, productos terminados, etc. (es.slideshare.net).

**Diagnóstico:** constituye una herramienta sencilla y de gran utilidad a los fines de conocer la situación actual de una organización y los problemas que impiden su crecimiento, sobrevivencia o desarrollo. Es un proceso de varios estudios realizados en las empresas de producción, servicios y de comercio (sites.google.com).

**Proceso:** Conjunto de actuaciones, decisiones, actividades y tareas que se encadenan de forma secuencial y ordenada para conseguir un resultado que satisfaga plenamente los

requerimientos del cliente al que va dirigido (Inmaculada Blaya Gestión por procesos. Oficina de gestión y control de la calidad. Universidad Miguel Hernández).

**Matriz:** En general, una matriz es un conjunto ordenado en una estructura de filas y columnas (recursostic.educacion.es).

**Desarrollo tecnológico:** Desarrollo e implementación de tecnologías que se originen en las empresas o a partir de investigación aplicada, en el que se creen nuevos productos, servicios o la generación de nuevos procesos (startxconsulting.com).

**Alternativas:** También se aplica para aquella situación en la que alguien debe elegir entre dos acciones o situaciones incompatibles entre sí e igualmente malas o ingratas (diccionarioactual.com)

**Investigación de operaciones:** es una disciplina que se ocupa de la aplicación de métodos analíticos avanzados para ayudar a tomar mejores decisiones (About Operations Research).

**Problema:** Un problema es un hecho, situación o cuestión que precisa de una solución. Es un conflicto que se presenta como inconveniente para alcanzar objetivos o estabilidad en distintos ámbitos (concepto.de/problema).

## **Tipo de investigación**

El proyecto pertenece al tipo de investigación aplicada debido a que se centra en encontrar una solución factible por medio de un método o estrategia conocida como el proceso analítico jerárquico. Debido a que pertenece a este tipo de investigación, el proyecto es muy específico y delimitado, ya que no se trata de explicar una amplia variedad de situaciones, sino que más bien se intenta abordar un problema en específico.

## **Enfoque de investigación**

En medio de la implementación del método, se utilizarán diferentes tipos de datos, algunos serán numéricos y otros serán alfabéticos, lo que conlleva a afirmar que el tipo de enfoque del proyecto es mixto, porque se trabajaran ambos tipos de enfoque, tanto el cualitativo, como el cuantitativo. Un ejemplo que sostiene lo dicho es el siguiente:

Cualitativo: Criterios, sub-criterios y alternativas serán la base de la matriz y las características principales del proyecto y la interpretación de los resultados.

Cuantitativo: Valores propuestos por el experto, ponderación de valores, normalización, entre otros cálculos fundamentales para lograr la solución.

## **Fuentes de información y recolección de datos**

El proyecto cuenta con dos principales fuentes de información recolección de datos como lo son las fuentes primarias o directas las cuales se conforman con encuestas, entrevistas, grupos focales, diagnósticos, entre otros; de igual manera se hará uso de fuentes de información secundarias como artículos bibliográficos (libros, revistas, proyectos de investigación y tesis) los cuales servirán como soportes de investigación.

## **Técnicas e instrumentos de recolección de datos y análisis de información**

Partiendo del hecho que existen técnicas e instrumentos que ayudan a la recolección de datos y análisis de información, en medio de este proyecto fue y será necesario varias de estas herramientas, como lo son:

- Encuestas
- Entrevistas estructuradas y semi-estructuradas
- Juicios de expertos
- Lluvia de ideas
- Registros multimedia
- Diagnósticos
- Grupos focales

Es necesario mencionar que además de estas herramientas, en la fase de cálculos y realización de la matriz, se recurrió a utilizar el software Excel para realizar la tabulación de los datos y los cálculos pertinentes.

## Síntomas

En base al siguiente relato dado por el personal administrativo de la empresa se podrá tener una vista más amplia de la problemática y que efectos conlleva que esté presente dentro de los procesos operativos; también se podrá observar la necesidad que tiene la empresa por dar una solución factible hacia este caso.

“Fue un día como cualquier otro en donde los trabajadores llegaron a la empresa y se alistaban para comenzar sus respectivas labores en el horario habitual. Pero nadie contaba con el imprevisto que ese día se presentaría, ya una de las máquinas extrusoras, la cual es la que tiene un mayor grado de obsolescencia, en medio de proceso productivo se frenó por completo durante aproximadamente 1 hora, transcurrido ese tiempo se decidió llamar a un técnico que revisara y solucionara la falla mecánica que estaba teniendo la máquina en ese momento. El técnico se demoró alrededor de 2 horas en arreglar la falla; luego de esto se pudo trabajar usar nuevamente la máquina, pero nuevamente a las seis de la tarde volvió a tener fallas la misma máquina, con la diferencia que esta vez no podría llegar el técnico porque se le imposibilitaba llegar hasta la empresa, por lo que la máquina tuvo que quedar en estado ocioso hasta el día siguiente.

Esto significó para la empresa una pérdida significativa de material debido a las fallas, una pérdida de dinero al recurrir a un técnico que la arreglara y por último un retraso en las entregas a los clientes que demandaban dichas cantidades del producto en esos momentos, algo muy desfavorable para la empresa porque su objetivo principal es satisfacer siempre al cliente durante el menor tiempo posible y con los mejores estándares de calidad” (Gerente de Plasticar de la Costa).

## Causas

Bien se sabe que para elaboración del producto final se necesitan diferentes insumos, materias primas y mano de obra para fabricar el producto final, pero es indispensable el uso de máquinas especializadas para realizar algunas labores, una de las tres máquinas extrusoras con las que cuenta la empresa es la que constantemente tiene fallas y es la causante de que ocurran casos como los de la historia anterior. Las principales causas que genera la maquina son:

- Retrasos en los tiempos de entrega del producto a los diferentes clientes
- Perdida de insumos o materias primas
- Productos con características defectuosas o bajos estándares de calidad
- Incumplimientos con las entregas del producto.

## **Pronostico**

En el mundo de los negocios es muy común que existan desacuerdos, fallas y hasta graves problemas ya sea entre proveedor-fabricante, fabricante-cliente y viceversa, pero el hecho de que sea común no significa que sea favorable para los protagonistas que hacen parte de esta cadena de producción.

Plasticar de la Costa no es la excepción de tales casos, debido a que también presenta varias fallas dentro de todos sus procesos, fallas o problemas que si son tratados con anticipación, pueden pasar de ser una debilidad a una fortaleza.

El mayor problema que está presentando la empresa en estos momentos, es una de las tres máquinas extrusoras que se encuentran en la zona operativa, la cual desde hace tiempo está presentando grandes fallas mecánicas, a tal punto de que la empresa se ha visto en el papel de llamar frecuentemente técnicos que reparen la falla.

Esto es completamente desfavorable y engorroso para la empresa, debido a que tales fallas en esta máquina ocasionan retrasos en las entregas, haciendo quedar mal a la empresa frente al cliente y haciendo que su competencia sea mejor vista gracias a su poco margen de incumplimiento, además de la pérdida de material y productos con poca calidad.

La sumatoria de todo lo dicho, repercute en la razón de ser y estar de cualquier empresa, la cual es el factor económico, ya que si los clientes se sienten insatisfechos por las debilidades o falencias de la empresa, estos en algún momento no van a requerir más sus servicios y cuando esto ocurra la empresa no tendrá a quien vender, por ende no generaran utilidad alguna.

## Control del pronóstico

El proceso de Análisis Jerárquico fue desarrollado por Thomas L. Saaty en 1980 (TheAnalytic Hierarchy Process).Esta metodología está diseñada para resolver problemas de criterios múltiples. Para utilizar el AHP el decisor o el conjunto de decisores proporcionen evaluaciones subjetivas con respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y luego especifica la preferencia con respecto a cada una alternativa de decisión y para cada criterio. El AHP es la jerarquización con prioridad que muestra la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión. La ventaja del AHP es que es posible incorporar aspectos cuantitativos, los cuales por su complejidad no pueden ser medidos y quedan fuera del análisis. El AHP mediante la construcción de un modelo jerárquico, nos permite de una manera eficiente y grafica organizar la información de un problema, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de los cambios en los niveles y resumir. Podemos decir que el AHP trata con pares ordenados de prioridades de importancia, preferencia o probabilidad de pares de elementos en función de un atributo o criterio común representado en la jerarquía de decisión (sisbib.unmsm.edu.pe).

Dentro del proceso de Análisis Jerárquico (AHP) se encuentran los problemas de decisiones multicriterios el cual es un problema crítico de la vida real. Cualquier actividad involucra de una u otra manera, la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión, donde muy frecuentemente estos criterios están en conflicto unos con otros. Dentro de este marco, es vital contar con la información adecuada para tomar la mejor decisión, la cual se determinará dentro de un conjunto de posibles

alternativas, las cuales deben ser evaluadas frente a múltiples criterios que se definan para este propósito. El resultado entonces, es un proceso complejo y delicado en el cual la subjetividad y la dependencia de la información ([ocw.upm.es/estadística-e-investigación-operativa](http://ocw.upm.es/estadística-e-investigación-operativa)).

Debido a las inconsistencias en el proceso de fabricación, distribución y entrega del producto se ha planteado dar una alternativa de mejoramiento que representa comprar una nueva máquina extrusora para remplazar la que actualmente tiene muchas fallas las cuales son desfavorables para la empresa y todos los involucrados con esta.

Para toma esta decisión se necesitan tener cierto criterios para saber que maquina es la que necesita verdaderamente la empresa y cual se encuentra a su alcance económico. Para esto se utilizara el método analítico jerárquico y análisis multicriterios, debido a que con la ayuda de este método se podrá saber con certeza cuál es la máquina que se ajusta a los criterios, sub-criterios y alternativas planteadas por el experto(s).

## **Metodología**

Como se ha mencionado anteriormente el método que se utilizara para resolución del problema operativo que presenta la empresa Plasticar de la Costa es mediante el método de decisiones multicriterios, el cual se implementó en la siguiente secuencia:

### **Primera etapa**

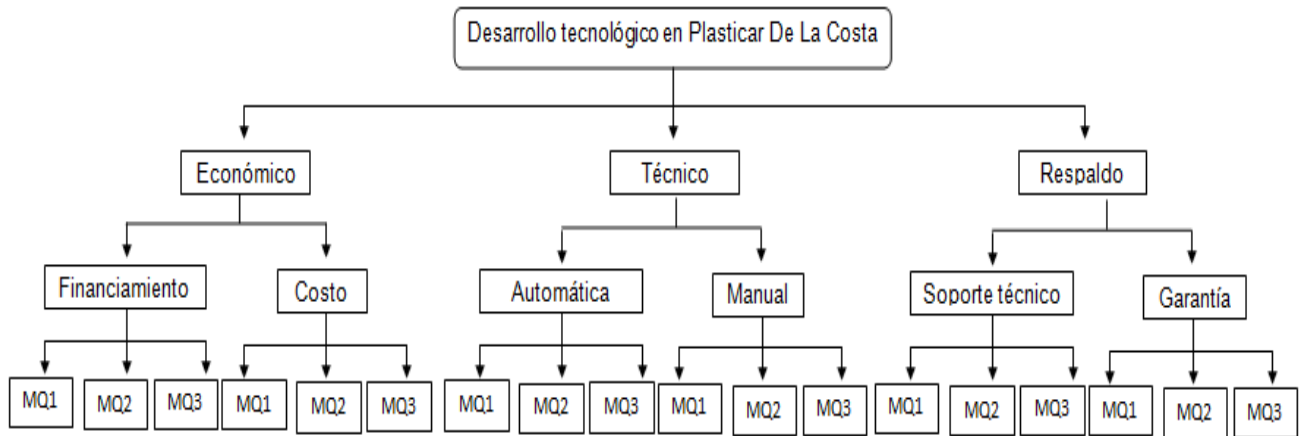
En una primera etapa se construye una jerarquía básica, conformada por el Objetivo General y los Criterios que, a su vez, pueden estar constituidos por diversos niveles jerárquicos. La jerarquía se construye de modo tal que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos o todos los elementos del siguiente nivel.

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de decisión (objetivo). Los elementos que afectan a la decisión son representados en los niveles inmediatos inferiores, de forma que los criterios ocupan los niveles intermedios.

Por último, suele representarse en el nivel más bajo, a las opciones de decisión o alternativas, aunque estas más que conformar la estructura jerárquica constituyen las distintas respuestas posibles al problema o las posibilidades diferentes de satisfacer en algún grado el objetivo General.

Su construcción es la parte más creativa del proceso y requiere de un consenso entre todas las partes implicadas en el proceso de decisión. Esto es particularmente válido en el caso de Proyectos Complejos abordados por equipos multidisciplinarios. La figura 1. Muestra el esquema.

**Figura 1.**



Al observar la matriz nos damos cuenta que nuestro objetivo principal es el desarrollo de nuevas tecnologías en Plasticar de la Costa, específicamente la implementación o compra de nuevas máquinas. Encontramos que para ese objetivo nos debemos sujetar a tres criterios que son el económico, técnico y respaldo, los cuales a su vez van enlazados con dos sub-criterios para cada uno de estos, para el económico está el financiamiento y costo, para el técnico se encuentra el automático y manual, también está el respaldo que tiene los sub-criterios de soporte técnico y garantía; todos estos van con relación a las tres alternativas las cuales estarán presente en los enlaces desde el objetivo principal, pasando por los criterios y sub-criterios, para que de esta manera se realicen varias tablas que relacionen todos los eslabones entre sí.

## Segunda etapa

Una vez construida la estructura jerárquica del problema se da paso a la segunda etapa del proceso del AHP: la valoración de los elementos. El decisor debe emitir sus juicios de valor o preferencias en cada uno de los niveles jerárquicos establecidos. Esta tarea consiste en una comparación de valores subjetivos "por pares" (comparaciones binarias). Estas comparaciones se basan tanto en factores cuantitativos como cualitativos.

Esta comparación puede realizarse por medio de una escala de medidas. La propuesta por Saaty se basa en el rango 1 a 9 y consiste en la comparación de dos elementos que cuando son igualmente preferidos o importantes el decisor le asigna al par de elementos un 1; si es moderadamente preferido se representa por 3, en el caso de fuertemente preferido por 5 y extremadamente preferido por 9. Los números pares se utilizan para expresar situaciones intermedias.

El objetivo de esta etapa es calcular la prioridad de cada elemento, tal como la define Saaty "Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia".

El resultado de estas comparaciones es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada Matriz de comparaciones pareadas, de forma que cada uno de sus componentes refleje la intensidad de preferencia de un elemento frente a otro respecto

del Objetivo considerado. En el caso de este proyecto, se puede observar la valoración de las tablas a continuación:

### Tablas de valores definidos

**Tabla 1. Desarrollo tecnológico en Plasticar de la Costa**

<b>D.T.P.C</b>	<b>ECONOMICO</b>	<b>TECNICO</b>	<b>RESPALDO</b>
ECONOMICO	1.00	2.00	0.67
TECNICO	0.50	1.00	0.50
RESPALDO	1.50	2.00	1.00
	3.00	5.00	2.17

**Tabla 2. Criterio Económico**

<b>ECONOMICO</b>	<b>FINANCIAMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
FINANCIAMIENTO	1.00	3.00
COSTO	0.33	1.00
	1.33	4.00

**Tabla 3. Criterio Técnico**

<b>TECNICO</b>	<b>AUTOMATICA</b>	<b>MANUAL</b>
AUTOMATICA	1.00	0.50
MANUAL	2.00	1.00
	3.00	1.50

**Tabla 4. Criterio de Respaldo**

<b>RESPALDO</b>	GARANTIA	SOP. TECNICO
GARANTIA	1.00	3.00
SOP. TECNICO	0.33	1.00
	1.33	4.00

**Tabla 5. Sub-Criterio de Financiamiento**

<b>FINANCIAMIENTO</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3
MQ 1	1.00	4.00	2.50
MQ 2	0.25	1.00	0.80
MQ 3	0.40	1.25	1.00
	1.65	6.25	4.30

**Tabla 6. Sub-Criterio de Costo**

<b>COSTO</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3
MQ 1	1.00	0.25	0.31
MQ 2	4.00	1.00	3.00
MQ 3	3.25	0.33	1.00
	8.25	1.58	4.31

**Tabla 7. Sub-Criterio de Maquinaria Automática**

<b>AUTOMATICA</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3
MQ 1	1.00	2.00	3.50
MQ 2	0.50	1.00	1.75
MQ 3	0.29	0.57	1.00
	1.79	3.57	6.25

**Tabla 8. Sub-Criterio de Maquinaria Manual**

<b>MANUAL</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3
MQ 1	1.00	0.29	0.25
MQ 2	2.00	1.00	0.44
MQ 3	3.50	2.25	1.00
	6.50	3.54	1.69

**Tabla 9. Sub-Criterio de Garantía**

<b>GARANTIA</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3
MQ 1	1.00	3.25	3.50
MQ 2	0.31	1.00	0.59
MQ 3	0.29	1.70	1.00
	1.59	5.95	5.09

**Tabla 10. Sub-Criterio de Soporte Técnico**

<b>SOP. TECNICO</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3
MQ 1	1.00	3.25	3.50
MQ 2	0.31	1.00	0.59
MQ 3	0.29	1.70	1.00
	4.20	5.95	5.09

En cada una de estas tablas se encuentran los valores que definen cada uno de los criterios y sub-criterios directamente entrelazados con las tres diferentes alternativas del caso.

Se procedió a tomar valores de 0.50 a máximo 4.00 con el fin de minimizar las posibilidades de un posible error en los cálculos que faltan, siendo 0.50 el puntaje más bajo y 4.00 o 3.75 los valores más altos a los cuales el experto le da mayor prioridad.

**Tabla 11. Normalización a Desarrollo Tecnológico en Plasticar de la Costa**

<b>D.T.P.C</b>	<b>ECONOMICO</b>	<b>TECNICO</b>	<b>RESPALDO</b>				<b>PROMEDIO</b>
ECONOMICO	1.00	2.00	0.67	0.33	0.40	0.31	0.45
TECNICO	0.50	1.00	0.50	0.17	0.20	0.23	0.20
RESPALDO	1.50	2.00	1.00	0.50	0.40	0.46	0.45
	3.00	5.00	2.17				

**Tabla 12. Normalización a Criterio Económico**

<b>ECONOMICO</b>	<b>FINANCIAMIENTO</b>	<b>COSTO</b>			<b>PROMEDIO</b>
FINANCIAMIENTO	1.00	3.00	0.75	0.75	0.75
COSTO	0.33	1.00	0.25	0.25	0.25
	1.33	4.00			

**Tabla 13. Normalización a Criterio Técnico**

<b>TECNICO</b>	<b>AUTOMATICA</b>	<b>MANUAL</b>			<b>PROMEDIO</b>
AUTOMATICA	1.00	0.50	0.33	0.33	0.33
MANUAL	2.00	1.00	0.67	0.67	0.67
	3.00	1.50			

**Tabla 14. Normalización a Criterio Respaldo**

<b>RESPALDO</b>	<b>GARANTIA</b>	<b>SOP. TECNICO</b>			<b>PROMEDIO</b>
GARANTIA	1.00	3.00	0.75	0.75	0.75
SOP. TECNICO	0.33	1.00	0.33	0.33	0.33
	1.50	4.00			

**Tabla 15. Normalización a Sub-Criterio Financiamiento**

<b>FINANCIAMIENTO</b>	<b>MQ 1</b>	<b>MQ 2</b>	<b>MQ 3</b>				<b>PROMEDIO</b>
MQ 1	1.00	4.00	2.50	0.61	0.64	0.58	0.61
MQ 2	0.25	1.00	0.80	0.15	0.16	0.19	0.17
MQ 3	0.40	1.25	1.00	0.24	0.20	0.23	0.22
	1.65	6.25	4.30				

**Tabla 16. Normalización a Sub-Criterio Costo**

<b>COSTO</b>	<b>MQ 1</b>	<b>MQ 2</b>	<b>MQ 3</b>				<b>PROMEDIO</b>
MQ 1	1.00	0.25	0.31	0.12	0.16	0.07	0.12
MQ 2	4.00	1.00	3.00	0.48	0.63	0.70	0.60
MQ 3	3.25	0.33	1.00	0.39	0.21	0.23	0.28
	8.25	1.58	4.31				

**Tabla 17. Normalización a Sub-Criterio de Maquinaria Automática**

<b>AUTOMATICA</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3				PROMEDIO
MQ 1	1.00	2.00	3.50	0.56	0.56	0.56	0.56
MQ 2	0.50	1.00	1.75	0.28	0.28	0.28	0.28
MQ 3	0.29	0.57	1.00	0.16	0.16	0.16	0.16
	1.79	3.57	6.25				

**Tabla 18. Normalización a Sub-Criterio de Maquinaria Manual**

<b>MANUAL</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3				PROMEDIO
MQ 1	1.00	0.29	0.25	0.15	0.08	0.15	0.13
MQ 2	2.00	1.00	0.44	0.31	0.28	0.26	0.28
MQ 3	3.50	2.25	1.00	0.54	0.64	0.59	0.59
	6.50	3.54	1.69				

**Tabla 19. Normalización a Sub-Criterio de Garantía**

<b>GARANTIA</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3				PROMEDIO
MQ 1	1.00	3.25	3.50	0.63	0.55	0.69	0.62
MQ 2	0.31	1.00	0.59	0.19	0.17	0.12	0.16
MQ 3	0.29	1.70	1.00	0.18	0.29	0.20	0.22
	1.59	5.95	5.09				

**Tabla 20. Normalización a Sub-Criterio de Soporte Técnico**

<b>SOP. TECNICO</b>	MQ 1	MQ 2	MQ 3				PROMEDIO
MQ 1	1.00	3.25	3.50	0.63	0.55	0.69	0.62
MQ 2	0.31	1.00	0.59	0.19	0.17	0.12	0.16
MQ 3	0.29	1.70	1.00	0.18	0.29	0.20	0.22
	1.59	5.95	5.09				

Realizada la comparación de los factores en la matriz y asignados los juicios de valor entre pares de factores, es necesario realizar el cálculo de peso ( $w_j$ ) para cada factor el cual describe en forma precisa las características de los juicios de valor considerados.

El procedimiento utilizado para obtener el vector principal consiste en completar la matriz de comparación con los valores de juicio de valor y se suma cada columna.

El resultado obtenido se puede normalizar, mediante dos procedimientos. El utilizado en el proyecto, es considerado como el más sencillo, normaliza la matriz sumando los valores en cada columna de la matriz de comparaciones pareadas, se determina el inverso de cada columna y se lo multiplica por cada elemento de la matriz y la resultante se denomina matriz de comparaciones normalizada.

### **Tercera etapa**

Sumando cada fila se determina el cálculo del peso o vector principal de cada factor.

A continuación se calcula la razón de consistencia para verificar los resultados de la asignación de juicios de valor que -más allá de las reglas claras y neutrales que puedan establecerse- pueden estar afectados por una cuota de subjetividad.

Una vez construida la escala jerárquica de objetivos, realizadas las comparaciones pareadas, concluido el análisis de consistencia y obtenido el vector de prioridades se cuenta con una valoración de la importancia relativa de cada uno de los criterios considerados.

Cabe resaltar que antes de calcular el ratio de consistencia (RC) se deberá hacer el cálculo del  $n_{max}$  y el índice de inconsistencia (IC) para poder ser usados en la fórmula que nos dará el ratio de consistencia:

$$RC = IC / IA$$

Siendo estos respectivamente:

RC: Ratio de consistencia

IC. Índice de inconsistencia

IA: Índice aleatorio

**Tabla 21. Calculo de nmax a Desarrollo Tecnológico en Plasticar de la Costa**

<b>nmax D.T.P.C</b>			
ECONOMICO	1.00	2.00	1.25
TECNICO	0.50	1.00	0.25
RESPALDO	1.38	2.00	1.25
			2.75

**Tabla 22. Calculo de nmax a Criterio Económico**

<b>nmax ECONOMICO</b>		
1.00	2.30	1.65
1.25	1.00	1.13
		2.78

**Tabla 23. Calculo de nmax a Criterio Técnico**

<b>nmax TECNICO</b>		
1.00	2.50	1.75
2.00	1.00	1.50
		3.25

**Tabla 24. Calculo de nmax a Criterio Respaldo**

<b>nmax RESPALDO</b>		
1.00	3.00	2.00
0.50	1.00	0.75
		2.75

**Tabla 25. Calculo de nmax a Sub-Criterio Financiamiento**

<b>nmax FINANCIAMIENTO</b>			
1.00	4.00	2.50	2.50
0.25	1.00	0.50	0.58
0.50	1.25	1.00	0.92
			4.00

**Tabla 26. Calculo de nmax a Sub-Criterio Costo**

<b>nmax COSTO</b>			
1.00	0.25	0.50	0.58
4.00	1.00	3.00	2.65
4.04	0.54	1.66	2.00
			5.33

**Tabla 27. Calculo de nmax a Sub-Criterio de Maquinaria Automática**

<b>nmax AUTOMATICA</b>			
1.00	2.00	3.50	2.17
1.25	1.00	1.75	1.33
0.25	1.20	1.00	0.82
			4.32

**Tabla 28. Calculo de nmax a Sub-Criterio de Maquina Manual**

<b>nmax MANUAL</b>			
1.00	1.75	0.25	1.00
2.00	1.00	1.50	1.50
3.50	2.25	1.00	2.25
			4.75

**Tabla 29. Calculo de nmax a Sub-Criterio Garantía**

<b>nmax GARANTIA</b>			
1.00	3.25	3.50	2.58
0.13	0.17	0.22	0.17
0.75	1.70	1.00	1.15
			3.90

**Tabla 30. Calculo de nmax a Sub-Criterio Soporte Técnico**

<b>nmax SOP. TECNICO</b>			
1.00	3.25	3.50	2.58
0.29	0.17	0.22	0.22
2.00	1.70	1.00	1.57
			1.57

**Tabla 31. Calculo de IC a Desarrollo Tecnológico en Plasticar de la Costa**

<b>IC D.T.P.C</b>	<b>n-1</b>	
-0.25	2	-0.13

**Tabla 32. Calculo de IC a Criterio Económico**

<b>IC ECONOMICO</b>	<b>n-1</b>	
0.78	1	0.78

**Tabla 33. Calculo de IC a Criterio Técnico**

<b>IC TECNICO</b>	<b>n-1</b>	
1.25	1	1.25

**Tabla 34. Calculo de IC a Criterio Respaldo**

<b>IC RESPALDO</b>	<b>n-1</b>	
0.75	1	0.75

**Tabla 35. Calculo de IC a Sub-Criterio Financiamiento**

<b>IC FINANCIAMIENTO</b>	<b>n-1</b>	
1.00	2	0.50

**Tabla 36. Calculo de IC a Sub-Criterio Costo**

<b>IC COSTO</b>	<b>n-1</b>	
2.33	2	1.17

**Tabla 37. Calculo de IC a Sub-Criterio de Maquinaria Automática**

<b>IC AUTOMATICA</b>	<b>n-1</b>	
1.32	2	0.66

**Tabla 38. Calculo de IC a Sub-Criterio de Maquinaria Manual**

<b>IC MANUAL</b>	<b>n-1</b>	
1.75	2	0.88

**Tabla 39. Calculo de IC a Sub-Criterio Garantía**

<b>IC GARANTIA</b>	<b>n-1</b>	
1.32	2	0.66

**Tabla 40. Calculo de IC a Sub-Criterio Soporte Tecnico**

<b>IC SOP. TECNICO</b>	<b>n-1</b>	
-1.43	2	-0.72

## Conclusión

Realizada la comparación de los factores en la matriz y asignados los juicios de valor entre pares de factores, es necesario realizar el cálculo de peso ( $w_j$ ) para cada factor el cual describe en forma precisa las características de los juicios de valor considerados.

El procedimiento utilizado para obtener el vector principal consiste en completar la matriz de comparación con los valores de juicio de valor y se suma cada columna.

El resultado obtenido se puede normalizar, mediante dos procedimientos. El utilizado en el proyecto, es considerado como el más sencillo, normaliza la matriz sumando los valores en cada columna de la matriz de comparaciones pareadas, se determina el inverso de cada columna y se lo multiplica por cada elemento de la matriz y la resultante se denomina matriz de comparaciones normalizada.

Posteriormente se realizan los diferentes tipos de cálculos pertinentes para obtener valores que ayudaran a conseguir la respuesta factible del problema previamente planteado.

Como procedimiento final, se procedió a multiplicar y posteriormente sumar los valores normalizados de las tablas que contienen los valores ponderados por el experto, en el cual se arrojaron los siguientes valores respectivamente para cada máquina:

- Máquina 1: 0,47
- Máquina 2: 0,28
- Máquina 3: 0,17

Esto quiere decir que la maquina numero uno muestra una mayor tendencia a ser la solución más factible para solucionar el problema que está teniendo actualmente la empresa Plásticos de la Costa.

Luego de obtener el resultado, se procedió a discutir sobre las características de la maquina escogida, pero a pesar de que tal maquina cuenta con todas las características que necesita la empresa, actualmente esta no se encuentra en condiciones para pagar por el precio completo de esta, por tal motivo se ha decidido posponer la compra del equipo mientras se crea una nueva solución pero para conseguir el dinero que esta requiere.

La maquina actualmente está avalada 48.000.000 (cuarenta y ocho millones de pesos) un precio un poco elevado, pero que cuenta con tornillo de 60mm para producir un promedio de entre 25 y 35 kg/h ya sea para bolsas plásticas de baja y alta densidad.

Evidentemente la compra de esta máquina sería un gran paso a nivel tecnológico y productivo para la empresa debido a que con la adquisición de esta misma se eliminarían los retrasos por fallas operativas, se produciría una cantidad mayor de bolsas plásticas en comparación a las que se hacen en la actualidad ya que la capacidad de la maquina es mayor, y por último la empresa se haría más competitiva debido a que invertir en tecnología les permite a las nuevas medianas empresas ser mucho más competitivas, estar al nivel de sus competidores e incluso superarlos.

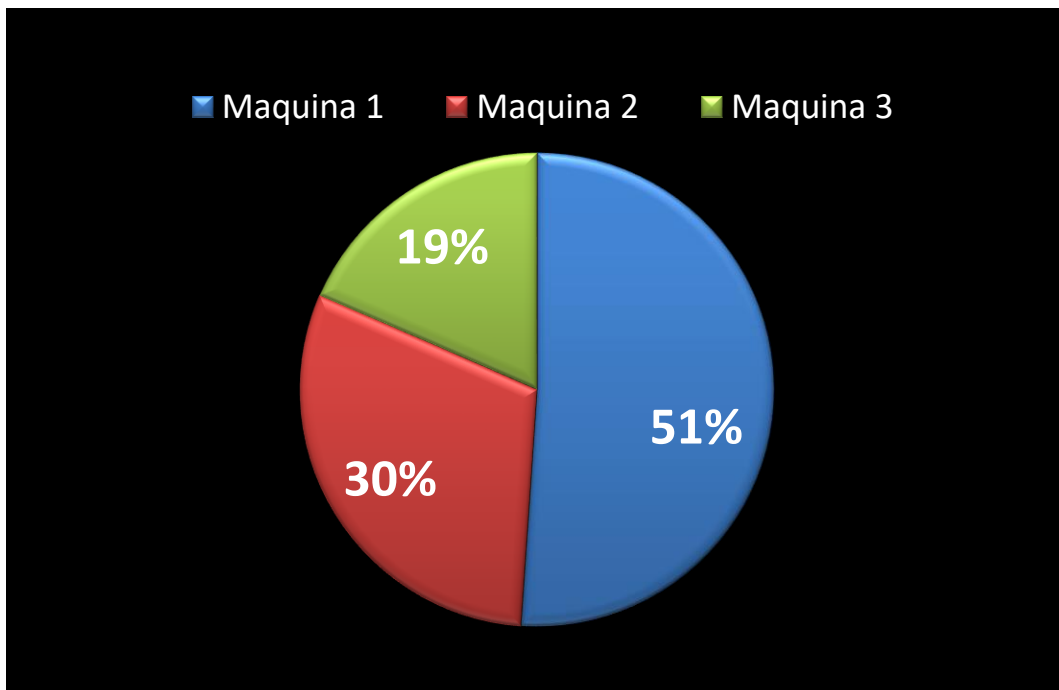
## Referencias

- Herrera Umaña, María F. Osorio Gomez, Juan C. (10/08/2006). Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v22n99/v22n99a03.pdf>
- Lana, Rogelio. Adilson. (2008). La Administración Estratégica como Herramienta de Gestión. Misiones, Argentina: Visión de futuro.
- (11/04/2019). Las tres estrategias del Gobierno para el crecimiento de las pymes. El País. Recuperado de <https://www.elpais.com.co/economia/las-tres-estrategias-del-gobierno-para-el-crecimiento-de-las-pymes.html>
- (07/08/2019). Ocho alternativas a las bolsas de plástico para que tus clientes además publiciten tu negocio. Pymes y autónomos. Recuperado de <https://www.pymesyautonomos.com/marketing-y-comercial/ocho-alternativas-bolsas-plastico-tus-clientes-publiciten-tu-negocio>
- Oberg, Erik; Jones, Franklin D.; Horton, Holbrook L.; Ryffel, Henry H. (2000), Machinery's Handbook (26ª edición), New York: Industrial Press Inc.

- (28/06/2015). 8 claves para crear un buen ambiente laboral. Exac taxpens. Recuperado de <https://www.exaccta.com/8-claves-para-crear-un-buen-ambiente-laboral/>
- (16/10/2012). ¿Cuánto tarda nuestra basura en descomponerse? Ecoticias.com. Recuperado de <https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/71460/pila-bolsa-plastico-lata-cerveza-cuanto-tardan-desintegrarse>
- Orejuela Cabrera, Juan P. Osorio Gómez, Juan C. (20/09/2008). El proceso analítico jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. Scientia et Technica. Recuperado de <file:///D:/mis%20descargas/DialnetElProcesoDeAnalisisJerarquicoAHPYLaTomaDeDecisione>

## Anexos

### Anexo 1. Representación Grafica Porcentual



## Anexo 2. Representación Gráfica Porcentual en Barras

